

**Olfaktorische, gustatorische und instrumentell-
analytische Charakterisierung von getrockneten
Früchten nativer *Capsicum*-Spezies**

Dem Fachbereich Mathematik und Naturwissenschaften der
Bergischen Universität Wuppertal
zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)

vorgelegte Dissertation von

Evelyn Meylin Núñez Benavides

aus Arequipa, Peru
Wuppertal, 2014

Die Dissertation kann wie folgt zitiert werden:

urn:nbn:de:hbz:468-20140611-083416-1

[<http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn=urn%3Anbn%3Ade%3Ahbz%3A468-20140611-083416-1>]

Die vorliegende Arbeit wurde im Zeitraum von Januar 2011 bis Juli 2013 im Fachbereich Mathematik und Naturwissenschaften an der Bergischen Universität Wuppertal in der Arbeitsgruppe der Lebensmittelchemie von Herrn Prof. Dr. Petz angefertigt.

Abstract

Peru und Bolivia dispose of a unique variety of *Capsicum* accessions mainly from the species *C. baccatum* and *C. chinense* that have not been characterized by its biochemical and sensory traits. This research aims to study the relationship between sensory attributes like sweet, sour, and bitter as well as the content of sugars and organic acids obtained by instrumental analysis in *Capsicum* powders. Prior to the analysis, the *capsicum* fruits were harvested, solar or oven-dried, milled in their native countries, and then sent to the University of Wuppertal.

After a basic and product-specific training, a sensory descriptive Panel of 14 judges was established. 31 native chili powders were analysed in six different product sets by their olfactory (pro- and retronasal), gustatory and trigeminal sensations. The sensory profiling method used was Free Choice Profiling (FCP), in which each assessor created and evaluated its own list of descriptive terms without agreeing in the meaning of the attributes with the rest of the panel. The sensory data was evaluated by Generalized Procrustes Analysis (GPA). GPA creates a consensus sample space, in which the highest statistical agreement among the assessors is presented. FCP was a quick and inexpensive method that could be performed with the small available amount of powder. It mainly reveals the interrelationships (similarities and differences) among the samples of each set, and provides a coarse characterization of the samples. Regarding the characterization, the most agreement was observed by the attributes: sweet, bitter, pungent and burning. Besides that, a few olfactory characteristics were able to be interpreted for some sample groups such as acidic, caramel-like, chocolate-like, toasted/smoky, musty and fruity. Due to the drying process, typical odour notes of fresh *Capsicum* fruits such as fresh, flowerly, and green bell pepper were not observed.

Moreover, a rapid instrumental method was developed to simultaneously detect sugar and organic acids. Fructose, glucose, sucrose, citric acid and malic acid were first formed into trimethylsilyl derivates with an oximation and silylation step, and then analysed by gas chromatography (GC) with a flame ionization detector (FID). The total sugar content (sum of fructose, glucose and sucrose) and the total organic acid content (sum of citric acid and malic acid) of 191 native samples (involved in this project) were quantified. Following concentration ranges in *Capsicum* powders were observed: 0,6-17,8 g glucose/100 g dry weight, 0,9-33,6 g fructose/100 g, 0-7,0 g sucrose/100 g, 0,2-8,3 g citric acid/100 g and 0-5 g malic acid/100 g. It was also possible to show the variability of these analytes in dry material for the species *C. baccatum* and *C. chinense*, which have not been investigated yet.

With the developed method, the 31 sensory analysed samples were also characterized by their sugar and organic acid contents in order to prove a correlation between the sensory and instrumental data. Two correlation methods were tested: GPA and linear regression. Both methods showed that there is a positive correlation between the attribute sweet and the total sugar content in *Capsicum* powders. However, there was no correlation between the sourness and the total organic acid content. The attributes pungent and burning also were positively correlated with the total capsaicinoid content. Only the linear regression model revealed that a considerable linear relationship was present in the three cases. As a result, a rough forecast of the sweetness, pungency, and burning sensation with the linear equations based on the instrumental data of new samples, can be generated.

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Michael Petz, der mich zu einer Promotion motiviert hat und mir die Tür zu diesem neuen, spannenden Thema „Sensorik“ geöffnet hat. Durch seine geduldige und ermunternde Art hat er mich stets sowohl fachlich betreut als auch auf der persönlichen Ebene unterstützt.

Ich danke den Projektpartnern aus Peru und Bolivien für die Bereitstellung der Chilipulver-Proben. Dazu zählen Llermé Ríos und Karla Peña von INIA (Instituto Nacional de Innovación Agrícola), Roberto Ugas von UNALM (Universidad Nacional Agraria La Molina), Carlos Bejarano von PROINPA (Promoción e Investigación de Productos Andinos), Edwin Serrano von ITA (Instituto de Tecnología de Alimentos) und die in Kolumbien ansässigen Koordinatoren Marleni Ramirez, Maarten van Zonneveld und Matthias Jäger von Bioversity.

Herrn Prof. Dr. Heiko Hayen, Frau Dr. Erika Müller-Seitz und meinen Kollegen des Arbeitskreises der Lebensmittelchemie danke ich für deren Hilfsbereitschaft und Teilnahme an den sensorischen Schulungen. Insbesondere danke ich Matthias Horn und Sven Meckelmann. Herr Horn stand mir mit Rat und Tat stets zur Seite und hat mir mit seiner gutmütigen Art die Arbeit im Arbeitskreis erleichtert. Bei Herrn Meckelmann bedanke ich mich für die Bereitstellung der von ihm untersuchten Capsaicinoidgehalte der Proben.

Den Studenten der Lebensmittelchemie, die im Sommersemester 2012 und 2013 im Rahmen des Sensorik-Praktikums mir bei der Durchführung von Verbrauchertests und Datenerhebung geholfen haben, danke ich.

Ich danke auch Frederik Lessmann und Marvin Scolari, die im Rahmen ihrer Abschlussarbeiten einen wichtigen Beitrag zu der Entwicklung der instrumentell-analytischen Methode geleistet sowie Vergleichs- und Messdaten geliefert haben.

Weiterhin bedanke ich mich bei den Panelisten bestehend aus Professoren, Mitarbeitern der Arbeitsgruppe Lebensmittelchemie und der Arbeitsgruppe Kommunikation und Management chemischer Prozesse, aus Studenten und externen Teilnehmern. Meinetwegen mussten sie gewöhnungsbedürftige Proben und scharfe Chilipulver verkosten, bei denen sie oft an ihre Grenzen gestoßen sind.

Frau Ines Strobl der Firma Silesia Gerhard Hanke GmbH & Co. KG danke ich für die kostenlose Bereitstellung von Aromastoffen zur sensorischen Analyse.

Meinen Freunden danke ich für das Korrekturlesen und dafür, dass ihr meine Promotionszeit mit ein wenig Spaß versüßt habt.

Mein größter Dank gilt meiner liebevollen Mutter Frau Agustina Alicia Nancy Benavides Flores, die mich als alleinerziehende Mutter in jeder Lebenslage moralisch, seelisch und finanziell unterstützt hat. Sie ist mein größtes Vorbild.

Für Nancy Benavides

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	<i>Ursprung und Taxonomie.....</i>	<i>1</i>
1.2	<i>Anatomie.....</i>	<i>3</i>
1.3	<i>Sensorische Wahrnehmung</i>	<i>4</i>
1.3.1	Geschmack	4
1.3.2	Geruch	6
1.3.3	Trigeminale Wahrnehmung.....	6
1.4	<i>Sensorisch bedeutsame Inhaltstoffe.....</i>	<i>8</i>
1.4.1	Capsaicinoide	8
1.4.2	Zucker.....	10
1.4.3	Organische Säuren.....	13
1.4.4	Flüchtige Aromastoffe.....	15
1.4.5	Sensorische Charakterisierung	16
1.5	<i>Grundlagen der Sensorik.....</i>	<i>20</i>
1.5.1	Objektive Prüfverfahren	20
1.5.2	Subjektive Prüfverfahren.....	22
1.5.3	Panelaufbau	23
1.5.4	Probenmanagement	25
1.5.5	Varianzanalyse	26
1.5.6	Panelperformance	30
1.5.7	Profilprüfungen	32
1.5.8	Multivariate Verfahren	35
1.6	<i>Instrumentell-analytische Untersuchung von Zuckern und Säuren</i>	<i>44</i>
1.6.1	Oximierung.....	44
1.6.2	Silylierung	45
1.7	<i>Statistische Methoden zur Verknüpfung von Daten</i>	<i>47</i>
1.7.1	Präferenzkartographie	47
1.7.2	Teilweise kleinste Quadrate Regression (PLSR)	48
2	Zielsetzung	50
3	Materialien und Methoden	52
3.1	<i>Probenmaterial.....</i>	<i>52</i>

3.2	<i>Sensorische Prüfungen</i>	54
3.2.1	Allgemeines.....	54
3.2.2	Analyisierte Proben	57
3.2.3	Durchführung des Panelaufbaus.....	60
3.2.4	Flash Profiling	64
3.2.5	Freies Auswahlprofil (FCP)	64
3.2.6	Konventionelle Profilprüfung.....	67
3.2.7	Verbrauchertests	69
3.3	<i>Untersuchung von Zuckern und Säuren mittels GC-FID</i>	71
3.3.1	Analyisierte Proben	71
3.3.2	Durchführung	72
3.3.3	Auftrennung.....	74
3.3.4	Identifizierung der Analyten	75
3.3.5	Quantifizierung.....	77
4	Ergebnisse und Diskussion	79
4.1	<i>Sensorische Ergebnisse</i>	79
4.1.1	Paneltraining.....	79
4.1.2	Konventionelle Profilprüfung (QDA) von peruanischen Marktproben (Set 1)	82
4.1.3	Profilierung mit Flash Profiling von nativen Chiliprogen (Set 2).....	87
4.1.4	Freies Auswahlprofil (Sets 3 bis 9)	91
4.1.5	Konventionelle Profilprüfung (QDA) von peruanischen und bolivianischen Chiliprogen (Set 9a)	144
4.1.6	Verbrauchertests	155
4.2	<i>Instrumentell-analytische Ergebnisse</i>	168
4.2.1	Zucker- und Säuregehalt von bolivianischen Proben (Set A)	168
4.2.2	Zucker- und Säuregehalt von peruanischen Proben (Set B).....	173
4.2.3	Vergleich der Zucker- und Säuregehalte der Projektproben (Sets A und B)	180
4.2.4	Leistungsfähigkeit der GC-Methode	186
4.3	<i>Untersuchung auf Korrelationen</i>	189
4.3.1	Korrelation zwischen den analytischen und sensorischen Daten mittels GPA ...	189
4.3.2	Korrelation zwischen den analytischen und sensorischen Daten mittels Linearer Regression und PLS	202
5	Zusammenfassung und Ausblick	211
6	Literaturverzeichnis	218
7	Anhang	225

1 Einleitung

1.1 Ursprung und Taxonomie

Chilis sind als Gemüse und Gewürz seit Jahren feste Bestandteile der internationalen Küche und des Lebensmittelmarkts. Sie sind in der ganzen Welt verbreitet und dementsprechend unter verschiedenen Namen bekannt, darunter „chili“, „chilli“; „chile“, „ají“, usw. [1].

Der in Mittelamerika verwendete Name „chile“ stammt vom Wort „chil“ des aztekischen Dialekts Nahuatl ab und bedeutet „rot“ [2]. In dem ausgestorbenen karibischen Dialekt Arawak bezeichnete man die Frucht als „axi“, woraus sich die in Südamerika gebräuchliche Bezeichnung „ají“ ableitet [3]. Aus der spanischen Aussprache „chile“ entstand der englische Begriff „chilli“, der in den Vereinigten Staaten häufig „chili“ geschrieben wird [4]. Alle diese Bezeichnungen lassen sich unter dem botanischen Namen *Capsicum* zusammenfassen.

Chilis gehören zur Gattung *Capsicum* und werden zusammen mit den Kartoffeln, Tomaten und Auberginen der Familie der Solanaceae (Nachtschattengewächse) zugeordnet. Die Pflanze, auf die Christoph Columbus bei der Entdeckung Amerikas stieß, hat ihren Ursprung in Peru und Bolivien [5]. Das als „roter Pfeffer“ bezeichnete Gewürz wurde nach Europa gebracht und verbreitete sich über Handelswege nach Südostasien [4, 5].

Neue Forschungsergebnisse berichten von Stärke-Mikrofossilien-Funden der Gattung *Capsicum* in alten Kochgefäßen und Mühlsteinen in einer Region von den Bahamas bis zum Süden Perus. Da die Stärkekörner auf das Jahr 6000 BP (engl. before present) datiert werden, deuten diese Funde auf die Verwendung und den Verzehr von *Capsicum*-Früchten in früheren Jahren hin [6].

Die Gattung *Capsicum* lässt sich mit den 5 weitverbreiteten und wirtschaftlich bedeutenden Kulturpflanzen in folgende Spezies klassifizieren: *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. chinense*, *C. baccatum* und *C. pubescens* [7].

Capsicum annuum ist auf der ganzen Welt verbreitet. Der Name „annuum“ deutet darauf hin, dass die Pflanze (meistens) einjährig kultiviert wird. Diese Spezies besitzt die größte Vielfalt bezüglich Farbe, Form und Schärfe. Sie umfasst Arten wie Gemüsepaprika (5 bis 15 cm lange Früchte mit einem Durchmesser von ca. 10 cm, mild), Jalapeño (rote längliche Frucht mit runder Spitze, mittelscharf), Chipotle (braune, runzlige, rauchig-schmeckende Frucht, mittelscharf), Serrano und De Arbol (schmale, leicht gewölbte rote Früchte, sehr scharf) [2, 8].

Weniger Varietät zeigt die Spezies *Capsicum frutescens*. Sie zeichnet sich durch kleine (1-3 cm) und schmale Früchte aus, die fast immer aufrecht an der Pflanze sitzen und nach oben zeigen. Sie reifen in den Farben orange und rot. Zur Spezies zählen Sorten wie Tabasco (die einzige in den Vereinigten Staaten wachsende Kultursorte), Piri-Piri Chilis und Thai-Chilis [1, 4, 5, 8].

Das aus der Karibik stammende *Capsicum chinense* [9] ähnelt zwar dem *C. frutescens*, kann aber durch kleinere, dickere und gebogene Blütenstängel unterschieden werden. *C. chinense*

sticht durch sein ausgeprägtes fruchtiges Aroma hervor. Bekannte Vertreter wie Bird's Eye, Habanero, Caribbean Red und Scotch Bonnet zählen zu den schärfsten Sorten [4, 5, 8].

Capsicum baccatum hat seinen Ursprung in Südamerika. Es wurde bereits 4000 v. Chr. im Amazonasgebiet Boliviens domestiziert und als erste *Capsicum*-Spezies in Peru kultiviert [10, 11]. Bereits in den von Garcilaso de la Vega im Jahr 1609 verfassten „Comentarios Reales“, einer der ersten Textquellen über die Inka-Zeit, wurde von der täglichen Verwendung von „uchu“ berichtet, was in Quechua, der Sprache der Inkas, Chilis bedeutet [3, 12].

Es sind zwei Varietäten bekannt: *Capsicum baccatum* var. *baccatum* und *Capsicum baccatum* var. *pendulum* [9]. Letztere ist heutzutage in Argentinien, Bolivien, Brasilien, Chile, Ecuador und Peru weit verbreitet und wird meistens als „ají“ bezeichnet [3, 10]. Der wichtigste Hauptvertreter heißt Ají Amarillo (spanisch für gelben Chili), wird aber auch als Ají Escabeche oder Ají Verde bezeichnet [12]. Der 10 bis 15 cm lange Chili weist trotz seines Namens eine orangene Farbe und milde Schärfe auf. Ají Amarillo ist die meist kultivierte Chilisorte in Peru und bereits seit der Inkazeit in die peruanischen Küche integriert [9, 12].

Die von den Inkas als „rocot ucho“ bezeichnete Chilisorte gehört zur Spezies *Capsicum pubescens* und heißt auf Spanisch Rocoto. In Bolivien ist die Sorte als Locoto und in Mexiko als Chile Manzano bekannt. Die charakterisierenden Merkmale von *C. pubescens* sind die schwarzen Samen und die weißen oder blau-violetten Blüten. Als Einzige unter den Kulturpflanzen wächst sie hauptsächlich in den Anden Boliviens und Perus in ca. 1500 bis 3000 Meter Höhe [3, 4, 12].

1.2 Anatomie

Botanisch gesehen handelt es sich bei Chilis um Früchte der Gattung *Capsicum*, genauer gesagt um Hohl-Beeren. Dennoch werden die Chilibeeren im Sprachgebrauch und in der Gastronomie fälschlicherweise als Chilischoten bezeichnet [5].

Die Früchte oder Beeren entstehen aus der Blüte nach einer Fremd- oder Eigenbestäubung. Unabhängig von der Spezies und Varietät, weisen alle *Capsicum*-Früchte die gleiche Anatomie auf [1]. Abbildung 1 zeigt die Bestandteile der Chili am Beispiel des Ají Amarillos [12].

Durch den Stiel ist die Chili-Frucht mit dem Strauch verbunden. Nach dem Stiel kommt der Kelch, der ursprünglich der Kelch der befruchteten Blüte war. Darunter befindet sich die Plazenta. Auf dieser sitzen die Samen, die keine Scharfstoffe enthalten, aber fetthaltig (bis zu 15 % Öl) sind. Es sind die Drüsen in der oberen Plazentawand, die die Scharfstoffe bilden. Die Plazenta ist somit schärfer als das Perikarp, das aus Exokarp, Mesokarp und Endokarp besteht. Das Exokarp ist die Außenhaut, in der die Farbstoffe enthalten sind [1]. Grüne Farben sind auf die Farbstoffe Chlorophyll a und b, und gelbe bis rote Farben auf die Carotinoide zurückzuführen [5]. Das Mesokarp, die hauptsächlich aus Wasser bestehende Zwischenschicht, bildet das Fruchtfleisch. Je nach Dicke und Form stellt es ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal bei den *Capsicum*-Sorten dar. Unter dem Mesokarp befindet sich eine feine Innenhaut namens Endokarp. Der Hohlraum der Frucht ist durch die Scheidewände in Kammern unterteilt. Dies lässt sich z. B. bei den Sorten Gemüsepaprika und Habanero gut erkennen [1].

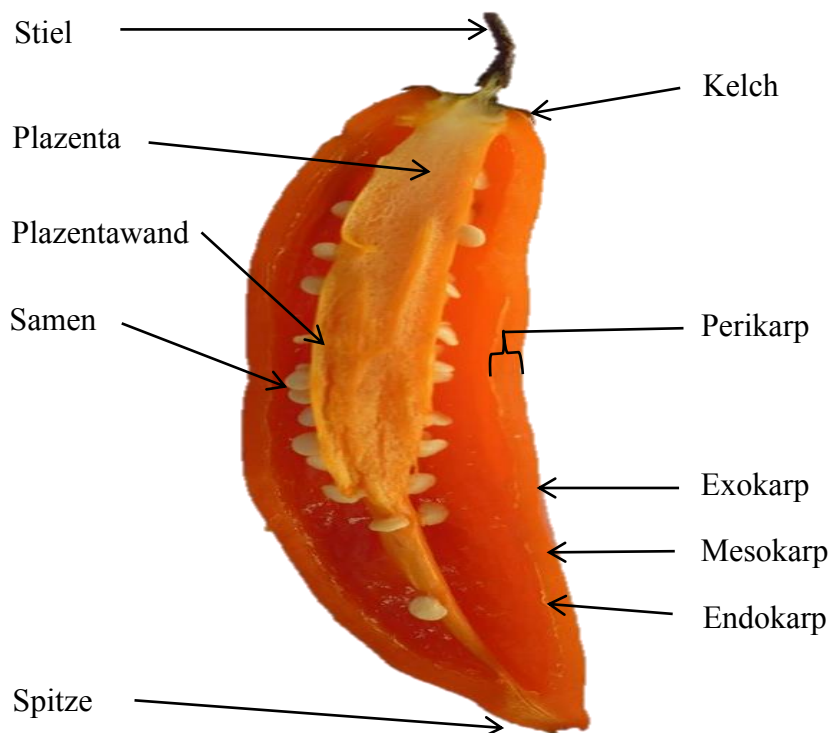


Abbildung 1: Bestandteile einer Capsicum-Frucht - Längsschnitt eines Ají Amarillos (*Capsicum baccatum*) [12]

1.3 Sensorische Wahrnehmung

Da der Schwerpunkt dieser Arbeit in der Sensorik liegt, wird in Kapitel 1.3 zunächst auf die sinnesphysiologischen Grundlagen der sensorischen Wahrnehmung und dann in Kapitel 1.5 auf die sensorische Analyse eingegangen.

Im Rahmen dieser Dissertation beschränkt sich die sensorische Analyse auf „Flavour“. Laut DIN EN ISO 5492 [13] ist Flavour als die „Gesamtheit der komplexen olfaktorischen, gustatorischen und trigeminalen Sinneseindrücke, die beim Verkosten wahrgenommen werden“ definiert. Jeder dieser Sinneseindrücke wird im Folgenden erläutert.

1.3.1 Geschmack

Der Geschmack kann auf der Zungenoberfläche, im Gaumen und im Rachenbereich wahrgenommen werden. Auf der Zunge befinden sich Geschmackspapillen, die wiederum aus durch Sinneszellen zusammengesetzten Geschmacksknospen bestehen.

Vier Grundgeschmacksqualitäten können auf der Zungenoberfläche wahrgenommen werden: süß, bitter, sauer und salzig. Heutzutage zählt „umami“ als eine weitere Geschmacksart. Umami bedeutet auf Japanisch „wohlschmeckend“ [14, 15].

Man unterscheidet 3 Sorten von Papillen. Die Pilzpapillen sind klein und breiten sich fast über die gesamte Oberfläche der Zunge aus. Die Wallpapillen sind in V-Form im hinteren Zungenbereich angeordnet. Zwischen den Wall- und Pilzpapillen im hinteren Zungenraum befinden sich die Blätterpapillen [15]. Aus der Position der Papillen lässt sich die frühere Zungenlandkarte ableiten. Die von David Hanig im Jahr 1901 erstellte Abbildung wurde lange falsch interpretiert. Man glaubte, dass süß nur auf der Zungenspitze, bitter am Zungenrund sowie sauer und salzig nur an den vorderen Zungenrändern wahrzunehmen waren. Im Jahr 1974 wurde die Zungenlandkarte korrigiert. Es zeigte sich, dass die Grundgeschmacksarten süß, sauer und salzig an mehreren Stellen der Zunge wahrgenommen werden konnten (siehe Abbildung 2). Allerdings ist die Bitter-Wahrnehmungsschwelle im hinteren Zungenbereich statistisch signifikant geringer als in den vorderen Bereichen [15].

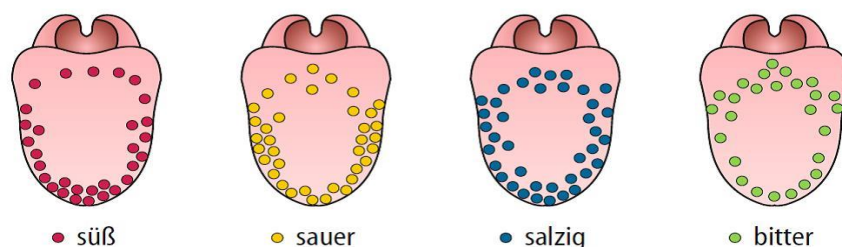


Abbildung 2: Modell einer Zungenlandkarte [16, p. 409]

Zucker, Zuckerderivate, Süßstoffe u. a. binden sich an Rezeptormoleküle und sorgen für den süßen Geschmack. Alle süßen Stoffe weisen nach der Theorie von Shallenberger und Acree eine strukturelle Gemeinsamkeit auf. Sie bestehen aus einem Protonendonator und -akzeptor-

System (AH/B-System), das mit einem komplementären System des Rezeptors über zwei Wasserstoff-Brücken in Wechselwirkung tritt [17].

Saccharose ist durch ihren reinen süßen Geschmack charakterisiert, der auch bei hohen Konzentrationen erhalten bleibt. Sie wird deswegen als Referenzsubstanz verwendet, um den relativen „Süßwert“ anzugeben. Dabei wird der Saccharose ein Süßwert von 100 zugeordnet. Aus dem Vergleich mit der zu untersuchenden Substanz (10 %-Lösungen in Wasser) ergibt sich dann der relative Süßwert. Zum Beispiel weisen D-Fructose, D-Glucose und Lactose einen relativen Süßwert von 114, 69 und 39 auf. Zu beachten ist, dass die Intensität der Süße einer Substanz von der Struktur, der Temperatur, dem pH-Wert und der Anwesenheit weiterer süßer und nicht süßer Verbindungen abhängt [17].

Bei Süßstoffen, die um ein Vielfaches süßer sind als Saccharose, wird bevorzugt die „Süßkraft“ als vergleichende Größe herangezogen. Die Süßkraft gibt an, wie oft eine Substanz verdünnt werden muss, um ebenso süß wie eine Standardsubstanz zu schmecken. Als Referenz wird hier auch eine Saccharose-Lösung (meist 4 %) mit einer Süßkraft von 1 verwendet. Bekannte Süßstoffe haben folgende Süßkraft: Cyclamat 35-40, Acesulfam-K 80-250 und das aus einer west-afrikanischen Pflanze gewonnene Thaumatin 2000 [15, 18, 19].

Für den bitteren Geschmack sorgen viele Substanzen wie Calcium-, Magnesium-, Ammoniumverbindungen, Harnstoffe, Alkaloide usw. Bekannte Alkaloide sind Chinin und Coffein, die in sensorischen Untersuchungen als Referenzsubstanz eingesetzt werden. Sie binden an proteingekoppelte Rezeptoren. Dabei spaltet sich ein Botenstoff (second Messenger) ab, der zur Calcium-Ausschüttung und anschließend zur Depolarisation der Zellmembran führt. Dieser Vorgang stößt Neurotransmitter in den synaptischen Spalt aus, was eine Potentialschwankung an den Nervenmembranen bzw. ein Signal bewirkt. Dieses Signal sorgt für die Geschmackswahrnehmung bitter [14, 15]. Allerdings gibt es eine Gruppe von Menschen, sog. „Nicht-Schmecker“, die niedrige Konzentrationen an Bitterstoffen nicht wahrnehmen können und somit eine hohe Wahrnehmungsschwelle aufweisen. Andere Menschen haben Schwierigkeiten, bitter von sauer zu unterscheiden [15].

Lithium- und Kaliumchlorid liefern neben dem salzigen Geschmack auch einen sauren bzw. bitteren Geschmack. Nur Natriumchlorid (NaCl) hat einen reinen salzigen Geschmack. Der salzige Geschmack entsteht, wenn Natriumchlorid in Na^+ und Cl^- dissoziiert. Dabei erhöht sich die Kationen-Konzentration im Speichel, Na^+ tritt in die Zelle ein und depolarisiert sie. Neurotransmitter werden dadurch zur ableitenden Nervenzelle freigesetzt, welche ein Signal an das Gehirn sendet [14, 15].

Die Wahrnehmung sauer wird durch Säuren bzw. H^+ -Ionen ausgelöst. Die Protonen blockieren die sauerempfindlichen Kanäle der Membran der Sinneszellen und treten in das Zellinnere ein, wo sie sich bis zur Depolarisation der Zelle anhäufen. Dies führt zur Ausschüttung von Neurotransmittern und Ableitung der Signale ins Gehirn.

Säuren wie Citronensäure, Essigsäure und Salzsäure schmecken zwar sauer, weisen jedoch nicht unbedingt eine Säureintensität auf, die proportional zum pH-Wert ist. Essigsäure schmeckt saurer als Salzsäure, obwohl diese einen pH-Wert von 1 besitzt. Somit ist die sauer-

Wahrnehmung nicht nur von der Protonenkonzentration abhängig, sondern auch von anderen chemischen Gruppen [14, 15].

Nach dem im Jahr 2004 die Rezeptormoleküle (T1R1+3) von umami identifiziert wurden, konnte umami nach vielen Unstimmigkeiten als fünfte Geschmacksart bewiesen werden. Die Geschmacksqualität umami unterscheidet sich klar von den anderen 4 Grundgeschmacksarten und kann auch nicht durch Mischung entstehen. Das Natriumsalz der Glutaminsäure, Natriumglutamat, weist den typischen Umami-Geschmack auf und wirkt geschmacksverstärkend. Der Geschmack ist aber auch natürlich in Fleisch, Fisch, Pilzen und Tomaten zu finden [15].

1.3.2 Geruch

Unter Riechen versteht man „die Wahrnehmung flüchtiger, chemischer Substanzen, die sich in der gasförmigen Phase befinden“. Duftstoffe werden von den 30.000 Sinneszellen/mm², die sich im oberen Nasendach bzw. in der Riechschleimhaut des Menschen befinden, aufgenommen [15]. Es kommt zu einer Interaktion zwischen den Duftstoffmolekülen und den Rezeptorzellen des Riechepithels (Rezeptorneuronen), wodurch elektrische Impulse an das Gehirn gesendet werden [20].

Die Riechwahrnehmung kann über zwei Wege erfolgen. Der orthonasale Geruch bezeichnet das „normale“ oder direkte Riechen über die Nasenlöcher. Der retronasale Geruch erfolgt hingegen beim Essen oder Trinken bzw. beim Kauen, Schlucken und Ausatmen. Bei diesen mechanischen Vorgängen werden die flüchtigen Duftstoffe freigesetzt und steigen von der Mundhöhle über die Verbindung zwischen Mund- und Nasenraum durch den Rachen zur Riechschleimhaut der Nase auf. Wird beispielsweise ein Produkt als fruchtig empfunden, wird dieser Eindruck fälschlicherweise auf eine Wahrnehmung im Mundraum zurückgeführt. Tatsächlich findet die Reizung im Nasenraum statt [15, 21]. Somit unterscheidet die DIN EN ISO 5492 zwischen Geruch (orthonasaler Weg, beim Schnüffeln) und Aroma – im französischen Sinne – (retronasaler Weg, beim Verkosten) [13].

1.3.3 Trigemurale Wahrnehmung

Der Nervus trigeminus ist der fünfte Hirnnerv. Er wird auch Drillingsnerv genannt, weil er aus drei Nerven besteht: Nervus ophthalmicus, Nervus maxillaris und Nervus mandibularis. Er durchzieht das ganze Gesicht (von der Stirn, über die Augen, die Nase, die Wangen und Lippen bis zur Mundhöhle, der Zunge und der Kaumuskulatur). Dementsprechend ist er auch an der Wahrnehmung von Temperatur, Berührung, Druck, Vibration und Schmerz beteiligt [14, 15]. Die trigeminale Wahrnehmung kann somit Irritationen hervorrufen. Dabei werden die Nozizeptoren (Schmerz-Rezeptoren) aktiviert, die sich in den freien Nervenendungen des Gesichtes befinden. Beispielsweise ist das von der Chili hervorgerufene Schärfegefühl auf die trigeminale Wahrnehmung zurückzuführen. Auch Gewürze wie Pfeffer, Ingwer und

Meerrettich können ein scharfes Brennen hervorrufen, während Kohlensäure einem Getränk ein angenehmes Prickeln verleiht und Wein eine adstringierende Wirkung hat [14, 15, 20, 21]. Weiterhin besteht eine enge Verbindung zwischen der Riechwahrnehmung und dem trigeminalen System. Die meisten Riechstoffe weisen in hohen Konzentrationen trigeminale Empfindungen auf. Somit lassen sich die kühlende Wirkung von Menthol und das Stechen von Ammoniak erklären [14, 20].

Schärfe

Auch wenn die Schärfe nicht von den Sinneszellen der Zunge, sondern vom trigeminalen System wahrgenommen wird, spürt man die Schärfe als erstes auf der Zunge. Dies ist darauf zurückzuführen, dass zwischen den Pilzpapillen und dem Nervus trigeminus dreimal mehr Verbindungen bestehen als zwischen den Pilzpapillen und dem Nerv des Geschmackssystems [15]. Capsaicin (vgl. Kapitel 1.4.1), der Scharfstoff von Chilifrüchten, bindet sich bei Nahrungsaufnahme an den Vanilloid-Rezeptor TRPV1 (Transienter Rezeptor-Potenzial-Kanal Vanilloid Subtyp 1). TRPV1 ist ein Wärmesensor, der normalerweise bei Temperaturen über 43 °C eine Kanalöffnung auslöst, wodurch Natrium- und Calciumionen ins Zellinnere eindringen. Dabei ändern die positiv geladenen Ionen die Potentialdifferenz, also die Spannung in der Zellmembran, was zu einer Signalübermittlung ins Gehirn führt. Beim TRPV1-Capsaicin-Komplex reichen aber Temperaturen unter der Körpertemperatur (36 °C), um zu einer Öffnung des Kanals zu kommen. Somit wird ein Signal ins Gehirn gesendet, um den Körper herunterzukühlen. Dementsprechend kommt es zum Schwitzen und einer stärkeren Durchblutung der Haut [1, 5, 8, 15].

1.4 Sensorisch bedeutsame Inhaltstoffe

Im Folgenden wird nur auf die Inhaltstoffe (Capsaicinoide, Zucker, Säuren, flüchtige Aromastoffe) von *Capsicum*-Früchten eingegangen, die in einem Zusammenhang mit dem in dieser Arbeit sensorisch untersuchten Flavour (Schärfe, Geschmack, Aroma) stehen. Für weitere Inhaltsstoffe wie Carotinoide (Farbstoffe), Polyphenole (Antioxidantien), Ascorbinsäure (Vitamin C) und Tocopherole (Vitamin E) wird auf die Literatur [22] verwiesen.

1.4.1 Capsaicinoide

Verantwortlich für die Schärfe von Chilis sind die Capsaicinoide. Dabei handelt es sich um Vanillylamide von Fettsäuren, deren Länge die Schärfeintensität bestimmen. Eine eher geringe Schärfeintensität ergibt sich bei kurzen und langen C-Ketten, während endständige Methylverzweigungen zu einer hohen Schärfeintensität führen. Capsaicin, Dihydrocapsaicin und Nordihydrocapsaicin zählen zu den wichtigsten Vertretern der Capsaicinoide (siehe Abbildung 3). *Capsicum* ist die einzige Pflanzengattung, die Capsaicinoide synthetisiert. Die Schärfe befindet sich nicht, wie viele vermuten, in den Samen sondern in der inneren Schicht der Plazenta. Dementsprechend kann durch die Entfernung der Plazenta die Schärfe gemindert werden. Dies gilt allerdings nicht für sehr scharfe Früchte, bei denen sich die hochkonzentrierten Capsaicinoide auch auf die der Plazenta naheliegenden Gewebsschichten ausbreiten [2, 5].

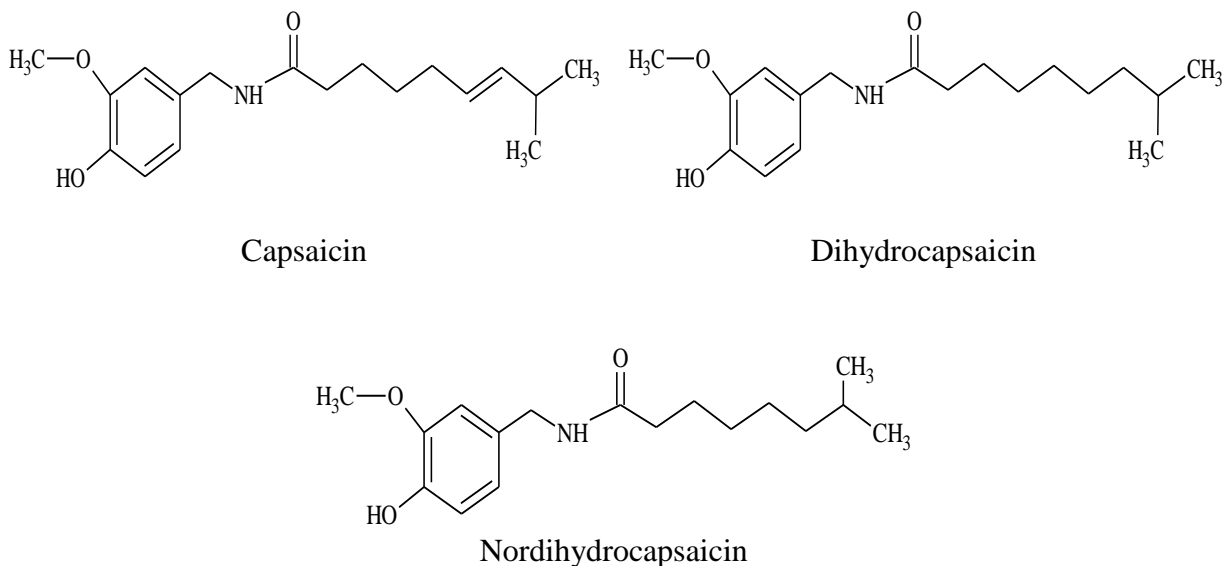


Abbildung 3: Strukturformeln der wichtigsten Capsaicinoide

Scoville-Test

Eine organoleptische Methode zur Schärfe-Messung wurde 1912 von Wilbur Scoville entwickelt. Dabei wurde ca. 65 g Paprikafrucht in Ethanol extrahiert, dann geschüttelt, filtriert und mit gesüßtem (5 %) Wasser solange verdünnt, bis die Schärfe der Probe von Prüfpersonen nicht mehr zu erkennen war [23]. Somit definiert sich eine Scoville-Einheit SHU (engl. Scoville Heat Unit) als „der erforderliche Anteil an Süßwasser, um einen Anteil an Chili-Extrakt zu neutralisieren“. Beispielsweise sind 30.000 Anteile gesüßtes Wasser erforderlich, um eine Einheit Cayennepfeffer-Extrakt (30.000 SHU) zu neutralisieren [2].

Der ursprüngliche Test von Scoville wurde später mehrmals modifiziert. In der Standardmethode ASTA 21.0 müssen fünf trainierte Chili-Prüfer eine Reihe von Verdünnungen verkosten, bis sich bei mindestens drei von ihnen ein scharfes Mundgefühl bemerkbar macht. Eine der wichtigsten Erweiterungen war allerdings die Umwandlung von instrumentell-analytisch gemessenen Capsaicinoidgehalt in Scoville-Einheiten [4]. Dafür wurden einerseits die einzelnen Capsaicinoid-Standards gaschromatographisch quantifiziert und andererseits die sensorische Schärfe von einzelnen Standards mit einer Modifikation des Scoville-Tests gemessen. Die größte sensorische Wirkung zeigten dabei Capsaicin und Dihydrocapsaicin mit jeweils $16,1 \pm 0,6$ Millionen Scoville-Einheiten, während Nordihydrocapsaicin $9,3 \pm 0,4$ Millionen Scoville-Einheiten aufwies [24]. Somit ist die obere Grenze der Scoville-Skala auf 16 Millionen SHU festgelegt, während die milde Gemüsepaprika mit 0 SHU, also ohne spürbare Schärfe, den Anfang der Skala markiert [5]. Von 2006 bis 2012 galt der Hybrid-Bhut-Jolokia-Chili aus Indien mit durchschnittlichen 1.001.304 SHU [25] als schärfster Chili der Welt. Im Februar 2012 gab das Chiliinstitut in New Mexiko bekannt, dass die Sorte Trinidad Muruga Scorpion (aus Trinidad und Tobago) mit durchschnittlich 1,2 Millionen SHU der neue Schärferekordhalter ist. Einzelne Früchte können sogar eine Schärfe von mehr als 2 Millionen SHU erreichen [26].

Heutzutage wird die Schärfe durch Quantifizierung einzelner Capsaicinoide mittels Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) und Fluoreszenzdetektion gemessen [22].

Sensorischer Einfluss von Capsaicin

Viele Studien haben den Einfluss von Capsaicin nicht nur auf die Schärfewahrnehmung, sondern auch auf die Geschmacksarten untersucht. Capsaicin-haltige Lebensmittel oder Produkte können eine Sensibilisierung oder eine Desensibilisierung verursachen. Unter Sensibilisierung versteht man „die Steigerung der Empfindung nach wiederholter Exposition“, während unter Desensibilisierung „die erniedrigte Empfindung, meistens mit etwas zeitlicher Verzögerung“ zu verstehen ist [27, 28].

Im Rahmen von Dowells Untersuchungen löste eine milde und mittelscharfe Salsa mit 25.000 bzw. 70.000 SHU eine leichte Sensibilisierung bei einem Deskriptiven Panel aus, während eine scharfe Salsa mit 130.000 SHU zu einer leichten Desensibilisierung führte. Eine sehr scharfe Salsa mit 250.000 SHU rief hingegen keinen dieser Effekte hervor [27].

In einer weiteren Studie hinterließen ethanolsche Capsaicinlösungen ($\leq 0,3$ molar) bei ca. 50 % der Testpersonen neben der spürbaren Schärfe einen bitteren Geschmack [29]. Green und Schullery konnten in einer weiteren Studie zeigen, dass die von Capsaicin ausgelöste Bitterkeit vor allem in den Wallpapillen und die Irritation bzw. die Schärfe in den Pilzpapillen

ausgeprägt war. Darüber hinaus unterdrückte Saccharose die vom Capsaicin erzeugte Bitterkeit [30]. In einem Versuch von Simons *et al.* konnte eine Unterdrückung der Geschmacksarten süß und bitter durch Capsaicin festgestellt werden. Dabei wurde das vordere Zungenareal von Testpersonen einer Vorbehandlung mit Capsaicin unterzogen, während das hintere Zungenareal als Kontrolle mit einer Kaliumchlorid-Lösung behandelt wurde. Anschließend wurde die ganze Zunge mit jeweils 5 ml-Referenzlösungen der 5 Geschmacksarten (mit Saccharose, Natriumchlorid, Chinin, Natriumglutamat und Citronensäure) behandelt. Die Testpersonen mussten dann entscheiden, in welcher Zungenhälfte die jeweilige Geschmacksart stärker wahrgenommen wurde. Die Untersuchung ergab, dass die Süße und Bitterkeit weniger intensiv nach einer Behandlung mit hohen und niedrigen Capsaicin-Konzentrationen empfunden wurden, wobei der Effekt bei einer hohen Capsaicin-Konzentration stärker war [31].

1.4.2 Zucker

Neben der Schärfe sind Zucker und organische Säuren weitere nicht-flüchtige Komponenten, die das Flavour von *Capsicum* bestimmen [32, 33].

Untersuchungen von Polaczek-Rácz *et al.* und Tarrach *et al.* haben bereits 1981 bzw. 1986 die Anwesenheit von Zuckern in *Capsicum*-Pflanzen bestätigt [34, 35]. Glucose, Fructose und Saccharose wurden als Hauptzucker in frischen [34, 36, 37, 38, 39] und in getrockneten [40, 41] Chili-Proben identifiziert. Die Strukturformeln sind in Abbildung 4 dargestellt.

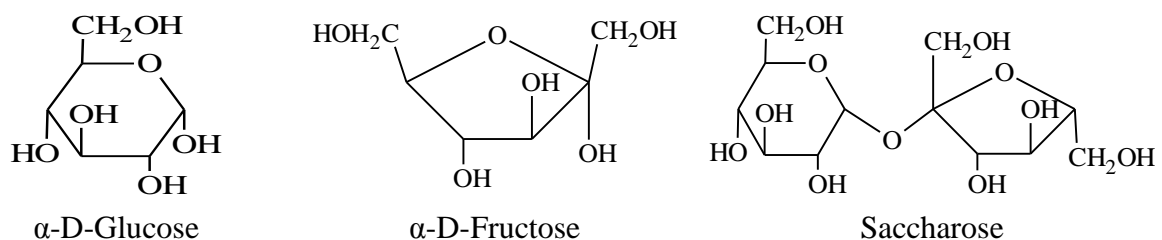


Abbildung 4: Strukturformeln der Hauptzucker

Die Hauptzucker wurden hauptsächlich in frischen Proben untersucht. Je nach Spezies und Sorte unterscheiden sich die einzelnen Zuckeranteile. Tarrach *et al.* stellten fest, dass Fructose und Glucose in ähnlichen Konzentrationen vorkamen [34]. Weitere Studien zeigten ebenfalls, dass Fructose und Glucose die Hauptzuckerkomponenten sind und dass der Gehalt an Saccharose entweder am geringsten [34, 36, 37] oder gar nicht vorhanden [41, 42, 43] ist. In Tabelle 1 sind einige Ergebnisse bzgl. des Zuckergehalts in g pro 100 g Frischgewicht (FG) aufgelistet.

**Tabelle 1: Gehalte und Konzentrationsbereiche an Zuckern in frischen *Capsicum*-Früchten
[g/100 g Frischgewicht]**

Spezies (Sorte)	Fructose [g/100 g FG]	Glucose [g/100 g FG]	Saccharose [g/100 g FG]	Summe [g/100 g FG]	Literatur
<i>Capsicum annuum</i> L. (6 Sorten)*	1,8 - 3,2	2,1 - 3,0	0,20 - 0,40	4,3 - 6,5 ^{na}	Tarrach <i>et al.</i> , 1986 [34]
<i>Capsicum annuum</i> Five Star*	3,2	2,7	nd	5,9	Mitchell <i>et al.</i> , 1992 [43]
<i>Capsicum annuum</i> L. cv. Mazurka*	2,58	2,40	0,19	5,57 ^{na}	Luning <i>et al.</i> , 1994 [36]
<i>Capsicum annuum</i> L. var. Longum „Padrón“ *	0,75	0,85*	nd	1,6 ^{na}	Lopez-Hernandez <i>et al.</i> , 1996 [42]
<i>Capsicum annuum</i> L. cv. Signal*	3,71	3,26	0,63	7,39	Matsufuji <i>et al.</i> , 2007 [37]
<i>Capsicum frutescens</i> (40 Akzessionen)	0,63 - 3,48	0,43 - 2,78	0,28 - 1,00	1,84 - 6,84	Jarret <i>et al.</i> , 2007 [38]
<i>Capsicum chinense</i> Jacq. (216 Sorten)	0,10 - 0,82	0,07 - 0,70	0,00 - 0,15	0,20 - 1,54	Jarret <i>et al.</i> , 2009 [39]

* rotreife Früchte, nd = nicht detektierbar, na = nicht vom Autor angegeben, Summe selbst errechnet

Die von Jarret *et al.* untersuchte Variabilität der Spezies *C. frutescens* und *C. chinense* zeigte, dass die Akzessionen von *C. frutescens* deutlich höhere Zuckergehalte als die von *C. chinense* aufweisen [38, 39].

Aktuellere Ergebnisse können der USDA-Datenbank (2012) entnommen werden: dort ist der Zuckergehalt der frischen roten Gemüsepaprika mit 4,2 g/100 g FG [44] angegeben, und der Zuckergehalt der frischen roten „hot chili“ mit 5,1 g/100 g FG [45].

Tarrach *et al.* und Luning *et al.* stellten fest, dass der Fructose- und Glucosegehalt während des Reifeverlaufs ansteigt [34, 36]. Dabei konnten Luning *et al.* eine signifikante Zunahme von Fructose und Glucose bei frischem Gemüsepaprika (*Capsicum annuum* L. cv. Mazurka und cv. Evident) von der grünen zur wechselnden Phase (engl. turning stage) und von der wechselnden zur rotreifen Phase nachweisen [36]. Dieses Verhalten konnte auch von Martinez *et al.* bei dem Arnoia Paprika (*Capsicum annuum* L. var. *annuum* cv. Arnoia) festgestellt werden [46]. Ferner kann aus den USDA-Daten abgelesen werden, dass frische grüne Gemüsepaprika mit 2,4 g Zucker/100 g nur ca. halb so viel Zucker enthält wie rote Gemüsepaprika [44].

Luning *et al.* beobachteten außerdem die höchste Saccharose-Konzentration in der wechselnden Phase und berichteten von einer signifikanten Abnahme in der Konzentration von dieser Phase hin zum roten Reifestadium [36].

Die Zuckerzusammensetzung in getrocknetem *Capsicum*-Material besteht laut Literatur [40, 47] auch aus Fructose, Glucose und Saccharose. Allerdings ist die Untersuchung der Zuckergehalte in getrocknetem Material bezüglich Spezies und Sorten noch nicht intensiv erforscht. Somit besteht in diesem Bereich Forschungsbedarf.

Die USDA-Datenbank gibt für Paprikapulver (Gewürz), rote gefriergetrocknete Gemüsepaprika und rote sonnengetrocknete „hot chile“ einen Zuckergehalt von 10,34 g/100 g [48], 40,77 g/100 g [44] und 41,06 g/100 g [45] an. Der Restwassergehalt der Probe ist jedoch nicht vermerkt.

Weiterhin zeigten Bernardo *et al.*, dass Fructose mit etwa 29,1 und 29,2 g/100 g Trockengewicht (TG) die Hauptzuckerkomponente in zwei spanischen reifen Kultivaren (*Capsicum annuum* cv. Fresno de la Vega und cv. Benavente-Los Valles) ist, danach kommen Glucose (25,5 und 25,7 g/100 g TG) und Saccharose (2,9 und 3,0 g/100 g TG) [49].

Bei getrockneten Proben ist der Einfluss von Lagerung und Trocknung auf den Zuckergehalt von *Capsicum*-Früchten von großem Interesse, da eine Änderung des Zuckergehalts zu einer Änderung des Geschmacks führen könnte [36, 40].

Luning *et al.* [40] untersuchten den Einfluss der Heißlufttrocknung von drei Sorten Gemüsepaprika (*Capsicum annuum* cv. Mazurka, cv. Blondy und cv. Kelvin) auf den Zuckergehalt. Dabei wurden die Proben bei 65 °C bis zu einer Feuchte von 100 g Wasser pro kg TG getrocknet und vor der Zuckeranalyse rehydratisiert und homogenisiert. Beispielsweise konnte für die Sorte cv. Mazurka im frischen reifen Zustand 32,0 g Fructose/100 g TG, 29,5 g Glucose/100 g TG und 1,7 g Saccharose/100 g TG gemessen werden, während die Messung nach der Heißlufttrocknung 28,1 g Fructose/100 g TG, 22,0 g Glucose/100 g TG und 2,5 g Saccharose/100 g TG ergab. Anhand dieser Ergebnisse konnten Luning *et al.* bei den grünen und reifen Proben von *Capsicum annuum* cv. Mazurka, den weißreifen cv. Blondy und den gelbreifen cv. Kelvin einerseits eine signifikante Zunahme der Saccharose-Konzentration nach der Trocknung feststellen, die sie durch eine Veränderung in den enzymatischen Aktivitäten während der Anfangsphase der Trocknung begründeten. Andererseits berichteten sie über eine signifikante Abnahme von Fructose und Glucose in allen Proben. Luning *et al.* vermuteten, dass dieses Verhalten nicht nur auf die Saccharosebildung aus Fructose und Glucose zurückzuführen ist, sondern auch auf die Bildung von Amadori-Verbindungen (Reaktion zwischen reduzierenden Zuckern und Aminoverbindungen) aus der Maillard-Reaktion [40], was auch zur Bräunung des Pulvers führt [41, 50].

Eine Konzentrationsabnahme der reduzierenden Zucker konnte ebenfalls von Vámos-Vigyázó *et al.* [41] mit roten Gemüsepaprikas (*Capsicum annuum* L.) bei 80 °C, Sigge *et al.* [47] mit grünen Gemüsepaprikas bei einem Dehydrator bei 70 °C und 75 °C (*Capsicum annuum* L.) sowie Wiriya *et al.* [51] mit *Capsicum annuum* cv. Huarou Yon bei Sontrocknung und bei einem Hordentrockner beobachtet werden. Eine Saccharose-Bildung während der Trocknung konnte auch von Vámos-Vigyázó *et al.* [41] und von Sigge *et al.* [47] festgestellt werden.

Neben einer Abnahme der Glucose- und Fructose-Konzentration und einer Zunahme der Saccharose-Konzentration sind weitere nachteilige Folgen der Trocknung hervorzuheben. Dazu zählen u. a. der Farbverlust, die Bräunung, die Abnahme der Peroxidase-Aktivität, die Oxidation von Polyphenolen [41, 52, 51], der Säureverlust [40, 47, 51] und die Veränderung der flüchtigen Komponenten [40]. In den kommenden Kapiteln wird auf die letzten beiden Effekte eingegangen.

1.4.3 Organische Säuren

Capsicum-Früchte sind auch aus ernährungsphysiologischer Sicht von Bedeutung. Zum Beispiel decken 100 g frische rote Gemüsepaprikas mit einem Vitamin C-Gehalt (Ascorbinsäure) von 128 mg [44] den von der DGE empfohlenen Tagesbedarf (für Erwachsene) von 100 mg ab [53]. Neben Ascorbinsäure sind weitere organische Säuren in *Capsicum*-Früchten enthalten. In verschiedenen Untersuchungen wurden u. a. Äpfelsäure [34, 36, 38, 39, 42], Citronensäure [34, 36, 37, 39, 42], Isocitronensäure [34], Oxalsäure [36, 42], Fumarsäure [36, 39, 42], Chinasäure [34, 42], Shikimisäure [36], Pyroglutaminsäure [36] und Bernsteinsäure [39] nachgewiesen. In frischen *Capsicum*-Früchten stellen neben der Ascorbinsäure die Citronensäure und die Äpfelsäure die größten Anteile an organischen Säuren. Die anderen oben erwähnten Säuren kommen in den meisten Fällen in sehr geringen Mengen vor und werden deswegen nachfolgend nicht berücksichtigt. Da Ascorbinsäure in *Capsicum*-Früchten weitgehend erforscht ist, gilt das gegenwärtige Forschungsinteresse der Citronensäure und der Äpfelsäure; insbesondere deren Konzentrationen und Variabilität.

Jarret *et al.* beobachteten bei 216 Sorten der Spezies *Capsicum chinense* Jacq. einen durchschnittlichen Gehalt an Ascorbinsäure von 391,6 mg/100 FG, an Citronensäure 244,2 mg/100 g FG und an Äpfelsäure 69,5 mg/100 mg FG [39]. Die Untersuchung von Luning *et al.* mit zwei Kultivaren (cv. Mazurka und cv. Evident) von *Capsicum annuum* L. ergab ein Ascorbinsäure/Citronensäure Verhältnis von fast 1 zu 2 (175,4 zu 303,5 mg/100 g FG und 177,3 zu 350,6 mg/100 g FG) [36]. Das gleiche Verhältnis wurde auch von Matsufuji *et al.* in *Capsicum annuum* L. cv. Signal Proben gemessen [37]. Zudem fanden Luning *et al.* zwischen 28,1 und 33,4 mg Äpfelsäure/100 g FG in frischen roten Gemüsepaprikas [36]. Deutlich höhere Äpfelsäure-Gehalte von 620 bis 2290 mg/100 g FG konnte Jarret *et al.* bei 41 Genotypen von *Capsicum frutescens* nachweisen [38].

Darüber hinaus verändert sich die Säurezusammensetzung der *Capsicum*-Früchte laut Tarrach *et al.* [34] und Luning *et al.* [36] im Laufe der Reifung (von grün über gelbreif zu rotreif). Im grünen Stadium konnten bei vier Sorten Gemüsepaprika Gehalte an Äpfelsäure zwischen 96 und 148 mg/100 g FG und an Citronensäure zwischen 10 und 68 mg/100 g FG festgestellt werden. Im reifen Stadium lagen Konzentrationen von 21-42 mg Äpfelsäure/100 g FG und 265-357 mg Citronensäure/100 g FG vor. Somit wurde eine Abnahme des Äpfelsäure-Gehaltes und eine gleichzeitige Zunahme der Citronensäure-Konzentration während der Fruchtreifung festgestellt [34]. Dieses Verhalten konnten Luning *et al.* bei der HPLC-Untersuchung von Gemüsepaprika (*Capsicum annuum* cv. Mazurka und cv. Evident) in drei verschiedenen Reifephasen mit einer Signifikanz von $p < 0,05$ bestätigen [36].

Werden Paprika und Chili einer Trocknung unterzogen, muss laut Park [54] mit einem Verlust an Vitamin C von 76 % bei einer Sontrocknung und 89 % bei einer Ofentrocknung gerechnet werden. Sigge *et al.* [47] und Ramesh *et al.* [55] wiesen ebenfalls auf eine drastische Abnahme des Ascorbinsäure-Gehaltes durch die Trocknung von Paprika hin. Eine Verringerung der L-Ascorbinsäure-Konzentration wird in Anwesenheit von Luft (Heißlufttrocknung) und Licht (Sontrocknung) durch Oxidation zu L-Dehydroascorbinsäure (DHA) hervorgerufen. Hohe Temperaturen, wie sie im Allgemeinen

bei einer Ofentrocknung herrschen, können auch zum Abbau von Vitamin C führen. Dehydroascorbinsäure kann später mit Aminosäuren reagieren, sodass es im Zusammenhang mit dem Strecker-Abbau zu einer Bräunung des Materials kommt [51, 56].

Meckelmann *et al.* untersuchten 147 ofengetrocknete Akzessionen verschiedener *Capsicum*-Spezies und berichteten, dass in 56 % der peruanischen Chiliprogen keine Ascorbinsäure nachgewiesen wurde und dass in den restlichen 44 % der Proben mit wenigen Ausnahmen Konzentrationen von unter 30 mg/100 g TG gemessen wurden [22]. Ebenso niedrige Ascorbinsäure-Konzentrationen konnten Toontom *et al.* bei den Chiliprogen feststellen, die einer Heißlufttrocknung unterzogen wurden. Nur durch eine Gefrietrocknung konnte nach Toontom *et al.* der Ascorbinsäure-Gehalt größten Teils erhalten bleiben [57].

Darüber hinaus gehören die von Meckelmann *et al.* analysierten Proben zu den Chiliprogen, die im Rahmen dieser Forschungsarbeit untersucht wurden [22]. Die geringen Konzentrationen im *Capsicum*-Pulver deuten darauf hin, dass der Vitamin C-Gehalt keinen relevanten Einfluss auf die sensorische Wahrnehmung hat, und somit zu vernachlässigen ist. Aus diesem Grund werden ausschließlich Citronensäure und Äpfelsäure in dieser Arbeit als die Hauptsäuren in Paprika- und Chilipulver betrachtet (siehe Abbildung 5).

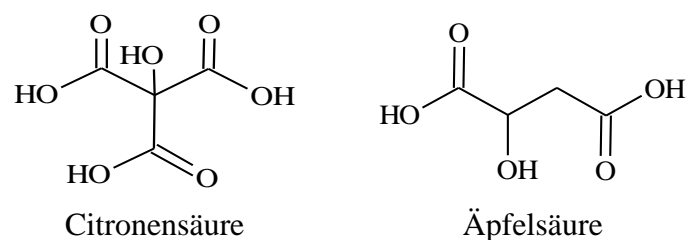


Abbildung 5: Strukturformeln der Hauptsäuren in getrockneten *Capsicum*-Früchten

Über die in Abbildung 5 vorkommenden Säuren in *Capsicum*-Pulvern gibt es nur wenige Untersuchungen. Luning *et al.* analysierten frische und warmluftgetrocknete grüne und rote Gemüsepaprika (*Capsicum annuum* cv. Mazurka), um den Effekt einer Warmlufttrocknung festzustellen. Es wurde ein Citronensäure-Gehalt von 2452 mg/100 g Trockengewicht (TG) und ein Äpfelsäure-Gehalt von 1041 mg/100 g TG in getrockneten rotreife Früchten gemessen. Anders als in frischen Früchten konnte bei getrockneten Proben eine deutliche Abnahme an Citronensäure und eine signifikante Zunahme an Äpfelsäure durch die Heißlufttrocknung (bei 65 °C, Trockengewicht 90,5 %) festgestellt werden. Laut Luning *et al.* ist eine auf die Trocknung zurückzuführende Umwandlung von Citronensäure in Äpfelsäure hierfür verantwortlich [40].

Solche Konzentrationsabnahmen und -zunahmen (von Säuren und Zuckern) während der Reifung und/oder der Trocknung sind für sensorische Beurteilungen von Bedeutung, da sie den Geschmack der Probe verändern können (vgl. Kapitel 1.4.5).

1.4.4 Flüchtige Aromastoffe

Die Wahrnehmung eines orthonasalen Geruchs steht im Zusammenhang mit der Konzentration an flüchtigen Aromastoffen, wobei sich diese Konzentration aus Interaktionen zwischen den flüchtigen Verbindungen (in der Dampfphase) und der Lebensmittelmatrix ergibt [58].

Gaschromatographische Untersuchungen (GC) erlauben die Auftrennung eines Geruchs in seine flüchtigen Bestandteile. Beim Verlassen der GC-Säule können die einzelnen Aromastoffe über einen Sniffing-Port (SP) meistens mit einem erfahrenen Sniffing-Panel abgerochen und danach mittels Massenspektrometrie (MS) identifiziert werden. Somit kann ermittelt werden, welchen sensorischen Beitrag die einzelnen Aromastoffe zum Geruch liefern [59].

Mehr als 60 flüchtige Verbindungen der Gattung *Capsicum* sind identifiziert worden [60, 61, 62], wobei weniger als 20 % davon aromaaktiv sind [62]. Darunter befinden sich Ester, Alkohole, Ketone und Pyrazine [58, 63].

Besonders hervorzuheben ist ein geruchsintensives Pyrazin, das für das typische „grüne Paprika“ Aroma verantwortlich ist: 2-Methoxy-3-isobutylpyrazin [5]. Weitere Verbindungen wie (2Z)-Nonenal (dumpf-gurkenartig), (2E,6Z)-Nonadienal (frisch-gurkenartig), Ethyl-4-methylpentanoat (süß, fruchtig) und β -Ionon (blumig, fruchtig) tragen auch zum Aroma von *Capsicum*-Früchten bei [5].

Das Aromaprofil der *Capsicum*-Früchte verändert sich während der Reifung. Grüne Gemüsepaprikas sind durch grasige, grüne und kräuterartige Noten charakterisiert, die von (3Z)-Hexanol, (3Z)-Hexanal und 2-Methoxy-3-isobutylpyrazin hervorgerufen werden [60, 64]. Diese Aromastoffe nehmen während der Reifung ab, sodass bei roten Paprikas eher süße und fruchtige Aromen (2,3-Butandion, 3-Carene und (2Z)-Hexenal) wahrzunehmen sind [64]. Klare Unterschiede zeigen auch die verschiedenen *Capsicum*-Spezies. Zum Beispiel weist *C. chinense* aufgrund der Abwesenheit von Pyrazinen keinen typischen grünen Paprikageruch auf. *C. pubescens* besitzt aufgrund von 2-Heptanthiol ein zusätzliches nussiges Aroma, während sich *C. frutescens*, wie im Fall von Tabasco, wegen Ethyl-4-methylpentanoat durch ein fruchtiges Aroma auszeichnet [5, 65].

Kollmannsberger *et al.* untersuchten zwei wenig erforschte andine Spezies aus Ecuador, Peru und Guatemala: *C. baccatum* (sog. ajíes) und *C. pubescens* (sog. rocotos). Mit Hilfe von Sniffing-Tests stellte sich heraus, dass N- und S-haltige Verbindungen wie 2-Methoxy-3-isobutylpyrazin (Paprika, grün, erdig) und 2-Heptanethiol (Paprika, grün, erdölartig) den größten Beitrag zum Geruch bei diesen Spezies leisten. *C. pubescens* unterschied sich aber von *C. baccatum* durch die Pyrazine 2-Methoxy-3-isopropylpyrazin (Erbsen, erdig) und 3-sec-butyl-2-methoxy-pyrazin (grün, erdig). Weiterhin konnten bei *C. pubescens* wichtige Aldehyde wie (2E,6Z)-Nonadienal (gurkenartig) und (2E)-Nonenal (gurkenartig-muffig) und bei *C. baccatum* einige Monoterpene wie α -Pinen (holzartig) und Linalool (zitrusartig, fruchtig, blumig) detektiert werden. Die von Estern hervorgerufenen fruchtigen und süßen Noten konnten nur in der Kontrollprobe *C. chinense* identifiziert werden (Ethyl-4-Methyl-pentanoat) [66].

Eine drastische Veränderung der Zusammensetzung der flüchtigen Aromastoffe bei einer Trocknung von *Capsicum*-Früchten konnten Luning *et al.* [40], van Ruth *et al.* [67] und Toontom *et al.* [57] feststellen. Luning *et al.* wiesen einerseits auf eine Gruppe von Aromastoffen mit „frischen“ Noten hin, die sich nach der Heißlufttrocknung signifikant verflüchtigte ((3Z)-Hexanol) oder verschwand ((3Z)-Hexanal, (2Z)-Pentanal) [40]. Andererseits konnten sie bei einer Gruppe von Aromastoffen (2-Methylpropanal und 2- und 3-Methylbutanal) mit „Kakao, würzigen und ranzig/schweißigen“ Noten eine signifikant höhere Konzentration oder eine Neubildung feststellen [61]. Es wird vermutet, dass diese Aromastoffe als Folge des Strecker-Abbaus gebildet wurden [40].

Eine Veränderung der Konzentration vieler Aromastoffe, das Verschwinden und die Bildung anderer Aromastoffe mit denselben olfaktorischen Eigenschaften konnten auch Toontom *et al.* beobachten [57]. Zudem berichteten sie von zwei Aromastoffen in getrockneten Chilis, die unabhängig von der angewandten Trocknungsmethoden (Gefriertrocknung, Heißlufttrocknung oder Sontrocknung) anzutreffen waren: 5-Methyl-undecan und 2,3-Dihydro-3,5-dihydro-6-methyl-4(4H)-pyranon. Diese Aromastoffe sind für die olfaktorischen Attribute kräuterartig und karamellig verantwortlich [57].

Die Strukturformeln der erwähnten Aromastoffe können der Fachliteratur entnommen werden [68].

1.4.5 Sensorische Charakterisierung

Während ein Sniffing-Panel sich nur mit den flüchtigen aufgetrennten Aromastoffen beschäftigt, untersucht ein Sensorik-Panel (Definition vgl. 1.5.) den Gesamteindruck eines Lebensmittels durch Riechen (Geruch), Verkosten (Flavour) und Sehen (Farbe). Von Relevanz für *Capsicum*-Proben ist die sensorische Charakterisierung von Geruch (orthonasales Riechen) und Flavour (Geschmacksarten, retronasales Riechen, trigeminale Empfindung). Allerdings beschränkten sich die sensorischen Analysen von *Capsicum*-Früchten bislang auf frische Proben [36, 60, 63, 66, 69] oder rehydratisierte Proben [61, 67, 70]. Der Geruch und/oder Geschmack getrockneter *Capsicum*-Früchte – ohne Rehydratisierung – [70] und von getrocknetem und gemahlenem Material ist mit wenigen Ausnahmen [57, 71, 72] kaum untersucht worden.

Lunings und Yuksels Untersuchungen frischer Gemüsepaprikas (*Capsicum annuum* cv. Evident) in drei Reifephasen ergaben folgende Attribute beim Flavour: süß, sauer, bitter, beißend, grasig, grüner Paprika, blumig, gurkenartig und roter Paprika [36, 69]; und folgende Charakterisierung des Geruchs: fruchtig/frisch, fruchtig/chemisch, blumig, süß, zuckersüß, sauer, grasig, kräuterig/grasig, grüner Paprika, gurkenartig, getrocknetes Gras, harzartig, muffig/erdig, würzig, beißend/stechend, ranzig/schweißig und gummiartig [60]. Während des Reifeverlaufs – also von der grünen zur roten Paprika – stellten 15 Prüfer beim Flavour im Mittel eine signifikante Intensitätszunahme der geschmacklichen Deskriptoren süß, sauer und roter Paprika sowie eine signifikante Abnahme der Ausprägungen bitter, grasig, grüner Paprika und gurkenartig fest [36, 69]. Die orthonasale Untersuchung derselben Sorte zeigte,

dass die Attribute süß, muffig/erdig, ranzig/schweißig und gummiartig in den rotreifen Früchten ausgeprägter waren als in den grünen Früchten. Die unreifen Proben der Varietät Evident hatten einen stärkeren grasigen, blumigen und fruchtig/frischen Geruch [60].

Frische scharfe Chilis wurden in einem geringeren Umfang auf ihre flüchtigen Aromen analysiert. Das Sensorik-Panel von Chitwood *et al.* wies auf interessante Attribute wie Rose, grasig und Kichererbsen hin, die eine Diskriminierung der Sorten Jalapeño, Anaheim und Fresno in frischem Material ermöglichte [63].

Ferner konnten Kollmannsberger *et al.* klare Unterschiede im Geruch zwischen der Spezies *C. chinense* und den zwei wenig erforschten Spezies *C. baccatum* und *C. pubescens* erkennen. Während sich *C. chinense* durch fruchtig-exotische, süße und würzige Gerüche charakterisieren ließ, zeichneten sich die frischen andinen Proben *C. baccatum* und *C. pubescens* durch grüne, gurkenartige, erdige/erbsenartige Noten aus [66].

Im Fall von getrockneten *Capsicum*-Früchten oder -Pulvern muss der Einfluss der Trocknung berücksichtigt werden. Nach Potter und Hotchkiss führt die Trocknung zu diversen Abbau-Reaktionen, die die sensorischen Eigenschaften von Gemüse beeinträchtigen können [50]. Inwiefern die Trocknung die olfaktorische und gustatorische Charakterisierung von Paprika- und Chilifrüchten beeinflusst, zeigen die Panelergebnisse der nachfolgenden Studien.

Ruth *et al.* untersuchten drei Sorten getrockneter Gemüsepaprikas (*C. annuum*) in rehydratisierter Form (nach Zugabe von Wasser und 10 Minuten Kochen, bei 100 °C) auf deren olfaktorische und gustatorische Eigenschaften. Neben den typischen Deskriptoren für *C. annuum* (wie bspw. in [69]) fielen olfaktorische Begriffe wie Champignon, verbrannt und gekochtes Gemüse auf. Die drei Sorten ließen sich jedoch nur durch die gustatorischen Attribute sauer, bitter, scharf und beißend untereinander unterscheiden [62, 67].

Luning *et al.* [61] verglichen den Geruch von frischen und heißluftgetrockneten Gemüsepaprikas (*C. annuum* cv. Mazurka, Blondy und Kelvin), die nach einer Rehydratisierung mit Wasser (10 Minuten, 80 °C) den Prüfern dargereicht wurden. Sie kamen zu der Erkenntnis, dass die Trocknung den Geruch der Proben maßgeblich veränderte. Frische Gemüsepaprikas ließen sich vor allem durch die Begriffe kräuterartig, grüner Gemüsepaprika, fruchtig/frisch, Gurke, blumig, gummiartig, fruchtig/chemisch, zuckersüß, und beißend charakterisieren. Neben diesen Attributen waren weitere Begriffe wie Kakao, Karamell, nussig, getrocknete Tomate und wohlriechend nötig, um die rehydratisierten Proben zu beschreiben. Die getrockneten Früchte ließen sich aber am besten durch die Begriffe wohlriechend, ranzig/schweißig, zuckersüß und heuig beschreiben. Im Vergleich mit den frischen Paprikas konnte in den getrockneten rehydratisierten Proben eine Zunahme des heuigen Geruchs und eine Abnahme der grünen, kräuterartigen, fruchtig/frischen und blumigen Noten beobachtet werden. Das Gesamtaroma der rehydratisierten Proben war insgesamt schwächer als in den frischen Proben. Zudem wurden statistisch signifikante Attribute innerhalb der frischen Proben festgestellt, während bei den getrockneten rehydratisierten Proben viele Attribute nicht zur signifikanten Unterscheidung der Proben beitrugen [61].

Eine von Kuzniar *et al.* durchgeführte sensorische Untersuchung getrockneter grüner Gemüsepaprikas mit und ohne Rehydratisierung lieferte wenige beschreibende Begriffe: heuig, grüner Gemüsepaprika (für den Geruch); und süß, bitter, grüner Gemüsepaprika (für

den Geschmack). Dabei fiel auf, dass bei den nicht rehydratisierten Proben der typische Geruch nach grüner Gemüsepaprika fehlte [70].

Eine der wenigen sensorischen Charakterisierungen von Paprikapulvern lieferte Wilkins [72]. Die olfaktorische (orthonasale) Untersuchung von ungarischem Paprika edelsüß, ungarischem Paprika Delikatess, spanischem Paprika agridulce und ungarischem Rosenpaprika (nach bestimmten Lagerungsbedingungen) ergab 12 Attribute: sauer, beißend, Erde, schwarzer Pfeffer, Brot, Cayennepfeffer, Tomate, Gummi, süß, heuig, aromatisch und Off-Flavour. Auch wenn diese Attribute selten die Intensität „schwach“ überstiegen, waren die Beschreibungen heuig und süß bei allen Proben am ausgeprägtesten [72].

Auch die Art der Trocknung kann die olfaktorische Wahrnehmung von Chilis beeinflussen, wie Toontom *et al.* mit Chee fah chilis (*Capsicum annuum* Linn. var *acuminatum* Fingerh.) beobachteten. Nach einer Heißlufttrocknung hatten die Chilis einen grünen, süßen und gekochten Chili Geruch. Nach einer Gefriertrocknung war eine grüne und stechende Note wahrnehmbar. Während die Heißluft- und Gefriertrocknung einen ähnlichen Geruchseindruck erzeugte, unterschied sich die sonnengetrocknete Probe mit einem alkoholischen Geruch deutlich von den anderen. Toontom *et al.* erklärten sich diesen Befund durch die Anwesenheit von Essigsäure, die durch eine Fermentierung über eine Kontamination mit Mikroorganismen während der zeitintensiven Sontrocknung entstanden sein soll [57].

Mit der gustatorischen Profilierung von getrockneten und vermahlenden Gewürzen bzw. mit der Erstellung eines „Gewürze-Rads“ befassten sich Lawless *et al.* [71]. Wässrige Extrakte von Paprikapulver, Cayennepfeffer, Chili, Chipotle Chili und Ancho chili wurden zubereitet (in kaltem oder warmem Wasser aufgelöst - Raumtemperatur bis 70 °C - und filtriert) und verkostet. Dabei wurde Paprikapulver durch die Begriffe geröstet und rauchig und Cayennepfeffer durch die Begriffe seifig und holzig charakterisiert. Chili und Chipotle schmeckten süß, Ancho chili bitter, während Paprika einen süßen und einen bitteren Geschmack hatte. Dazu wiesen alle Gewürze folgende gemeinsame retronasale Attribute auf: Heu, muffig, Tabak und pflanzlich (grün oder grüner Chili oder vegetativ). Attribute aus anderen Kategorien des Gewürze-Rads wie schwefelhaltig, minzig, süß-aromatisch, blumig-fruchtig und terpenartig wurden für die Beschreibung der *Capsicum*-Proben nicht verwendet [71].

Zusammenfassend ist zu erkennen, dass die Trocknung einen wesentlichen Einfluss auf die sensorischen Eigenschaften von *Capsicum*-Proben hat. Allerdings ist die Wirkung der Trocknung auf die gustatorische Wahrnehmung bzw. auf die Geschmacksarten und den retronasalen Geruch in der Literatur nicht ausreichend beschrieben. Meistens stehen die Analyse der Aromastoffe und die damit verbundenen orthonasalen Eigenschaften im Vordergrund.

Verbindung zwischen Sensorik und instrumenteller Analytik

Es bestehen Zusammenhänge zwischen instrumentell-analytischen Daten und sensorischen Beurteilungen (d. h. gustatorische und olfaktorische Eindrücke) von Paprikaproben.

Luning *et al.* zeigten, dass die von Panelisten wahrgenommene Süße mit dem Gehalt an Glucose, Fructose und Gesamtzucker in frischen rotreifen Gemüsepaprikas positiv korrelierte. In anderen Worten, eine rote reife Gemüsepaprika schmeckt süß, weil die Menge an Zuckern hoch ist. Gleichmaßen hängt die Geschmacksart sauer mit dem Citronensäure- und Ascorbinsäure-Gehalt zusammen. Außerdem wurde auf eine negative Beziehung zwischen der wahrgenommenen Säure und dem Äpfelsäuregehalt hingewiesen. Ferner unterscheiden sich reife und unreife Paprikafrüchte durch ihre Bitterkeit, wobei noch nicht bekannt ist, welche Verbindungen in *Capsicum* dafür verantwortlich sind [36].

Bisherige Studien haben sich auf eine Untersuchung solcher Korrelationen (süß - Zuckergehalt und sauer - Säuregehalt) in frischen Proben beschränkt [36, 73], sodass es von Interesse ist, herauszufinden, ob die Korrelationen auch in getrockneten *Capsicum*-Früchten bestehen.

1.5 Grundlagen der Sensorik

Sensorik ist laut DIN EN ISO 5492 eine wissenschaftliche Disziplin, bei der die menschlichen Sinnesorgane zum Prüfen und Messen eingesetzt werden [74]. Dabei wird der Mensch als Messinstrument gesehen, der den Zusammenhang zwischen Produkten (Inhaltsstoffen, Rezepturen) und deren Wahrnehmung und Bewertung mit Hilfe von sensorischen Methoden untersucht [20, 21].

Die DIN 10950 unterscheidet je nach Kenntnis und Erfahrung einer Person zwischen Laie, Prüfperson, Prüfer und Sensoriker [74]. Jeder der an einer sensorischen Prüfung teilnimmt, gilt als Prüfperson. Nach geeigneter Schulung wählt man aufgrund der ausreichenden sensorischen Eignung einen sogenannten Prüfer, der im Vergleich zu einem Laien (ungeschulte Person) objektiv beurteilt. Ein Sensoriker ist ein Prüfer, der eine ausgesprochene Empfindlichkeit aufweist, umfassend geschult ist und reichlich Erfahrung in Theorie und Praxis mitbringt [13].

Eine Produktbewertung und Schulung von Prüfpersonen kann nur mit statistisch auswertbaren sensorischen Prüfverfahren durchgeführt werden. Die sensorischen Prüfverfahren werden in analytische und hedonische Methoden eingeteilt. Bei den analytischen Methoden handelt es sich um Prüfungen, bei denen der Einfluss der persönlichen Meinung ausgeschlossen ist. Sie werden verwendet, um die Eigenschaften eines Lebensmittels qualitativ und quantitativ festzustellen. Die Tests finden in einem Testlabor mit trainierten Prüfern statt. Hedonische oder affektive Prüfungen sind subjektive Prüfungen, die von Konsumenten zu Hause, im Labor oder in Einkaufszentren durchgeführt werden können. Dabei ist die Meinung und Einstellung des Verbrauchers zum Produkt von Interesse [20, 21, 74].

1.5.1 Objektive Prüfverfahren

Zu den analytischen Prüfungen zählen die Unterschiedsprüfungen und die beschreibenden Prüfungen. Bei den **Unterschiedsprüfungen** handelt es sich um einen Vergleich zwischen mindestens zwei Produkten bezüglich bestimmter Merkmaleigenschaften. Mit einer entsprechenden statistischen Auswertung kann dann geprüft werden, ob signifikante Unterschiede zwischen den Proben bestehen [20, 74].

Folgende Unterschiedsprüfungen sind bekannt [74]: Dreieckstests (DIN EN ISO 4120:2007-10), Paarweise Vergleichsprüfungen (DIN EN ISO 5495:2007-10), Rangordnungsprüfungen (DIN ISO 8587:2010-08), Duo-Trio-Prüfungen (DIN EN ISO 10399:2010-06), A- nicht A Prüfungen (DIN 10972:2003-08), Innerhalb/Außerhalb-Prüfungen (DIN 10973:2013-06), Sequentialanalysen (DIN ISO 16820:2009-11) und Schwellenprüfungen (E DIN 10959:2005-07). Die wichtigsten Prüfungen sind in Tabelle 2 kurz erläutert. Unterschiedsprüfungen werden im Bereich der Prüferschulung, Produktentwicklung, Qualitätskontrolle und Marktuntersuchung verwendet [74]. So kann festgestellt werden, ob ein Austausch von Rezepturkomponenten, oder eine Änderung eines Prozessschrittes während der Produktion, Verpackung und Lagerung einen Einfluss auf den Gesamteindruck des Produktes hat, und

noch wichtiger, ob die Änderung von Prüfern mit statistischer Signifikanz bzw. mit Sicherheit wahrgenommen wird.

Manche Diskriminierungsprüfungen wie der Dreieckstest und Duo-Trio-Test sind mit einer sogenannten „Forced Choice“ (engl. für erzwungene Wahl) verbunden. Mit dieser Methode wird versucht, auch unbewusst wahrgenommene Unterschiede einzubeziehen, indem die Antwort „kein Unterschied“ ausgeschlossen wird [75].

Tabelle 2: Wichtigste Unterschiedsprüfungen

Prüfverfahren	Fragestellung	n° der Proben	Statistische Auswertung
Dreieckstest	Welche ist die abweichende Probe?	2/3	<ul style="list-style-type: none"> – Binomial-Theorem (Signifikanzniveau) – Prüfung auf Unterschied und Gleichheit
Paarweise Vergleichsprüfung	Welche Probe ist intensiver/schwächer?	2/2	<ul style="list-style-type: none"> – Binomial-Theorem (Signifikanzniveau) – Ein- oder zweiseitiger Test – Prüfung auf Unterschied und Gleichheit
Rangordnungsprüfung	Bringen Sie Probe in eine Rangfolge nach Intensität eines Merkmals	>2	<ul style="list-style-type: none"> – Friedmann-Test, Page-Test – Paarvergleich mit LSD-Test

n° = Anzahl

Beschreibende oder deskriptive Prüfungen sind objektive Prüfverfahren, die laut DIN 10950 „eine möglichst genaue, wertneutrale verbale oder graphische Aufgliederung der Merkmale und Merkmalseigenschaften von Proben“ zum Ziel haben [74]. Sie bestehen aus einer qualitativen und einer quantitativen Phase. Mittels einer „Einfach beschreibenden Prüfung“ (DIN 10964:1996-02) werden Attribute gesammelt, die eine qualitative Charakterisierung und Unterscheidung der verschiedenen Proben ermöglichen. In der zweiten Phase wird die Intensität dieser Attribute mit Hilfe von Skalen gemessen. Daraus können Produktprofile (z. B. Netzdiagramme) gebildet werden, die einen Vergleich mehrerer Proben auf einer Abbildung erlauben [20, 21].

Man verwendet hauptsächlich zwei Typen von Skalen: ordinale und metrische. Die Ordinalskalen sind numerisch, i. d. R. 1 bis 15 Stufen. Meistens sind die einzelnen Stufen von Intensitätsbeschreibungen begleitet, wie zum Beispiel 1: nicht vorhanden und 7: sehr stark. Dagegen erlauben metrische Skalen nicht nur die Darstellung einer Rangordnung, sondern auch eine Abbildung der tatsächlichen Intensität der Deskriptoren, die in ein Längenmaß (meistens cm) transformiert wird [20, 76].

Zu den deskriptiven Prüfungen (mit beiden Phasen) zählen [74]: Beschreibende Prüfungen mit anschließender Qualitätsbewertung (DIN 10969:2001-05), Intensitätsprüfungen (DIN 10966:1997-12), Zeitintensitätsprüfungen (DIN 10970:2002-09) und Profilprüfungen (DIN 10967). Diese Methoden werden zum Produktvergleich, zur Charakterisierung von Prüfproben oder Produkteinflussfaktoren und in der Produktentwicklung eingesetzt [74]. Auf

die verschiedenen Profilprüfungen (DIN 10967-1:1999-10, DIN 10967-2:2000-10, DIN 10967-3:2001-08) wird in Kapitel 1.5.7 näher eingegangen.

1.5.2 Subjektive Prüfverfahren

Hedonische Prüfungen erfassen die subjektive Wahrnehmung, die Bedürfnisse und Vorlieben von Verbrauchern [20]. Solche Prüfungen finden an der Schnittstelle zwischen Marktforschung und Sensorik ihre Anwendung [21]. Dabei unterscheidet man zwischen Präferenztests und Akzeptanztests. Bei Präferenzprüfungen werden bevorzugte Produkte durch die Verwendung von Unterschiedsprüfungen ermittelt. Bei Akzeptanzprüfungen wird der Grad des Gefallens mit Hilfe einer hedonischen Skala gemessen (s. Tabelle 3) [21, 75]. Bei diesen Tests ist es wichtig, spontane Reaktionen von den Teilnehmern zu erhalten. Teilnehmer werden nach dem Zufallsprinzip oder aus einem Verbraucherpool rekrutiert, die bestimmte Kriterien wie Konsumgewohnheiten erfüllen. Die Größe der sogenannten Verbraucherstichprobe ist in der DIN 10974 auf mindestens 60 Prüfpersonen pro Gruppe oder Untergruppe festgelegt, um aussagekräftige quantitative Erkenntnisse zu gewährleisten. So kann beispielsweise untersucht werden, ob es signifikante Unterschiede zwischen den Untergruppen Frauen und Männer bzgl. der Akzeptanz eines bestimmten Produktes gibt [77].

Tabelle 3: Affektive Prüfverfahren [20, 21]

Prüfverfahren	Fragestellung	Methode und Auswertung
Präferenztest	Welches Produkt bevorzugen sie?	– Paarweise Vergleichsprüfung
	Ordnen Sie die Produkte nach Ihrer Beliebtheit!	– Rangordnungsprüfung
	Welche Probe bevorzugen Sie? Welche ist die beste/schlechteste?	– Best-Worst-Scaling (n° Proben >3) [21]
Akzeptanzprüfung	Wie sehr gefällt Ihnen dieses Produkt?	Messung i. d. R. mit Verbalskalen
		– Histogramme
		– Varianzanalyse (n° Proben >2, vgl. 1.5.5)
		– Präferenzkartographie (vgl. 1.7.1)

n° = Anzahl

Die Bewertung der Akzeptanz erfolgt mit einer hedonischen Skala. Dazu gehören diskontinuierliche semantische oder numerische Skalen, kontinuierliche lineare Skalen und Symbolskalen (z. B. mit Smileys für Kinder) [21, 77]. Am häufigsten wird allerdings die hedonische semantische Neun-Punkte Skala verwendet, wobei 1 für „missfällt außerordentlich“ und 9 für „gefällt außerordentlich“ steht. Eine weitere gängige Skala ist die Sieben-Punkte-Skala (1 = missfällt extrem, 7 = gefällt mir extrem) [77].

1.5.3 Panelaufbau

Unter Panel versteht man „eine Gruppe von Prüfpersonen, die an einer sensorischen Prüfung teilnehmen“ [13]. Man unterscheidet zwischen einem Konsumentenpanel und einem Deskriptiven Panel. Während ein Konsumentenpanel aus Laien besteht, benötigt man für ein Deskriptives Panel ausgewählte trainierte Prüfer [78]. Somit ist die Grundvoraussetzung für eine deskriptive Analyse die Etablierung eines Panels. Im Allgemeinen ist der Panelaufbau in 5 Schritte gegliedert: Rekrutierung, Screening, Grundschulung, Training zum Deskriptiven Panel und Monitoring [75].

Als Erstes wird über Zeitungsinsertate, Aushänge am schwarzen Brett usw. eine möglichst große Anzahl an freiwilligen Interessenten (ca. 20 bis 300 [78]) persönlich **rekrutiert**. Die Mitteilung der erforderlichen Kriterien ist dabei von Anfang an wichtig [75, 79].

Beim **Screening** werden Sensitivitätstests, produktspezifische und produktunspezifische Tests durchgeführt, um eine Auswahl (ca. 40 bis 60 Leute [78]) auf Basis dieser Ergebnisse zu treffen. Dazu zählen allgemeine, psychologische und physiologische Kriterien. Die Prüfpersonen sollen über einen längeren Zeitraum für sensorische Tests zur Verfügung stehen, die zu prüfenden Produkte weder favorisieren noch ablehnen und über eine ausreichende Ausdrucksfähigkeit (in deutscher Sprache) verfügen. Zu den psychologischen Kriterien gehören: Verantwortungsbewusstsein, Urteilsfähigkeit, Zuverlässigkeit und Teamfähigkeit. Weiterhin müssen die Prüfpersonen folgenden physiologischen Anforderungen gerecht werden: ein guter Gesundheitszustand, sich nicht in einer akuten Erkältungs- und/oder Heuschnupfenphase zu befinden sowie keine Allergie gegen die Schulungsprodukte zu haben [14, 75, 79, 80].

Die **Grundschulung** erfolgt in einer Reihe von Sitzungen, in der die Grundausbildung der Prüfpersonen nach DIN 10961 bzgl. der Merkmale Farbe, Geruch, Geschmack und Textur stattfindet [75]. Die Schulung bezweckt, dass die Prüfpersonen ihre Sinne (vom Empfangen über Beschreiben bis zum Bewerten) sensibilisieren, die analytischen Prüfverfahren erlernen und üben und umfangreiche Produktkenntnisse erwerben. Schulungen sind stets zeit- und kostenaufwendig. Sie beinhalten Erkennungsprüfungen, Schwellenprüfungen, Unterschiedsprüfungen und beschreibende Prüfungen, die das sensorische Gedächtnis, die Empfindlichkeit, Diskriminierfähigkeit und Ausdrucksfähigkeit testen [79, 80]. Nach der Schulung wird eine Auswahl von Prüfpersonen getroffen. Dabei müssen je nach Aufgabe die Mindestanforderungen nach DIN 10961 erfüllt werden (mindestens 75 % richtige Antworten), um einen Prüfer als geeignet einzustufen. Ist ein trainiertes Panel mit etwa 10 ausgewählten Prüfern erwünscht, ist die doppelte oder dreifache Personenanzahl zu schulen [80].

Der vierte Schritt ist das **Training** [75]. Je nach Projektziel kann der Schwerpunkt auf den Unterschiedsprüfungen (diskriminierendes Panel) oder den beschreibenden Prüfverfahren (Deskriptives Panel) liegen. Die Bildung eines Deskriptiven Panels ist das häufigste Ziel. Das produktspezifische Training arbeitet am sensorischen Langzeitgedächtnis, an der

Vokabularentwicklung und am Skalentraining. Es setzt sich aus 6 Phasen zusammen: *Begriffsfindung*, *Begriffsreduktion*, *Training von Intensitätsmessungen*, *Reduktionsmessung*, *Pilotmessungen* und *Reliabilitätsmessung* [14].

In der ersten Phase erhalten die Panelisten ein möglichst breites Produktspektrum. Sie sollen ihre sensorischen Eindrücke mit Attributen beschreiben, sie verschiedenen Merkmalen zuordnen und gegebenenfalls erklären. Dabei soll auf eine objektive *Generierung von Attributen* geachtet werden [14].

Die nächste Phase beschäftigt sich mit der *Reduktion der Begriffe* in Gruppendiskussionen. Begriffe, die ähnlich oder nicht eindeutig sind, werden zusammengefasst oder verworfen. Dafür werden Referenzproben bereitgestellt, die dabei helfen sollen, Eindrücke zu bestätigen, zu differenzieren oder auszuschließen. Beispielsweise wurden von einem Panel für Weizenbier laut [14] u. a. die Begriffe Wodka, Rum, alkoholisch, vergoren und mostig geprägt. Dazu wurden Referenzproben wie Wodka, Rum, in Rum eingelegte Früchte, angefaultes Obst, verschiedene Hefe- und Malzsorten bereitgestellt. Zudem wird in dieser Phase die Reihenfolge der Attribute festgelegt und die ersten Begriffe werden definiert [14].

Nachdem die erste Begriffsliste entstanden ist, folgt das *Training für Intensitätsmessungen*. Den Panelisten soll beigebracht werden, wie Intensitäten einzuschätzen und Skalen zu verwenden sind. Dafür trainiert man mit Paarweisen Vergleichsprüfungen und Rangordnungsprüfungen mit Standardlösungen oder mit Trainingsproben anhand ausgewählter Deskriptoren. Auch wenn jeder Panelist aufgrund unterschiedlicher Sensibilität die Intensität verschieden stark beurteilt, sollte eine möglichst ähnliche Intensitätsreihenfolge erreicht werden. Bei stark abweichenden Begriffen sollte weiter an der Definition gearbeitet werden [14].

In der *Reduktionsmessung* werden die Panelisten mit einer Profilierung unter Realbedingungen konfrontiert. Mit Hilfe einer Varianzanalyse (engl. Analysis of Variance, ANOVA) soll festgestellt werden, welche Attribute korrelieren, nicht benutzt werden und die Produkte differenzieren. Alle Begriffe werden anschließend diskutiert und ggf. bearbeitet. Außerdem sollen die Diskriminierfähigkeit, die Wiederholbarkeit und die Panelübereinstimmung mittels ANOVA überprüft werden (vgl. Kapitel 1.5.5). Sollten die Ergebnisse nicht zufriedenstellend sein, muss eine genauere Definition und/oder andere Referenzmuster verwendet werden [14].

In der fünften Phase finden Profilprüfungen als *Pilotmessungen* mit 4 bis 6 Proben statt. Das Ziel ist es, das Panel mittels statistischer Methoden (zwei- oder dreifaktorielle ANOVA und Interaktionen) zu überprüfen (vgl. Kapitel 1.5.5). Weiterhin soll die Begriffsliste geändert, diskutiert, definiert und ergänzt oder verkleinert werden.

Die letzte Phase, die *Reliabilitätsmessung*, gibt vor, Profilprüfungen mit ausgewählten Testproben in einer Dreifachbestimmung im Abstand von je einer Woche nach einem Produktvorlageplan durchzuführen. Der Zweck der Reliabilitätsmessung ist, die Wiederholbarkeit zu prüfen. Ergeben sich ähnliche Profile in allen drei Messungen, ist das Training bzw. die Schulungsphase beendet. Die Prüfer sind erst dann ausreichend geschult, um die echten Proben zu profilieren [14].

Der Panelaufbau schließt mit dem **Monitoring** ab [75]. Darunter versteht man die Überprüfung, Überwachung und Aufrechterhaltung der sog. Panelperformance, d. h. der

individuellen Funktionsfähigkeit sowie der Gruppenfunktionsfähigkeit. Mit einem konstanten Monitoring soll gewährleistet werden, dass das Panel nach der Schulung in der Lage ist, auf längere Zeit präzise, reproduzierbar und konsistent zu arbeiten [14, 75].

1.5.4 Probenmanagement

Zu jeder Prüfungsmethode gehört auch ein Probenmanagement. Als erstes erfolgt eine Auswahl von Proben mit geringen, aber vergleichbaren Unterschieden. Dann werden die zu verkostenden Proben unter gleichmäßigen Bedingungen vorbereitet. Hier ist auf die Temperatur beim Kochen (Kartoffeln) oder beim Abkühlen (Eis, Joghurt) zu achten. Die Zubereitung von Fertiggerichten und Lebensmitteln z. B. Gewürze, die oft eine Trägersubstanz oder Matrix zur Verkostung benötigen, ist ebenfalls wichtig. Die zu untersuchenden Proben und die durchzuführenden Tests sollten in standardisierten Sensorik-Laboren stattfinden. Die Gestaltung von Prüfungsräumen wird in DIN EN ISO 8589:2010-06 beschrieben.

Zudem müssen die Proben durch Verwendung von neutralen geruch- und geschmacklosen Behältern so anonymisiert werden, dass keine Rückschlüsse auf die Marke oder Herkunft möglich sind. Auf weitere Einzelheiten bezüglich der Prüfgeräte wird in der DIN 10956:2007-08 eingegangen. Darüber hinaus ist eine Probencodierung mit dreistelligen Zufallszahlen in den entsprechenden DIN-Normen vorgeschrieben [78].

Bei der Darreichung der Proben ist auf die Reihenfolge zu achten. Bei einigen Unterschiedsprüfungen wie dem Dreieckstest oder der Paarweise Vergleichsprüfung ist die Probenkombination schon vorgeschrieben [21]. Bei der Rangordnungsprüfung ist die Zuteilung der Proben auf die Prüfer zwar randomisiert (mit einem Zufallsgenerator), aber die Reihenfolge der Proben ist nach einem lateinischen Quadrat ($n \times n$ Matrix) angeordnet, in dem alle Produkte gleich oft in jeder Position vorkommen [14].

Bei analytischen Prüfungen wie der Profilprüfungen wird mit Prüfplänen nach DIN 10967-4:2002-05 [81] gearbeitet, da mit dem Nachwirkungs- und Positionseffekt zwei wichtige Einflussfaktoren bei der Probendarreichung und -bewertung zu berücksichtigen sind. Ein Nachwirkungs- oder Kontrasteffekt (engl. Carry-over effect) liegt vor, wenn die Untersuchung einer Probe die Wahrnehmung bei einer nachfolgenden Probe beeinflusst. Falls der Prüfer zunächst eine sehr süße Probelösung bekommt, wird seine Bewertung der nächsten Probe insofern beeinflusst, dass er sie bei gleicher Zuckermenge als weniger süß empfindet [75, 81]. Während die Intensitätswahrnehmung bei Profilprüfungen durch den Carry-over-Effekt beeinflusst wird, besteht bei hedonischen Prüfungen die Gefahr einer Unterbewertung oder Abneigung [77]. Der Positionseffekt (auch Reihenfolgeeffekt genannt) beschreibt den Einfluss, den die Position einer Probe auf die Beurteilung hat. Bei einer Reihenfolge von Prüfmustern wird tendenziell die erste Probe mit einer höheren Intensität bewertet als die anderen. Somit besteht für die erste Position ein Positionseffekt. Um diesen Effekt auszuschließen, wird den Prüfern im Rahmen eines Prüfplans eine einheitliche Einschmeckprobe vor der Prüfung der Testproben gegeben [81].

Um den Carry-over-Effekt zu minimieren, verwendet man einen Prüfplan mit einem nachbarbalancierten Design. Dies bedeutet, dass jede Probe aus dem Probenstet genauso häufig vor wie nach einer anderen Probe untersucht wird. Soll sowohl auf den Positionseffekt als auch auf den Nachwirkungseffekt geachtet werden, wird ein nachbarbalanciertes lateinisches Quadrat erstellt. Handelt es sich um eine Messwiederholung, sollte der Prüfplan für jede Messung unabhängig von den anderen Messungen nach dem passenden Design erstellt werden [81]. Da die Erstellung der oben genannten Pläne kompliziert ist, ist man häufig auf Sensorik- oder Statistikprogramme wie bspw. Fizz oder SPSS angewiesen [14].

Der letzte Schritt des Probenmanagements ist die Probenverkostung. Die Anzahl der zu untersuchenden Proben muss im Vorfeld diskutiert oder in Vorprüfungen getestet werden. Die Anzahl hängt von der Konsistenz und Intensität des Prüfmaterials ab. Feste und geschmacksintensive Proben sind schwieriger zu verkosten und zu beurteilen als flüssige Proben. Ist die Gesamtanzahl der Proben zu groß, werden die Proben in mehreren Sitzungen von allen oder einem Teil der Prüfer nach einem balancierten unvollständigen Blockplan (engl. balanced incomplete block, BIB) geprüft [14].

Nach der Prüfung jeder einzelnen Probe sollten die Prüfpersonen eine Neutralisierung vornehmen. Der Geschmack wird in der Regel mit stillem Mineralwasser oder Leitungswasser neutralisiert, während der Geruch mit einer schwach konzentrierten Zitronensaftlösung neutralisiert wird [14].

1.5.5 Varianzanalyse

Die Varianzanalyse (engl. Analysis of variance, ANOVA) ist eines der wichtigsten statistischen Verfahren, um sensorisch analytische und hedonische Daten auszuwerten. Sie wird vor allem in deskriptiven Prüfungen wie den Profilprüfungen verwendet, um einerseits signifikante oder nicht signifikante Unterschiede in den sensorischen Attributen zu untersuchen und andererseits die Einflussfaktoren der Varianz zu identifizieren und zu quantifizieren [14, 75, 82].

Die einfachste Art der ANOVA ist die „einfaktorielle ANOVA“ (engl. one-way ANOVA), da nur ein Faktor oder eine Variable im Versuch geändert wird. Bei einer Profilprüfung sind nur die Produkte bzw. die Attribute der Produkte als einziger Faktor für die Unterschiede im Probenstet verantwortlich [82, 83].

Ein Beispiel aus der Literatur [83, p. 46] wird zur Erklärung der einfaktoriellen Varianzanalyse im Folgenden wiedergegeben: Fünf Prüfer profilieren 3 Proben (A, B, C) mit einem Attribut. Daraus ergeben sich folgende Mittelwerte (\bar{x}): $\bar{x}_A = 2,2$; $\bar{x}_B = 4,4$ und $\bar{x}_C = 3,2$. Die Differenz zwischen den Mittelwerten der drei Produkte ist nicht hinreichend, um einen statistischen Unterschied zwischen den Proben feststellen zu können. Es muss zusätzlich die Streuung zwischen den 5 Einzelwerten (x_{i-5}) für jede Probe berücksichtigt werden. In diesem Fall hat die Varianz in den Daten zwei Quellen: die Unterschiede *zwischen* den Proben und die Unterschiede *innerhalb* der Proben. Die Varianz jeder Quelle lässt sich vereinfacht nach Formel 1 aus der Quadratsumme der Werte und den Freiheitsgrad darstellen [83]. Zur

Berechnung der Quadratsumme SS , auch Summe der Abweichungsquadrate genannt, wird die Differenz jeder Bewertung x vom Mittelwert \bar{x} quadriert und aufsummiert [14]:

Formel 1:

$$\text{Mittlere Quadratsumme } MS = \frac{SS}{df} = \frac{\text{Quadratsumme (engl. sum of squares)}}{\text{Freiheitsgrade (engl. degrees of freedom)}}$$

mit: $df_{\text{zwischen}} = k - 1$; $df_{\text{innerhalb}} = N - k$

$k = \text{Anzahl der Gruppenmittelwerte}$, $N = \text{Anzahl der Messungen}$

Stellt man die Varianz (hier MS , engl. mean squares) zwischen den Produkten (MS_{zwischen}) und die Varianz innerhalb der Produkte ($MS_{\text{innerhalb}}$) ins Verhältnis, resultiert der sogenannte F-Wert.

Formel 2:

$$F = \frac{MS_{\text{zwischen}}}{MS_{\text{innerhalb}}} = \frac{MS_{\text{Modell}}}{MS_{\text{Fehler}}}$$

mit: $df_{\text{zwischen}} = k - 1$; $df_{\text{innerhalb}} = N - k$

$k = \text{Anzahl der Gruppenmittelwerte}$, $N = \text{Anzahl der Messungen}$

Je mehr sich die Probenmittelwerte (\bar{x}) unterscheiden, also je größer der Wert MS_{zwischen} ist (im Vergleich zum Wert $MS_{\text{innerhalb}}$), desto größer der resultierende F-Wert und desto wahrscheinlicher ist es, einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Proben festzustellen. Je größer $MS_{\text{innerhalb}}$ ist, desto höher die Wahrscheinlichkeit, dass kein signifikanter Unterschied besteht. Dementsprechend wird dieser Wert als Fehler betrachtet, der auch Mittlere Fehlerquadratsumme MS_{Fehler} oder MSE (engl. mean squares of error) genannt wird. Möglichst geringe Werte für $MS_{\text{innerhalb}}$, die durch eine einheitlichere Bewertung der Prüfer erreicht werden kann, sind demnach von Vorteil [82, 83].

Soll ein Mittelwertunterschied bzw. ein F-Wert auf statistische Signifikanz geprüft werden, müssen auch die Hypothesen, das Signifikanzniveau und der p-Wert berücksichtigt werden.

Die Nullhypothese H_0 nimmt an, dass die Proben sich nicht unterscheiden, während nach der Alternativhypothese H_A ein sensorischer Unterschied zwischen den Proben vorliegt. Dafür setzt man ein Signifikanzniveau von üblicherweise $\alpha = 0,05$ fest. Das heißt, dass mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % oder mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % die H_0 - oder H_A -Hypothese abzulehnen bzw. anzunehmen ist. Anschließend wird das Signifikanzniveau mit dem p-Wert (engl. probability) verglichen. Der p-Wert ist die Wahrscheinlichkeit, dass der F-Wert größer oder gleich dem kritischen F-Wert der Fisher'schen F-Verteilung ist und dass diese Annahme doch mit einem Fehler kleiner oder gleich 5 % behaftet ist. Ist der resultierende p-Wert kleiner oder kleiner gleich dem festgelegten Signifikanzniveau ($p \leq 0,05$), dann wird die Nullhypothese verworfen und die Alternativhypothese angenommen. Dies bedeutet, dass die Mittelwerte sich statistisch signifikant unterscheiden. Ist $p \leq 0,01$ (mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1 %), bezeichnet man das Ergebnis als hoch signifikant.

Bei $p \leq 0,001$ ist nur eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,1 % vorhanden und man betrachtet das Ergebnis als sehr hoch signifikant. Ist der p-Wert größer als $\alpha = 0,05$, dann sind die Probenmittelwerte statistisch nicht signifikant unterschiedlich. Laut Formel 2 heißt das für den F-Wert, dass die Varianz zwischen den Produkten nicht groß genug ist oder kleiner ist als die Varianz innerhalb der Produkte [14, 75, 82, 83].

Neben der einfaktoriellen ANOVA sind auch die zweifaktorielle ANOVA (ohne und mit Messwiederholung) und die dreifaktorielle ANOVA für die sensorische Analyse von Bedeutung. In der zweifaktoriellen ANOVA ohne Messwiederholung fungieren die Produkte und die Prüfer als unabhängige Faktoren. In so einem Modell testet jeder Prüfer jede Probe nur einmal. In der Bewertung werden nicht nur die Produktunterschiede sondern auch die individuellen Unterschiede der Prüfer berücksichtigt. Man testet die Hypothese mit dem F-Wert für jeden Faktor wie folgt [75, 82]:

Formel 3:

$$F = \frac{MS_{Produkt}}{MS_{Fehler}}; F = \frac{MS_{Prüfer}}{MS_{Fehler}}$$

mit: $MS_{Produkt}$ = Mittlere Quadratsumme zwischen den Proben

$MS_{Prüfer}$ = Mittlere Quadratsumme zwischen den Prüfern

MS_{Fehler} = Fehlerquadratsumme = MS innerhalb der Proben/Prüfer

Ein Test mit zwei Faktoren soll herausfinden, ob beide Faktoren die gleiche Varianz aufweisen oder ob einer der beiden Faktoren eine größere Varianz bzw. einen stärkeren Einfluss auf das Gesamtergebnis (Mittelwerte) hat. Wenn der p-Wert bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ kleiner oder gleich 0,05 ist, handelt es sich um einen signifikanten Einfluss oder Effekt. In der Sensorik kann es sich um einen signifikanten Produkteffekt und/oder einen signifikanten Prüfereffekt handeln [83].

Der **Produkteffekt** beschreibt die Unterschiede zwischen den Produkten. Ein Produkteffekt ist signifikant, wenn die $MS_{Produkt}$ um ein Vielfaches höher ist als die MS_{Fehler} . Somit bedeutet ein signifikanter Produkteffekt, dass die Mittelwertunterschiede der Attribute maßgeblich durch Unterschiede in den Proben wie bspw. Sorte und Rezeptur hervorgerufen wurden [83]. Mit einer Software wie PanelCheck erfolgt die Varianzanalyse mit den einzelnen Attributen, sodass festgestellt werden kann, welche Attribute einen Produktunterschied anzeigen [84].

Der **Prüfereffekt** weist auf die Unterschiede der Prüfer hin. Ist die Varianz zwischen den Prüfern ($MS_{Prüfer}$) größer als die Restvarianz (MS_{Fehler}), besteht ein signifikanter Prüfereffekt. Dies bedeutet, dass die Prüfer die Proben unterschiedlich bewerten. Da die Prüfer unterschiedliche Sensibilitäten aufweisen, können sie die Produkte bzw. die Produkteigenschaften unterschiedlich stark wahrnehmen und abweichende Intensitätsbewertungen vornehmen. Ein weiterer Grund für einen bedeutsamen Prüfereffekt ist die unterschiedliche Nutzung von Skalen (vgl. Kapitel 1.5.6, Abbildung 7). Abbildung 6a zeigt ein Beispiel eines signifikanten Prüfereffekts (ohne Interaktion). Dabei wurde die

Intensität des Attributs fruchtig in drei Proben (P1, P2, P3) von sechs Prüfern (J1, J2, J3, J4, J5, J6) auf einer Skala bewertet. Man erkennt, dass die Prüfer die Intensität des Attributs unterschiedlich wahrnehmen und bewerten. J1, J2 sowie J5 und J6 beschränken sich auf die unteren bzw. oberen Grenzen der Skala, während die Prüfer J3 und J4 den mittleren Bereich der Skala nutzen. Ein signifikanter Prüfereffekt ist zwar ein unerwünschter Effekt bei der Auswertung, aber oft unvermeidbar und akzeptabel; vorausgesetzt es besteht keine Interaktion zwischen Prüfern und Produkten (vgl. zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung) [14, 83].

Bewertet jeder Prüfer jede Probe mehr als einmal, werden die Daten mit einer zweifaktoriellen ANOVA mit Messwiederholung (engl. full two-way ANOVA) ausgewertet. Diese ANOVA berücksichtigt neben dem Produkt- und Prüfereffekt auch die Wechselwirkungen zwischen den beiden. Diese werden in der Literatur oder in Auswertungsprogrammen als „Produkt × Prüfer“ abgekürzt [82, 83].

Eine signifikante **Produkt-Prüfer-Interaktion** bedeutet, dass bestimmte Prüfer in allen Messwiederholungen unterschiedliche, meist gegenläufige Intensitätsreihenfolgen von bestimmten Produkten bezüglich eines oder mehrerer Attribute bilden. Auf dem Beispiel von Abbildung 6b bewerten zum Beispiel vier von sechs Prüfern (J2, J3, J4, J5) das Attribut fruchtig der Proben nach steigender Intensität in die Rangfolge $P1 < P2 < P3$. Die anderen zwei Prüfer (J1 und J6) wählen eine gegenläufige Reihenfolge: $P1 > P2 > P3$. Ist eine solche Interaktion bei der Schulung oder Pilotmessungen vorhanden, bedeutet dies, dass bestimmte Attribute falsch oder unzureichend vom Panel verstanden werden und dass an einer genaueren Definition mit Referenzmustern gearbeitet werden soll [14, 83].

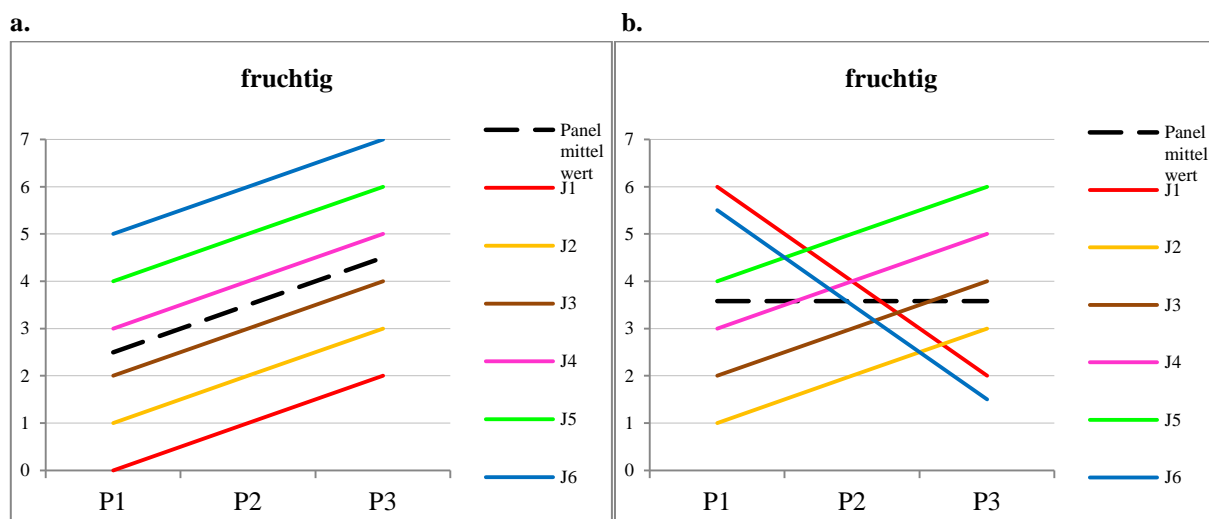


Abbildung 6: Profil-Plot – a. Beispiel eines signifikanten Prüfereffekts, b. Beispiel einer signifikanten Produkt-Prüfer-Interaktion

Im Gegensatz zu einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung betrachtet die dreifaktorielle ANOVA die Wiederholung als einen weiteren Faktor. Unter **Wiederholungseffekt** versteht man die Schwankungen zwischen den Messwiederholungen, die u. a. durch Ort, Temperatur, Uhrzeit, Licht, Lagerung, Gesundheit bedingt sind.

Eine dreifaktorielle ANOVA hat somit mehrere Varianzquellen: 3 Faktoren (Produkte, Prüfer und Wiederholung), die 3 Arten von Interaktionen: Produkt \times Prüfer, Prüfer \times Wiederholung und Produkt \times Wiederholung sowie der Restfehler (oder Restvarianz).

Eine **Prüfer-Wiederholung-Interaktion** beschreibt die signifikant unterschiedliche Bewertung aller Proben von *bestimmten* Prüfern in *bestimmten* Wiederholungen. In einer signifikanten **Produkt-Wiederholung-Interaktion** werden nur *bestimmte* Produkte von allen Prüfern in *bestimmten* Messwiederholungen abweichend beurteilt, sodass keine Übereinstimmung vorliegt [83].

Zusammenfassend sollte eine Varianzanalyse eines Produktsets im Idealfall einen möglichst großen F-Wert für die Attribute ergeben. Mit anderen Worten, sie sollte einen signifikanten Produkteffekt (Produktunterschied), einen nicht signifikanten Prüfer- und Wiederholungseffekt sowie nicht signifikante Interaktionen aufweisen.

1.5.6 Panelperformance

Die Leistung eines Panels lässt sich mit den Faktoren Diskriminierfähigkeit, Homogenität, Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit messen. Sie können herangezogen werden, um eine Prüferauswahl zu treffen und eine Panelüberprüfung durchzuführen. Diese erfolgt mit einem geeigneten Sensorik-Programm wie Compusense, FIZZ, PanelCheck, Senpaq oder SensoMineR [85].

Die Diskriminierfähigkeit eines Panels und der einzelnen Panelisten lässt sich mit sogenannten F-Plots (PanelCheck-Software) prüfen. Je größer der F-Wert bzw. je weiter der p-Wert unter dem vorgegebenen Signifikanzniveau liegt, desto höher ist die Fähigkeit einer Prüfperson, zwischen den Produkten zu unterscheiden. Weist das gesamte Panel bei einem oder mehreren Attributen niedrige F-Werte auf, bedeutet dies, dass die Panelisten noch weitere Schulung benötigen [84].

Die Homogenität der Bewertungen ist für die Panelperformance ein wesentlicher Punkt. Liegt eine signifikante Produkt-Prüfer-Interaktion vor, beurteilen die Prüfer die Produkte signifikant unterschiedlich. Das bedeutet, dass keine Paneleinigung vorliegt. Auch wenn die Absolutintensitäten verschieden sind, ist eine gleiche Reihenfolge der Produkte bzgl. der Attribute anzustreben [14, 83].

Die Wiederhol- und Vergleichspräzision ist in der DIN EN ISO 8586-2 geregelt [86]. Die Wiederholpräzision zeigt die „Übereinstimmung wiederholter Messungen einer Probe zu gleichen Bedingungen wie gleiche Prüfer, Ort und Zeit/Sitzung“ [85]. Dies lässt sich durch die ANOVA mittels der Produkt-Wiederholung-Interaktion bewerten [85, 86]. Weiterhin stellen Diagramme der mittleren Fehlerquadrat-Summe (MSE) einer einfaktoriellen ANOVA, die Fähigkeit der einzelnen Prüfer, reproduzierbare Ergebnisse zu liefern, dar. Je kleiner der MSE-Wert ist, desto geringer weicht die Bewertung des Prüfers von Messung zu Messung ab. Allerdings sollten die MSE-Werte der Panelisten immer in Verbindung mit den F-Plots interpretiert werden, da geringe MSE-Werte auch durch die gleiche (nicht diskriminierende) Bewertung der Proben verursacht werden kann [84].

Die Vergleichspräzision ist ein „Maß für die Übereinstimmung von zwei oder mehreren Beurteilungen, die an der gleichen Probe unter unterschiedlichen Bedingungen vorgenommen wurden“ [86]. Dafür werden z. B. das Sensoriklabor, die Mitarbeiter, die Zeit und die Geräteausrüstungen gewechselt. Die Standardabweichung (der Panelmittelwerte) der unter Vergleichsbedingungen durchgeführten Sitzungen wird dann verglichen [85, 86]. Somit ist eine diskriminierende, homogene, wiederholbare und vergleichbare Leistung nach DIN EN ISO 8586-2 von Sensorikern zu erwarten [86].

Ein weiterer Faktor, der zwar nicht die Leistung eines Panels misst, aber das Ergebnis einer Profilprüfung maßgeblich beeinflussen kann, ist die Skalennutzung. Wenn Prüfer die Skalen unterschiedlich benutzen, können abweichende Prüferbewertungen und Mittelwerte vorkommen. Dies trifft auch auf Prüfer zu, die eine ähnliche Sensibilität (Wahrnehmungsvermögen) aufweisen. Abbildung 7 zeigt zwei wichtige Effekte, die bei einem abweichenden Skalenverhalten auftreten: der Level-Effekt und der Range-Effekt.

Der Level-Effekt beschreibt die Benutzung verschiedener Bereiche auf der Skala. Dabei beschränkt sich eine Prüfperson bei der Bewertung mehrerer Proben z. B. nur auf den vorderen (5-25), mittleren oder hinteren Teil (60-100) einer 1 bis 100 mm Linienskala. Unter dem Range-Effekt versteht man die Beschränkung auf eine bestimmte Linienbreite der Skala. Es wird nur ein Anteil (%) der Skala, (bspw. zwischen 10 und 95 mm oder zwischen 40 und 60 mm) anstelle des ganzen Umfangs (von 1 bis 100 mm) ausgenutzt. Die Anwesenheit dieser Skaleneffekte wird in einer Varianzanalyse durch einen signifikanten Prüfereffekt offenbart [14, 82, 87].

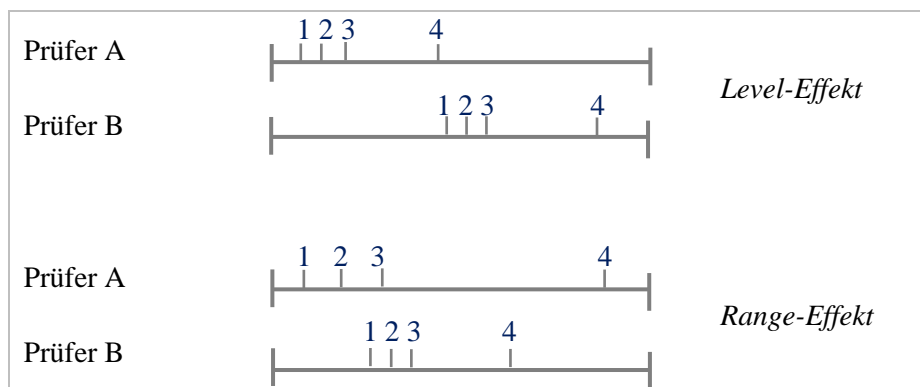


Abbildung 7: Effekte bei unterschiedlicher Skalennutzung [82, p. 13]

1.5.7 Profilprüfungen

Die DIN-Norm 10967 „Profilprüfungen“ weist auf drei verschiedene deskriptive Prüfverfahren hin, die zur Erstellung eines sensorischen Produktprofils, einer Probe oder eines Probensets herangezogen werden können. Dazu zählen das Konventionelle Profil nach DIN 10967-1:1999-10 [88], das Konsensprofil nach DIN 10967-2:2000-10 und das freie Auswahlprofil nach DIN 10967-3:2001-08 [89]. Außerdem wird auf das Flash Profiling, einer vom freien Auswahlprofil abgeleiteten Methode, eingegangen, die jedoch nicht in den DIN-Normen abgelegt ist.

Profilprüfungen sollen nach standardisierten Bedingungen durchgeführt werden. Die Prüfungsräume sind nach DIN EN ISO 8589:2010-06 zu gestalten. Für die Probenauswahl, deren Darstellung und Codierung siehe Kapitel 1.5.4. Die Probenreihenfolge erfolgt nach einem geeigneten Prüfplan gemäß DIN 10967-4:2002-05 [81].

1.5.7.1 Konventionelle Profilprüfung

Bei einer Konventionellen Profilprüfung nutzen die Prüfer die gleichen, in einer Liste enthaltenen Deskriptoren. Voraussetzung für dieses anspruchsvolle Verfahren ist ein produktspezifisches Training bzw. ein Training zum Deskriptiven Panel nach Kapitel 1.5.3., nach dem die Prüfer in der Lage sind, ihre wahrgenommenen Eindrücke zu verbalisieren und zu quantifizieren. Nach DIN 10967-1 sind mindestens 6 qualifizierte Prüfer erforderlich [88]. Die Methode ist im internationalen Umfeld meist als QDA (engl. Quantitative Descriptive Analysis) bekannt und wurde von Stone *et. al.* [90] der Tragon Corporation entwickelt [14]. Der Aufbau dieser Art Profilprüfung entspricht der eines deskriptiven Trainings nach Kapitel 1.5.3. Als Erstes sammelt jeder Prüfer in einer Einzelprüfung die wichtigsten beschreibenden Begriffe nach DIN 10964:1996-02 („Sensorische Prüfverfahren – Einfach beschreibende Prüfung). Nach einer Vorsortierung werden aus den zahlreichen Deskriptoren die hedonischen und unpräzisen eliminiert. Dies erfolgt im Laufe mehrerer Gruppendiskussionen unter Anleitung des Pannelleiters, wobei er die Prüfer nicht beeinflussen darf. Das Ergebnis ist eine reduzierte Begriffsliste basierend auf einem gemeinsamen Vokabular. Das heißt, dass alle Prüfer mit den aufgelisteten Attributen einverstanden sind und dass jeder dasselbe unter jedem Begriff versteht. Dafür sind Definitionen und Referenzproben hilfreich und meist notwendig. Die DIN 10967-1 empfiehlt die Begrenzung auf maximal 15 Begriffe pro Merkmal (z. B. Farbe, Geruch, Textur) [88].

Der wichtigste und letzte Schritt ist die Erstellung von Produktprofilen. Dabei bewertet jeder Prüfer in einer Einzelprüfung die Intensität jedes Attributs auf einer Skala, meist einer stufenlosen Linienskala mit Eckpunkten. In der Regel sind drei Messwiederholungen durchzuführen und es sind Mittelwerte der Bewertungen zu bilden. Prüfformulare sind der DIN 10967-1 zu entnehmen. Die resultierenden Produktprofile können graphisch mit Netzdiagrammen (engl. spider webs) oder Balkendiagrammen und mit statistischen Verfahren wie der Varianzanalyse (siehe Kapitel 1.5.5), der Hauptkomponentenanalyse (siehe Kap. 1.5.8.1) oder zusätzlich mit der Prokrustesanalyse (siehe Kap. 1.5.8.2) ausgewertet werden [88]. Die einfachste und am weitesten verbreitete Form der Veranschaulichung von

Unterschieden zwischen Produkten ist die Darstellung der Panelmittelwerte der Attribute mittels eines Netzdiagramms.

Obwohl die Konventionelle Profilierung genaue Ergebnisse und signifikante Produktunterschiede liefern kann, ist sie mit einem sehr hohen Zeit- und Kostenaufwand verbunden [14, 85].

1.5.7.2 Freies Auswahlprofil (FCP)

Das freie Auswahlprofil (engl. Free Choice Profiling, FCP) ist eine beschreibende Methode, die von Williams und Langron 1984 [91] entwickelt wurde. Der wesentliche Unterschied zu anderen Verfahren ist die individuelle Verwendung von selbst erstellten Begriffslisten ohne vorherige Einigung bezüglich der Skalen und Definitionen zwischen den Panelisten [14, 75].

Free Choice Profiling besteht aus einer qualitativen und einer quantitativen Phase. In der ersten Phase beschreibt jede Prüfperson alle Proben. Dabei wählt jeder Prüfer die Attribute selbst und entscheidet somit über deren Anzahl, Reihenfolge und Bedeutung. Das Ergebnis ist eine individuelle Begriffsliste. Intensive Trainingseinheiten und Gruppendiskussionen bis zu einem Konsens-Vokabular entfallen, denn jeder Prüfer kennt die Bedeutung oder Assoziation der selbst ausgesuchten Deskriptoren genau.

In der quantitativen Phase erfolgt die Intensitätsmessung als Einzelprüfung, wobei jeder Panelist unabhängig von anderen Panelisten nur die Begriffe seiner Liste bewertet. Es können individuell gewählte oder vom Pannelleiter vorgegebene Skalen verwendet werden, sodass Skalentrainings nicht notwendig sind. Die statistische Auswertung der Einzelurteile erfolgt durch die Verallgemeinerte Prokrustes Analyse (siehe Kapitel 1.5.8.2) und die graphische Darstellung durch die Hauptkomponentenanalyse (siehe Kapitel 1.5.8.1) [14, 75, 89, 91].

An der Prüfung können untrainierte Konsumenten, wenig trainierte Prüfpersonen sowie (geschulte) Prüfer und Experten teilnehmen. Allerdings muss die Prüfperson über sensorische und sprachliche Fähigkeiten verfügen, um die Proben objektiv zu beschreiben und zu diskriminieren [14].

Die DIN 10967-3 („Sensorische Prüfverfahren – Profilprüfung – Teil 3: Freies Auswahlprofil) erfordert mindestens 6 Prüfer, wobei die Anzahl der Prüfer umso größer sein muss, je geringer der Grad an Erfahrung und Schulung ist [89]. Weiterhin empfiehlt sich laut Literatur eine Unterweisung der Prüfer sowie eine Vorverkostung mit Testprodukten als Hilfsmittel für die Begriffssammlung [14, 75].

Die Probenanzahl ist je nach Studie festzulegen. Die DIN 10967-3 hält aus statistischer Sicht mindestens 5 Proben für angemessen [89]. Die Literatur [14] empfiehlt allerdings die Anzahl der Proben vom Grad des Probenunterschieds abhängig zu machen, um Ermüdungserscheinungen zu vermeiden und eine bessere Diskriminierung zu erlauben. Je ähnlicher die Proben sind, desto weniger Proben sollten bewertet werden. Empfohlen werden 4 bis 6 Proben in einer Sitzung und zwei bis drei Wiederholungsprüfungen [14].

Das Freie Auswahlverfahren zeichnet sich durch einen niedrigen Zeit- und Kostenaufwand aus [14, 75]. Da kein Konsens „erzwungen“ wird, kann der Einfluss von dominierenden oder erfahrenen Prüfern verhindert werden und durch die freie Auswahl von Begriffen kann die Verbraucherwahrnehmung stärker zur Geltung kommen [14, 91]. Das Freie

Auswahlverfahren wird angewendet, um insbesondere Mitbewerber-Produkte miteinander zu vergleichen. Aus der Auswertung kann ermittelt werden, welche Proben sich ähneln oder unterscheiden. Darüber hinaus können bestimmte Merkmale (wie Aussehen, Geruch oder Geschmack) oder sogar einige Merkmaleigenschaften (wie rot, blumig, bitter) festgestellt werden, die die wesentlichen Produktzusammenhänge erklären [14, 89]. FCP kann somit nur zur groben Charakterisierung und als Technik für die Begriffssammlung verwendet werden (Parolari, 1994; Servili *et al.*, 1995).

Das freie Auswahlverfahren wurde im Laufe der Jahre in verschiedenen Lebensmitteln eingesetzt. Zum Beispiel bei Portwein (Williams und Langron, 1984), Kaffee (Williams und Arnold, 1985), Whisky (Guy *et al.*, 1989), Schokolade (McEwan und Colwill, 1989), Säure-Lösungen (Rubico und McDaniel, 1992), Schinken (Delahunty *et al.*, 1997; Parolari, 1994), Olivenöl (Servili *et al.*, 1995), orangenhaltige Erfrischungsgetränke (Lachnit *et al.*, 2003), Vanillepuddings (González-Tómas und Costell, 2005) und Schweinefleisch (Peethambaram, 2011). FCP wurde auch zur Untersuchung von Gewürzen wie Vanille (Heymann, 1994), frischer und getrockneter Petersilie (Diaz-Maroto *et al.*, 2003) und Basilikum (Diaz-Maroto *et al.*, 2004) angewandt.

FCP hat jedoch den Nachteil, dass aufgrund der hohen Anzahl von Attributen die Ergebnisse sehr komplex sind. Ihre aufwendige und oft schwierige Interpretation ist nur mit besonderen statistischen Kenntnissen möglich. Dazu kommt, dass die Erstellung eines detaillierten Profils für jede untersuchte Probe nicht realisierbar ist [89].

1.5.7.3 Flash Profiling (FP)

Flash Profiling (FP) ist eine relativ neue deskriptive Schnellmethode, die von J. Siefermann im Jahr 2000 entwickelt wurde. Dabei wird das Freie Auswahlprofil (FCP) mit einem Rankingtest kombiniert [92]. Dieses Verfahren soll mit möglichst erfahrenen Prüfpersonen durchgeführt werden, die in der Lage sind, ihre Eindrücke objektiv und quantitativ zu beurteilen [14, 93]. Dafür sind etwa 4 bis 10 Prüfpersonen zu rekrutieren [93].

Laut Dairou und Siefermann [94] ist Flash Profiling in 3 bis 5 Sitzungen aufgebaut. Zunächst müssen den Prüfern alle Proben gleichzeitig dargereicht werden. Dann erarbeiten sie wie beim FCP ihre eigenen Begriffslisten, allerdings nur mit diskriminierenden Attributen. Dies dauerte in einer Studie von Dairou und Sieffermann mit 14 Konfitüren ca. 30 Minuten [94]. In der zweiten Sitzung werden die Begriffe vom Pannelleiter vorgelesen und die Panelisten haben die Möglichkeit ihre Liste mit anderen Listen zu vergleichen. Am Ende der ca. 20-minütigen Sitzung sollte eine endgültige Begriffsliste vorliegen. Beim nächsten Termin müssen die Prüfpersonen wieder alle Proben prüfen und mittels Skalen ein Ranking der Proben bezüglich jedes Deskriptors erstellen. Dabei wird ein Deskriptor nach dem anderen untersucht anstatt wie beim FCP oder bei der QDA probenweise vorzugehen. Somit ist der Prüfer gezwungen, sich auf die Unterschiede zwischen den Proben zu konzentrieren. Dairou und Sieffermann führten die Rankingmessung dreimal durch. Jede der drei Sitzungen dauerte ca. 1 Stunde [14, 94, 95].

Bei dieser Profilierungsart wird nicht auf die absoluten Werte geachtet, sondern auf die relativen Abstände zwischen den Proben. Es handelt sich dabei um einen direkten Inter-Produktvergleich. Die Datenauswertung erfolgt ebenfalls mit der Verallgemeinerten Prokrustes Analyse unter Verwendung von geeigneter Software wie XLSTAT oder Senstools [14].

Durch die freie Generierung von Attributen ohne jegliche Trainingseinheiten und der gleichzeitigen Evaluierung aller Produkte ist das FP mit einer erheblichen Zeit- und Kostenersparnis verbunden. Dairou und Sieffermann zeigten in der Studie mit 14 Marmeladen, dass die Konventionelle Profilierung 4-mal mehr Zeit in Anspruch nahm als das Flash Profiling, und dass bei ihr mehr als die doppelte Probenmenge zum Einsatz kam [94]. Beim Flash Profiling können zwar Unterschiede und Gemeinsamkeiten innerhalb des Produktsets erkannt werden, die Erstellung eines ausführlichen sensorischen Profils für jede Probe, wie sie durch die Konventionelle Profilierung erfolgt, ist allerdings nicht möglich [95].

1.5.8 Multivariate Verfahren

Wenn deskriptive Verfahren umfangreiche Daten liefern und mehrere Variablen gleichzeitig betrachtet werden müssen, wird auf multivariate Verfahren zurückgegriffen. Dabei wird die Beziehungen zwischen den Variablen hinsichtlich ihrer Abhängigkeit (Dependenz) und wechselseitigen Beeinflussung (Interdependenz) untersucht [75]. Multivariate Methoden erlauben eine Gruppierung aller Variablen in wenige „latente Variablen“. Dies ermöglicht die Konzentration auf die Variablen bzw. Attribute, die den Unterschied zwischen Produkten erklären. Neben der Auswertung von Profilanalysen können multivariate Methoden auch herangezogen werden, um hedonische und instrumentelle Daten auszuwerten [14].

1.5.8.1 Hauptkomponentenanalyse (PCA)

Die Hauptkomponentenanalyse (engl. Principal Component Analysis, PCA) wird eingesetzt, um Daten zu reduzieren, d. h. sie durch wenige Hauptkomponenten (engl. principal components, PC) zusammenzufassen. So können Zusammenhänge wie Unterschiede und Ähnlichkeiten zwischen den Variablen und Produkten im zweidimensionalen Raum dargestellt werden [14, 75, 83].

Die Panelmittelwerte pro Attribut werden zunächst zentriert. Dann wird mittels einer Korrelationsmatrix festgestellt, welche Attribute zusammenhängen. Durch Linearkombinationen werden hoch korrelierende Variablen in Hauptkomponenten, auch Faktoren oder PC's genannt, zusammengefasst, die die größte Varianz in den Daten erklären. Jeder Faktor erklärt nur einen Teil der Gesamtvarianz [14, 83].

Um festzustellen, welche und wie viele Faktoren zur aussagekräftigen Interpretation notwendig sind, werden die Eigenwerte (engl. eigenvalues) oder deren graphische Darstellung (engl. Scree-plot) herangezogen. In diesem Zusammenhang sind Eigenwerte ein „Maß für die durch den jeweiligen Faktor erklärte Varianz“. Sie definieren sich als „Summe der quadrierten Faktorladungen eines Faktors über alle Variablen“ [83]. Nach dem Kaiser-Kriterium sollen

nur Faktoren mit Eigenwerten größer als 1 zur Interpretation berücksichtigt werden [83]. Laut Literatur [14] sollten die Hauptkomponenten gewählt werden, die zusammen mindestens 80 % oder 90 % der Gesamtvarianz erklären. In den meisten Fällen sind die ersten zwei Hauptkomponenten (F1 und F2 bzw. PC1 und PC2) ausreichend.

Weiterhin werden Faktorladungen (engl. loadings) und Faktorwerte (engl. scores) ermittelt. Durch die Faktorladungen wird das Ausmaß des Zusammenhangs zwischen den Variablen und Faktoren ausgedrückt. Faktorwerte sagen aus, in welcher Beziehung die Proben zu den extrahierten Hauptkomponenten stehen [82, 83].

Die graphische Darstellung der Faktorladungen (engl. loadings plot), der Faktorenwerte (engl. scores plot) sowie ihre gemeinsame Darstellung in sogenannten Biplots vermittelt Antworten auf die typischen sensorischen Fragestellungen nach einer Profilanalyse. So kann beispielsweise festgestellt werden, welche Proben sich unterscheiden, welche sich ähneln und auf welche Merkmale bzw. Merkmalseigenschaften die Unterschiede und/oder Gemeinsamkeiten zurückzuführen sind [14, 75, 83].

In der Regel lassen sich Produkte durch zwei Hauptkomponenten charakterisieren und unterscheiden. Je nachdem, welche Variablen in die jeweiligen Hauptkomponenten einfließen, kann eine Zuordnung der Proben zu den beschreibenden Variablen erfolgen. Generell gilt: je kürzer die Distanz verschiedener Produkte in der graphischen Darstellung, desto ähnlicher sind sie sich bezüglich der untersuchten Variablen. Liegen die Produkte graphisch weit auseinander, unterscheiden sie sich umso mehr in ihren Eigenschaften. Gleiches gilt für die Beziehung zwischen Produkten und Attributen. Befinden sich die Produkte graphisch in unmittelbarer Nähe von bestimmten Attributen, dann zeichnen sich diese Produkte durch die entsprechenden Attribute aus. Dabei muss auf die Richtung und auf den Abstand vom Ursprung geachtet werden. Je weiter ein Produkt vom Ursprung entfernt ist, desto stärker wird es von der Hauptkomponente beeinflusst und desto stärker lässt es sich von den in unmittelbarer Nähe liegenden Variablen charakterisieren. Sind mehrere Variablen in unterschiedlichen Abständen in Richtung des Produkts (vom Ursprung aus) positioniert, ist eine Reihenfolge der Variablen nach deren Ausprägungen einzuhalten [83].

Liegen Attribute auf einem Biplot in entgegengesetzter Richtung bzw. im entgegengesetzten Quadranten, besteht eine negative Korrelation. Variablen, die in einem rechten Winkel zueinander stehen, sich also in angrenzenden Quadranten befinden, weisen keine Korrelation auf. Zudem weisen sehr nahe beieinander liegende Variablen eine starke Korrelation auf.

Anhand des in Abbildung 8 dargestellten Biplot lässt sich die Interpretation einer PCA erläutern. Die Produkte F und G ähneln sich und werden durch die Attribute 4 und 5 am besten charakterisiert. Gleichzeitig unterscheiden sie sich von den Produkten A und B, die wiederum ein ähnliches sensorisches Profil aufweisen. Die Attribute 1, 2 und 3 korrelieren stark miteinander und charakterisieren die Produkte A und B in zunehmender Weise. Produkt E lässt sich hauptsächlich durch die zweite Hauptkomponente beschreiben und wurde durch das Attribut 6 stark wahrgenommen. Den Produkten C und D sind keine Faktoren zuzuweisen, weil sie in der Nähe des Ursprungs positioniert sind. Weiterhin weisen sie keine markanten Attribute auf [83].

Um das Ausmaß der Korrelation zwischen den Faktoren und den Attributen sowie zwischen den Attributen untereinander genauer zu untersuchen, sollte ein Korrelationskreis herangezogen werden. Auf diesem sind die Variablen nach dem Korrelationskoeffizienten

(kurz Koeff.) dargestellt, der von 0 bis 1 geht. Für die Interpretation gelten die selben Regeln wie bei der PCA.

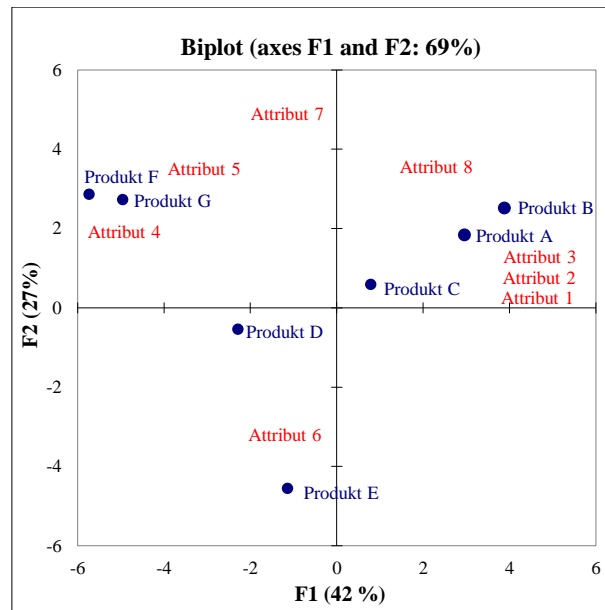


Abbildung 8: Beispiel einer Hauptkomponentenanalyse (Graphik und Daten aus [83, p. 108])

1.5.8.2 Verallgemeinerte Prokrustes Analyse (GPA)

Aus beschreibenden Prüfverfahren wie dem Free Choice Profiling und dem Flash Profiling resultieren aufgrund der individuellen Begriffslisten von K Prüfern (engl. assessors) bei N Produkten (engl. objects) ein Datensatz mit M Attributen (engl. attributes). Bei einem Panel ergeben sich mehrere Datensätze (engl. K -sets), die sich im Inhalt und in der Größe so sehr unterscheiden, dass eine Bildung des Panelmittelwertes nicht möglich ist (siehe Abbildung 9). Die Auswertung solcher „ K -sets“ erfolgt mit der Verallgemeinerten Prokrustes Analyse (engl. Generalized Procrustes Analysis, GPA), einem multivariaten deskriptiven Verfahren [96].

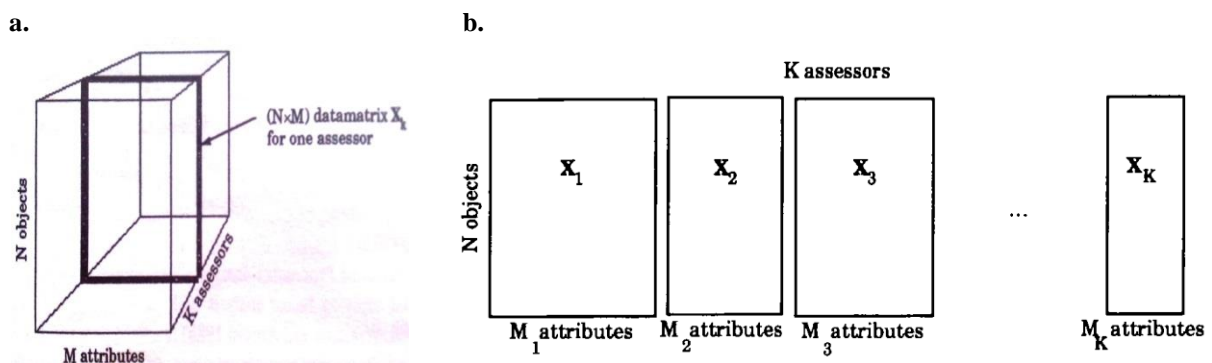


Abbildung 9: Datenstruktur einer Konventionellen Profilprüfung (a) und eines K -Sets wie im Freien Auswahlprofil (b) [96, pp. 186-187]

Die Generalized Procrustes Analysis verwendet einen komplizierten, von Gower [97] entwickelten Algorithmus, der die Datensätze mittels einer Kombination von Transformationen wie Translation, Rotation, Reflexion und Skalierung anpasst bis sie vergleichbar sind. GPA betrachtet jeden Datensatz als eine Einzelkonfiguration (aus N Produkten und M Attributen) in einem M -dimensionalen Raum und bildet daraus eine Konsenskonfiguration, bei der die größte Übereinstimmung vom gesamten Panel erreicht wird [14, 96].

Um diese Transformationen besser zu verstehen, müssen die Datensätze aus einer geometrischen Sicht betrachtet werden. Abbildung 10 zeigt auf einem zweidimensionalen Raum ($M = 2$) zwei Einzelkonfigurationen von zwei Prüfern ($K = 2$) bezüglich zwei Attributen ($M = 2$). Somit ist „ A_1, B_1, C_1, D_1 “ die Einzelkonfiguration von Prüfer 1 und „ A_2, B_2, C_2, D_2 “ die Einzelkonfiguration von Prüfer 2 zu den Produkten A, B, C, D. In Abbildung 10 repräsentieren die Punkte A-D die Produkte; die Punkte M_1, M_2 die zwei Attribute und gleichzeitig den Mittelpunkt jeder Konfiguration. Die durchgezogene und gestrichelte Linie stellen die Abständen bzw. den Zusammenhang zwischen den Proben A-D bzgl. des jeweiligen Attributs dar [96].

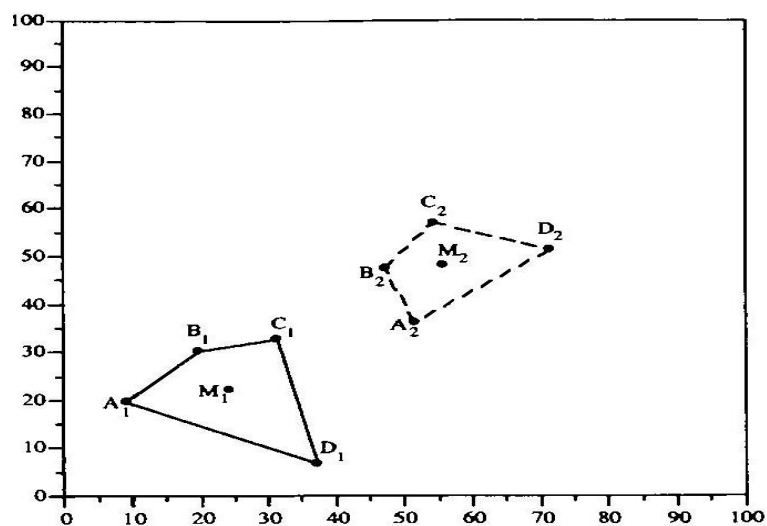


Abbildung 10: Geometrische Darstellung der Bewertung von 2 Prüfern bzgl. 4 Proben und 2 Attributen [96, p. 189]

Der erste Transformationsschritt heißt **Translation** oder Verschiebung (engl. centering). Dabei werden die Einzelkonfigurationen verschoben, bis deren Mittelpunkte im gemeinsamen Mittelpunkt C (engl. centroid) übereinander liegen (siehe Abbildung 11 (a)). Mathematisch gesehen heißt dies Zentrieren und bedeutet, dass die Summe der Ausprägungen bezüglich eines Attributs bei jeder Prüfperson genau Null ist. Ziel dieser Translation ist es, den Level-Effekt (vgl. Kapitel 1.5.6), der bei einer falschen Skalennutzung vorkommt, zu korrigieren [14, 96]. Nach Dijkstra [96] wird dabei der unerwünschte Prüfereffekt eliminiert.

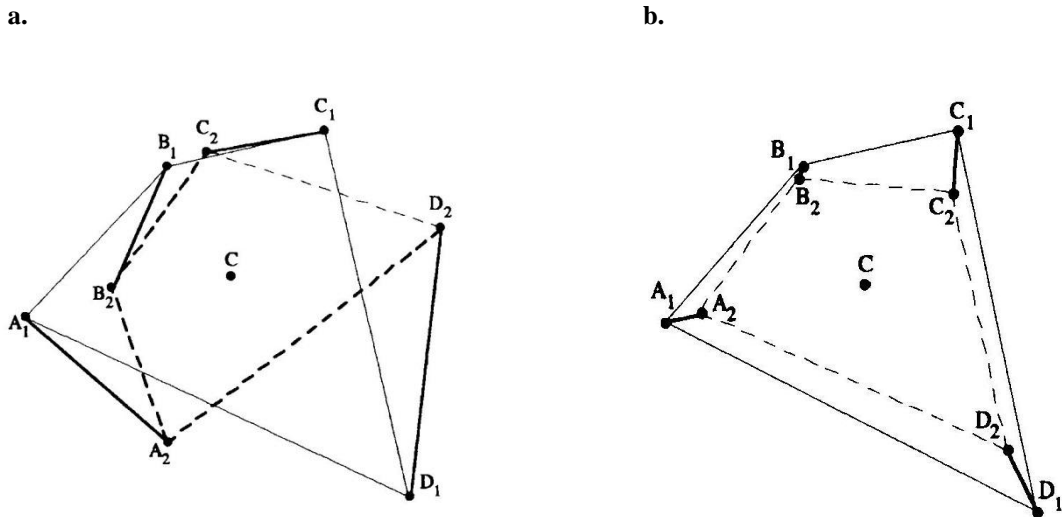


Abbildung 11: Konfigurationen nach Translation (a) und Rotation (b) [96, pp. 190-191]

Die Nutzung unterschiedlicher Begriffslisten fordern eine **Rotation** und **Reflektion** der Konfigurationen. Die Einzelkonfigurationen werden so lange rotiert und gegebenenfalls reflektiert, bis deren Produktpunkte näher aneinander liegen und somit eine bessere Übereinstimmung gewährleistet ist. Abbildung 11 (b) zeigt, dass die Abstände zwischen den Produktpaaren A₁-A₂, B₁-B₂, C₁-C₂ und D₁-D₂ minimiert werden [14, 96].

Dabei soll bei der GPA angenommene Interpretationsfehler (engl. interpretation-effect) ausgeglichen werden [96]. Ein Interpretationseffekt kommt vor, wenn durch Vertauschung, Vermischung oder Verwechslung von Attributen die Prüfpersonen nicht dasselbe unter einem Begriff verstehen.

Zum Beispiel verwenden die Prüfpersonen die Begriffe „bitter“ und „adstringierend“ unterschiedlich (Vertauschung) oder sie verstehen unter „Haselnuss- und Walnussgeschmack“ das gleiche (Vermischung). Außerdem kann es vorkommen, dass ein Prüfer die Endpunkte der Skala falsch versteht und irrtümlicherweise einer Wahrnehmung die niedrigste anstelle der höchsten Intensität zuordnet (Verwechslung). Bei einer Vertauschung oder Vermischung bedarf es des Transformationsschrittes Rotation, während bei einer Verwechslung eine Reflektion notwendig ist [14].

Der letzte Schritt ist die **isotropische Skalierung**, die den unerwünschten Range Effekt korrigiert (vgl. Kapitel 1.5.6). Diese Skalierung vergrößert oder verkleinert die unterschiedlich großen Einzelkonfigurationen derart, dass die relativen Abstände zwischen den Proben bzgl. der Variablen gleich bleiben. Abbildung 12 zeigt das Ergebnis: es sind Einzelkonfigurationen von ähnlicher Größe, die um einen gemeinsamen Mittelpunkt liegen und den geringstmöglichen Abstand zueinander haben [14, 96].

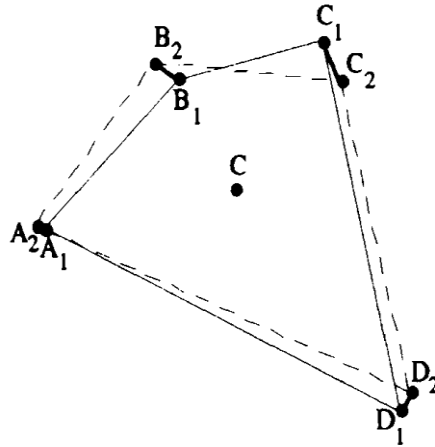


Abbildung 12: Konfigurationen nach Translation, Rotation und isotropischer Skalierung
 [96, p. 192]

Erst nach den Transformationsschritten ergeben sich ähnliche Konfigurationen, aus denen ein gewichtetes Mittel, ein sogenannter Konsens oder eine Konsenskonfiguration (engl. group average) gebildet wird. Durch diesen Konsens werden die übereinstimmenden Konfigurationen stärker als die abweichenden gewichtet [14]. Die Punkte A_1 , A_2 , A_3 aus Abbildung 13 zeigen die Position der Probe A für drei verschiedene Prüfer (1, 2, 3), d. h. drei Einzelkonfigurationen der Probe A. Werden sie gemittelt, dann entsteht eine Konsenskonfiguration fürs Produkt, die durch den Punkt A dargestellt ist.

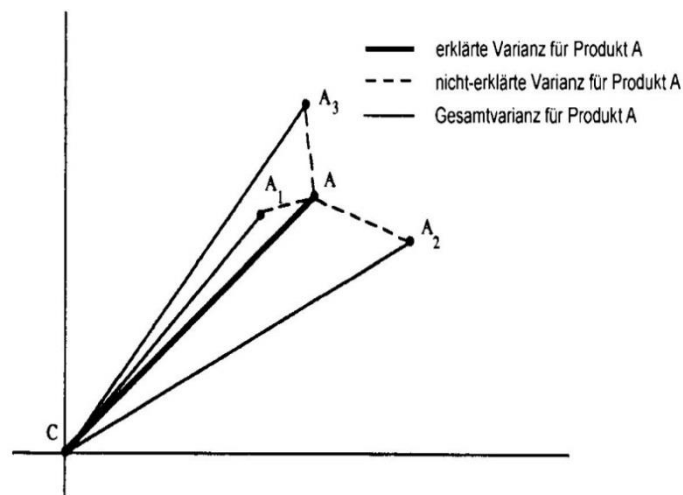


Abbildung 13: Geometrische Interpretation der Procrustes-Varianzanalyse [96, p. 196]

Im Anschluss an die Transformationen nach GPA folgt die Untersuchung der Varianz, die in vielen Softwarepaketen PANOVA (engl. Procrustes Analysis of Variance) genannt wird. Eine geometrische Erklärung der Varianzanalyse von GPA ist ebenfalls in Abbildung 13 dargestellt. Dort steht der quadrierte Abstand der Linie zum Ursprung C (engl. centre) für die Varianz. Dabei wird zwischen den einfachen Linien, den gestrichelten Linien und der fett

markierten Linie unterschieden. Die drei einfachen Linien stehen für die Varianzen (A_1 , A_2 , A_3) der Prüfer 1, 2 und 3 zum Produkt A. Da die Gesamtvarianz V_{Total} (engl. total variance) als Summe der Abweichungsquadrate über alle K Prüfer, N Produkte, M_k Attribute vor dem GPA-Schritt definiert ist, ist V_{Total} die Summe der Varianzen der Einzelkonfigurationen (A_1 , A_2 und A_3) vor dem Mitteln. Geometrisch gesehen ist die Gesamtvarianz in diesem Beispiel die Summe der drei einfachen Linien [96, 98]. Die fettmarkierte Linie in Abbildung 13 stellt die Varianz der Konsenskonfiguration $V_{Consensus}$ (engl. group average variance) dar. $V_{Consensus}$ steht also für die erklärte Varianz für Produkt A. Werden die Einzelkonfigurationen zu dieser Konsenskonfiguration gemittelt, verliert man an Varianz V_{Within} . Dieser Varianzverlust ist durch die gestrichelten Linien in Abbildung 13 symbolisiert. V_{Within} heißt auch „nicht erklärte Varianz“ (engl. residual variance). Sie steht für Varianz von Produkt A, die durch den GPA-Prozess nicht weiter angepasst werden konnte. Somit lässt sich die Varianz der Verallgemeinerten Prokrustes Analyse nach Gowers Methode mit folgender Gleichung darstellen [98]:

Formel 4:

$$V_{Consensus} = V_{Total} - V_{Within}$$

Nachdem die Datensätze der Prüfer durch die GPA zentriert, reskaliert, rotiert und anschließend gemittelt werden, resultiert eine Konsenskonfiguration mit der Varianz $V_{Consensus}$ in der maximalen möglichen Anzahl an Dimensionen bzw. Faktoren. Im letzten Schritt wird der hochdimensionale Konsens einer Hauptkomponentenanalyse (PCA) unterzogen. Durch graphische Darstellung der Konsenskonfiguration auf i. d. R. zwei bis drei Faktoren der PCA wird die $V_{Consensus}$ auf eine geringe Dimensionalität gebracht. Aufgrund dieser Projektion geht wieder einen Anteil der Konsensvarianz, V_{Out} , verloren. Es bleibt dann die Varianz V_{In} , die die ersten Dimensionen der Konsenskonfiguration erklärt. Somit besteht die Varianz des Konsenses aus [96, 98]:

Formel 5:

$$V_{Consensus} = V_{In} - V_{Out}$$

Um die Varianz der GPA mit anderen Methoden zu vergleichen, soll $V_{Consensus}$ als ein Prozentsatz der Gesamtvarianz V_{Total} betrachtet werden. Wird V_{Total} auch noch zu 100 % reskaliert, dann ergibt sich nach King und Arents [99] der statistische Faktor $R_{Consensus}$ bzw. R_C (siehe Formel 6). Je größer R_C ist, desto besser ist der von GPA errechnete Konsens und somit desto größer die Übereinstimmung zwischen den Einzelkonfigurationen und der Konsenskonfiguration [99]. Ergibt sich aus der GPA ein R_C -Wert von 0,70, bedeutet dies, dass sich 70 % der Gesamtvarianz durch den ermittelten Konsens erklären lassen.

Formel 6:

$$R_C = \frac{V_{Consensus}}{V_{Total}} \times 100 \%$$

GPA-Konsenstest und -Dimensionstest

Die Generalized Procrustes Analysis (GPA) wurde in dieser Arbeit nach dem Gower Algorithmus mit der Statistik-Software XLSTAT durchgeführt. XLSTAT lieferte als Ergebnis neben der Konsenskonfiguration auf einer PCA einen sogenannten Konsenstest und Dimensionstest.

Der von King und Arents [99] postulierte Konsenstest soll die Qualität der Konsenskonfiguration bewerten und dabei feststellen, ob es sich um einen wahren oder um einen zufälligen Konsens handelt. Nach Wakeling *et al.* [100] basiert er auf einem Permutationstest, in dem die echten Sensorik-Daten mit permutierten Daten statistisch verglichen werden.

Geht man von einem FCP-Datenset aus, befinden sich die Produkte nach Abbildung 9b in den Spalten und die Attribute aller Prüfer in den Zeilen. Zunächst werden die Zeilenwerte der echten Daten permutiert, d. h. die Attribute (mit den Intensitäten) werden zufällig vertauscht, sodass sich eine andere Anordnung der Attribute zu den Proben ergibt, die nicht der ursprünglichen Reihenfolge entspricht. Der Konsenstest berechnet dann einen hypothetischen Konsens mit den permutierten Daten. Danach wird der Anteil an Konsensvarianz (R_C -Wert) aus den echten Sensorik-Daten mit der erhaltenen Varianz aus den permutierten Daten verglichen. Ein zuvor festgelegtes Konfidenzintervall von 95 % (hier als Quantil bezeichnet) dient als Grenze für die Signifikanz des Tests ($\alpha = 0,05$ oder 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit) und entspricht 95 % der Ergebnissen mit Permutationsfällen. Ist die Varianz der echten Daten (Konsensvarianz) größer als die Varianz der permutierten Daten bzw. liegt der R_C -Wert auf einem Quantil, das größer als das Quantil mit dem Konfidenzintervall von 95 % ist. Dann ist die von der GPA erstellte Konsenskonfiguration kein Zufall, sondern ein echter Konsens. Liegt der R_C -Wert beim Konsenstest auf einem kleineren Quantil als 95 %, dann ist die Irrtumswahrscheinlichkeit größer als 5 %, dass man ebenfalls einen guten Konsens mit den permutierten Daten bekommt. Dies würde bedeuten, dass die Konsenskonfiguration durch Zufall entstanden ist [99, 100, 101]. In Abbildung 14a ist ein Beispiel eines signifikanten Konsenstests zu sehen.

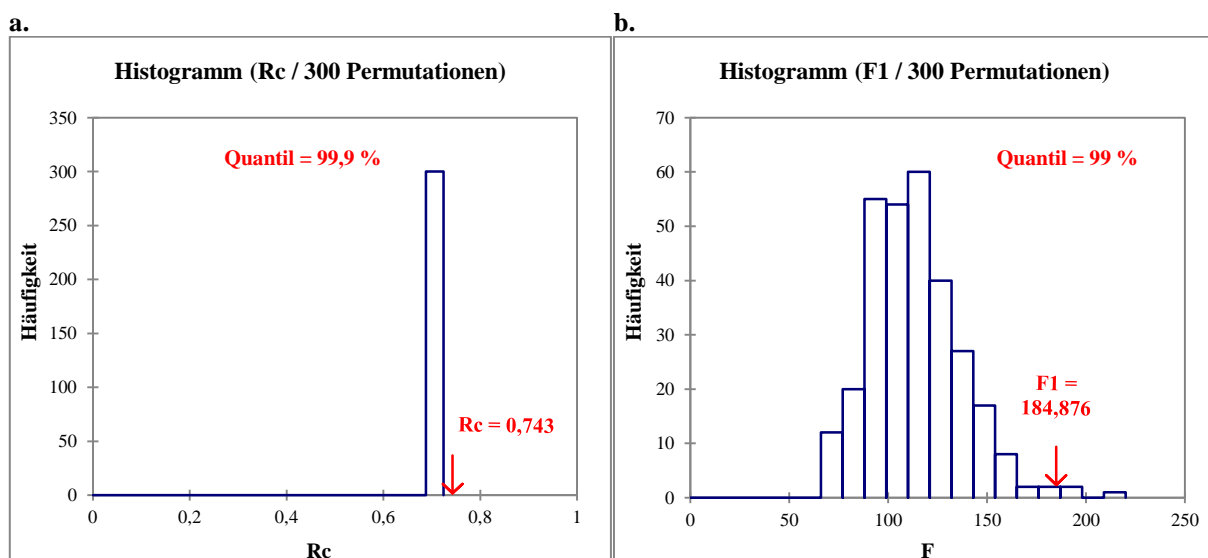


Abbildung 14: Darstellung des Konsenstests (a) und des Dimensionstests (b) von XLSTAT

Dabei wurden die FCP-Daten 300-mal permutiert. Dann wurde die Varianz der permutierten Daten mit der Varianz der echten Daten auf einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ verglichen. Der Rc-Wert der echten Daten liegt auf einem Quantil von 99,9 % . Dieses Quantil ist somit größer als das Konfidenzintervall von 95 % . Dies bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit kleiner als 0,1 % ist, dass es sich um einen zufälligen Konsens handelt. In diesem Fall wurde ein wahrer Konsens erzielt, der 74,3 % der Gesamtvarianz erklärt [99, 100, 101].

Des Weiteren führten Wu *et al.* [102] einen Dimensionstest für die GPA ein. Wie bereits erwähnt, resultiert aus der GPA eine Konsenskonfiguration, die in einem hochdimensionalen Raum die größte Varianz zwischen den Prüfern darstellt und erst bei der Hauptkomponentenanalyse (PCA) auf wenige Faktoren reduziert wird. Um herauszufinden, wie viele Faktoren F (auch Dimensionen oder Hauptkomponenten genannt) in der PCA signifikant bzw. erforderlich zur Projektion der Konsenskonfiguration sind, wird ein F-Permutationstest mit einem Konfidenzintervall von 95 % durchgeführt [102]. F ist dabei das Verhältnis der Varianz zwischen den Produkten zur Varianz zwischen den Konfigurationen. Je größer F, desto größer ist der Informationsgehalt des jeweiligen Faktors. Beim Permutationstest (wie beim Konsenstest) wird der F-Wert aus den echten Daten mit dem hypothetischen F-Wert aus den permutierten Daten verglichen. Dafür wird 300-mal eine GPA mit den permutierten Daten durchgeführt und jedes Mal einen hypothetischen F-Wert ($F_{\text{permutiert}}$) berechnet. Die $F_{\text{permutiert}}$ -Werte aus den Permutationen werden in zunehmender Reihenfolge geordnet (Histogramm) und davon der 95. Perzentil ermittelt. Liegt der F-Wert (der echten Daten) über dem Quantil von 95 %, dann besteht ein signifikanter Konsens zu diesem Faktor. Dementsprechend ist der Faktor signifikant. Dies erfolgt für jeden Faktor [101, 102]. Abbildung 14b zeigt einen F-Wert für den Faktor 1 bei einem Quantil, das größer als 95 % ist. Daraus folgt, dass der erste Faktor bzw. die erste Hauptkomponente signifikant zur Darstellung der Konsenskonfiguration ist. Wäre der zweite Faktor F2 signifikant und der dritte Faktor F3 nicht, bedeutete dies, dass die Interpretation des Konsenses und der Attribute für ein bestimmtes Probenstet mit den ersten beiden Faktoren (F1 + F2) ausreichend ist. Der Dimensionstest ist ein statistisches Werkzeug zur Ermittlung der Anzahl an signifikanten Faktoren [101]. Andere (nicht statistische aber übliche) Methoden zu diesem Zweck sind der Scree-Test und das Kaiser-Kriterium [14]. Eine Erklärung beider Methoden ist in der Auswertung (Kapitel 4.1.4) angegeben.

Die Verallgemeinerte Prokrustes Analyse wird nicht nur zur Auswertung des Free Choice Profilings und Flash Profilings verwendet, sondern auch als schnelle ergänzende Technik bei der Konventionellen Profilprüfung in der Phase „Begriffssammlung und -reduktion“ eingesetzt (Parolari, 1994; Servili *et al.*, 1995). Denn mit GPA können schnell relevante diskriminierende Deskriptoren für die weiteren Phasen der Profilierung identifiziert werden. GPA kann auch zur Überprüfung der Performance eines Panels (Dijksterhuis, 1995; Sinesio und Monetta, 1997) oder zwischen verschiedenen Panels (de Jong *et al.*, 1998) verwendet werden. Zudem wurde es auch zur Untersuchung von Korrelationen zwischen sensorischen und instrumentellen Daten eingesetzt (Dijksterhuis, 1994 [103]).

1.6 Instrumentell-analytische Untersuchung von Zuckern und Säuren

Instrumentell-analytische Untersuchungen von Zuckern und Säuren in *Capsicum*-Früchten können mit verschiedenen Methoden erfolgen. Paprika und Chiliprüben wurden auf den Gehalt der in Abbildung 4 dargestellten Hauptzucker vorwiegend mit HPLC [36, 37, 38, 39, 42, 43, 104] aber auch enzymatisch [41, 57, 73], photometrisch [51] und gaschromatographisch [34, 47] untersucht. Die Analyse der wichtigsten organischen Säuren in *Capsicum*-Proben zeigt ein ähnliches Bild: Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (engl. high performance liquid chromatography, HPLC) [36, 38, 39, 42, 43, 104], Enzymatik [37, 46], Ionenaustauschchromatographie [73], Photometrie [57], Titrimetrie [51] und Gaschromatographie (GC) [34] sind die gängigsten Methoden. Zudem erfolgten alle instrumentellen Analysen mit wenigen Ausnahmen [40, 51] mit frischem Material.

Die Bestimmung von Zuckern und Säuren findet jedoch meistens getrennt mit gleichen oder unterschiedlichen Methoden statt [105]. Obwohl die HPLC-Untersuchung von Zuckern und Säuren das am weitesten verbreitete Analyseverfahren ist, zeichnet sich die GC-Methode durch eine höhere Empfindlichkeit aus [105, 106]. Im Jahr 1990 entwickelten Morvai und Molnár-Perl eine neue simultane Analyse von organischen Säuren und Zuckern in Äpfeln mittels Gaschromatographie, bei der die Analyten in verschiedenen Konzentrationsbereichen lagen [105].

Für eine gaschromatographische Untersuchung ist eine hohe Flüchtigkeit der Analyten notwendig. Sowohl Säuren als auch Zucker benötigen eine Derivatisierung, um ihre geringe Flüchtigkeit zu erhöhen. Dafür werden deren polare Gruppen durch silylierende Reagenzien substituiert. Ein Silylierungsschritt ist für organische Säuren und nicht-reduzierende Disaccharide ausreichend, während für Monosaccharide ein zusätzlicher Schritt, die Bildung von Oximen, nötig ist [105, 106, 107].

1.6.1 Oximierung

Reduzierende Zucker wie Glucose, Fructose und Arabinose weisen eine freie Carbonylgruppe auf und können durch Mutarotation in zwei Anomeren (α oder β) vorliegen. Werden diese Moleküle ohne einen Oximierungsschritt silyliert, würde sich für jede tautomere Form ein Derivatisierungsprodukt bilden, was zu komplexen Chromatogrammen führt.

Unter Oximierung versteht man die Addition von Hydroxylamin an die Carbonylgruppe des Zuckermoleküls unter Wasserabspaltung. Der entsprechende Reaktionsmechanismus ist in Abbildung 15 dargestellt [108]. Bei der Oximierung wird zunächst Hydroxylamin-Hydrochlorid in Pyridin gelöst (2,5 %), dann werden die Zucker mit dieser Lösung versetzt und anschließend erhitzt. Rojas-Escudero *et al.* führten eine Optimierung der gaschromatographischen Zuckeranalyse durch und stellten fest, dass die optimale Reaktionstemperatur für die Oxim-Bildung bei 80 °C bei einer Reaktionszeit von 30 Minuten

liegt. Weiterhin zeichnete sich Anilin als effizienter Ersatz für Pyridin mit einer niedrigeren Reaktionstemperatur und -zeit aus [107].

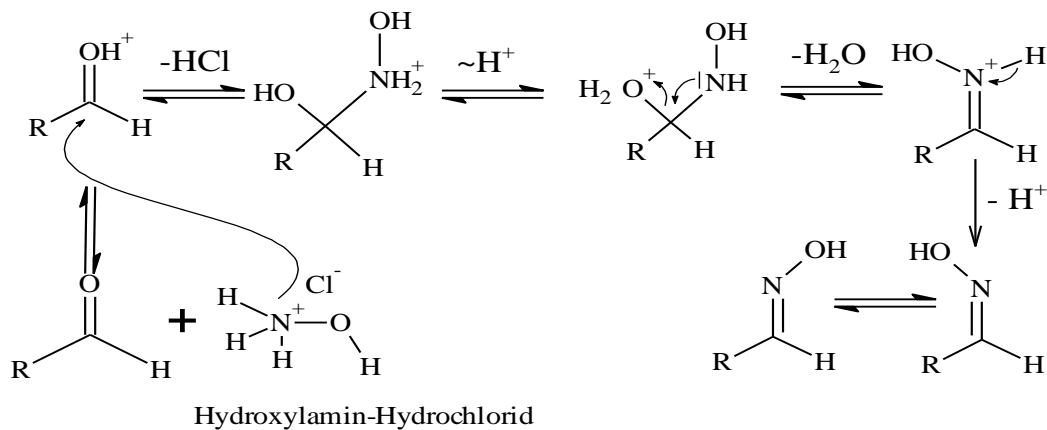


Abbildung 15: Reaktionsmechanismus der Bildung von Oximen [108, pp. 386-387]

1.6.2 Silylierung

Bei der Silylierung werden die aktiven H-Atome der Hydroxylgruppen der bereits gebildeten Oxime, der nicht-reduzierenden Disaccharide und der organischen Säuren durch Alkylsilylgruppen der Derivatisierungsreagenzien ersetzt. Es werden oft Trimethylsilyl-Derivate (TMS) gebildet [109, 110]. Häufige Silylierungsreagenzien sind Hexamethyldisilazan/Trifluoressigsäure (HMDS/TSA) und Bis(trimethylsilyl)trifluoracetamid (BSTFA) [107]. Weiterhin werden Derivatisierungsreagenzien in Verbindung mit dem Silylierungskatalysator Trimethylchlorsilan (TMCS) verwendet, um die Reaktionsaktivität bzw. die Donator-Stärke vom Silylierungsreagenz zu erhöhen [109, 110]. HMDS wurde zur simultanen Untersuchung von organischen Säuren und Zuckern in Äpfeln (Morvai und Molnár-Perl, 1990), Karotten, Gurken, Kartoffel, Erdbeeren (Morvai *et al.*, 1991), Aprikose (Bartolozzi *et al.*, 1997), in Pflanzenextrakten (Adams *et al.*, 1999) u. a. verwendet. Laut Rojas-Escudero *et al.* [107] eignete sich jedoch BSTFA am besten für die Silylierungsreaktion. BSTFA lieferte nur die erwünschten Derivate, während HMDS/TSA viele Nebenprodukte auch bei niedrigen Temperaturen und kurzen Reaktionszeiten bildete. Die optimalen BSTFA-Bedingungen lagen nach Rojas-Escudero *et al.* bei 80 °C und 10 Minuten Reaktionszeit [107]. Die Strukturformeln von BSTFA und TMCS können Abbildung 16 entnommen werden.

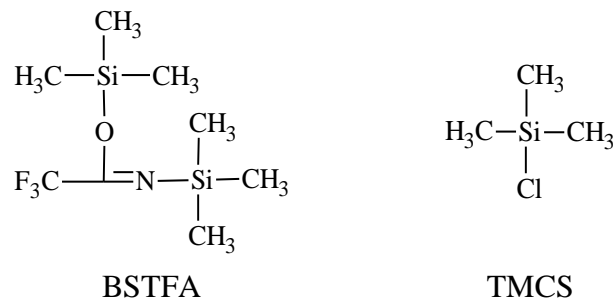


Abbildung 16: Silylierungsreagenzien

Abbildung 17 zeigt die Bildung eines Trimethylsilyl-Derivats nach einem nukleophilen Angriff an dem Silicium-Atom von BSTFA. Die Abgangsgruppe X sollte zudem eine möglichst niedrige Basizität aufweisen. Die Zugabe des schwachen Silyldonators TMCS (1 %) unterstützt den stärkeren Donator BSTFA [109, 110].

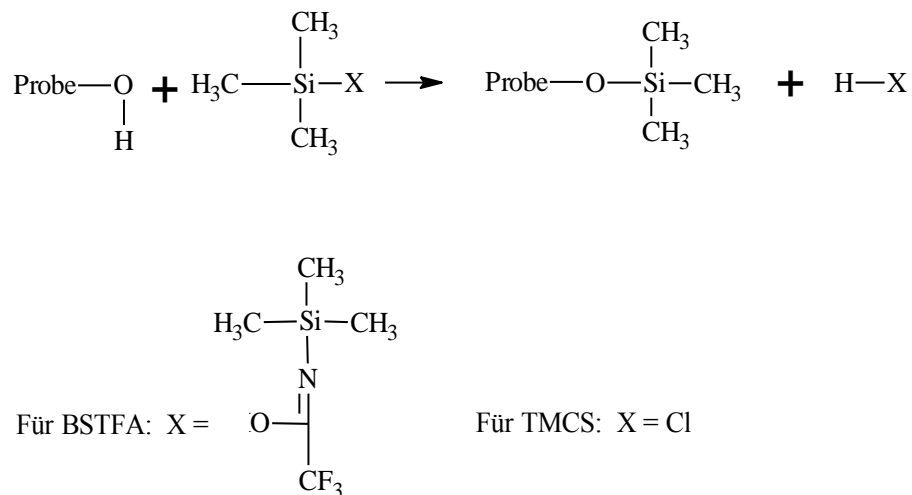


Abbildung 17: Reaktionsgleichung der Silylierung mit BSTFA und TMCS [109, 110]

Nach der Oximierung und Silylierung entstehen aus jedem reduzierenden Zucker zwei Trimethylsilyloxime (TMSO) bzw. syn(Z)- und anti(E)-Isomere, die nach der gaschromatographischen Trennung zwei Peaks ergeben. Ein einziger Peak resultiert aus den nicht-reduzierenden Disacchariden und organischen Säuren, die nicht von der Oximierung miterfasst werden [106]. Voraussetzung für diese Umsetzung ist eine Durchführung unter trockenen Bedingungen und ein Überschuss an Silylierungsreagenz (mind. 2:1 zum reaktiven H-Atom), da BSTFA und TMCS sehr wasserempfindlich sind [106, 109, 110].

1.7 Statistische Methoden zur Verknüpfung von Daten

Heutzutage ist im Bereich der Sensorik und der Produktentwicklung nicht nur die Produktcharakterisierung von Interesse, sondern auch die Beziehungen zwischen sensorisch-analytischen Prüfverfahren, hedonischen Tests und instrumentell-analytischen Untersuchungen. Zur Verknüpfung von Datensätzen steht eine große Auswahl an multivariaten Methoden zur Verfügung. Um ähnliche Konsumenten-, Attribut- oder Produktgruppen zu finden oder zu bilden, ist eine Agglomerative Hierarchische Clusteranalyse (AHC) zu empfehlen. Sollen sensorische Attribute mit instrumentell-analytischen Daten verglichen werden, ist die Multiple Faktorenanalyse oder die Verallgemeinerte Prokrustes Analyse (siehe Kapitel 1.5.8.2) zu empfehlen. Wird der Zusammenhang zwischen hedonischen Daten und objektiven (deskriptiven oder analytischen) Daten untersucht, oder nach dem entscheidenden Faktor für eine bestimmte Zu- oder Abneigung der Verbraucher bezüglich eines Produkts gesucht, geschieht dies mit dem sog. Preference Mapping (siehe Kapitel 1.7.1). Ist eine Prognose einer quantitativen Variable von Interesse, sollte auf der Basis von vorhandenen sensorischen oder instrumentellen Daten eine Lineare Regression oder eine teilweise kleinste Quadrate Regression (siehe Kapitel 1.7.2) herangezogen werden.

1.7.1 Präferenzkartographie

Die Präferenzkartographie (engl. Preference Mapping) ist eine statistische Methode, die die hedonischen Daten von Konsumenten bezüglich eines Probensets untersucht, indem sie mehrere multivariate Methoden verbindet. Preference Mapping wird in der Produktentwicklung eingesetzt, um ein bestimmtes Produkt mit einem Mitbewerberprodukt zu vergleichen und am Markt zu positionieren. Man unterscheidet zwischen Interner und Externer Präferenzkartographie [82, 111].

Eine Interne Präferenzkartographie (engl. Internal Preference Mapping, MDPREF) verwendet nur Akzeptanz- oder Präferenzdaten, um die Proben zu beschreiben. Dabei wird eine Hauptkomponentenanalyse mit den Konsumentendaten durchgeführt, die einen Produktvergleich und eine Interpretation der Verbraucherpräferenzen bezüglich der Proben erlauben. Daraus resultieren die individuellen Präferenzen als Faktorladungen und die Produkte als Faktorwerte (engl. scores) [82]. Mit einem Biplot der beiden entsteht eine Akzeptanzlandkarte, die wie eine PCA zu interpretieren ist. Liegen die Produkte nahe beieinander, wurden sie mit einer ähnlichen Akzeptanz bewertet. Sind die Produkte weit voneinander entfernt, weisen sie unterschiedliche Akzeptanzbewertungen auf [75]. Zudem werden die Konsumenten als Variablen angesehen, sodass man erkennen kann, welche Verbraucher oder Verbrauchergruppen (Cluster) welche Proben präferieren und wie sie sich unterscheiden [14, 77].

Bei der Externen Präferenzkartographie (engl. External Preference Mapping, PREFMAP) werden zwei unabhängige Datensätze verwendet. Sie bestehen aus dem Konsumententest und

der sensorischen oder instrumentellen Prüfung. Werden zum Beispiel Akzeptanzdaten und deskriptive Daten aus einer Konventionellen Profilprüfung miteinander verknüpft, kann nicht nur das Präferenzverhalten bezüglich der Produkte ermittelt werden, sondern auch auf welche sensorischen Eigenschaften diese Präferenzen zurückzuführen sind. External Preference Mapping besteht aus drei Schritten: Zuerst erfolgt eine PCA mit den deskriptiven Daten, um die Proben anhand ihrer sensorischen Eigenschaften in einem zweidimensionalen Raum zu positionieren. Danach werden bei einer großen Anzahl an Konsumenten die hedonischen Daten in ähnliche Gruppen bzw. in Gruppen mit einer ähnlichen Präferenzreihenfolge, sogenannten Clustern, unterteilt. Dies erfolgt mittels Hierarchischer Clusteranalyse (engl. Agglomerative Hierarchical Clustering). Der dritte Schritt ist die Projektion der einzelnen Konsumentenurteile oder der Cluster mithilfe einer Regressionsanalyse auf ein Diagramm, das in Zusammenhang mit den zuvor erstellten Hauptkomponenten steht [14, 75, 82].

Ein mit einem Vektormodell durchgeführtes External Preference Mapping zeigt somit einen vom Ursprung ausgehenden Pfeil für jeden Konsumenten oder jedes Cluster. Die Länge und die Richtung des Pfeils beschreiben die Präferenz des Konsumenten oder Clusters bezüglich der Proben. Ist ein Produkt in Pfeilrichtung am weitesten vom Ursprung positioniert, wird es am stärksten bevorzugt. Befinden sich Produkte in der entgegengesetzten Richtung der Pfeile, werden sie am wenigsten präferiert [14]. Um festzustellen, welchen Einfluss die sensorischen Eigenschaften auf die Präferenzen haben, muss der Korrelationskreis oder der Biplot des PCA-Schritts betrachtet werden. Dabei stehen die sensorischen Attribute in Beziehung zu den Hauptkomponenten der Präferenzkartographie [101].

Bei der Anzahl der zu untersuchenden Proben in Preference Mapping müssen immer die statistische Leistung (bezogen auf das Modell) und die Notwendigkeit verlässlicher Daten berücksichtigt werden. Eine zu große Anzahl an zu verkostenden Proben führt durch die Unerfahrenheit der Konsumenten zu unzuverlässigen Daten, während bei einer zu kleinen Anzahl an Proben die statistische Aussagekraft sinkt. Obwohl ein Test mit weniger als 5 Proben nicht empfohlen wird, hängt der Erfolg des Preference Mappings immer auch von der Art der Proben ab [82].

1.7.2 Teilweise kleinste Quadrate Regression (PLSR)

Teilweise kleinste Quadrate Regression (engl. Partial Least Squares Regression, PLSR) ist eine von Herman Wold in den 60-er Jahren entwickelte Regressionsmethode, welche die Beziehung zwischen zwei Arten von Daten untersucht [14, 82].

Das Prinzip der Methode basiert auf der **Linearen Regression**. In der Regressionsanalyse wird der Zusammenhang zwischen einer unabhängigen erklärenden Variable x , auch Regressor genannt, und einer abhängigen Variable y , dem Regressand, quantitativ beschrieben. Das Ziel ist es, mittels eines Modells von einem metrisch oder nominal skalierten Merkmal x auf den dazugehörigen metrisch skalierten Wert y zu schließen [14, 75, 82]. In diesem Sinne kann der Zusammenhang zwischen deskriptiven (x) und hedonischen Daten (y) oder zwischen instrumentell-analytischen (x) und deskriptiven Daten (y) untersucht werden. So kann beispielsweise ermittelt werden, ob sich mit der Charakterisierung eines

Produkts, die aus einer Profilprüfung hervorgeht, die Beliebtheit des Produkts vorhersagen lässt oder ob sich mittels HPLC oder GC gemessenen Konzentrationen (wie die Zuckerkonzentration) Wahrnehmungen (wie süß) prognostizieren lassen [14, 75].

Die Regressionsanalyse lässt sich bei zwei zusammenhängenden Variablen durch die Gleichung $y = f(x)$ beschreiben. Besteht eine Beziehung zwischen y und mehreren Variablen $x_1, x_2 \dots x_i$, handelt es sich um eine Multiple Lineare Regression (MLR). Ist die Anzahl der Merkmale (x) größer als die Anzahl der Proben, wird auf eine Partial Least Squares Regression (PLSR) zurückgegriffen [14, 75].

Bei der PLSR werden zwei multivariate Methoden kombiniert: die Hauptkomponentenanalyse (PCA) und die Multiple Regression. PLSR extrahiert aus den Regressoren und Regressanden die latenten Variablen bzw. die PLS Komponenten (vgl. PC's), die die größte Variation in den Daten erklären. Daraus wird mit einem komplizierten Algorithmus eine Vorhersagegleichung ermittelt [14].

Bei der Regressionsgleichung sind folgende Angaben von Bedeutung: das Bestimmungsmaß R^2 , die Steigung (engl. slope) und der Prognosefehler (engl. root mean square error of prediction, RMSE). Weiterhin erfolgt eine Validierung des Modells mit neuen Daten (Vorhersagetest) oder mit den in der Regression verwendeten Daten (Kreuzvalidierung). Dabei werden die gemessenen Referenzwerte gegenüber den vorhergesagten Werten aufgetragen. Ist die Steigung nahe eins bzw. ist der RMSEP möglichst niedrig, bedeutet dies, dass geringe Unterschiede zwischen den gemessenen und prognostizierten Werten bestehen [14, 82].

2 Zielsetzung

Die Gattung *Capsicum* hat ihren Ursprung in Bolivien und Peru. Beide Länder bieten eine große Vielfalt nativer *Capsicum*-Varietäten von Kulturpflanzen und Wildsorten, die zum größten Teil weltweit unbekannt sind. Aus landwirtschaftlicher, taxonomischer, biochemischer und sensorischer Sicht bestand somit ein großer Forschungsbedarf. Eine Charakterisierung dieser Aspekte erlaubte es, Sorten aufzuspüren, die besondere morphologische Eigenschaften (z. B. Form, Farbe, Größe) haben und hohe Gehalte wertgebender Inhaltsstoffe (z. B. Vitamine, antioxidative Stoffe) aufweisen, um deren Anbau zu fördern und dabei das ungenutzte Potenzial in den Herkunftsländern zu nutzen.

Diesem Zweck diente das internationale Forschungsprojekt „Unravelling the potential of neglected crop diversity for high-value product differentiation and income generation for the poor: The case of chili pepper in its center of origin“. Dieses dreijährige Projekt (2010-2013) wurde von der Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) finanziert [112].

Das von Bioersivity International¹ koordinierte Forschungsprojekt beabsichtigte, die Artenvielfalt von *Capsicum*-Pflanzen in ihrem Ursprungsland zu erhalten und deren nachhaltigen Anbau gezielt zu fördern. Dies soll zu einer Verbesserung des Einkommens der Bauern führen. Dazu wurden die Samen, die im Laufe der letzten 20 Jahre von den Saatgutbanken (bestehend aus 1000 Chili-Arten) in Peru und Bolivien (INIA² und CIFP³) gesammelt wurden, genutzt. Aus der großen Vielfalt an Chilisorten sollten etwa 15 verschiedene für jedes Land auf Grund landwirtschaftlicher, wirtschaftswissenschaftlicher, biochemischer und sensorischer Eigenschaften nach einem wiederholtem Anbau ausgewählt werden, damit sie später als herausragende Sorten mit hohem Wert in nationalen und/oder internationalen Märkten verkauft werden können [113]. Bevor eine Auswahl getroffen werden konnte, war eine Charakterisierung der Proben notwendig.

Hierzu beschäftigten sich die bolivianischen (CIFP³, ITA⁴ und PROINPA⁵) und peruanischen Projektpartner (INIA², UNALM⁶ und CIDRA⁷) mit dem Ausbau der Saatgutbanken, der Sammlung weiterer wildwachsender Varietäten, dem Anbau und Ertrag der Akzessionen, der Entwicklung von Chili-Produkten und der Aufbereitung der Proben als Chilipulver. Um einer potentiellen Biopiraterie vorzubeugen, wurden die verschiedenen Akzessionen samt Samen nur in getrockneter und gemahlener Form nach Deutschland geschickt.

Zwei Projektpartner aus Deutschland, die Leibniz Universität Hannover und die Universität Hohenheim, erstellten Markt- und Wertschöpfungsstudien und untersuchten die Verarbeitungsprozesse von Chilifrüchten.

¹ Bioersivity International Research for Development in Agricultural and Forest Biodiversity (Sitz: Cali - Kolumbien)

² INIA = Instituto Nacional de Innovación Agrícola (Sitz: Lima - Peru)

³ CIFP = Centro de Investigaciones Fitoecogenéticas Pairumani (Sitz: Cochabamba - Bolivien)

⁴ ITA = Fundación Instituto de Tecnología de Alimentos (Sitz: Sucre - Bolivien)

⁵ PROINPA = Fundación Promoción e Investigación de Productos Andinos (Sitz: Cochabamba - Bolivien)

⁶ UNALM = Universidad Nacional Agraria La Molina (Sitz: Lima - Peru)

⁷ CIDRA = Centro de Investigación y Desarrollo Rural Amazónico (Sitz: Ucayali - Peru)

Der Arbeitskreis der Lebensmittelchemie an der Bergischen Universität Wuppertal beschäftigte sich hauptsächlich mit der aus wissenschaftlicher Sicht relevante Charakterisierung der Inhaltsstoffe und der sensorischen Eigenschaften der Chilipulver. Zu den Inhaltsstoffen zählten Fett, Farbstoffe, Capsaicinoide, Antioxidantien, Vitamin C und E, Zucker, Säuren, u. a. [112, 113].

Im Rahmen dieser Dissertationsarbeit sollten die nach Deutschland gelieferten, getrockneten und gemahlene Früchte der Spezies *Capsicum* auf ihre sensorischen Eigenschaften, genauer gesagt auf die Merkmale Geruch und Geschmack, untersucht werden.

Zur Erreichung dieses Ziels war die erste Aufgabe, ein produktspezifisches Deskriptives Panel aufzubauen, das in der Lage war, verschiedene Sorten Chili- und Paprikapulver sensorisch zu charakterisieren. Die olfaktorischen und gustatorischen Eigenschaften der Proben sollten mit oder ohne Lebensmittelmatrix objektiv und reproduzierbar ermittelt werden. Dabei handelte es sich bei den Proben nicht um in Deutschland herkömmliche Chili- und Paprikapulver wie bspw. Paprika edelsüß oder Cayennepfeffer, sondern um native *Capsicum*-Spezies aus Peru und Bolivien, die neue sensorische Eindrücke mit sich brachten und somit eine weitere Herausforderung darstellten.

In der Literatur basierten sensorische Untersuchungen von *Capsicum*-Früchten meist auf frischem Material und nicht auf der für Gewürze üblichen Pulverform. Dementsprechend war es ein weiteres Ziel dieses Dissertationsvorhabens, mit einem vorhandenen geschulten Panel eine adäquate Methode aus bestehenden beschreibenden Methoden zur Profilierung von scharfen *Capsicum*-Pulvern zu identifizieren, wobei die Schärfe die größte Herausforderung der effektfreien Analyse darstellte. Die anzuwendende Methode sollte entsprechend der Paneleignung angepasst werden und mit dem geringen zur Verfügung stehenden Material durchgeführt werden.

Da eines der Projektziele der mögliche Export der Chilifrüchte war, war es auch von Interesse, die Vorlieben der potenziellen Kunden bezüglich der Chilipulver und die potentielle Akzeptanz von neuen südamerikanischen Chilisorten herauszufinden. Weiterhin konnten durch eine gemeinsame Betrachtung von hedonischen und sensorisch-analytischen Daten die Gründe einer gegebenen Akzeptanz oder Präferenz mittels multivariater Methoden aufgezeigt werden.

Neben dem Schwerpunkt Sensorik war die instrumentelle Analyse ein weiterer wichtiger Punkt in der vorliegenden Arbeit. In der Literatur wurde auf eine Korrelation zwischen den instrumentell ermittelten Hauptzuckern und -säuren von frischen *Capsicum*-Früchten und den Geschmacksarten süß und sauer hingewiesen [36]. In dieser Arbeit sollte untersucht werden, ob eine solche Korrelation auch in getrocknetem Material (*Capsicum*-Pulvern) bestand. Dafür wurde eine instrumentell-analytische Methode entwickelt, mit der die Hauptzucker und Hauptsäuren aus den Chilipulvern extrahiert und quantitativ bestimmt werden konnten.

Die in der Literatur beschriebenen Methoden wurden hauptsächlich zur Analyse von frischem Material verwendet. Dabei erfolgte die Quantifizierung von Zuckern und Säuren meistens in getrennten Verfahren unter doppeltem Materialaufwand. Somit war im Rahmen dieser Arbeit auf eine Methodenentwicklung abgezielt, die mit möglichst geringen Probenmengen durchführbar war und eine schnelle Erfassung beider Analyten erlaubte.

3 Materialien und Methoden

3.1 Probenmaterial

Im Rahmen dieser Arbeit sind verschiedene Arten von untersuchten Proben zu unterscheiden: Projektproben (P), Marktproben (M) und Handelsproben (S und V).

In Kapitel 3.2.2 (Tabelle 4) ist die Anzahl der sensorisch untersuchten Proben angegeben und in Kapitel 3.3.1 (Tabelle 11) findet sich eine Übersicht der instrumentell-analytisch untersuchten Proben pro Land.

Projektproben (P)

Die Proben, die im Rahmen des internationalen Forschungsprojekts „Unravelling the potential of neglected crop diversity for high-value product differentiation and income generation for the poor: The case of chili pepper in its center of origin“ kultiviert wurden, werden nachfolgend als Projektproben bezeichnet und für die sensorische Analyse mit dem Präfix „P“ abgekürzt. Sie stammen aus Forschungsorganisationen in Bolivien (PROINPA, CIFP), Peru (INIA, CIDRA, UNALM) und Costa Rica⁸ (CATIE⁹).

Die Organisationen INIA und CIDRA ernteten reife *Capsicum*-Früchte von jeweils einer einzelnen Pflanze, korrespondierend zu einer Akzession. UNALM-, CIFP-, PROINPA- und CATIE-Projektproben stammten von verschiedenen Pflanzen derselben Akzession. Die im Jahr 2010 bis 2012 reif geernteten Chilischoten wurden nach Entfernung des Stiels getrocknet und gemahlen. Allerdings unterschied sich die Art der Trocknung zwischen den Ländern: Peruanische und mexikanische Projektproben wurden einer Ofentrocknung bei 60 °C für etwa 72 Stunden unterzogen, während bolivianische Projektproben zunächst 8 bis 10 Tage sonnengetrocknet wurden und anschließend im ITA-Institut bei 60 °C im Ofen bis zur Gewichtskonstanz getrocknet wurden.

Nach der Trocknung wurden die Akzessionen getrennt gemahlen und nach Deutschland verschickt. Im Institut der Lebensmittelchemie der Bergischen Universität Wuppertal wurde eine Siebanalyse mit den *Capsicum*-Pulvern durchgeführt. War das Material größer als 850 µm, wurde es erneut unter Temperaturkontrolle gemahlen, bis eine Partikelgröße von < 850 µm erreicht wurde. Anschließend wurden die Proben in schwarzen Polyethylen-Beuteln im Gefrierschrank bei -25 °C bis zur Analyse aufbewahrt. Weitere Einzelheiten zum Probenmaterial sowie zusätzliche Analysen derselben Projektproben sind Meckelmann *et al.* [22] zu entnehmen.

⁸ Die ursprüngliche Herkunft der aus Costa Rica übermittelten Proben ist jedoch Mexiko.

⁹ CATIE = Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Sitz: Cartago - Costa Rica)

Marktproben (M)

Die Organisation INIA schickte zusätzlich zu den Projektproben sogenannte Marktproben (abgekürzt „M“). Dies sind handelsübliche *Capsicum*-Sorten, die auf dem Markt in Lima (Peru) gekauft wurden. Es wurden sechs unterschiedliche Marktproben geliefert: Ají Mirasol (M1), Ají Panca (M2), Ají Amarillo (M3), Ají Rocoto (M4), Ají Limo (M5) und Ají Charapita (M6). Bei den Marktproben M3, M4, M5, M6 handelte es sich um frische reife *Capsicum*-Früchte, die nach dem Kauf bei 55 °C für 72 Stunden ofengetrocknet und danach gemahlen wurden. Auf Grund der Tatsache, dass die Sorten Ají Mirasol (M1) und Ají Panca (M2) üblicherweise in Peru als getrocknete Früchte konsumiert werden, wurden sie bereits als Trockenware auf dem Markt gekauft. Die Marktproben M1 und M2 wurden dann bei 55 °C für 10 Stunden im Ofen zu Ende getrocknet und anschließend gemahlen. In Deutschland angekommen, wurden alle Marktproben bis zur sensorischen und analytischen Untersuchung wie oben beschrieben aufbewahrt. Weitere Details zu den Marktproben sind dem Anhang B-1 zu entnehmen.

Handelsproben (S oder V)

Acht Chili- und Paprikapulver der Marke „Schuhbecks Gewürze“ (Schuhbeck Internet GmbH, München) wurden im April 2012 für die sensorische Analyse gekauft. Diese Handelsproben wurden mit „S“ codiert. Es handelte sich dabei um folgende *Capsicum*-Sorten: Piment La Vera pikante (S1), geräucherter Paprika (S2), Paprika ungarisch edelsüß (S3), Paprika scharf (S4), Chilis gemahlen (S5), Chili Chipotle (S6), Chili Guajillo (S7) und Chili Habanero (S8). Das Ziel der Anwendung war, die Methode „Free Choice Profiling“ mit kommerziellen Proben zu testen, bevor die Projektproben mittels dieser Methode auf ihre sensorischen Eigenschaften analysiert wurden.

Außerdem wurde eine Paprika edelsüß-Probe der Firma Van Hees GmbH (aus Walluf) im Rahmen eines Flash Profiling untersucht. Diese Handelsprobe wurde als „V1“ bezeichnet. Weitere Einzelheiten zu den Handelsproben sind im Anhang B-2 aufgeführt.

Projektproben, Marktproben und Handelsproben, die im Rahmen dieses Projektes sensorisch oder instrumentell-analytisch untersucht werden sollten, wurden nach dem Kauf oder Eintreffen in Deutschland bei -25 °C aufbewahrt. Am Tag der Analyse wurden die zu untersuchenden Proben aus dem Gefrierschrank genommen und zum Auftauen für 1,5 Stunden in einem Exsikkator gestellt.

3.2 Sensorische Prüfungen

Im Zeitraum von März 2013 bis Juni 2014 wurden die sensorischen Prüfungen im Sensorik-Labor der Bergischen Universität Wuppertal durchgeführt. Eine objektive und reproduzierbare sensorische Charakterisierung von Chili-Proben erfordert ein geschultes Panel und eine geeignete deskriptive Methode.

Da weder ausgebildete Sensoriker oder Prüfer zur Verfügung standen, musste im ersten Schritt ein Panel aufgebaut werden. Erst nach der Etablierung eines Panels konnten verschiedene Methoden zur Profilierung der Projektproben untersucht werden. Die Vorgehensweise lässt sich somit in drei Phasen gliedern: Panelaufbau (bestehend aus Rekrutierung, Basisschulung und Training zum deskriptiven Panel, s. Kapitel 3.2.3), Deskriptives Panel und QDA-Panel. Mit dem Deskriptiven Panel konnten die Profilierungsmethoden Flash Profiling (Kapitel 3.2.4) und Free Choice Profiling (Kapitel 3.2.5) untersucht werden. Mit dem QDA-Panel wurde ein Satz Projektproben mit der Konventionellen Profilierung (Kapitel 3.2.6) analysiert. Zudem wurden zwei Verbrauchertests durchgeführt. In Kapitel 3.2.7 wird die Erhebung der hedonischen Akzeptanzdaten beschrieben.

3.2.1 Allgemeines

Die Phasen Panelaufbau, Deskriptives Panel und QDA-Panel wurden unter gleichen Bedingungen durchgeführt, sodass die im Folgenden beschriebenen Kriterien für alle Phasen gültig sind.

3.2.1.1 Prüfeinrichtung

Ein allgemeiner Leitfaden zur Gestaltung von Prüfräumen ist in DIN EN ISO 8589:2010-06 abgelegt. Der für diese Arbeit verwendete Prüfraum, auch Sensorik-Labor genannt, erfüllte die Mindestanforderungen dieser DIN-Norm. Die Prüfeinrichtung bestand aus einem Prüfbereich, einem Vorbereitungsraum, einem Büro und einem externen Bereich für die Gruppenarbeit (Seminarraum). Alle Prüfungen wurden bei einer Temperatur von 25 °C und je nach Prüfgut unter Tages- oder Rotlicht durchgeführt. Weiterhin standen den Prüfpersonen acht weiß-gefärbte nummerierte Prüfkabinen zur Verfügung. Es handelte sich um mobile, nebeneinander stehende Einzelkabinen.

3.2.1.2 Prüfverhalten

Es wurden bestimmte Regeln gemäß DIN 10961 [80] und der Literatur [114] zum Verhalten der Prüfer vor und während der sensorischen Prüfungen festgelegt.

Vor der Prüfung durfte nicht geraucht werden (1 bis 2 Stunden), weder Kaffee noch alkoholische Getränke getrunken und keine stark gewürzten oder scharfen Speisen gegessen werden (30 Minuten). Die Prüfpersonen sollten unmittelbar vor der Prüfung weder zu satt noch zu hungrig sein. Außerdem sollten am Tag der Prüfung keine stark riechenden Kosmetika aufgetragen werden.

Während der Prüfung war auf Einzelarbeit zu achten und die Prüfer sollten ihrem ersten Eindruck folgen. Die Verkostung erfolgte immer von links nach rechts und von vorne nach hinten. Da nicht mit Öffnungsklappen gearbeitet wurde, waren alle Prüfproben für alle Tests zu Beginn der Sitzung auf einem Tablett präsent.

3.2.1.3 Neutralisation

Es wurde auf eine gründliche Neutralisation nach jeder Prüfprobe geachtet. Zum Neutralisieren des Geruchssinns wurde entweder kurz Frischluft eingeatmet, an der eigenen Armbeuge oder einer schwachen Zitronensaftlösung gerochen [114]. Die Zitronensaftlösung wurde mit einem Zitronensaftkonzentrat zubereitet. Alternativ wurde den Panelisten eine fast geruchsneutrale 1,2-Propylenglykol-Lösung angeboten, da die meisten Aromastoffe in diesem Lösungsmittel gelöst waren.

Der Geschmack wurde mit stillem Wasser und/oder geschmacklosem, natrium- und kochsalzarmen Knäckebrot der Marke „P. Heumann's Matzen“ neutralisiert. Gegen die Schärfe der Chilipulver wurde Vollmilch zur Neutralisation eingesetzt.

Fett- und proteinhaltige Produkte wie Milch und Jogurt können die lipophilen Capsaicinoide in *Capsicum*-Produkten lösen und somit das brennende Gefühl lindern [1, 14]. Nach der Chili-Forscherin J. Andrews [115] bewirkt allerdings nicht das Fett den neutralisierenden Effekt, sondern erfolgt durch die lipophilen Phosphoproteine. Das Lipoprotein Casein, das zu 3 % in Milch enthalten ist, entfernt die Schärfe wie ein „Spülmittel“, indem es die Bindungen zwischen Capsaicin und den Schmerzrezeptoren im Mund aufbricht. Butter und Käse weisen hingegen nicht die gleiche lindernde Wirkung auf, da sie geringere Anteile an lipophilen Proteinen enthalten [115, 116].

Eine gründliche Neutralisation des Geschmacks der Paprika- und Chilipulver wurde erst nach der kombinierten Einnahme von Milch, Wasser und Knäckebrot sowie ca. 1 Minute Wartezeit erreicht. Details zur Sorte und Marke der Neutralisationsmittel sind im Anhang A-1 aufgeführt.

3.2.1.4 Codierung und Maskierung

Die Proben wurden in geruchsneutralen weißen Dressingbehältern (30 ml) anonymisiert vorgelegt. Die Materialien, die zur Präsentation und Verkostung der Prüfproben verwendet wurden, sind im Anhang A-2 aufgelistet.

Die Behälter bzw. die Prüfproben waren mit einer Codierung versehen. Es handelte sich um eine dreistellige Zufallszahl. Da ein Zufallsgenerator nicht zur Verfügung stand, wurde mit einer Zufallszahl-Vorlage aus der Literatur [14, pp. Anhang 1.I-3] gearbeitet. Somit wurde gewährleistet, dass in einer Prüfung nicht dieselbe Codierung für unterschiedliche Proben

verwendet wurde. Die Chili- und Paprikaprobe waren überwiegend gelber bis roter Farbe, sodass bei allen deskriptiven Prüfungen die Farbunterschiede mit Rotlicht unkenntlich gemacht werden konnten (Maskierung).

3.2.1.5 Probenreihenfolge

Die Reihenfolge der Proben entsprach den erforderlichen Probenkombinationen der jeweiligen Normen. Zum Beispiel waren bei einer Paarweisen Vergleichsprüfung zwei Probenkombinationen (AB, BA) nach DIN EN ISO 5495:2007-10 und bei einem Dreieckstest sechs Kombinationen (ABB, AAB, ABA, BAA, BBA, BAB) nach DIN EN ISO 4120:2007-10 vorgesehen.

Bei Profilprüfungen jeglicher Art (Konventionelle Profilprüfung, Flash Profiling, Free Choice Profiling) wurde mit einem Prüfplan gearbeitet, um den Positions- und Nachwirkungseffekt zu berücksichtigen. Der Prüfplan sollte also einem nachbarbalancierten lateinischen Quadrat ähneln. Ein möglichst optimaler Prüfplan wurde mit dem Programm XLSTAT Modul MX (Version 2013.4.03, Addinsoft SARL, Paris) unter Berücksichtigung der Anzahl von Sitzungen erstellt. Dabei verfolgt das Programm zwei Ziele: Erstens wird versucht, eine homogene Verteilung der Positionshäufigkeit zu erreichen, um den Positionseffekt zu berücksichtigen. Das heißt, dass jede Probe möglichst gleich häufig auf jeder Position vorkommt. Zweitens wird eine homogene Häufigkeit der Produktpaare zur Vermeidung des Carry-over-Effekts angestrebt. Dies bedeutet, dass jede Probe möglichst gleich häufig einer anderen vorausgeht. XLSTAT verwendet den Parameter λ mit dem Wertebereich zwischen 0 und 1, wobei bei $\lambda = 1$ die Vermeidung des Positionseffektes Priorität hat und bei $\lambda = 0$ ausschließlich der Carry-over-Effekt berücksichtigt wird [101]. In der vorliegenden Arbeit wurde ausschließlich mit vollständigen Blockplänen gearbeitet, sodass jeder Prüfer mindestens einmal jede Probe beurteilen musste. Weiterhin wurde bei der Erstellung der Prüfpläne stets der Parameter $\lambda = 0,5$ ins Programm XLSTAT-MX eingegeben, um beide Effekte zu berücksichtigen.

3.2.2 Analyisierte Proben

Es wurden insgesamt 44 Proben sensorisch untersucht. Die Anzahl der Proben pro Herkunftsland und Organisation ist in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4: Übersicht der sensorisch untersuchten Proben im Rahmen von Profilierungsmethoden

Herkunftsland	Anzahl	Organisation	Region
Bolivien (Projektproben)	20	14 von PROINPA 6 von CIFP	Santa Cruz, Cochabamba, Chuquisaca, Beni, Tacuara- Monteagudo
Peru (Projektproben)	8	2 von CIDRA 3 von INIA 3 von UNALM	Ucayali, Lima, Loreto, La Libertad
Peru (Marktproben)	4	INIA	n. b. (gekauft in Lima)
Mexiko (Projektproben)	3	CATIE	Chiapas, Tabasco, Yucatán
Import aus Deutschland 1 (Handelsproben)	8	Schuhbeck GmbH	n. b.
Import aus Deutschland 2 (Handelsproben)	1	Van Hees GmbH	n. b.

n. b. = nicht bekannt

Aus den fünf bekannten kultivierten Spezies der Gattung *Capsicum* wurden vorwiegend die gustatorischen und olfaktorischen Eigenschaften der Spezies *Capsicum baccatum* ermittelt (s. Tabelle 5). 18 der 19 bolivianischen *C. baccatum*-Proben gehörten der Varietät *pendulum* (d. h. *Capsicum baccatum var. pendulum*) an. Die Spezies *Capsicum baccatum var. baccatum* ist nur einmal vertreten. Die Angaben zu den Spezies zusammen mit den von den Forschungspartnern vorgegebenen Akzession-Nummern aller sensorisch untersuchten Proben sind im Anhang B zu finden.

Tabelle 5: Anzahl der sensorisch untersuchten Spezies

Spezies	Herkunftsland				Summe
	Bolivien	Peru	Mexiko	Import	
<i>C. chinense</i>	1	8	1	0	10
<i>C. baccatum</i>	17	2	0	0	19
<i>C. annuum</i>	2	1	3	8	14
<i>C. pubescens</i>	0	1	0	0	1

Unabhängig von der Analysemethode wurden den Prüfern immer zwei Behälter pro Probe dargereicht. Für die olfaktorische Beurteilung wurden zwischen 0,29 g und 0,30 g *Capsicum*-Pulver in einen schwarzen 6 cl Behälter oder einen 75 ml Dressingbehälter eingewogen. Für

die gustatorische Prüfung wurden zwischen 0,09 g und 0,10 g Pulver in 30 ml weiße Dressingbehälter eingewogen. Unterschiedliche Probenmengen hätten stärkere oder schwächere sensorische Intensitätsunterschiede zwischen den Proben verursacht. Durch die oben genannten festgelegten Probenmengen konnte gewährleistet werden, dass die Probenunterschiede lediglich auf die Eigenschaften der Proben zurückzuführen waren.

Methoden- und Probenauswahl

Im Rahmen des Panelaufbaus wurde mit den peruanischen Marktproben gearbeitet, damit die Prüfpersonen sich schon früh mit den typischen Merkmalseigenschaften der südamerikanischen Proben auseinandersetzen konnten. Wie in Tabelle 6 angegeben, gehören diese Proben zum Set 1. Da etwa 50 g jeder Sorte zur Verfügung standen, wurden sie in Pilotmessungen eingesetzt, um nach der Konventionellen Profilierungsmethode (QDA) Produktprofile zu erstellen.

Mit den Proben aus Set 2 (siehe Tabelle 6) wurde anschließend die Eignung des „Flash Profiling“ geprüft. Danach wurde mit den Handelsproben („Schuhbeck“-Proben) die Methode „Freies Auswahlprofil“ getestet (Set 3 und 4). Nachdem festgestellt wurde, dass die Methode Free Choice Profiling sich gut zur sensorischen Untersuchung von *Capsicum*-Pulvern eignet, wurde diese Methode zur Charakterisierung von Projektproben eingesetzt.

Es musste jedoch eine Selektion aus den mehr als 300 zur Verfügung stehenden Projektproben erfolgen. In Voruntersuchungen im Rahmen der Basisschulung wurde eine Toleranzgrenze für die Panelisten von 50 mg/100 g Capsaicinoide ermittelt. Bei dieser Konzentration an Capsaicinoiden war die Schärfe noch zumutbar, sodass eine objektive Beschreibung der Proben erfolgen konnte. Eine Übersicht über den Gesamt-Capsaicinoidgehalt¹⁰ der sensorisch untersuchten Projektproben (P), Marktproben (M) und Handelsproben (S oder V) liefert die Tabelle im Anhang B-1.

Weiterhin musste ausreichendes Probenmaterial für die Prüfung zu Verfügung stehen. Jeder Prüfer hatte in zwei Sitzungen den Geruch und den Geschmack jeder Probe zu prüfen. Die Probenmenge von ca. 0,3 g für die olfaktorische Prüfung und von ca. 0,1 g für die gustatorische Prüfung musste demnach mit der Anzahl von Wiederholung ($\times 2$) und der Anzahl der Prüfer aus dem Deskriptiven Panel ($\times 14$) multipliziert werden. Dies entsprach einer Mindestmenge an Probenmaterial von ca. 11,2 g pro Probe. Da mit Verlusten bei der Einwaage und Rückständen in der Verpackung zu rechnen war, waren für Untersuchungen mit der Schnellmethode Free Choice Profiling mindestens 12 g Probenmaterial erforderlich.

Demzufolge mussten für die Probenauswahl zwei Kriterien beachtet werden: eine Schärfe von 50 mg Capsaicinoide/100 g Trockengewicht (TG) durfte nicht überschritten werden und es mussten mindestens 12 g Probenmaterial zur Verfügung stehen.

Die Projektproben, die beide oben genannte Kriterien erfüllten, wurden vor der Prüfung auf sehr grobe diskriminierende Eigenschaften im Geschmack oder Geruch von der Panelleiterin untersucht, um unter Umständen eine andere Probenauswahl zu treffen.

¹⁰ Der Gehalt an Gesamtcapsaicinoiden [mg/100 g TG] aller in dieser Arbeit untersuchten Projektproben und Marktproben wurde von Sven Meckelmann mittels einer HPLC-Methode und Fluoreszenzdetektion ermittelt [22].

Nach der Probenauswahl wurden die Projektproben zufällig oder je nach Ankunft in Deutschland den Sets 5, 6, 7, 8 und 9 zugeteilt. Eine Übersicht über die Zusammensetzung der untersuchten Sets und der verwendeten Methoden pro Set liefert Tabelle 6.

Tabelle 6: Probenmaterial der verschiedenen Sets

Set-Nr.	Prüferanzahl	Herkunftsland (Probenanzahl)	Art der Probe/ Nr.	Merkmal	Methode
Set 1	17	Peru (3)	Marktprobe/M1-M3	olfaktorisch, gustatorisch	Konventionelle Profilprüfung
Set 2	10	Peru (3) Import (1)	Marktprobe/M1, M2, M4 Handelsprobe/V1	olfaktorisch	Flash Profiling
Set 3	12	Import (4)	Handelsprobe/S1-S4	gustatorisch	Free Choice Profiling
Set 4	11	Import (4)	Handelsprobe/S5-S8	olfaktorisch	Free Choice Profiling
Set 5	13	Bolivien (7)	Projektprobe/P1-P7	olfaktorisch, gustatorisch	Free Choice Profiling
Set 6	11	Bolivien (7)	Projektprobe/P8-P14	olfaktorisch, gustatorisch	Free Choice Profiling
Set 7	13	Peru (3) Bolivien (2)	Projektprobe/P15-P17 Projektprobe/P18-P19	olfaktorisch, gustatorisch	Free Choice Profiling
Set 8	12	Bolivien (1) Peru (2) Mexiko (3)	Projektprobe/P20 Projektprobe/P21-P22 Projektprobe/P23-P25	olfaktorisch, gustatorisch	Free Choice Profiling
Set 9	12	Bolivien (3) Peru (3)	Projektprobe/P26-P28 Projektprobe/P29-P31	olfaktorisch, gustatorisch	Free Choice Profiling,
Set 9a	9	Bolivien (2) Peru (2)	Projektprobe/P26, P28 Projektprobe/P30-P31	olfaktorisch, gustatorisch	Konventionelle Profilprüfung

3.2.3 Durchführung des Panelaufbaus

Vor der Charakterisierung der Chili- und Paprika-Projektproben musste ein Panel etabliert werden. Der Panelaufbau bestand aus 3 Etappen: (a) Rekrutierung, (b) Basisschulung und (c) Training zum Deskriptiven Panel.

Die für die verschiedenen Prüfungen verwendeten Prüfmuster bzw. Lösungen und Referenzaromen sind zur Übersichtlichkeit teilweise mit Nummern codiert. Die Namen, Konzentrationen und Deskriptoren sind im Anhang A-3 aufgelistet.

a. Rekrutierung

Es wurden 24 Interessenten im Alter von 22 bis 69 Jahren rekrutiert, die den allgemeinen und physiologischen Kriterien nach DIN 10961:1996-08 [80] genügten. Alle waren ungeschulte Prüfpersonen, die über geringe oder keine Vorkenntnisse verfügten. Die Gruppe bestand aus Mitarbeitern der Universität Wuppertal (aus den Arbeitskreisen: Lebensmittelchemie, Management Chemischer Prozesse und Analytische Chemie), Studenten des Faches Lebensmittelchemie und einem externen Teilnehmer. 14 Prüfpersonen waren männlich und 10 weiblich. Bei der Rekrutierung mussten die Interessenten einen Fragebogen ausfüllen und an einem Eignungstest teilnehmen. Der Eignungstest bestand aus 3 Prüfungen:

- Erkennung der Grundgeschmacksarten „süß, sauer, bitter und salzig, neutral bzw. Wasser“ nach DIN 10961:1996-08.
 - Erkennung von standardisierten Aromen nach DIN 10961:1996-08: Vanille (Nr. 15), Orange/fruchtig-saftig (Nr. 28), Eukalyptus (Nr. 61), Gewürznelke (Nr. 62), Menthol/Pfefferminz (Nr. 65), Zimt (Nr. 67), Bittermandel/Marzipan (Nr. 70).
 - Einfach beschreibende Prüfung (Käse-Kartoffelchips) nach DIN 10964:1996-02.
- 23 Teilnehmer bestanden den Eignungstest und fuhren mit der nächsten Etappe fort.

b. Basisschulung

An der Basisschulung nahmen 23 Prüfpersonen (13 männlich und 10 weiblich) im Alter von 22 bis 69 Jahren teil. Diese viermonatige Schulung beschränkte sich auf die Geruchs- und Geschmacksmerkmale von Paprika- und Chiliprobe. Im Laufe von 13 Sitzungen lernten die Prüfpersonen eine Reihe von Prüftechniken kennen und erprobten ihre sensorischen Sinne mit den in Anhang A-3 aufgelisteten wässrigen Lösungen, standardisierten und nicht standardisierten Aromastoffen, Pflanzen und Lebensmitteln. Folgende diskriminierende und beschreibende Prüfungen wurden während der Basisschulung durchgeführt:

- Erkennung der Grundgeschmacksarten „süß, sauer, bitter, salzig, neutral bzw. Wasser, umami“ nach DIN 10961:1996-08.
- Erkennung von standardisierten Aromen nach DIN 10961:1996-08: Champignon (Nr. 5), grün-grasig (Nr. 9), grüne Paprika (Nr. 12), Vanille (Nr. 15), blumig (Nr. 22), Veilchen (Nr. 23), Orange/fruchtig-saftig (Nr. 28), Eisbonbon/Banane (Nr. 29), Butter (Nr. 34), käsig/schweißig (Nr. 37), Anis/Lakritz (Nr. 60), Eukalyptus (Nr. 61), Gewürznelke (Nr.

- 62), Kokos (Nr. 63), Mandarine (Nr. 64), Menthol/Pfefferminz (Nr. 65), Rose (Nr. 66), Zimt (Nr. 67), Bittermandel/Marzipan (Nr. 70).
- Erkennung von nicht standardisierten Aromen bzw. Gewürzen: Cayennepfeffer, Curry, Ingwer, Knoblauch, Kümmel, Kurkuma, Muskatnuss, Rocotopulver, Rosenpaprika, Rosmarin, schwarzer und weißer Pfeffer, Zimt und Zwiebel.
 - Schwellenwertprüfungen mit wässrigen Lösungen (süß, sauer, bitter, salzig, umami) nach E DIN 10959:2005-07.
 - Einfach beschreibende Prüfungen von Lebensmitteln (z. B. Menthol-Gummibärchen, Paprika-Cracker, Chili-Schokolade, Paprika- und Chilipulver) nach DIN 10964:1996-02.
 - Dreieckstests mit wässrigen Lösungen, Aromen (Aromastoffe, Gewürze) und Lebensmitteln (z. B. Erfrischungsgetränke, Frischkäse, Tomatensaft, Schokomilch) nach DIN EN ISO 4120:2007-10.
 - Paarweise Vergleichsprüfungen mit wässrigen Lösungen und Aromen nach DIN EN ISO 5495:2007-10.
 - Duo-Trio-Tests mit Gewürzen und Lebensmitteln (z. B. Schokolade, Paprika-Kartoffelchips) nach DIN EN ISO 10399:2010-06.
 - Rangordnungsprüfungen mit wässrigen Lösungen und standardisierten Aromastoffen nach DIN ISO 8587:2010-08.
 - Konventionelle Profilprüfung von Gewürzen (Rosenpaprika, Paprika edelsüß, Cayennepfeffer) nach DIN 10967-1:1999-10.

In diesem Zeitraum wurde auch nach einer geeigneten Lebensmittelmatrix für die Profilierung von Chili- und Paprikapulvern gesucht. Dabei sollte die Matrix folgende Bedingungen erfüllen: die homogene Verteilung des Pulvers erlauben, die unabhängige sensorische Beschreibung begünstigen und vor allem die Schärfe lindern. Zu diesem Zweck wurden fetthaltige und zum Teil auch caseinhaltige Lebensmittel wie Frischkäse, fettreduzierter Frischkäse, Speisequark, Kartoffelpüree und eine selbst gemachte Soße zur Verfügung gestellt. Die Prüfer verglichen den Geschmack eines Chilipulvers mit und ohne Lebensmittelmatrix. Einerseits konnten alle Käse-Produkte die Schärfe abschwächen und eine gute retronasale Wahrnehmung würziger Noten erlauben. Andererseits wiesen die Frischkäsesorten und vor allem Speisequark einen starken sauren Eigengeschmack auf, der den in Chilis potentiell vorhandenen sauren Geschmack überdeckte und die Erkennung weiterer Geschmacksarten wie süß und bitter verhinderte. Kartoffelpüree und die aus Öl, Wasser und Mehl bestehende Soße hatten zwar einen neutraleren Geschmack als die Käse-Produkte, linderten aber nicht die Schärfe. Die Verkostung des reinen Chilipulvers bot eine vergleichsweise größere Vielfalt an retronasalen Aromen und ermöglichte eine klare Identifikation aller Geschmacksarten. Da die Prüfung von Korrelationen zwischen den Geschmacksarten und den Inhaltsstoffen im Vordergrund dieser Arbeit stand, wurden schließlich die reinen Chilipulver ohne Zusatz von Lebensmittelmatrix verkostet. Dabei musste aber die Schärfe der Proben im Kauf genommen werden.

Die Basisschulung wurde mit einer Prüferselektion abgeschlossen. Nur 17 Prüfpersonen, die ausreichende sensorische Fähigkeiten nach DIN 10961:1996-08 [80] nachweisen konnten, wurden ausgewählt.

c. Training zum Deskriptiven Panel

10 männliche und 7 weibliche Prüfpersonen führen mit dem Training zum Deskriptiven Panel fort. Die insgesamt 17 Prüfer waren zwischen 22 und 62 Jahren alt. Die verschiedenen Phasen dieses Trainings sind in Kapitel 1.5.3 erklärt. Das 4-monatige Training zum Deskriptiven Panel umfasste die Begriffsfindung, die Begriffsreduktion, das Training von Intensitätsmessungen und die Pilotmessung.

Es wurde anfangs mit sechs in Peru handelsüblichen Chilisorten gearbeitet: Ají Mirasol (M1), Ají Panca (M2), Ají Amarillo (M3), Ají Rocoto (M4), Ají Limo (M5) und Ají Charapita (M6) (vgl. Anhang B-1). Es stellte sich jedoch schnell heraus, dass die Proben M4, M5 und M6 eine für die Prüfer nicht tolerierbare Schärfe aufwiesen. Dementsprechend wurden Training und Pilotmessungen für eine gustatorische und olfaktorische Charakterisierung nur mit den Proben M1 bis M3 fortgesetzt. Die sogenannten „Marktproben“ M1, M2 und M3 gehören zum Set 1 (vgl. Tabelle 6).

Die olfaktorischen und gustatorischen Begriffssammlungen und -reduktionen wurden als Gruppendiskussionen durchgeführt. Weiterhin wurde eine Vielzahl von Lösungen, Aromastoffen und Lebensmitteln den Prüfern für die Reduzierung der Begriffslisten oder als potentielle Referenzproben angeboten (Anhang A-3 a), b), c) Nr. 1-18, 20-25, 28-46, 48-49, 60-70). Mit den ausgewählten Referenzen erfolgte ein Skalentraining, um Intensitätsunterschiede zwischen den Proben besser einschätzen zu können. Dafür fanden Paarweise Vergleichsprüfungen nach DIN EN ISO 5495:2007-10 und Rangordnungsprüfungen nach DIN ISO 8587:2010-08 statt. Danach wurde eine endgültige Liste mit charakterisierenden und definierten Begriffen erstellt (siehe Tabelle 7).

In der Pilotmessung wurden die Proben M1, M2, M3 auf Geruch und Geschmack geprüft, wobei zwischen orthonasalem Geruch (OG), retronasalem Geruch (RG), Geschmacksarten (GS) und trigeminaler Wahrnehmung (TW) zu unterscheiden war.

17 Prüfer führten in drei Messwiederholungen im Abstand von jeweils einer Woche eine Konventionelle Profilierung nach DIN 10967-1:1999-10 durch. Die Prüfer hatten die Aufgabe, alle auf der Begriffsliste bzw. Tabelle 7 vorliegenden Attribute anhand der vorgegebenen Intensitätsskala zu beurteilen. Die verwendete Skala war eine 5-Punkte Ordinalskala mit folgenden Intensitäten: 0 = nicht erkennbar, 1 = schwach erkennbar, 2 = deutlich erkennbar, 3 = stark erkennbar, 4 = sehr stark erkennbar. Weiterhin standen Aromastoffe als Referenzproben mit einer zugewiesenen Intensität zur Verfügung. Somit musste jedes Mal die Ausprägung eines bestimmten Deskriptors mit der Referenz verglichen werden. Aufgrund der Schärfe wurde stets der Geruch (orthonasaler Geruch) als erstes und der Geschmack (also der retronasale Geruch, die Geschmacksarten und die trigeminale Wahrnehmung) als zweites geprüft, wobei die gesamte Probenmenge des Verkostungsbehälters (ca. 0,1 g) aufgegessen werden musste. Nach der Beurteilung des Geruchs und Geschmacks jeder Probe folgte eine Neutralisation nach Kapitel 3.2.1.3. Das Rückprüfen einer vorherigen Probe wurde nicht erlaubt.

Nach 15 Sitzungen folgte eine erneute Prüferauswahl. Die Prüferleistung ließ sich mit der Software „PanelCheck“-Version V1.4.0 von September 2010 (Nofirma, Tromsø-Norwegen) feststellen. Dabei wurde nach den in Kapitel 1.5.6 erwähnten Kriterien wie Diskriminierungsperformance der Panelisten und Wiederholbarkeit der Bewertungen vorgegangen.

14 Prüfer (22-62 Jahre, 9 männlich und 5 weiblich) bildeten schließlich das Deskriptive Panel, die die Projektproben mit den Methoden Flash Profiling (siehe 3.2.4) und Free Choice Profiling (siehe Kapitel 3.2.5) untersuchten.

Tabelle 7: Übersicht der verwendeten Attribute, Definitionen und Referenzen für das Set 1

Merk.	Attribut	Definition	Referenz/ Intensität auf Skala
OG	muffig-erdig	trockener Kellergeruch mit erdiger Note	3-Methoxy-2-isopropylpyrazin (0,125 Vol %), Intensität 3
	butterig	nach Butter, fettig	Diacetyl (0,25 Vol %), Intensität 2
OG und RG	fruchtig	nach Obst, keine definierte Frucht	keine
	karamellig	karamellig und süß	Furaneol (1 Vol %), Intensität 2
	heuig-strohig	nach getrocknetem Gras und Stroh	Bergwiesenheu, Intensität 3
	brühig	würzig, nach Maggi	Liebstockblätteröl (0,25 Vol %), Intensität 1
	rauchig	rauchig, aber nicht medizinisch	Guajakol (0,1 Vol %), Intensität 3
	muffig	unangenehmer, trockener, dumpfer Geruch. Erinnert an Kellergeruch	2,3,5-Trimethylpyrazin (0,01 Vol %), Intensität 1
GS	süß	keine	Raffinadezucker-Lösung (5,0 g/L), Intensität 1
	bitter	keine	Coffein-Lösung (0,2 g/L), Intensität 1
TW	scharf	Irritation im Mundbereich	Gewürz „Paprika scharf“ (29 mg/100 TG Capsaicinoide), Intensität 2
	brennend	lang anhaltende Irritation im Mund- und Rachenbereich, kratzig	keine

Merk. = Merkmal, OG = orthonasaler Geruch, RG = retronasaler Geruch, GS = Geschmacksarten, TW = trigeminale Wahrnehmung

3.2.4 Flash Profiling

Die Methode Flash Profiling wurde mit dem Set 2 aus Tabelle 6 getestet. Dazu gehörten drei im Vorfeld untersuchte Marktproben aus Peru (M1, M3, M4) und eine Handelsprobe der Firma „Van Hees GmbH“ (V1). Anders als bei Dairou und Sieffermann [94] wurde auf eine freie Auswahl der Begriffe verzichtet, um sich auf die vier diskriminierenden Begriffe des Sets 3 zu konzentrieren. Das Ziel war die Anwendung des Flash Profilings auf Chilipulver im Rahmen eines Vortests zu prüfen. Dieser Vortest erfolgte mit den wichtigsten Attributen „karamellig, brühig-würzig, heuig-strohig und fruchtig“, die im Rahmen des Trainings zum Deskriptiven Panel generiert wurden. Der Test beschränkte sich auf eine olfaktorische Prüfung.

Den Prüfern wurden vier Proben und drei Referenzproben vorgelegt. Im Vergleich zum Konventionellen Profil (Kapitel 3.2.3 c) wurden für diese Methode *Capsicum*-Pulver verwendet, um eine bessere Vergleichbarkeit zwischen Probe und Referenz zu erreichen. Es handelte sich um die in Tabelle 8 aufgeführten Referenzmaterialien A, B und D für die Begriffe „karamellig, brühig-würzig und heuig-strohig“. Es stand jedoch keine Begriffsliste mit Definitionen zur Verfügung. Die bereits bekannten Referenzen sollten nur als Orientierung dienen.

Im Gegensatz zu einer Konventionellen Profilprüfung erfolgte die Beurteilung der Geruchsintensität nicht probenweise, sondern nach Attribut. Die Panelisten hatten die Aufgabe, für jedes Attribut die Geruchsintensität aller Proben des Sets 2 zu prüfen und die wahrgenommene Intensität auf der 10 cm Linienskala zu markieren. Die Linienskala sollte als Hilfsmittel dienen, um die ersten Eindrücke der Probe bezüglich des vorgegebenen Deskriptors auf Papier festzuhalten. Dann erfolgte die eigentliche Aufgabe des Flash Profilings, nämlich die Erstellung eines Rankings durch einen Inter-Produktvergleich. Anhand der Geruchsunterschiede sollte für jede Probe ein Rangplatz von 1 bis 4 pro Deskriptor vergeben werden, wobei 1 die niedrigste und 4 die höchste Intensität bedeutete. Eine Mehrfachbelegung eines Rangplatzes war auch möglich.

Zusammenfassend wurde von jedem Prüfer ein Ranking oder eine Rangreihenfolge für jedes Attribut erstellt, das mit der Verallgemeinerten Prokrustes Analyse (GPA) unter Verwendung der Software XLSTAT ausgewertet wurde.

3.2.5 Freies Auswahlprofil (FCP)

Die Durchführung des Freien Auswahlprofils erfolgte in Anlehnung an DIN 10967-3 („Sensorische Prüfverfahren – Profilprüfung – Teil 3: Freies Auswahlprofil“ [89]) mit einigen Abweichungen, die im Folgenden erläutert werden.

Ein Deskriptives Panel bestehend aus geschulten und ausgewählten Prüfern analysierte mit der Free Choice Profiling-Methode die Sets 3 bis 9 aus Tabelle 6. Die Prüfung jedes Sets erfolgte in jeweils zwei Sitzungen, die in zwei aufeinander folgenden Wochen stattfanden. In der ersten Sitzung mussten die Prüfer als erstes eine eigene beschreibende Begriffsliste erstellen, dann die jeweiligen Ausprägungen zu den Begriffen anhand einer Skala ermitteln

und schließlich die gewählten Attribute definieren. In der zweiten Sitzung wurde den Panelisten die bereits erstellten individuellen Listen mit den definierten Begriffen ausgehändigt. Es erfolgte eine Messwiederholung.

Die Anzahl der Prüfer und der Proben pro Set sind in Tabelle 6 angegeben. Da die Prüfer mit Begriffssammlungen vertraut waren, wurden abweichend von DIN 10967-3 die Generierung von Deskriptoren und die erste Messung der Proben in einer Sitzung durchgeführt. Der zeitliche Aufwand pro Probenstet betrug 2 Wochen.

Begriffssammlung und -auswahl

Bei der Begriffssammlung galten abweichend von der DIN-Norm einige Einschränkungen. Die Prüfer konnten für die Erstellung der individuellen Begriffsliste sowohl Begriffe aus einer festen Begriffsliste (siehe Tabelle 8) wählen, als auch neue Attribute frei erfinden. Die feste Begriffsliste bestand aus Attributen, die für *Capsicum*-Pulver charakteristisch sind und auf früheren sensorischen Untersuchungen basierten (vgl. Tabelle 7). Vor ihrer Anwendung wurden manche Definitionen der Liste korrigiert, erweitert und mit Referenzproben ergänzt. Zu den Referenzen gehörten neben einer Pflanze (D) und einem Aromastoff (F), drei Chilipulver (A, B, C), die nach Meinung des Panels fast ausschließlich durch das jeweilige Attribut charakterisiert werden konnten. Die feste Begriffsliste (Tabelle 8) stand bei jeder Sitzung zur Verfügung und die Prüfer hatten die Aufgabe, sie zu Beginn der Prüfung zu lesen und die Referenzen zu prüfen. Die Verwendung von Begriffen aus dieser Liste waren von den Prüfern mit dem Präfix „L-“, zu kennzeichnen.

Zudem mussten sich die Panelisten auf insgesamt vier objektive und diskriminierende Attribute pro Merkmal beschränken. Die untersuchten Merkmale waren orthonasaler Geruch (OG), Geschmacksarten (GS), retronasaler Geruch (RG) und trigeminale Wahrnehmung (TW). Bei den fünf Geschmacksarten war eine Ergänzung nicht möglich. Die in Tabelle 8 aufgeführten Referenzsubstanzen der Geschmacksarten wurden den Prüfern nicht zur Verkostung gegeben, dienten aber zur Orientierung. Eine Definition der einzelnen Geschmacksarten war aufgrund der im Vorfeld durchgeführten Schulung und des Trainings im Rahmen des Panelaufbaus (vgl. Kapitel 3.2.3) nicht notwendig.

Am Ende der ersten Sitzung war eine endgültige Begriffsliste pro Teilnehmer erstellt, an der keine weiteren Änderungen (z. B. Hinzufügen weiterer Begriffe) vorgenommen werden durften. Die Begriffsliste war nur für das jeweilige Probenstet gültig und wurde auch in der zweiten Sitzung verwendet.

Intensitätsermittlung und Begriffsdefinition

Die Intensität aller Deskriptoren der individuellen Begriffslisten wurde anhand einer 8-Punkte Ordinalskala beurteilt. Die Skala ging von 0 für „nicht wahrnehmbar“, über 1 für „sehr schwach“, 2 für „schwach“, 3 für „schwach bis mittel“, 4 für „mittel“, 5 für „mittel bis stark“, 6 für „stark“ bis zur Intensität 7 für „sehr stark“.

Abweichend von DIN 10967-3 wurden Begriffsdefinitionen von den Panelisten verlangt. Einerseits sollten sich die Prüfer während der Wiederholmessung in der zweiten Sitzung mit Hilfe der Definitionen an die Bedeutung der frei gewählten Deskriptoren erinnern. Andererseits wurde durch die vorliegenden Definitionen die Interpretation der Ergebnisse erleichtert. Dabei

sollten die Prüfer jedes Attribut so beschreiben, wie sie es verstanden hatten. Zur Erläuterung konnten die Prüfer Beispiele, Assoziationen, Intensitätsangaben und ggf. hedonische Begriffe erwähnen, mit denen sie die Attribute verbanden. Die Begriffsdefinition erfolgte erst nach der Intensitätsermittlung, da manche olfaktorischen Eindrücke wenig intensiv und/oder nur von kurzer Dauer waren.

Tabelle 8: Optionale Begriffsliste der Sets 3 bis 9 zur Durchführung der FCP-Methode

Merk.	Attribut	Definition	Referenz
RG und/oder OG	L-karamellig	Ein süß-malziger und leicht röstiger Geruch wie karamellierter Zucker. Man assoziiert ihn mit Karamellbonbons u/o Zuckerwatte u/o Schokolade u/o Kakao.	A: Ají Charapita (Marktprobe M6)
	L-brühig-würzig	Ein Geruch nach Gewürzen wie Gemüse- oder Fleischbrühe oder Maggi-Brühe. Man assoziiert ihn mit Geschmacksverstärker u/o Liebstöckel.	B: Cayennepfeffer
	L-muffig	Ein unangenehmer Kellergeruch (trocken oder feucht). Es kann auch alt und leicht erdig riechen. Man assoziiert den Geruch mit Schimmel u/o Pilzen.	C: Ají Panca (Marktprobe M2)
	L-heuig-strohig	Ein Geruch nach trockenem Gras. Weitere olfaktorische Eindrücke sind grün, strohig u/o holzig. Man assoziiert den Geruch mit Wiese u/o Scheune.	D: Bergwiesenheu
	L-fruchtig	Ein angenehm frischer Geruch wie rote Gemüsepaprika. Es kann auch leicht säuerlich riechen.	Keine
	L-blumig	Ein angenehm frischer Geruch nach Blumen (unspezifisch) wie Linalool. Man assoziiert den Geruch mit Darjeelingtee u/o Frühling.	F: Linalool (0,1 Vol %)
GS	süß	Keine	Raffinadezucker
	bitter	Keine	Coffein
	sauer	Keine	Citronensäure-Monohydrat
	salzig	Keine	Speisesalz
	umami	Keine	Glutaminsäure Mononatriumsalz Hydrat
TW	scharf	Keine	Keine
	brennend	Keine	Keine

Merk. = Merkmal, L- = Kennzeichnung für Begriffe aus dieser fest definierten Liste, OG = orthonasaler Geruch, GS = Geschmacksarten, RG = retronasaler Geruch, TW = trigeminale Wahrnehmung, Buchstaben A bis F = Codierung der Referenzen.

3.2.6 Konventionelle Profilprüfung

Eine Konventionelle Prüfung wurde zum Methodenvergleich eingesetzt. Dabei sollten die mit Free Choice Profiling (FCP) untersuchten Proben aus Set 9 (siehe Tabelle 6) verwendet werden. Da eine Mindestmenge von 30 g für diese zeitaufwendige Methode erforderlich war, konnten nur vier Proben aus dem Set 9 zum Einsatz kommen. Das mit der Konventionellen Profilprüfung analysierte Probenset wurde als Set 9a bezeichnet und bestand aus zwei bolivianischen (P26, P28) und zwei peruanischen Proben (P30, P31).

An der gustatorischen und olfaktorischen Profilprüfung der Projektproben konnten nur 9 Prüfer teilnehmen (22-62 Jahre, 7 männlich und 2 weiblich). Sie bildeten das QDA-Panel. Die ursprünglichen 14 Teilnehmer aus dem Deskriptiven Panel verfügten leider nicht alle über die erforderliche Zeit für die letzten sensorischen Untersuchungen dieses Projektes.

Der Ablauf dieser Methode entsprach der DIN 10967-1 „Sensorische Prüfverfahren – Profilprüfung – Teil 1: Konventionelles Profil“ [88]. Die Generierung von Attributen erfolgte jedoch nicht nach DIN 10964:02-1996 „Sensorische Prüfverfahren – Einfach beschreibende Prüfung“ sondern nach dem freien Auswahlprofil DIN 10967-3, wobei die Begriffe nach orthonasalem Geruch (OG), Geschmacksarten (GS), retronasalem Geruch (RG) und trigeminaler Wahrnehmung (TW) zu sortieren waren.

Die mit der GPA ausgewerteten individuellen Begriffslisten erlaubten schnell eine Reduzierung der Deskriptoren und eine Fokussierung auf die diskriminierenden Attribute. Innerhalb von sechs Sitzungen wurde in Gruppendiskussionen eine gemeinsame Begriffsliste für das Probenset 9a erstellt. In Tabelle 9 sind die verwendeten Attribute mit ihren Definitionen, Referenzen und festgelegten Intensitäten aufgelistet.

Das Probenset 9a wurde einer Doppelbestimmung unterzogen. In jeder Sitzung wurden die zu untersuchenden Projektproben und die Referenzen aus Tabelle 9 den Prüfern dargereicht. Zu Beginn der Prüfung war die Begriffsliste sorgfältig zu lesen und alle angebotenen Referenzen waren zu prüfen. Die Referenzen A bis F sollten gerochen werden, während G bis I verkostet und verzehrt (ca. 0,05 g) werden sollten. Danach erfolgte die Intensitätsermittlung bezüglich der in Tabelle 9 aufgeführten Attribute für jede Probe. Dabei musste jedes Mal die Intensität des Begriffs mit der Referenz verglichen werden. Wie bei der Free Choice Profiling Methode wurde eine Ordinalskala von 0 bis 7 verwendet. Die einzelnen Intensitätspunkte der Skala sind in Kapitel 3.2.5 erläutert.

Der zeitliche Aufwand für die Konventionelle Profilprüfung betrug 2 Monaten. Dabei ist zu beachten, dass aufgrund der limitierten Probenmenge auf ein Skalentraining mit den erfahrenen Prüfern verzichtet wurde.

Tabelle 9: Begriffsliste des Sets 9a zur Durchführung des Konventionellen Profils

Merk.	Attribut	Definition
		Referenz
OG	essig-sauer	Säuerlicher Eindruck, nach Essig, leicht stechend F: verdünnte Tafelessig-Lösung (0,15 Vol %), Intensität 7
OG und RG	karamellig	Ein angenehm süß-malziger Geruch wie karamellierter Zucker. Assoziationen: herbe Schokolade, Karamellbonbon u/o Zuckerwatte. A: Ají Charapita (Marktprobe 6), Intensität 7
	brühig-würzig	Ein Geruch nach Gewürzen wie Gemüse- oder Fleisch- oder Maggi-Brühe. Assoziationen: Geschmacksverstärker u/o Liebstöckel. B: Cayennepfeffer (Nr. 59), Intensität 7
	muffig	Ein unangenehmer Kellergeruch (trocken oder feucht). Es kann auch alt und leicht erdig riechen. Assoziationen: Schimmel u/o Pilze. C: Ají Panca (Marktprobe M2), Intensität 7
	heuig-strohig	Ein Geruch nach trockenem Gras. Weitere Eindrücke sind grün, strohig u/o holzig. Assoziationen: Heu u/o Scheune, grüner Tee. D: Bergwiesenheu, Intensität 7
	fruchtig	Ein angenehm frischer Geruch wie rote Gemüsepaprika. E: gefriergetrocknete und gemahlene rote Pepperoni
GS	süß	Keine Definition G: Chilipulver (Projektprobe P22), Intensität 7 (Gesamtzuckergehalt 42,7 g/100g)
	bitter	Keine Definition H: Chilipulver (Projektprobe P15), Intensität 7 (Gesamtzuckergehalt 3,3 g/100g)
	sauer	Keine Definition. Assoziation: Citronensäurelösung Keine Referenz
TW	scharf	Man spürt rasch einen Schmerz auf der Zunge oder im Mund. I: Chilipulver (Projektprobe P15), Intensität 3 (Gehalt an Capsaicinoiden: 14,1 mg/100g)
	brennend	Ein unangenehmes verbranntes und kratziges Gefühl im Mund u/o Rachen. Keine Referenz

Merk. = Merkmal, *OG* = orthonasaler Geruch, *GS* = Geschmacksarten, *RG* = retronasaler Geruch, *TW* = trigeminale Wahrnehmung, Buchstaben A bis I = Codierung der Referenzen

Weitere Details zu den Referenzen sind im Anhang A-3 und B-1 aufgeführt.

3.2.7 Verbrauchertests

Zusätzlich zu den objektiven Profilierungsmethoden wurden im Rahmen dieser Arbeit zwei hedonische Tests nach DIN 10974 „Sensorische Analyse – Verbrauchertests“ [77] durchgeführt (siehe Tabelle 10).

Tabelle 10: Übersicht der sensorisch untersuchten Proben im Rahmen von Verbrauchertests

Set-Nr.	Teilnehmer	Herkunftsland (n°)	Art der Probe/ Nr.	Untersuchtes Merkmal	Methode
Set 4	179	Import (4)	Handelsprobe/S5-S8	olfaktorisch	Akzeptanztest
Set 9a	242	Bolivien (2) Peru (2)	Projektprobe/P26, P28 Projektprobe/P30-P31	gustatorisch	Akzeptanztest

n° = Probenanzahl

Die Proben aus den Sets 4 und 9a wurden zur Durchführung von jeweils einem Akzeptanztest eingesetzt. In beiden Fällen wurden die Verbraucher nach dem Zufallsprinzip ausgewählt und bildeten somit die Verbraucherstichprobe. Das einzige Ausschlusskriterium war eine vorhandene Sensorik-Schulung.

Die Größe der Verbraucherstichprobe wurde so gewählt, dass mindestens 60 Prüfpersonen einer Untergruppe zugewiesen werden konnten. Dementsprechend wiesen die Ergebnisse eine hohe Genauigkeit auf und quantitative Aussagen konnten abgeleitet werden. Die zu untersuchenden Gruppen waren Geschlecht mit zwei Untergruppen (Männer und Frauen) und Alter mit zwei bis drei Untergruppen. Tabelle 10 zeigt die Anzahl der Teilnehmer¹¹ pro Verbrauchertest.

Die Codierung und Neutralisation der Proben erfolgten gemäß Kapitel 3.2.1.3 und 3.2.1.4. Allerdings konnte die Farbe der Proben wegen der fehlenden Ausstattung an den verschiedenen Prüforten nicht maskiert werden. Die Reihenfolge der dargereichten Proben wurde durch einen mit XLSTAT erstellten Probenvorlageplan vorgegeben, der sowohl den Übertragungs- als auch den Positionseffekt berücksichtigte (vgl. Kapitel 3.2.1.5). Für die Bewertung der Akzeptanz beider Probensets wurde eine diskontinuierliche semantische Antwortskala verwendet. Diese hedonische Skala wies von links nach rechts folgende neun Punkte auf: *gefällt überhaupt nicht (1), gefällt gar nicht (2), gefällt nicht (3), gefällt wenig (4), weder noch (5), gefällt etwas (6), gefällt gut (7), gefällt sehr gut (8) und gefällt extrem gut (9)*.

Der olfaktorische Akzeptanztest von Set 4 fand im Juni 2012 vor der Mensa und Cafeteria der Bergischen Universität Wuppertal statt. Zu diesem Probenset gehörten Chilipulver der Marke „Schuhbecks Gewürze“ mit folgender Codierung: S5 (Chili gemahlen-Cayennepfeffer), S6 (Chili Chipotle), S7 (Chili Guajillo), S8 (Chili Habanero). Ca. 0,4 g jeder Sorte wurden in

¹¹ Die große Anzahl an erhobenen Tests wurde dank der Unterstützung der Lebensmittelchemie-Studenten im Rahmen eines Sensorik-Praktikums im Sommersemester 2012 und 2013 erreicht.

schwarze 6 cl Behälter eingewogen, mit transparenten Deckeln zugedeckt und den Prüfpersonen in unterschiedlicher Reihenfolge vorgelegt.

Um die Mittagszeit wurden den freiwilligen Teilnehmern vier Proben nacheinander (semi-monadisch) dargereicht, damit sie den Geruch des Chilipulvers anhand ihres spontanen ersten Eindrucks und ihrer Vorliebe beurteilen konnten. Die Prüffrage lautete: „*Wie gefällt Ihnen der Geruch dieses Chilipulvers?*“ Anhand der oben genannten Skala äußerten die Verbraucher ihre Meinung. Weitere Fragen aus diesem Test können dem Fragebogen in Anhang A-6 entnommen werden.

Zwischen Februar und Mai 2013 wurde ein weiterer Verbrauchertest mit 4 Projektproben aus Peru und Bolivien (Set 9a) durchgeführt. Da die Proben P26, P28, P30 und P31 eine ertragbare Schärfe von unter 35 mg Capsaicinoide/100 g Trockengewicht (TG) aufwiesen und damit unter der für das geschulte Panel festgelegten Toleranzgrenze von 50 mg/100 g lagen, war eine Verkostung dieser Proben vertretbar. Zudem war für die mehr als 200 Testpersonen eine Mindestmenge von etwa 20 g Probenmaterial erforderlich. Wie in Kapitel 3.2.6 dargestellt, erfüllten nur vier Proben aus Set 9 diese Kriterien. Diese Teilmenge wurde als Probenstet 9a definiert. Für die Verkostung der vier Proben wurde ein mobiles sensorisches Prüflabor, bestehend aus 2 Einzelkabinen an den drei folgenden Orten, eingerichtet: ein Stand im Gelände der Kölner Messe, die Freiräume vor der Mensa und Cafeteria der Bergischen Universität Wuppertal und das stationäre Sensoriklabor, das in Kapitel 3.2.1.1. beschrieben ist.

Ca. 0,08 g jeder Projektprobe wurden in 30 ml weiße Dressingbehälter eingewogen und den Prüfern zur Verkostung gegeben. Die Prüfpersonen sollten von der Probe nur so viel essen, wie sie es für nötig hielten. Ein Rückprüfen einer Probe nach vollendeter Beurteilung der Prüffrage „*Wie gefällt Ihnen der Geschmack dieser Probe?*“ war jedoch nicht erlaubt. Die Akzeptanz des Probenstets 9a konnte anhand der hedonischen 9-Punkte-Skala gemessen werden.

Für den gustatorischen Verbrauchertest wurde ein etwas umfangreicherer Fragebogen entworfen, der vor der Verkostung auszufüllen war. Er beinhaltete Fragen zum Geschlecht, Beruf, Alter, zu der Verwendungshäufigkeit von frischen und getrockneten Chilis und Chiliprodukten. Der für das Set 9a verwendete Fragebogen ist im Anhang A-5 zu finden.

3.3 Untersuchung von Zuckern und Säuren mittels GC-FID

3.3.1 Analyisierte Proben

Mittels einer simultanen Methode¹² wurden insgesamt 201 verschiedene getrocknete und gemahlene Chilipulver (*Capsicum* spp.) auf ihren Zucker- und Säuregehalt untersucht. 191 dieser Proben, die sog. Projektproben, wurden im Rahmen des internationalen Forschungsprojekts in Peru oder Bolivien kultiviert. Dazu kommen drei peruanische Marktproben, vier Handelsproben der Firma Schuhbecks Gewürze und drei Proben der costarischen Organisation CATIE (siehe Tabelle 11).

Informationen zur Ernte, Trocknung und Vermahlung wurden in Kapitel 3.1 erläutert. Darüber hinaus wurden die biochemischen Inhaltsstoffe von 147 peruanischen Projektproben von Meckelmann *et al.* [22] charakterisiert.

Tabelle 11: Übersicht der instrumentell-analytisch untersuchten Proben

Herkunftsland	Anzahl	Organisation	Region
Bolivien ¹³ (Projektproben)	40	16 von PROINPA	Beni, Chuquisaca, Cochabamba, La Paz, Santa Cruz
		24 von CIFP	Chuquisaca, Santa Cruz, Tacuara-Monteagudo, Tarija
		20 von CIDRA	Ucayali
Peru ¹³ (Projektproben)	151	94 von INIA	Ayacucho, Cajamarca, Huanuco, Lambayeque, Lima, Loreto, Piura, Puno, San Martin, Ucayali
		37 von UNALM	La Molina (Lima), Casma
Peru (Marktproben)	3	INIA	n. b. (gekauft in Lima)
Mexiko (Projektproben)	3	CATIE	Chiapas, Tabasco, Yucatán
Import aus Deutschland 1 (Handelsproben)	4	Schuhbeck GmbH	n. b.

n. b. = nicht bekannt

Eine taxonomische Klassifizierung aller instrumentell-analytischen Proben ist im Anhang C-1 bis C-3 zu finden. Tabelle 12 zeigt nur eine Übersicht der Anzahl von untersuchten Spezies pro Land.

¹² Herr Frederik Lessmann und Herr Marvin Scolari waren im Rahmen deren Abschlussarbeiten für die Entwicklung der GC-FID Methode zur simultanen Untersuchung von Zuckern und Säuren in *Capsicum*-Pulvern mitverantwortlich (i. V. m. Kapitel 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4 und 3.3.5).

¹³ Der Gehalt an Zuckern und Säuren [g/100 g TG] von 40 bolivianischen Projektproben und von 51 der insgesamt 151 peruanischen Projektproben wurde von Herrn Marvin Scolari bestimmt. 11 dieser 91 Projektproben wurden zusätzlich von der Verfasserin gemessen. Die im Anhang C-1 bis C-2 aufgeführten Ergebnisse dieser 11 Projektproben entsprechen den Mittelwerten beider Messungen (vgl. Kapitel 4.2.4).

Tabelle 12: Anzahl der instrumentell-analytisch untersuchten Spezies

Spezies	Herkunftsland				Summe
	Bolivien	Peru	Mexiko	Import	
<i>C. chinense</i>	4	87	0	0	91
<i>C. baccatum</i>	28	40	0	0	68
<i>C. annuum</i>	2	21	3	4	30
<i>C. pubescens</i>	2	0	0	0	2
<i>C. frutescens</i>	0	5	0	0	5
<i>C. eximium</i>	3	0	0	0	3
<i>Capsicum</i> spp.*	1	1	0	0	2

* Die Taxonomie dieser Proben konnte nicht eindeutig eingeordnet werden.

Für die instrumentell-analytische Untersuchung und eine übersichtliche Darstellung der Ergebnisse wurden die in Tabelle 11 aufgelisteten Proben in drei Probensets eingeteilt: A, B und C. Set A besteht aus den 40 bolivianischen Projektproben und Set B aus den 151 peruanischen Projektproben. Set C besteht aus den Proben, die sowohl instrumentell-analytisch als auch sensorisch bzw. gustatorisch untersucht wurden. Dazu zählen die 3 peruanischen Marktproben (M1-M3), die 3 mexikanischen Projektproben (P23-P25) und 4 Handelsproben (S1-S4).

3.3.2 Durchführung

Die simultane Untersuchung von Zuckern und Säuren bestand aus vier Schritten: der Aufarbeitung des fetthaltigen Probenmaterials, der Oximierung, der Silylierung (Kapitel 3.3.2) und der gaschromatographischen Trennung mit Quantifizierung (Kapitel 3.3.3. bis 3.3.5).

Die zu untersuchenden Analyten (Fructose, Glucose, Saccharose, Citronensäure und Äpfelsäure) mussten vor dem Oximierungs- und Silylierungsschritt extrahiert werden. Dazu erfolgte als erstes die Auftrennung des *Capsicum*-Pulvers von fetthaltigem Anteil. Dafür wurden ca. 0,25 g Probenmaterial in ein Zentrifugenglas eingewogen und 10 ml Hexan hinzugegeben. Die Suspension wurde 30 Minuten in den Schüttler (75 ×/min) gestellt und danach 10 Minuten bei 20 °C zentrifugiert (2000 × g). Nach dem Dekantieren des Überstands wurde die Entfettung mit Hexan wiederholt. Der so entfettete Rückstand wurde mit 1 ml Internem Standard (ISTD) und 4 ml Methanol/Wasser (Extraktionslösung: 80/20, v/v) versetzt und geschüttelt. Die Aufbereitung der ISTD ist in Kapitel 3.3.5 dargestellt.

Für die Extraktion der Analyten wurde das Gemisch anschließend für 2 Stunden in einen Trockenschrank bei 80 ± 2 °C gestellt, wobei es jede halbe Stunde durchmischt wurde (Vortex-Mischer, 1000 U/min). Als nächstes wurden die Probenextrakte 15 Minuten bei 20 °C zentrifugiert (2000 × g) und der Überstand abgenommen. Der Rückstand wurde mit 5 ml Extraktionslösung einer zweiten Extraktion unterzogen. Nach weiteren 2 Stunden Extraktionszeit, Zentrifugation und Dekantieren wurden die Überstände vereinigt. 250 µl des Probenextraktes wurden entnommen, in ein Gewindefläschchen gegeben und anschließend unter Aufblasen von Stickstoff bei 70 ± 4 °C zur Trockne eingedampft.

Der zweite Schritt, die Oximierung, bestand aus der Zugabe von 0,5 ml Hydroxylamin-Hydrochlorid (25 mg/ml in Pyridin gelöst) und einer 30-minütigen Temperierung bei 80 ± 4 °C im Heizblock unter Sauerstoffausschluss. Für den anschließenden Silylierungsschritt wurden dem Gemisch 200 µl Bis(trimethylsilyl)trifluoracetamid/Trimethylchlorsilan (BSTFA/TCMS 99:1) hinzugefügt. Es wurde für weitere 10 Minuten bei 80 ± 4 °C temperiert. Nach der Derivatisierung der Analyten wurde mittels Autosamplers 1 µl der Lösung in den Gaschromatograph injiziert. Die einzelnen Schritte der Probenaufarbeitung bis zur Derivatisierung sind in Abbildung 18 aufgeführt.



Abbildung 18: Arbeitsschritte zur simultanen Bestimmung von Zuckern und Säuren aus *Capsicum*-Pulvern

3.3.3 Auftrennung

Nach der Derivatisierung wurden die zu untersuchenden Analyten mittels Gaschromatographie aufgetrennt, identifiziert und quantifiziert. Der dafür verwendete Gaschromatograph wies die in Tabelle 13 aufgelisteten Eigenschaften auf.

Tabelle 13: Geräteparameter der GC-Analyse

Gaschromatograph	Varian CP-3800GC
Detektor	FID 300 °C
Autosampler	CTC Analysis Combi Pal
Injektortemperatur	290 °C
Säule	J & W Scientific DB-5, Länge: 30 m ID: 0,32 µm, Filmdicke: 0,25 µm
Trärgas	Helium (1,8 ml/min)
Makeup-Gas	Helium (30 ml/min)
Brenngase	Wasserstoff (35 ml/min), synthetische Luft (350 ml/min)
Injektionsvolumen	1 µl; Splitverhältnis 1:20
Auswertesoftware	Galaxy Varian Chromatography Data System Version 1.9.302.952

Die Auftrennung der Analyten erfolgte mit folgendem Temperaturprogramm:

80 °C → 3 Minuten halten
80 - 260 °C → mit 8 °C/Minute
260 - 320 °C → mit 20 °C/Minute
320 °C → 5 Minuten halten

3.3.4 Identifizierung der Analyten

Citronensäure, Äpfelsäure, Fructose, Glucose und Saccharose waren die mit Gaschromatographie zu untersuchenden Analyten. Ein Gemisch, bestehend aus diesen fünf Analyten und den internen Standards (ISTD) Weinsäure, Arabinose und Maltose, wurde nach der in Kapitel 3.3.2 erläuterten Aufarbeitung und Derivatisierung gaschromatographisch analysiert. Um die einzelnen Analyten des Gemisches zu identifizieren, wurden Einzelstandards (je 1 mg/ml in Ethanol) hergestellt und genauso aufbereitet und derivatisiert wie das Gemisch. Anschließend wurden sie einzeln injiziert. Anhand der Retentionszeit t_R der einzelnen Standards konnten die Peaks aus dem Gemisch zugeordnet werden.

Tabelle 14 zeigt die Retentionszeiten eines Analytengemisches bzw. einer Kalibrierlösung. Die organischen Säuren eluieren vor den Zuckern. Weiterhin weisen die reduzierenden Zucker Arabinose, Fructose und Glucose zwei Peaks auf, die sich jeweils vom betreffenden α - oder β -Anomer ableiten.

Tabelle 14: Retentionszeiten der zu untersuchenden Analyten und der internen Standards

Analyten	Retentionszeit t_R [min]
Äpfelsäure	14,95
Weinsäure	17,47
Arabinose 1 (erster Peak)	19,30
Arabinose 2 (zweiter Peak)	19,42
Citronensäure	20,09
Fructose 1 (erster Peak)	21,91
Fructose 2 (zweiter Peak)	22,02
Glucose 1 (erster Peak)	22,64
Glucose 2 (zweiter Peak)	22,89
Saccharose	29,05
Maltose 1 (erster Peak)	30,56
Maltose 2 (zweiter Peak)	30,72

In Abbildung 19 ist ein Gas-Chromatogramm dargestellt, das die Auftrennung der in Tabelle 14 aufgelisteten acht Analyten in zwölf Peaks zeigt. Bei den Peaks zur Retentionszeit $t_R = 3,73$ min und $t_R = 7,90$ min handelt es sich um Nebenprodukte aus der Derivatisierung. Dies ließ sich über eine Lösungsmittel-Untersuchung ohne Analyten belegen.

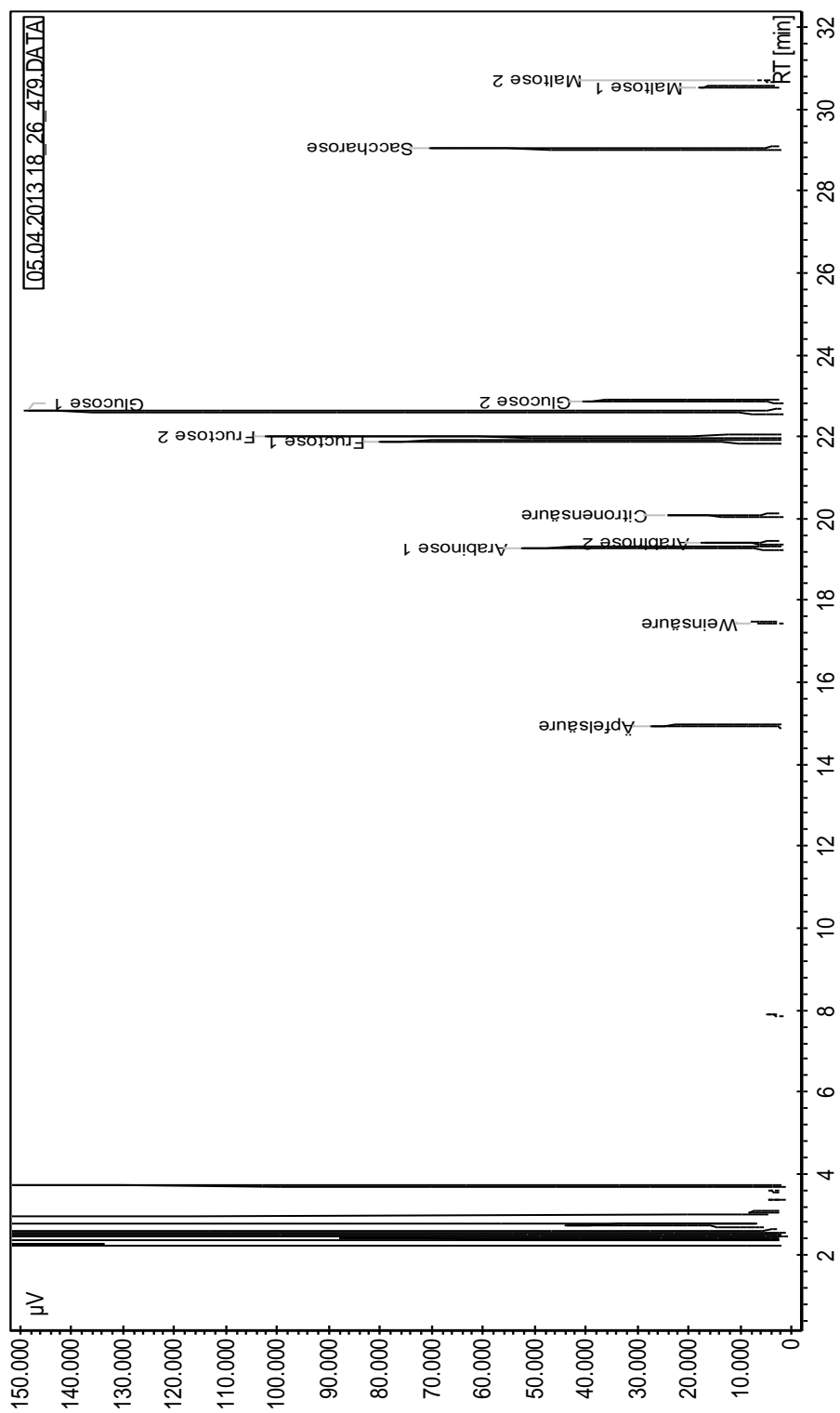


Abbildung 19: Durch Gaschromatographie aufgetrenntes Analytengemisch

3.3.5 Quantifizierung

Zur quantitativen Bestimmung der Analyten waren eine externe Kalibrierreihe, bestehend aus Fructose-, Glucose-, Saccharose-, Citronensäure- und Äpfelsäurelösungen in verschiedenen Konzentrationen (siehe Tabelle 15), und drei interne Standards erforderlich. Da der interne Standard dem Analyt möglichst ähnlich sein soll, wurde ein Interner Standard (ISTD) für jede Analytart verwendet: Arabinose für die Monosaccharide, Maltose für das Disaccharid Saccharose und Weinsäure für die organischen Säuren.

Es wurde zuerst eine Stammlösung der Edukte hergestellt. Etwa 0,50 g Fructose, 0,50 g Glucose, 0,125 g Saccharose, 0,10 g Citronensäure und 0,10 g Äpfelsäure wurden zusammen in einen 25 ml Messkolben eingewogen und mit der Extraktionslösung Methanol/Wasser (80/20, v/v) bis zur Marke aufgefüllt. Dies entspricht einer Konzentration von 20 g/L Fructose, 20 g/L Glucose, 5 g/L Saccharose, 4 g/L Citronensäure und 4 g/L Äpfelsäure.

Zur Herstellung der ISTD-Lösung wurden ca. 1 g Arabinose, 0,5 g Maltose und 0,15 g Weinsäure in einen 50 ml Messkolben eingewogen, mit derselben Extraktionslösung gelöst und dann auf 50 ml aufgefüllt. Zum besseren Lösen der Substanzen wurden beide Lösungen für 15 Minuten bei Raumtemperatur in ein Ultraschallbad gestellt.

Mit der Analyten-Stammlösung und der ISTD-Lösung konnte eine Kalibrierreihe nach Tabelle 15 hergestellt werden. Dabei wurde ein Aliquot aus der Stammlösung entnommen, 1 ml ISTD hinzugegeben und mit Extraktionslösung aufgefüllt, bis ein Gesamtvolumen von 10 ml erreicht wurde. Die einzelnen Kalibrierlösungen wurden wie die Proben (siehe Abbildung 18) eingedampft, oximiert und silyliert (vgl. Kapitel 3.3.2).

Tabelle 15: Herstellung der Kalibrierlösungen für die Quantifizierung

Kalibrierlösung	Aliquot aus Stammlösung [ml]	Zugabe von ISTD [ml]	Endvolumen [ml]	Konz. Glucose, Fructose [mg/ml]	Konz. Saccharose [mg/ml]	Konz. Citronensäure, Äpfelsäure [mg/ml]
K1	3,00	1	10	6,00	1,50	1,20
K2	2,00	1	10	4,00	1,00	0,80
K3	1,00	1	10	2,00	0,50	0,40
K4	0,50	1	10	1,00	0,25	0,20
K5	0,25	1	10	0,50	0,12	0,10
K6	0,10	1	10	0,20	0,05	0,04

K = Kalibrierlösung, ISTD = Interner Standard, Konz. = Konzentration

Alle Chemikalien, Geräte und sonstige Materialien, die zur GC-Aufarbeitung, Oximierung und Silylierung verwendet wurden, sind im Anhang A-4 aufgeführt.

Um den Gehalt der Analyten zu berechnen, wurden die resultierenden Peakflächen [FE] der Kalibrierlösungen durch die Peakflächen [FE] des jeweiligen internen Standards geteilt. Das Verhältnis Analyt zu ISTD (y) wurde gegen die Konzentration x der Kalibrierlösungen K1-K6 [mg] graphisch mit Microsoft Excel aufgetragen. Durch Lineare Regression entsteht eine Geradengleichung ($y = m \times x + b$). Aus dieser Gleichung und unter Einbeziehung der Einwaage und den unten stehenden Faktoren ergibt sich die Formel 7 zur Gehaltsbestimmung. Zu berücksichtigen ist, dass nach der Derivatisierung zwei Peaks für jeden reduzierenden Zucker entstehen. Somit entspricht die *Peakfläche (Analyt)* der Summe der beiden Peakflächen.

Formel 7:

$$\text{Gehalt} \left[\frac{\text{g}}{100 \text{ g}} \right] = \frac{(y - b) * 10 \text{ ml} * 100}{m * 0,25 \text{ ml} * \text{Einwaage} [\text{g}] * 1000}$$

Mit:

<i>Gehalt</i>	= Analytgehalt [g/100 g]
<i>m</i>	= Steigung der Kalibriergraden [FE/FE×mg ⁻¹]
<i>b</i>	= Ordinatenabschnitt der Kalibriergraden [FE]/[FE]
<i>y</i>	= Verhältnis Peakfläche (Analyt) [FE]/Peakfläche (ISTD) [FE]
<i>0,25 ml</i>	= Faktor für derivatisiertes Aliquot [ml]
<i>10 ml</i>	= Extraktionsvolumen [ml]
<i>Einwaage</i>	= Probeneinwaage [g]
<i>100</i>	= Faktor für Umrechnung auf g/100 g
<i>1000</i>	= Faktor für Umrechnung von mg auf g

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Sensorische Ergebnisse

4.1.1 Paneltraining

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Basisschulung und des Trainings zum Deskriptiven Panel im Rahmen des Paneltrainings erläutert. Dabei beschränkten sich die Trainingsphasen auf die Merkmale Geruch und Geschmack.

Basisschulung

Geschmack

Die Mindestanforderungen der DIN 10961 „Schulung von Prüfpersonen für sensorische Prüfungen“ konnten bei den zum Geschmack gehörenden Prüfaufgaben „Erkennen der Grundgeschmacksarten, Ermittlung der Erkennungsschwellen, Erkennen von Intensitätsunterschieden in wässrigen Lösungen und in Lebensmitteln“ erfüllt werden. Beim Test „Erkennen der Grundgeschmacksarten süß, sauer, bitter, salzig und umami“ ist zu bemerken, dass die Prüfpersonen anfangs die Geschmacksarten umami mit salzig und süß mit Wasser verwechselten. Bei der Geschmacksart sauer wiesen die Teilnehmer eine ausgesprochene Empfindlichkeit auf. Sie konnten sogar Lösungen mit 0,2 und 0,25 g Citronensäure-1-hydrat/L in einer Paarweisen Vergleichsprüfung mit einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,001$ richtig unterscheiden. Weiterhin konnten im Laufe der Schulungstermine die Konzentrationen der süßen, salzigen, sauren, bitteren und umami Lösungen bis um die Hälfte herunterverdünnt werden (siehe Tabelle 16). Bei Schulung-Nr. II wurden bereits die von der DIN 10961:1996-08 festgelegten Konzentrationen in g/L erreicht und 70 % der Teilnehmer wiesen 80 bis 100 % richtige Zuordnungen auf. Die schwach konzentrierten Lösungen der Schulung-Nr. XIII wurden nur von 75 % der Prüfer mit mind. 70-prozentiger Treffgenauigkeit erkannt.

Tabelle 16: Verwendete Konzentrationen zur Erkennung der Grundgeschmacksarten

Geschmacksart	süß [g/L]	salzig [g/L]	sauer [g/L]	bitter [g/L]	umami [g/L]
Anforderung nach DIN 10961	6,0	1,3	0,40	0,30	-
Eignungstest	10,0	1,5	0,50	0,50	-
Schulung II	6,0	0,8	0,35	0,30	0,4
Schulung XIII	4,0	0,5	0,2	0,20	0,2

Geruch

Der Sinneseindruck Geruch wurde mit den Aufgaben „Erkennen von Riechstoffen standardisierter und nicht standardisierter Zusammensetzung“ nach DIN 10961 geschult. Am Ende der Schulung waren die Prüfpersonen in der Lage, standardisierte Aromastoffe zu

erkennen, die im Vergleich zu den Anfangskonzentrationen um das fünf- bis zehnfache verdünnt waren. Zum Beispiel hatte das nach Champignon riechende Oct-1-en-3-ol bei Schulung I eine Konzentration von 0,5 Vol % und bei Schulung XIII eine von 0,1 Vol %. Trotz einer 10-fachen Verdünnung (von 1 Vol % nach 0,1 Vol %) der Riechstoffe Eisbonbon/Banane (iso-Amylacetat), grün-grasig (3-cis-Hexenol), blumig (Linalool), schweißig/käsig (Buttersäure) wurde eine richtige Zuordnung von den Prüfpersonen erreicht. Bei den nicht standardisierten Aromastoffen wurde ausschließlich mit Gewürzen gearbeitet, vor allem mit verschiedenen Sorten *Capsicum*-Pulver wie Paprika edelsüß, Rosenpaprika, Cayennepfeffer und Rocoto. Dabei wurde die Beschreibung von getrocknetem und gemahlenem Material geübt und das Unterscheidungsvermögen der Prüfpersonen geschult und getestet. Insgesamt konnten die Teilnehmer bis zu 16 verschiedene Gewürze anhand des Geruchs unterscheiden (vgl. Kapitel 3.2.3 Abschnitt b).

Am Ende der Basisschulung wurden 17 von den 23 Prüfpersonen ausgewählt. Die anderen sechs Teilnehmer wurden nicht selektiert, weil sie folgenden Anforderungen der DIN 10961 nicht genügten: Einerseits entsprach deren Leistungsfähigkeit nicht der Vorgabe von mehr als 70 % Treffgenauigkeit. Andererseits erfüllten sie nicht die allgemeinen Kriterien wie Verfügbarkeit, Produkteinstellung und Ausdrucksvermögen. Die Anwesenheit beim fortlaufenden Training konnte bei einigen Prüfern nicht gewährleistet werden. Zudem wurde eine niedrige Toleranzgrenze für die Schärfe (niedriger als ursprünglich gedacht) bei einigen Prüfern beobachtet. Das Ausdrucksvermögen war ebenso ein Ausschlusskriterium. Manche Prüfpersonen konnten trotz guter Ergebnisse in den Erkennungs- und Unterschiedsprüfungen ihre sensorischen Eindrücke nicht in Worte fassen.

Training zum Deskriptiven Panel

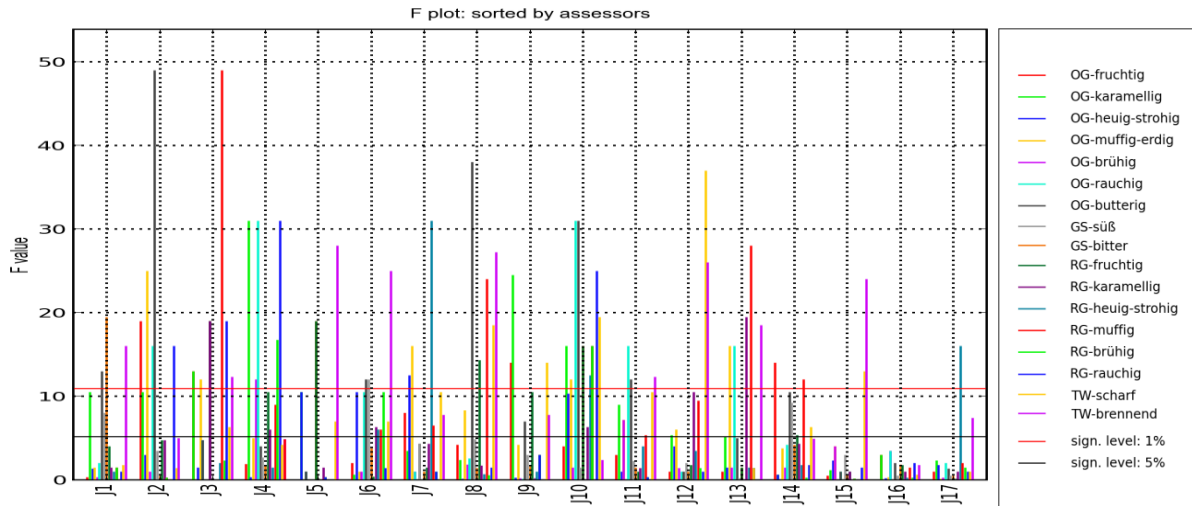
Im Rahmen des Trainings zum Deskriptiven Panel wurden Pilotmessungen mit den Marktproben M1, M2 und M3 durchgeführt. Sie gehörten zum Set 1 (vgl. Tabelle 17). Die sensorische Charakterisierung dieser Proben (gehörend zum Set 1) ist im Kapitel 4.1.2 ausführlich erklärt. Hier werden nur die Ergebnisse der Panelperformance für die Prüferselektion behandelt. Die Bewertungen von 17 Prüfern (engl. judge, kurz J) zu den Marktproben M1 (Ají Mirasol), M2 (Ají Panca) und M3 (Ají Amarillo) wurden einer einfaktoriellen Varianzanalyse unterzogen. Die mit PanelCheck erhobenen Ergebnisse sind in Abbildung 20 dargestellt.

Jede Vertikallinie des F-Plots (Abbildung 20a) gibt den F-Wert jedes der 17 Attribute für jeden Prüfer wieder. Liegt eine Linie über dem festgelegten Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ bzw. 5 % Irrtumswahrscheinlichkeit (schwarze horizontale Linie), bedeutet dies, dass der Prüfer die Proben anhand des jeweiligen Attributs signifikant unterscheiden kann. Je mehr Linien die horizontale Linie überschreiten, desto größer ist die Fähigkeit des Prüfers, Proben zu unterscheiden. Somit erkennt man aus Abbildung 20a, dass die Prüfer J15, J16 und J17 die niedrigste und die Prüfer J6 und J10 die höchste Diskriminierungsperformance aufwiesen.

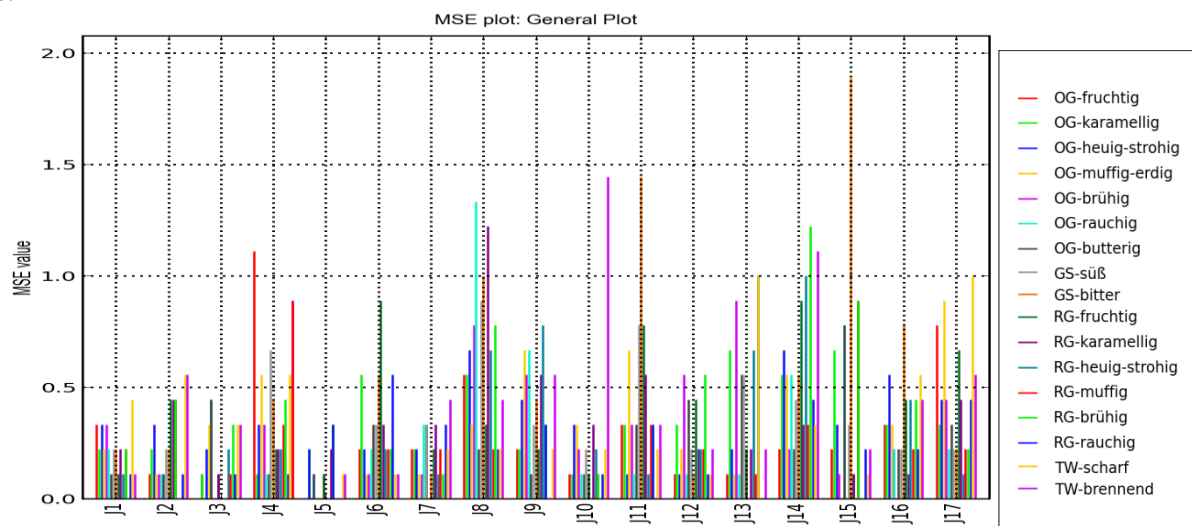
In Abbildung 20b ist die Fehlerquadratsumme (engl. mean squares of error, MSE) jedes Attributs für jeden Prüfer in einem sogenannten MSE-Plot dargestellt. Kleine MSE-Werte sind anzustreben, denn sie drücken die Fähigkeit eines Prüfers aus, reproduzierbar die Proben zu bewerten. Da auf Abbildung 20b die meisten Vertikallinien unter dem MSE-Wert 1 sind,

ist zu schlussfolgern, dass das Panel eine akzeptable Wiederholbarkeit aufweist. Die Prüfpersonen J15, J16 und J17 konnten am wenigsten diskriminieren und zeigten nur eine mäßige Reproduzierbarkeit. Demzufolge wurden sie nicht für die nächste Phase ausgewählt.

a.



b.



OG = orthonasaler Geruch, GS = Geschmacksarten, RG = retronasaler Geruch, TW = trigeminale Wahrnehmung, J = Prüfer (engl. Judge)

Abbildung 20: Panelperformance anhand des Sets 1 – a. Darstellung der F-Werte nach mittels 1-way ANOVA, b. Darstellung der Fehlerquadratsummen mittels 1-way ANOVA

Die Panelperformance der Prüfpersonen nach dem Training zum Deskriptiven Panel war insgesamt relativ schwach. Die F-Werte bei etwa der Hälfte der Attribute lagen niedriger als das Signifikanzniveau von 5 %. Die MSE-Werte sollten bei allen Attributen unter 1 liegen und sich möglichst dem Wert 0 annähern. Nur die Attribute OG-karamellig, TW-scharf und TW-brennend konnten von den meisten Prüfern signifikant unterschieden werden. Dies bedeutete, dass ein höherer Schulungsbedarf bei den restlichen Begriffen notwendig war. Dazu sollte die Begriffsliste bearbeitet werden, um diejenigen Deskriptoren zu profilieren, bei denen sich wesentliche Unterschiede zwischen den Proben zeigten.

4.1.2 Konventionelle Profilprüfung (QDA) von peruanischen Marktproben (Set 1)

Folgende Proben wurden untersucht:

Tabelle 17: Set 1 – Untersuchte peruanische Marktproben

Nr.	Land	Organisation	Akzessionsname	Spezies
M1	Peru	INIA	Ají Mirasol	<i>C. baccatum var. pendulum</i>
M2	Peru	INIA	Ají Panca	<i>C. chinense</i>
M3	Peru	INIA	Ají Amarillo	<i>C. baccatum var. pendulum</i>

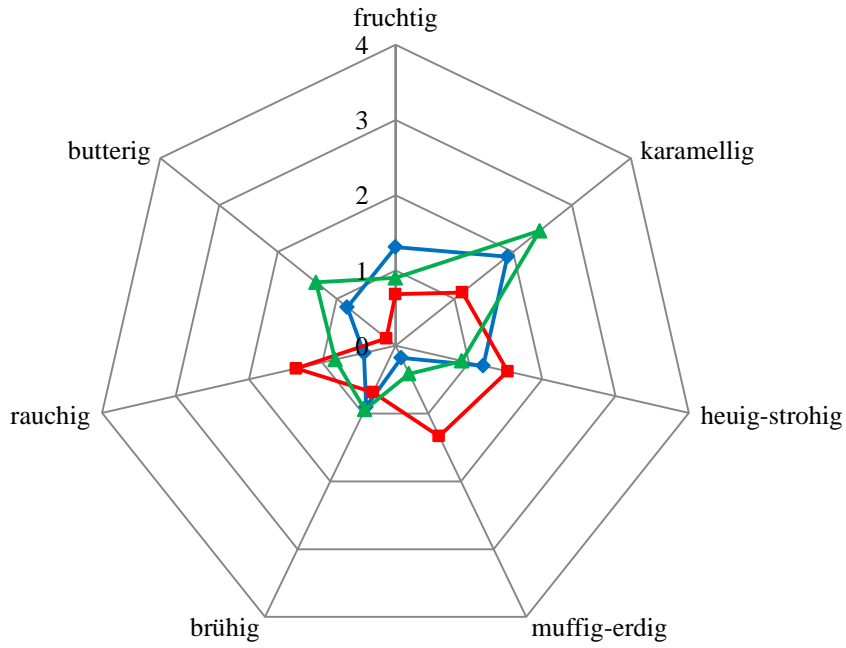
Aus den Intensitäten der drei Messungen wurden Mittelwerte der drei Marktproben gebildet. Abbildung 21 zeigt die graphische Darstellung der Mittelwerte als Netzdiagramme. Das erste zeigt das olfaktorische Profil (a) und das zweite das gustatorische (b), wobei das letzte Profil Produkteigenschaften des retronasalen Geruchs, der Geschmacksarten und der trigeminalen Wahrnehmung aufweist.

Aus dem olfaktorischen Profil der Abbildung 21a ist ersichtlich, dass bei Probe M3 (Ají Amarillo) die Attribute karamellig und butterig am meisten ausgeprägt sind. Dazu kann eine Rangfolge der beiden Begriffe beobachtet werden, bei der die Intensität von M3 über M1 bis zu M2 abnimmt. Ají Panca (M2) zeichnet sich durch einen heug-strohigen, rauchigen und vor allem muffigen Geruch aus.

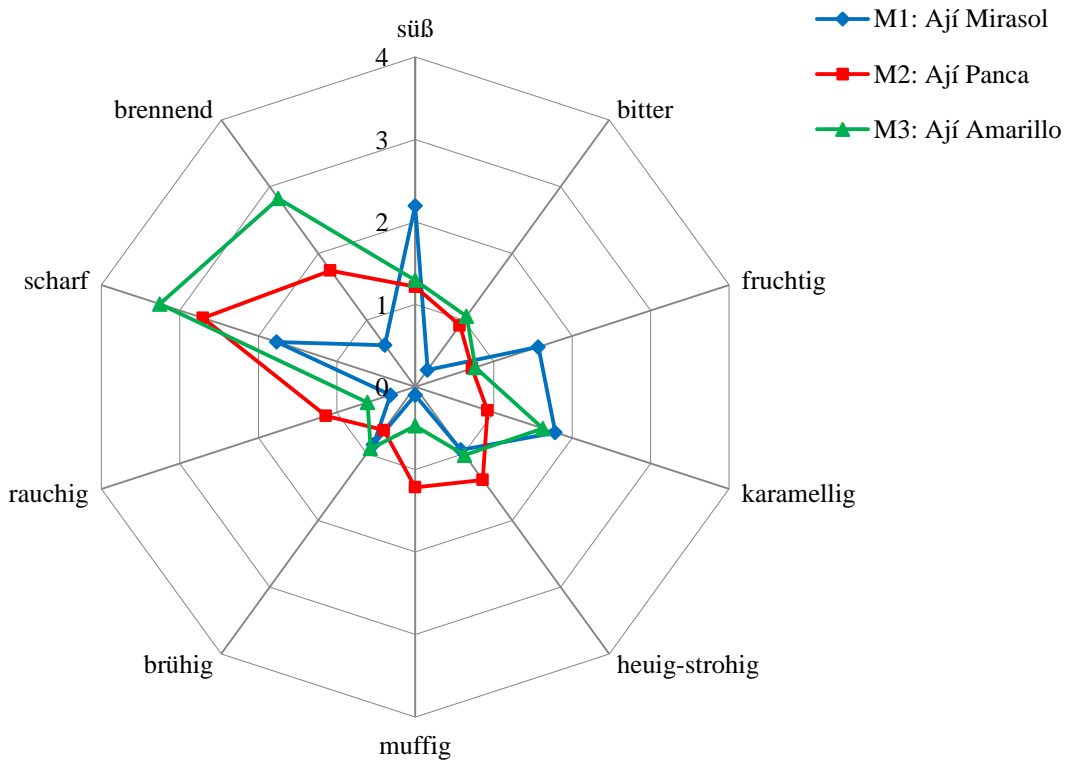
Auf dem gustatorischen Profil (Abbildung 21b) ist als erstes erkennbar, dass die wahrgenommene Schärfe die Proben deutlich unterscheidet. Die Attribute scharf und brennend nehmen von der Probe M1 über M2 bis zur Probe M3 zu. Dies stimmt mit dem tatsächlichen Gehalt an Gesamtcapsaicinoiden in den Marktproben überein: Ají Mirasol (M1) mit 5 mg/100 g TG, Ají Panca (M2) mit 14 mg/100 g TG und Ají Amarillo (M3) mit 55 mg/100 g TG. Weiterhin zeigt das Netzdiagramm, dass die Probe M1 einen stärker süßen und fruchtigen Geschmack hat als die anderen beiden Marktproben. Außerdem weist M2 als einzige Probe einen schwachen rauchigen und muffigen retronasalen Geruch auf.

Aus Abbildung 21 ist ersichtlich, dass die Intensität der meisten Deskriptoren zwischen 0 und 2 liegt, also zwischen nicht erkennbar und deutlich erkennbar. Nur die Begriffe karamellig (orthonasal) bei M3, süß bei M1, scharf und brennend bei M2 und M3 überschreiten die durchschnittlichen Intensitäten von 2. Somit weisen die drei peruanischen Marktproben keine aromastarken Eigenschaften auf.

a.



b.

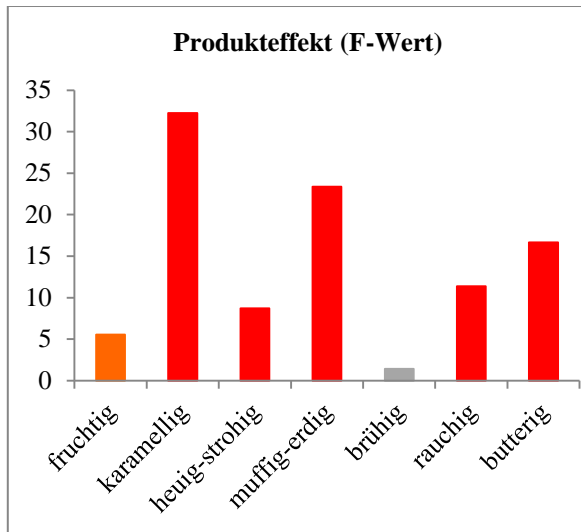


Skala: 0 = nicht erkennbar, 1 = schwach erkennbar, 2 = deutlich erkennbar, 3 = stark erkennbar, 4 = sehr stark erkennbar

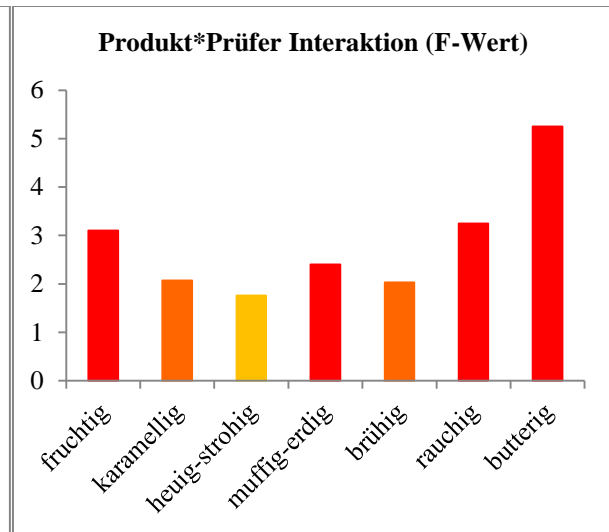
Abbildung 21: Set 1 – Olfaktorisches (a) und gustatorisches (b) Profil von drei peruanischen Marktproben

Die Software PanelCheck lieferte eine statistische Auswertung der Daten. Unter Berücksichtigung der Faktoren „Produkt“ und „Prüfer“ wurde eine zwei-faktorielle Varianzanalyse durchgeführt. Die Diagramme a und b aus Abbildung 22 zeigen, dass die olfaktorischen Attribute fruchtig, karamellig, heuig-strohig, muffig-erdig, rauchig, butterig und die gustatorischen Attribute süß, bitter, fruchtig, karamellig, heuig-strohig, muffig, rauchig, scharf und brennend einen signifikanten Produkteffekt aufweisen, wobei rote Balken eine sehr hohe Signifikanz bei einem p-Wert < 0,001, orangefarbene Balken eine hohe Signifikanz bei $p < 0,01$ und gelbe Balken eine Signifikanz bei $p < 0,05$ darstellen. Dies bedeutet, dass diese Attribute einen signifikanten Produktunterschied zeigen. Nur das Attribut brühhig für den orthonasalen und retronasalen Geruch ist nicht signifikant.

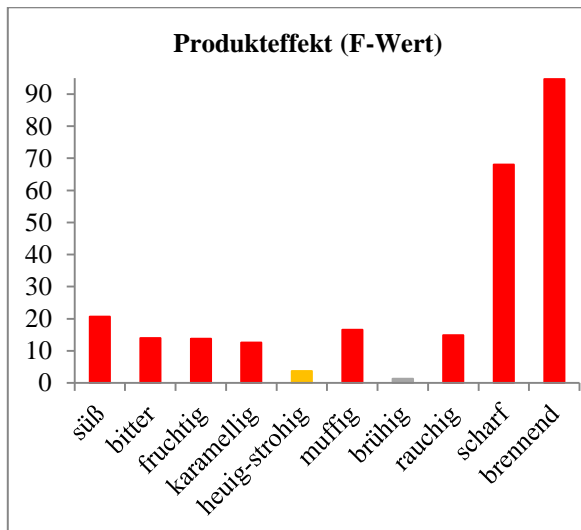
a. Geruch:



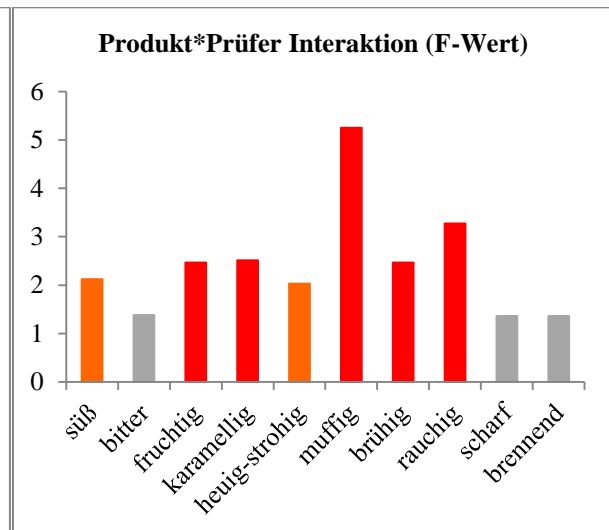
b. Geruch:



c. Geschmack:



d. Geschmack:



■ nicht signifikant; ■ signifikant bei $p < 0,05$; ■ signifikant bei $p < 0,01$; ■ signifikant bei $p < 0,001$

Abbildung 22: Set 1 – Effekte nach einer 2-faktoriellen ANOVA . Produkteffekt (a) und Produkt*Prüfer Interaktion (b) der olfaktorischen Attribute. Produkteffekt (c) und Produkt*Prüfer Interaktion (d) der gustatorischen Attribute

Ferner besteht ein signifikanter Prüfereffekt bei 14 von den 17 Begriffen (hier nicht gezeigt). Dies führt zur Behauptung, dass die Proben von den Prüfern unterschiedlich bewertet wurden. Ein möglicher Grund dafür ist die falsche Skalennutzung der Prüfer. Des Weiteren zeigen die Diagramme b und d aus Abbildung 22, dass eine signifikante Produkt-Prüfer-Interaktion bei fast allen Deskriptoren vorhanden ist. Dies bringt zum Ausdruck, dass es keine einheitliche Beurteilung durch die Panelisten gibt, weil manche Prüfer eine unterschiedliche Intensitätsreihenfolge bei bestimmten Attributen bilden (vgl. Kapitel 1.5.5, Abbildung 6). Nur die gustatorischen Begriffe bitter, scharf und brennend weisen die erwünschten Effekte einer Konventionellen Prüfung auf: einen signifikanten Produkteffekt und eine nicht signifikante Produkt-Prüfer-Interaktion.

Bezüglich der Produktprofile von Set 1 (Abbildung 21) sind die beobachteten Unterschiede zwischen den Proben mit Vorsicht zu interpretieren. Ein signifikanter Produkteffekt in Verbindung mit einer (unerwünschten) signifikanten Produkt-Prüfer-Interaktion schafft keine statistische Grundlage für eine solide Aussage über die Produktunterschiede.

Des Weiteren deutet die schwache Pannelleistung darauf hin, dass eine intensivere Schulung nötig ist, um den Prüfereffekt zu minimieren und die Produkt-Prüfer-Interaktion zu verhindern. Vor allem sollte an der genaueren Begriffsdefinition, korrekten Skalennutzung und besserer Einigung in den Intensitäten gearbeitet werden. Ein Grund für die unbefriedigende Paneleinigung könnte die Auswahl an Referenzproben gewesen sein. Für das Set 1 wurden verdünnte Aromastoffe, die den in den *Capsicum*-Pulvern vorkommenden Attributen ähnelten, als Referenzen eingesetzt. Allerdings war der Geruch der dargereichten Riechstoffe nur bedingt vergleichbar mit dem aus dem getrockneten Material. Dazu stellte die vorgegebene Intensität für die Referenzproben ein Problem dar, da im Laufe der weiteren Sitzungen ein Gewöhnungseffekt auftrat. Die Intensität der Aromastoffe, die am Anfang des Trainings von den Panelisten festgelegt wurde, wurde am Ende des Trainings viel intensiver als zuvor wahrgenommen. Dies führte dazu, dass die Prüfproben mit niedrigeren Intensitäten als die der Referenzproben bewertet wurden. Eine Alternative wäre die Verwendung von *Capsicum*-Pulvern als Referenzproben, die jeweils nur in einem bestimmten Attribut ausgeprägt sind und ebenfalls einer Trocknung unterzogen wurden. Zum Beispiel könnte ein Chilipulver wie Chipotle, das für ein rauchiges Aroma charakteristisch ist, als Referenzprobe für das Attribut rauchig in *Capsicum*-Pulvern verwendet werden.

Hinsichtlich der Profilierungsmethode erwies sich das Konventionelle Profil als sehr zeitaufwendig und kostenintensiv. Nach der Basisschulung waren drei Monate Training erforderlich, um nur drei Proben (Marktproben 1-3) zu profilieren. Da die statistischen Ergebnisse nicht ausreichend waren, sollte noch mehr Zeit in Kauf genommen werden, um signifikante Probenunterschiede ohne Störeffekte zu ermitteln. Dazu kommt die Tatsache, dass bei der Profilierung der zu untersuchenden Projektproben, viele neue Deskriptoren der Begriffsliste hinzugefügt werden müssten. Da jeder neue Deskriptor definiert und seine Anwendung trainiert werden soll, ist dies mit einem zusätzlichen Zeitaufwand verbunden. Je länger die Schulung und Profilierungsphase dauert, desto höher ist auch der Kostenaufwand, da manche Prüfer für ihre Teilnahme entschädigt werden müssen. Darüber hinaus war der

Probenverbrauch bei der Konventionellen Profilierung mit 35 g/Probe sehr hoch. Die noch zu untersuchenden Projektproben standen jedoch nur in geringen Mengen (meistens < 20 g) für die sensorische Analyse zur Verfügung. Somit konnte die Profilierung aller Projektproben mit dieser Methode nicht gewährleistet werden.

Als Fazit der sensorischen Untersuchung von Set 1 kann festgehalten werden, dass es zwei Möglichkeiten gab, um die Projektproben statistisch gesichert zu profilieren. Die erste Möglichkeit war, das Panel einer weiteren intensiven Schulungsphase zu unterziehen, um bessere Ergebnisse mit dem Konventionellen Profil zu erzielen. Die zweite Möglichkeit war, eine andere Profilierungsmethode zu wählen, die sich den Bedingungen dieses Forschungsprojekts (wie geringe Probenmenge, geringer Kosten- und Zeitaufwand) anpasst und für Prüfpersonen mit geringer Kenntnis und Leistung besser geeignet ist. Da die Probenmenge eine entscheidende Rolle für die sensorische Analyse spielte, wurde die zweite Variante gewählt. Somit sollte als Nächstes im Rahmen dieser Arbeit die Eignung von schnellen Profilierungsmethoden wie Flash Profiling und Free Choice Profiling für *Capsicum*-Pulver untersucht werden.

4.1.3 Profilierung mit Flash Profiling von nativen Chiliprogenen (Set 2)

Die in Tabelle 18 aufgelisteten Proben wurden mit der schnellen deskriptiven Methode Flash Profiling untersucht. Die mit Verallgemeinerter Prokrustes Analyse (GPA) auszuwertende Methode führt Transformationsschritte durch, die gegen die in Set 1 vorkommenden Störfaktoren (Prüfereffekt und Produkt-Prüfer-Interaktion) wirken können. Durch die Translation in der Generalized Procrustes Analysis (GPA) kann der Level-Effekt und durch die isotropische Skalierung der Range-Effekt korrigiert werden (vgl. Kapitel 1.5.8.2). Da Level-Effekt und Range-Effekt als Folge einer falschen Skalennutzung vorkommen (vgl. Abbildung 7, Kapitel 1.5.6), kann mit den Transformationsschritten der Prüfereffekt ebenfalls minimiert oder beseitigt werden. Eine Korrektur der fehlenden Paneleinigung erfolgt in der Regel mit weiterem Training und einer Überprüfung der Begriffsdefinitionen bis zum Erreichen eines gemeinsamen Vokabulars. Dieser zeitaufwendige Arbeitsschritt kann durch die Erstellung von eigenen Begriffslisten ersetzt werden. Die GPA gleicht den Interpretationsfehler einer möglichen Vermischung von Deskriptoren durch Rotation und Reflexion aus, der einen Anteil des signifikanten Prüfereffekts verursacht haben könnte.

Tabelle 18: Set 2 – Untersuchte Chili- und Paprikapulver mittels Flash Profiling

Nr.	Land	Organisation	Akzessionsname	Spezies
V1	Import	Van Hees	428745026*	<i>C. annuum</i>
M1	Peru	INIA	Ají Mirasol	<i>C. baccatum var. pendulum</i>
M3	Peru	INIA	Ají Amarillo	<i>C. baccatum var. pendulum</i>
M4	Peru	INIA	Rocoto	<i>C. pubescens</i>

*Produktnummer der Firma Van Hees GmbH

Das Statistik-Programm XLSTAT ermöglichte nach der GPA einen Konsens- und Dimensionstest mit den Daten aus dem Set 2 (vgl. Kapitel 1.5.8.2). Es resultierte ein signifikanter Konsenstest mit einem Rc-Wert von 0,789. Dies bedeutet, dass 78,9 % der Gesamtvarianz durch den Konsens bzw. durch die Varianz der Konsenskonfiguration erklärt wird. Der Dimensionstest wies darauf hin, dass zwei Dimensionen (oder Faktoren) ausreichend sind, um die Konsenskonfiguration von Set 2 auf der PCA darzustellen und sie zu interpretieren.

In Abbildung 23a repräsentieren die verschiedenen Farben die einzelnen Prüfer, und die Punkte die Position der Objekte bzw. der Proben M1, M3, M4 und V1 nach den Transformationsschritten der GPA. Dabei werden die Bewertungen jedes Prüfers zu jeder Probe als eine Einzelkonfiguration betrachtet. Bei 10 Prüfern („Judge“ J1-J13) ergeben sich 10 Einzelkonfigurationen für jede Probe. Die roten Punkte mit der roten, fett markierten und umrahmten Codierung zeigen die Konsenskonfiguration der Objekte, die nach Mitteln der Einzelkonfigurationen entstanden sind. Die Konsenskonfiguration stellt also für jede Probe die bestmögliche Übereinstimmung zwischen den Prüfern dar.

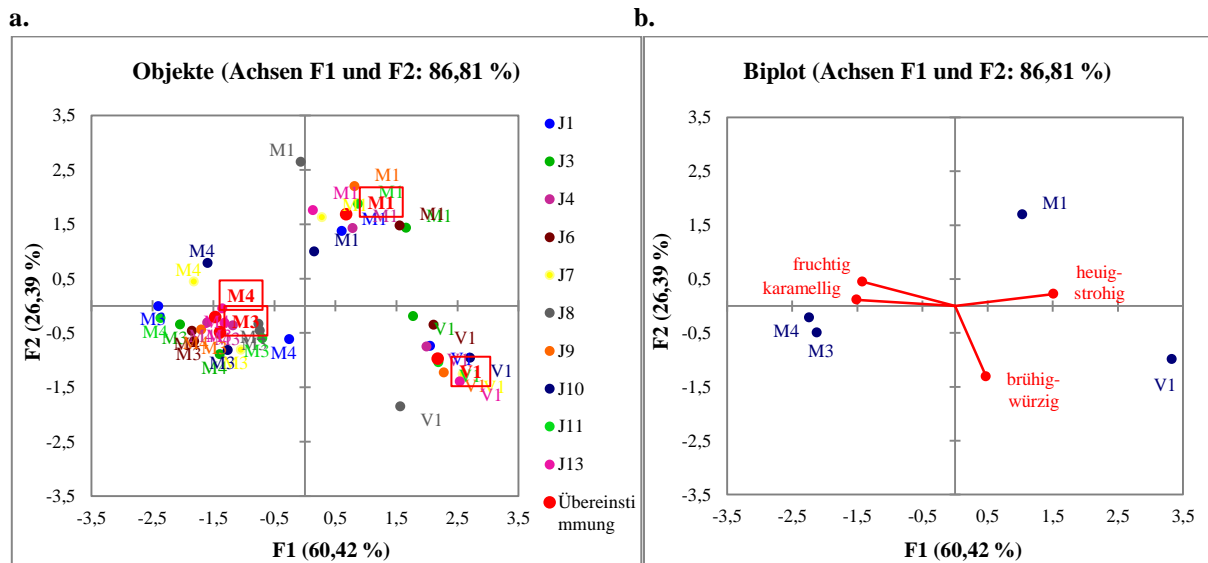


Abbildung 23: Hauptkomponentenanalyse des Sets 2 nach der GPA – a. Darstellung der Produkte nach den Einzelkonfigurationen bzw. nach den Prüfern, b. Darstellung der Faktorladungen und -werte in der Konsenskonfiguration

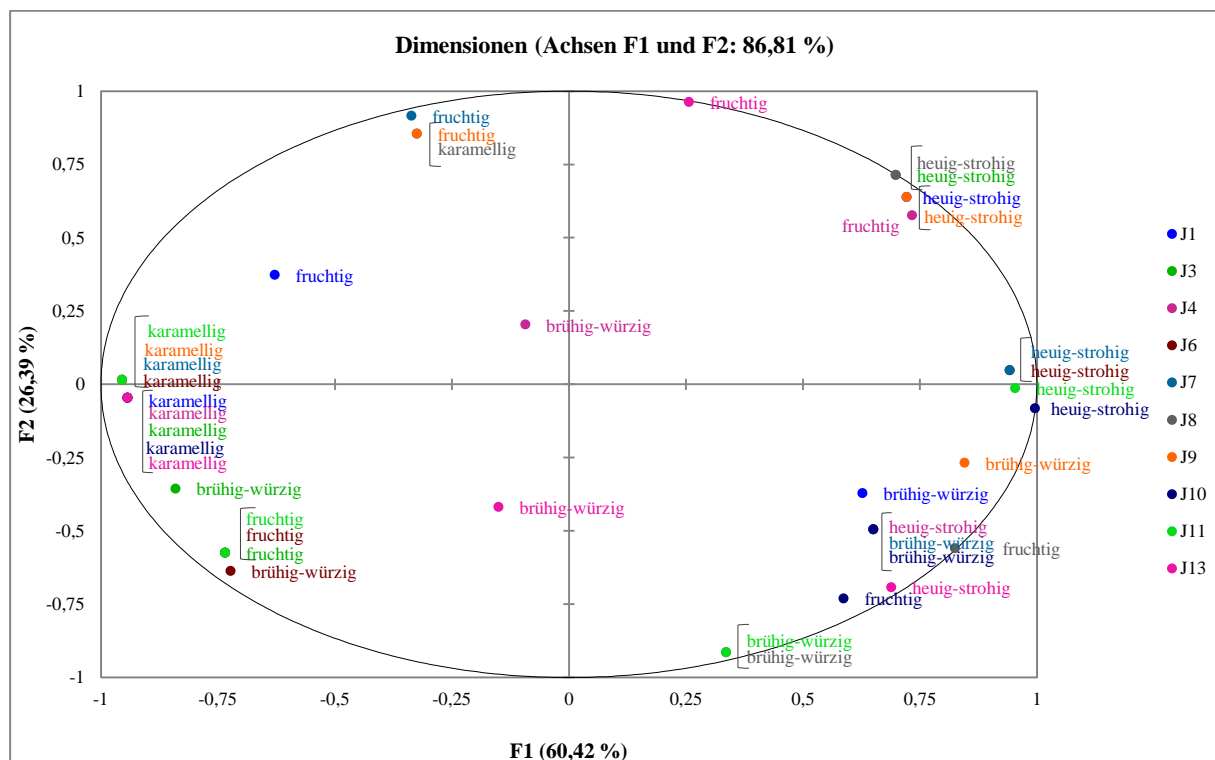
Abbildung 23a zeigt, dass die Proben M1 und V1 (in der Konsenskonfiguration) weit voneinander positioniert sind und sich somit in ihren Eigenschaften unterscheiden. Die Konsenskonfigurationen der Proben M3 und M4 liegen dagegen fast aufeinander, sodass sie sich olfaktorisch sehr ähneln. Betrachtet man die Einzelkonfigurationen aller Panelisten und die Konsenskonfiguration des Objektes gleichzeitig (Abbildung 23a), kann man die Panelübereinstimmung beurteilen. Im Fall von V1 liegen die Einzelurteile der Panelisten dicht beieinander und umgeben fast wie im optimalen Fall die Konsenskonfiguration V1 in einer Wolken-ähnlichen Form. Das deutet auf eine gute Übereinstimmung hin. Nur Prüfer J8 (grauer Punkt) liegt etwas außerhalb, weil er die Probe V1 etwas anders als der Rest des Panels wahrgenommen hat. Das gleiche Verhalten von J8 ist auch bei der Probe M1 zu erkennen. Die Einzelkonfigurationen der Objekte M3 und M4 sind fast gleich positioniert. Die einzigen Ausnahmen für M4 machen der gelbe und dunkelblaue Punkt, die zu den J7 und J10 gehören.

In Abbildung 23b ist ein Biplot zu sehen. Es zeigt die Position der Proben und der Attribute in der Konsenskonfiguration. Da alle Panelisten die gleichen vier Attribute beurteilten, wird auch von GPA die bestmögliche Position für jede Variable bestimmt, die die größte Übereinstimmung zwischen den Panelisten darstellt. Der Biplot zeigt, dass der erste Faktor F1 (oder in diesem Fall auch die erste Hauptkomponente) mit 60,42 % den größten Anteil der Varianz bei der Darstellung enthält. Die Begriffe heutig-strohig und brühig-würzig liegen auf der rechten (positiven) Seite des Faktors 1, während die Attribute fruchtig und karamellig auf der linken (negativen) Seite des F1 zu finden sind. Das Attribut brühig-würzig liegt in der Mitte des rechten unteren Quadranten, nahe der zweiten Hauptachse. Somit wird der Deskriptor brühig-würzig nach Abbildung 23b fast nur vom zweiten Faktor F2 beeinflusst, der nur eine erklärte Varianz von 26,39 % aufweist.

Aus der Position der Objekte und Attribute in der Konsenskonfiguration der Abbildung 23b lässt sich folgendes interpretieren: Die nebeneinander liegenden Marktproben M3 und M4

wurden sehr ähnlich beurteilt. Beide lassen sich mit den Attributen fruchtig und karamellig beschreiben. Zudem ist die Handelsprobe V1 laut Abbildung 23b in den Deskriptoren heuig-strohig und brübig-würzig ausgeprägt, während die Marktprobe M1 stark durch einen heuig-strohigen Geruch charakterisiert wird.

Allerdings ist die Betrachtung des Biplots (Abbildung 23b) nicht ausreichend, um eine endgültige Charakterisierung der Proben vorzunehmen. Wie in der Durchführung erwähnt, besitzen diese Attribute keine feste Definition. Es wurden lediglich drei Referenzen zur Orientierung dargereicht. In anderen Worten müssen alle Panelisten nicht dasselbe unter jedem Attribut verstehen. Um herauszufinden, ob die Attribute in gleicher Weise verwendet und verstanden wurden, werden nach Dijkstra [96] die Korrelationen zwischen den Hauptkomponenten und den Originalattributen in einem Korrelationskreis graphisch dargestellt (s. Abbildung 24). Die Korrelation bzw. die Beziehung zwischen zwei Variablen wird in einem Korrelationskoeffizienten r (hier Koeff.) zusammengefasst, der zwischen den Werten 1 und -1 liegt [117]. Je näher der Koeffizient dem Wert 1 oder -1 ist, desto stärker ist die positive oder negative Korrelation zwischen den Variablen (hier: zwischen den Attributen und Faktoren). Nach Meilgaard *et al.* [117] steigt der Informationsgehalt einer Variablen in einem Korrelationskreis mit zunehmendem (absoluten) Korrelationskoeffizienten. Aus diesem Grund werden in dieser Arbeit nur Attribute mit einem Korrelationskoeffizienten $\geq 0,5$ und $\leq -0,5$ für die Interpretation berücksichtigt.



Eckige Klammern wurden von der Verfasserin eingefügt und stehen für die Korrelation mehrerer Attribute mit demselben Korrelationskoeffizienten. Sie sind demselben Punkt zuzuweisen.

Abbildung 24: Set 2 – Korrelationskreis zwischen Variablen und Faktoren

In Abbildung 24 ist ersichtlich, dass fast alle Attribute nahe dem Rand des Korrelationskreises liegen und somit hohe Korrelationskoeffizienten haben. Bei den Prüfern J4 und J13 weist der

Begriff brühig-würzig aufgrund der Positionen Koeffizienten von kleiner als $|0,5|$ auf und besitzt demnach einen niedrigen Informationsgehalt.

Weiterhin erkennt man aus dem Korrelationskreis, dass fast alle Nennungen des Begriffs karamellig auf der linken Seite des ersten Faktors stark miteinander korrelieren. Das heißt, dass alle Panelisten dasselbe unter „karamellig“ verstanden. Auch das Attribut heuig-strohig weist ähnliche Korrelationskoeffizienten im ersten Quadranten (rechts oben) auf. Eine deutlich geringere Übereinstimmung zwischen den Panelisten konnte bei den Deskriptoren brühig-würzig und fruchtig erzielt werden. Vor allem der Begriff fruchtig ist über die drei Quadranten des Korrelationskreises zerstreut. Das bedeutet, dass die Prüfer nicht dasselbe unter dem Wort fruchtig verstanden und unterschiedliche Empfindungen damit assoziierten. „Brühig-würzig“ befindet sich in sechs von den insgesamt zehn Nennungen im zweiten Quadranten (rechts unten) und korreliert sowohl mit dem positiven Bereich des Faktors 1 (F1(+)) als auch mit dem negativen Bereich des Faktors 2 (F2(-)).

Schließlich kann man sagen, dass die oben erwähnte Variableninterpretation des Biplots aus Abbildung 23 nur für die Begriffe karamellig, heuig-strohig und wahrscheinlich auch für brühig-würzig zutreffend ist. Die Zuweisung des Attributs fruchtig zu einer bestimmten Probe sollte unter Vorbehalt erfolgen, denn es besteht keine eindeutige Korrelation zu einem Faktor.

Bezüglich der Anwendung der Methode Flash Profiling für die Profilierung von Chili- und Paprikapulvern ist auf folgende Vorteile und Nachteile hinzuweisen: Einerseits stellte sich die Ermittlung der Ausprägungen mit einem Ranking als unkompliziert und für die Panelisten leicht durchführbar dar. Zudem hatten sie die Möglichkeit sich jeweils auf ein bestimmtes Attribut zu konzentrieren, was einer der Gründe für die ausgeprägte Übereinstimmung sein könnte. Andererseits ist beim Interproduktvergleich der Proben aufgefallen, dass der Geruch des *Capsicum*-Pulvers nach dem zweiten Prüfen nicht genauso intensiv war. Die Aromanoten der Proben wirkten teilweise stechend und verflogen relativ schnell. Auch wenn bei dieser olfaktorischen Prüfung nur vier Attribute zu beurteilen waren, muss man damit rechnen, dass man pro Attribut jede Probe mindestens viermal aufdecken und testen soll. Darüber hinaus äußerten viele Panelisten eine ausgesprochene Ermüdung des Geruchssinns, die durch das häufige Schnüffeln an den Proben verursacht wurde. Auf Grund dieser Tatsache ist eine Flash Profilierung mit aromaschwachen Proben wie Chili- und Paprikapulver für dieses Panel nicht vorstellbar. Eine Profilierung des Geschmacks mit vier Proben und vier Attributen würde eine viermalige Verkostung pro Probe bedeuten, also insgesamt 16-mal *Capsicum*-Pulver in einer Sitzung zu prüfen. Die Schärfe der Proben würde die Sinne der Prüfer extrem belasten. Außerdem könnte der mit der Schärfe verbundene Carry-over-Effekt durch die mehrmalige Verkostung einen noch stärkeren negativen Einfluss auf die Auswertung haben.

Abschließend kann gesagt werden, dass gute Ergebnisse mit den undefinierten Attributen erzielt werden konnten, da nach den Transformationsschritten der GPA fast 80 % von der Gesamtvarianz erklärt wurde. Dabei ersparte man sich ein intensives Training zur Erstellung eines gemeinsamen Vokabulars. Die GPA lieferte schließlich eine Konsenskonfiguration, bei der klare Zusammenhänge zwischen den Proben und manchen Variablen erkannt werden konnten.

4.1.4 Freies Auswahlprofil (FCP)

4.1.4.1 Gustatorische Untersuchung von kommerziellen Paprikaproben (Set 3)

Die Methode Free Choice Profiling (FCP) wurde mit den in Tabelle 19 aufgeführten Handelsproben getestet. Da bei FCP nicht jedes Attribut, sondern jede Probe einzeln untersucht wird, erhofft man sich, eine sensorische Ermüdung der Panelisten zu vermeiden. Außerdem können die Ergebnisse weiterhin mit der Verallgemeinerten Prokrustes Analyse zur Korrektur der Skalennutzung und des Interpretationseffekts ausgewertet werden.

Beim Set 3 handelt es sich nicht um native Proben, sondern um vier kommerzielle *Capsicum*-Pulver; zwei davon sind handelsübliche Sorten im deutschen Markt. Das Set 3 bestand aber aus fünf Proben. Die Probe „Paprika ungarisch, edelsüß“ wurde zweimal mit verschiedenen Zufallszahlen den Prüfern dargereicht, einmal als Prüfprobe S3 und einmal als Kontrollprobe S3(K). Diese Kontrollprobe wurde eingesetzt, um die Diskriminierfähigkeit der Panelisten mit dieser neuen Methode zu prüfen. Jede der fünf Proben wurde in einer Sitzung von jedem Prüfer verkostet und gustatorisch mit der eigenen Begriffsliste beurteilt. Im Abstand von einer Woche wurde eine Wiederholungsitzung mit einer geänderten Probenaufstellung durchgeführt.

Tabelle 19: Set 3 – Untersuchte Handelsproben der Marke „Schuhbecks Gewürze“

Nr.	Land	Produktname	Spezies
S1	Spanien	Paprika grün	<i>C. annuum</i>
S2	Spanien	Piment La Vera pikante, geräucherter Paprika	<i>C. annuum</i>
S3	Ungarn	Paprika ungarisch, edelsüß	<i>C. annuum</i>
S4	n. b.	Paprika scharf	<i>C. annuum</i>
S3(K)	Ungarn	Paprika ungarisch, edelsüß	<i>C. annuum</i>

n. b. = nicht bekannt

Die gustatorische Prüfung lieferte insgesamt 139 beschreibende Begriffe. Jeder Prüfer benutzte durchschnittlich 12 Attribute, um den retronasalen Geruch (OG), die Geschmacksarten (GS) und die trigeminale Wahrnehmung (TW) der Proben zu beschreiben. Die häufigsten Attribute bei insgesamt 12 Prüfern waren folgende: rauchig (10 Nennungen), L-fruchtig (8-mal), L-heuig-strohig (7-mal), süß (11-mal), bitter (11-mal) und scharf (12-mal).

Der mit GPA berechnete Konsens konnte 72,5 % (bzw. $R_c = 0,725$) der Ausgangsvarianz erklären. Zudem konnte ein von XLSTAT durchgeführter Dimensionstest feststellen, dass drei Faktoren (F1, F2, F3) nötig sind, um die Konsenskonfiguration darzustellen. Die unten stehende Tabelle 20 weist darauf hin, dass die ersten zwei Hauptkomponenten bereits 79 % der Varianz erklären. Der Faktor F1 hat einen hohen Eigenwert und enthält somit die größte Information über die Proben. Deswegen ist F1 mit einer Variabilität von 52 % vertreten.

Tabelle 20: Set 3 – Eigenwerte und Varianz der Faktoren für die Konsenskonfiguration

	F1	F2	F3	F4
Eigenwert	12,9	6,5	3,5	1,8
Varianz (%)	52,4	26,3	14,2	7,1
Kumulierte Varianz (%)	52,4	78,7	92,9	100,0

Die individuellen Begriffslisten der Panelisten bilden 12 verschiedene Datensätze, also 12 Einzelkonfigurationen für jede Probe. Sie sind in Abbildung 25 durch blaue, grüne, lila, braune und gelbe Punkte symbolisiert. Mit GPA wurden die Einzelkonfigurationen miteinander kombiniert und angepasst, bis eine Konsenskonfiguration, eine Art Gruppenmittelwert, entstand (rote Punkte). Mittels PCA ist eine Visualisierung der Position der Proben aller Konfigurationen mit den signifikanten Faktoren möglich.

Abbildung 25a zeigt, dass die Proben S1, S3 und S3(K) auf der positiven Seite des Faktors F1 positioniert sind, während die Proben S2 und S4 auf der negativen Seite des Faktors F1 liegen. Faktor 2 trennt wiederum die Proben S1 und S2 von den Proben S3, S3(K) und S4. Da jede Probensorte einem Quadranten zugewiesen wurde, lassen sich alle Proben über mindestens zwei Faktoren beschreiben. Vor allem korreliert Probe S1 stark mit den Faktoren F1(+) und F2(+). Aus der Position der Objekte zueinander ist erkennbar, dass die Probe S3 und die Kontrollprobe S3(K) sehr ähnlich wahrgenommen wurden, was für ein gutes Unterscheidungsvermögen der Panelisten spricht. Proben S1 (Paprika grün), S2 (Paprika geräuchert), S3 (Paprika ungarisch) und S4 (Paprika scharf) sind weit voneinander positioniert. Demzufolge weisen sie deutliche Unterschiede im Geschmack auf.

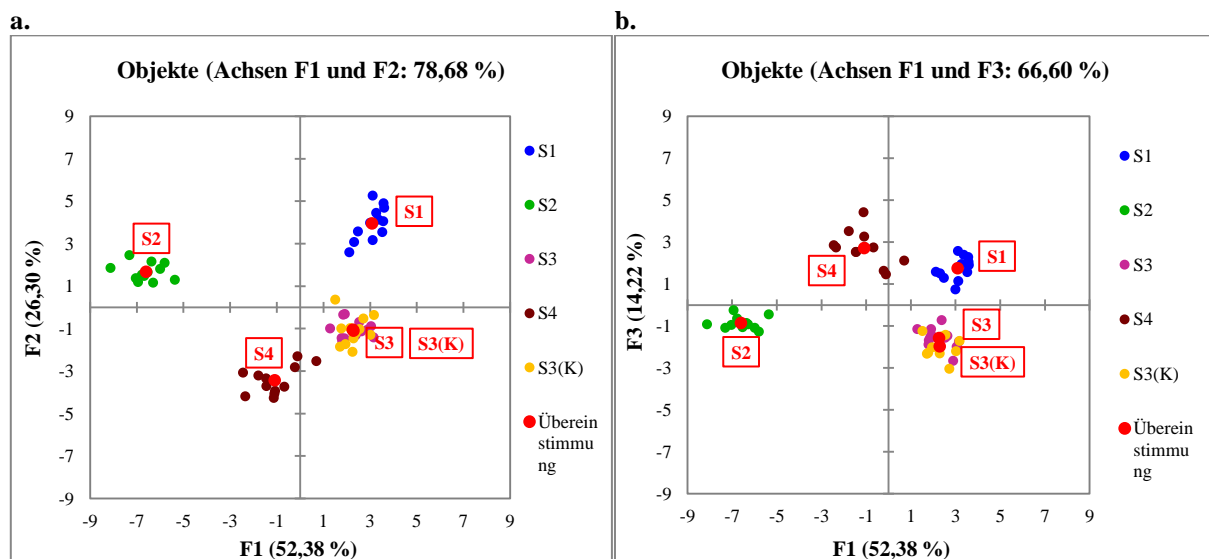


Abbildung 25: Hauptkomponentenanalyse des Sets 3 nach der GPA – Darstellung der Produkte nach den Einzelkonfigurationen und der Konsenskonfiguration mit den Faktoren: F1 und F2 (a) und F1 und F3 (b)

Darüber hinaus ist aus Abbildung 25a ersichtlich, dass die Abstände der Einzelkonfigurationen (gelbe, blaue, braune, lila oder grüne Punkte) zum Konsens (rote

Punkte) sehr klein sind. Dies bedeutet, dass eine große Übereinstimmung zwischen den Panelisten bei der gustatorischen Profilierung aller Proben des Sets 3 gegeben ist.

In Abbildung 25b sind die Konfigurationen in Abhängigkeit von den Faktoren F1 und F3 dargestellt. Die Projektion der Ergebnisse mit dem Faktor F3 erklärt aber nur 14 % Varianz und weist insgesamt nur 66 % kumulierte Varianz (F1 + F3) auf. Der wesentliche Unterschied zum linken Diagramm ist, dass die Position der Proben S2 und S4 vertauscht wurden und dass eine ausgeprägte Korrelation zwischen den Proben S3, S3(K), S4 und dem Faktor F3 besteht. Mangels erklärter Varianz auf F3 wird im Folgenden auf die dritte Komponente verzichtet. Dies führt zu einer einfacheren Interpretation der Variablen bzw. der Probeneigenschaften.

Zur Charakterisierung der Proben ist neben der Korrelation der Proben zu den Faktoren auch die Korrelation der Attribute zu den Faktoren nötig. Letztere erfolgt in der Regel mit einem Korrelationskreis. Beim Probenset 3 wird jedoch von einem Korrelationskreis abgesehen. Stattdessen werden die Attribute mit den entsprechenden Korrelationskoeffizienten tabellarisch aufgestellt (Tabelle 21), da aufgrund hoher vorhandener Korrelationen der Korrelationskreis sehr unübersichtlich wäre. Dabei wurden nur die Deskriptoren gewählt, die einen Korrelationskoeffizienten $\geq 0,5$ und $\leq -0,5$ auf Faktor 1 oder Faktor 2 haben. Dabei gilt, je größer der Korrelationskoeffizient (Koeff.), desto stärker korreliert die Variable mit dem jeweiligen Faktor und desto höher ist der Informationsgehalt.

Weiterhin muss beachtet werden, dass die Prüfer Begriffe ohne vorherige Einigung wählten, sodass völlig unterschiedliche Attribute miteinander korrelieren könnten. Dennoch können jene Attribute eine ähnliche oder sogar dieselbe Bedeutung haben. Die Methode Free Choice Profiling basiert auf der Annahme, dass Prüfpersonen in der Lage sind, dasselbe wahrzunehmen. Allerdings definieren und assoziieren sie ihre Wahrnehmungen unterschiedlich. Deswegen geben sie sie mit unterschiedlichen beschreibenden Begriffen oder Assoziationen wieder.

Laut Tabelle 21 weisen die Begriffe scharf und brennend die größten Korrelationskoeffizienten mit der negativen Seite des Faktors 1 auf, mit insgesamt 12 Nennungen für scharf und 7 für brennend. Das heißt, je stärker eine Probe mit F1(-) korreliert, desto schärfer und brennender wurde sie von den Panelisten empfunden. Somit korrelieren S4 (Paprika scharf) mäßig und S2 (Paprika geräuchert) stark mit den Attributen scharf und brennend. Ferner besitzen viele Variablen in F1(-) den Korrelationskoeffizienten -0,916. Darunter findet man rauchig (mit 8 Nennungen), fleischig/Schinken, rauchig-verbrannt und Zigarettenrauch. Diese Adjektive charakterisieren ebenfalls S2 und vor allem S4, da beide Proben nach Abbildung 25a stark mit F1(-) in Beziehung stehen.

Dazu liegen 5 Nennungen von L-brühig-würzig auf F1(-), die laut der Definition von Tabelle 8 an Maggi-Brühe und Geschmacksverstärker erinnern soll. Dies könnte mit den 4 Nennungen von salzig und der Einzelnennung von umami zusammenhängen, da beide Geschmacksarten in diesen Assoziationen zu finden sind. Ob S2 (Paprika geräuchert) sich auch durch einen brühigen Geschmack charakterisieren lässt, ist aufgrund der geringen Anzahl an Nennungen mit Vorsicht zu interpretieren.

Das Attribut süß korreliert mit der positiven Seite des Faktors 1 und mit der des Faktors 2. Dies entspricht der Lage von S1 (Paprika grün). Somit zeichnete sich S1 durch einen ausgeprägten süßen Geschmack aus. Da die Süße auch stark mit F1(+) korreliert, wurde Probe S3 (Paprika ungarisch edelsüß) auch als süß bewertet. Eine Zuordnung der weiteren

Geschmacksarten wie salzig, bitter, sauer und umami zu den restlichen Proben ist nicht möglich, da es keine repräsentative Anzahl an Nennungen gibt (mindestens die Hälfte der Teilnehmeranzahl), und diese sogar in verschiedenen Faktorbereichen zerstreut sind.

Tabelle 21: Set 3 – Korrelation zwischen Faktoren und Attributen in der Konsenskonfiguration

Faktor 1				Faktor 2			
F1(-)	Koeff.	F1(+)	Koeff.	F2(-)	Koeff.	F2(+)	Koeff.
brennend	-0,992	sauer	0,985	bitter	-0,925	süß	0,964
scharf	-0,985	süß	0,952	Paprika	-0,910	seifig	0,940
scharf	-0,972	süß	0,883	L-heuig-strohig	-0,887	fruchtig	0,937
scharf	-0,964	süß	0,858	L-heuig-strohig	-0,879	fruchtig	0,937
scharf	-0,961	süß	0,860	L-muffig	-0,873	L-brühig-würzig	0,832
scharf	-0,958	süß	0,791	bitter	-0,863	adstringierend	0,770
brennend	-0,957	L-heuig-	0,693	fruchtig	-0,782	sauer	0,774
scharf	-0,935	L-fruchtig	0,611	muffig	-0,780	Gemüsepaprika	0,774
scharf	-0,933	bitter	0,604	umami	-0,780	salzig	0,774
brennend	-0,931	umami	0,601	sauer	-0,721	frisch	0,774
brennend	-0,931	süß	0,576	L-karamellig	-0,695	ingwerartig	0,774
scharf	-0,921	L-fruchtig	0,511	Pfeffer	-0,670	süßlich-blumig	0,774
brennend	-0,920	bitter	0,503	zuckerfreier	-0,674	Curry	0,774
rauchig	-0,916			salzig	-0,674	würzig-getr. Kräuter	0,774
rauchig	-0,916			sahnig	-0,674	L-heuig-strohig	0,774
brennend	-0,916			würzig/Lebkuchen	-0,674	bitter	0,774
umami	-0,916			L-würzig	-0,674	adstringierend	0,774
salzig	-0,916			L-blumig	-0,674	blumig	0,774
salzig	-0,916			bitter	-0,674	grüne Paprika	0,774
Raucharoma	-0,916			strohig	-0,674	L-fruchtig	0,774
rauchig	-0,916			Lebkuchen	-0,674	würzig-Basilikum	0,774
rauchig	-0,916			L-karamellig	-0,674	L-fruchtig	0,774
rauchig	-0,916			L-fruchtig	-0,674	muffig-käsigt	0,774
rauchig/verbrannt	-0,916			kratzig	-0,674	L-brühig-würzig	0,774
salzig	-0,916			L-heuig-strohig	-0,674	L-brühig-würzig	0,771
rauchig/Zigarette	-0,916			rauchig	-0,674	süß	0,701
rauchig	-0,916			L-heuig-strohig	-0,650	süß	0,691
scharf	-0,916			bitter	-0,641	süß	0,662
rauchig	-0,916			bitter	-0,620	umami	0,637
Fleisch/Schinken	-0,916					bitter	0,625
brennend	-0,897					süß	0,595
L-brühig-würzig	-0,875					L-fruchtig	0,588
scharf	-0,870					bitter	0,578
scharf	-0,871						
salzig	-0,865						
rauchig	-0,833						
muffig	-0,792						
scharf	-0,776						
L-brühig-würzig	-0,759						
sauer	-0,750						
L-brühig-würzig	-0,722						
L-brühig-würzig	-0,702						
bitter	-0,662						
bitter	-0,621						
L-brühig-würzig	-0,545						

Auf der negativen Seite von F2 sind vier Nennungen des Begriffs L-heuig-strohig, die wegen der „L-“, Codierung dieselbe Definition für alle Erwähnungen besitzen sollten. Auf Grund der

geringen Anzahl an Attributen oder ähnlichen Assoziationen kann der Begriff L-heuig-strohig keiner Probe zugeordnet werden.

Auf F2(+) deuten 16 Begriffe mit einem gemeinsamen Korrelationskoeffizienten von 0,774 auf würzige und fruchtige Eindrücke im retronasalen Geruch hin. Sie wurden aber mit unterschiedlichen Attributen oder Assoziationen beschrieben, zum Beispiel L-brühig-würzig, Ingwer, Curry für die würzigen Noten und süßlich-blumig, fruchtig, frisch, Gemüsepaprika für die fruchtigen Noten. Diese Eigenschaften beschreiben vor allem die Probe S1 (Paprika grün).

Ferner ist es von Interesse, die Reproduzierbarkeit der Prüfer zu untersuchen. Dafür vergleicht man die Position der Proben der ersten Messung mit der aus der Wiederholungsmessung in der Konsenskonfiguration. Im Vergleich zu anderen statistischen Computerprogrammen (wie Procrustes-PC [96]) ist mit dem verwendeten Auswerteprogramm XLSTAT nur die Dateneingabe der Probenmittelwerte möglich. Das Programm weist keine zusätzliche Option für Daten aus Messwiederholungen oder Wiederholproben auf, sodass keine statistische Aussage über die Wiederholbarkeit geliefert werden kann. Dennoch kann eine qualitative Bewertung gemacht werden, indem man das Probenset der zweiten Sitzung als neue Proben beschriftet und neu auswerten lässt. Daraus ergeben sich die Hauptkomponentenanalysen (nach den GPA-Transformationen) aus Abbildung 26 mit 10 Proben, wobei W für die Wiederholungsmessung jeder Probe steht. Dabei gilt, je kleiner die Abstände zwischen den Konfigurationen (S und S_W), desto ähnlicher wurden die Proben zwischen den Messwiederholungen von den Prüfern bewertet [96].

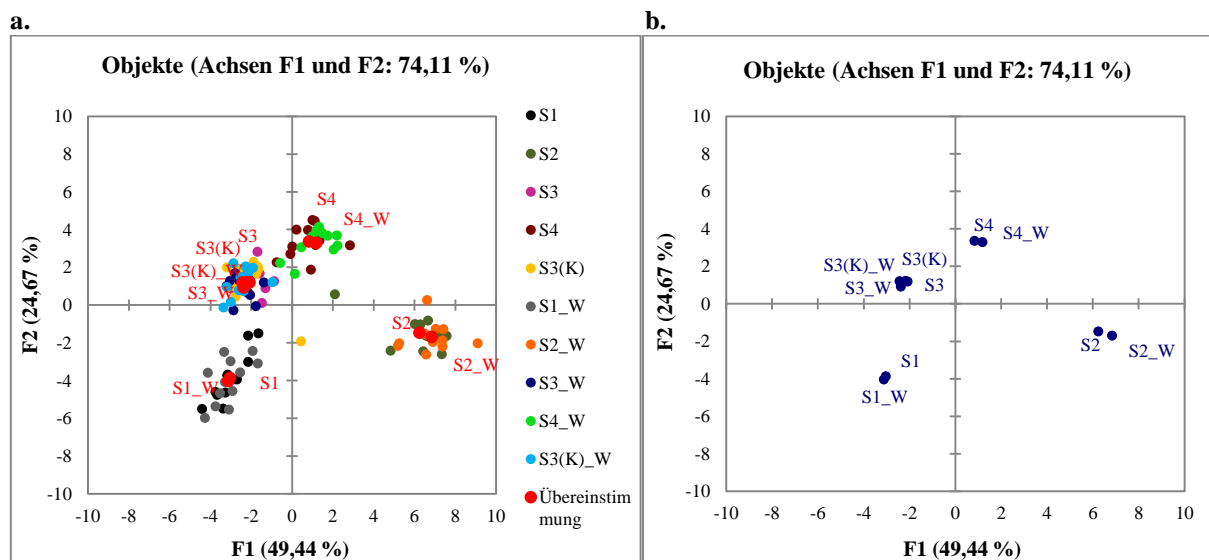


Abbildung 26: Hauptkomponentenanalyse des Sets 3 nach der GPA bei der ersten Messung und der Messwiederholung (W) – a. Darstellung der Produkte mit den Einzelkonfigurationen, b. Darstellung der Produkte in der Konsenskonfiguration

Abbildung 26a zeigt, dass Einzelkonfigurationen für jede Probe aus der ersten Messung (S1, S2, S3, S4, S3(K)) und der zweiten Messung (S1_W, S2_W, S3_W, S4_W, S4(K)_W) fast übereinander liegen und sich relativ nahe der Konsenskonfigurationen (rote Punkte) befinden.

Somit bewerteten die Prüfer den Geschmack der Proben in der ersten und in der zweiten Messung sehr ähnlich. Abbildung 26b weist deutlich fast identische Gruppenmittelwerte (oder Konsenskonfigurationen) für jede Probe auf, da der Abstand zwischen den blauen Punkten für jede Probesorte minimal ist. Dies ist ein Zeichen für eine gute Wiederholbarkeit der Panelisten.

Abschließend kann gesagt werden, dass die Methode Free Choice Profiling (FCP) sehr gute Ergebnisse mit diesen 4 Paprika- und Chilisorten erbrachte. Auf der einen Seite konnte anhand der Darstellung mittels PCA festgestellt werden, welche Proben sich ähnelten und welche sich unterschieden. Dazu kommt, dass die Prüfer die Proben S3 und S3(K) fast identisch wahrnahmen und beurteilten, obwohl sie keine Kenntnis der Nutzung einer Kontrollprobe im Set 3 hatten. Deren Bewertungen führte zu übereinander liegenden Konsenskonfigurationen, was die gute Diskriminierung durch die Panelisten zum Ausdruck brachte. Anhand der PCA-Darstellung der Proben aus beiden Messungen konnte auch eine reproduzierbare Bewertung der Prüfer gezeigt werden. Eine grobe Charakterisierung der einzelnen Proben mit den wichtigsten und für die Proben zu erwartenden Merkmaleigenschaften konnte auch mit der Methode FCP erreicht werden.

Auf der anderen Seite manifestierten die Prüfer keine Ermüdung oder sonstige Beschwerden bei der Durchführung von FCP, da jede Probe nur einmal untersucht wurde. Weiterhin äußerten die Prüfer, dass ihnen die Beschreibung der Proben bei der Verwendung von eigenen Attributen leichter fiel und schneller ging.

4.1.4.2 Olfaktorische Untersuchung von kommerziellen Chiliprüben (Set 4)

Mit dem *Capsicum*-Set 4 soll die Anwendung der Methode Free Choice Profiling auf das Merkmal Geruch untersucht werden. Im Vergleich zum Set 3 handelt es sich bei Set 4 um auf dem deutschen Markt relativ ungewöhnliche Chilisorten, vor allem in Pulverform. Aufgrund ihrer dominanten Schärfe wurden diese Handelsproben nicht zur Verkostung gegeben. Sie eigneten sich besser für eine olfaktorische Prüfung. Das Set 4 bestand laut Tabelle 22 aus fünf Proben: vier Prüfproben (S5, S6, S7 und S8) und einer Kontrollprobe S6(K).

Tabelle 22: Set 4 – Untersuchte Handelsproben der Marke „Schuhbecks Gewürze“

Nr.	Land	Produktname	Spezies
S5	n. b.	Chili gemahlen (Cayennepfeffer)	<i>C. annuum</i>
S6	Mexiko	Chili Chipotle	<i>C. annuum</i>
S7	n. b.	Chili Guajillo	<i>C. annuum</i>
S8	Mexiko	Chili Habanero	<i>C. chinense</i>
S6(K)	Mexiko	Chili Chipotle	<i>C. annuum</i>

n. b. = nicht bekannt

Zur olfaktorischen Beschreibung der in Tabelle 22 aufgeführten Proben wurden 89 Begriffe aufgeführt. Jeder der 11 Prüfer wählte zwischen 3 und 11 Attributen. Am häufigsten wurden folgende Deskriptoren verwendet: L-brühig-würzig (9-mal), rauchig (7-mal), L-heuig-strohig (6-mal), L-karamellig (5-mal), schokoladig (5-mal) und stechend (5-mal).

Der von der Software XLSTAT durchgeführte Konsenstest lieferte einen R_c -Wert von 0,834. Das heißt, dass 83,4 % der Gesamtvarianz durch den von GPA berechneten Konsens erklärt wird. Zudem konnte durch einen Dimensionstest festgestellt werden, dass drei Dimensionen oder Faktoren notwendig sind, um die ermittelte Konsenskonfiguration mittels PCA anzuzeigen. Der unten stehenden Scree-plot (Abbildung 27) verdeutlicht graphisch das statistische Ergebnis des Dimensionstests. Dabei steht jeder Balken (in Verbindung mit der linken Achse) für die Eigenwerte jedes Faktors. Die rechte Achse zeigt, wie viel Varianz in Prozenten von jedem Faktor auf der Hauptkomponentenanalyse (PCA) erklärt wird. Somit erklärt der erste Faktor mit einem Eigenwert von 12,77 mehr als die Hälfte der Varianz (53,09 %). Dies bedeutet, dass der Faktor 1 den größten Informationsgehalt vom Probenet 4 aufweist. Anhand des Eigenwertes für F2 (6,94) erkennt man, dass die zweite Dimension nur die Hälfte an Information im Vergleich zu F1 liefert und dass die dritte Dimension nur einem Drittel vom Eigenwert des Faktors 1 entspricht. Die dritte Dimension erklärt nur 15 % Varianz. Die Faktoren F1, F2 und F3 weisen zusammen eine kumulierte Varianz von 99,58 % auf. In Abbildung 28 sind die Proben des Sets 4 in der Konsenskonfiguration mit den drei signifikanten Faktoren dargestellt.

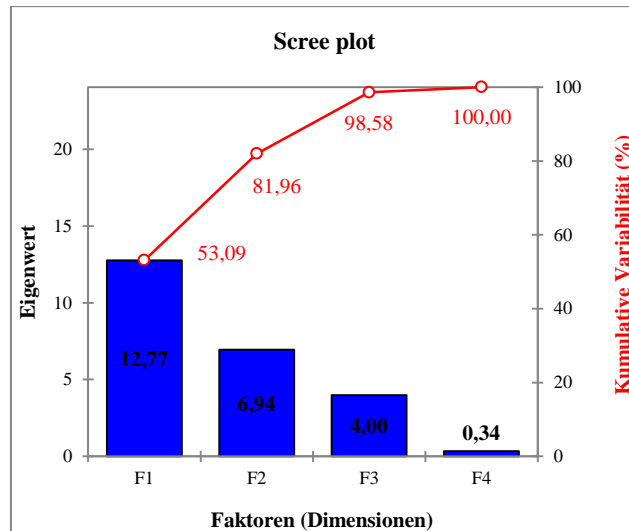


Abbildung 27: Set 4 – Eigenwerte (Scree-Plot) und kumulierte Varianz für die Darstellung der Konsenskonfiguration in der Hauptkomponentenanalyse

Nach Abbildung 28a korreliert F1(+) stark mit den Proben S6 und S6(K), sie differenzieren sich somit von den anderen. Auf der negativen Seite des F1 liegen die Proben S5, S7 und S8, wobei S5 mäßig, S7 etwas stärker und S8 stark mit F1(-) korrelieren. Dazu ist S5 mäßig und S7 stark von der negativen Seite des Faktors 2 beeinflusst. Die Probe S8 steht als einzige Probe in starker Korrelation mit den Faktoren F1(-) und F2(+).

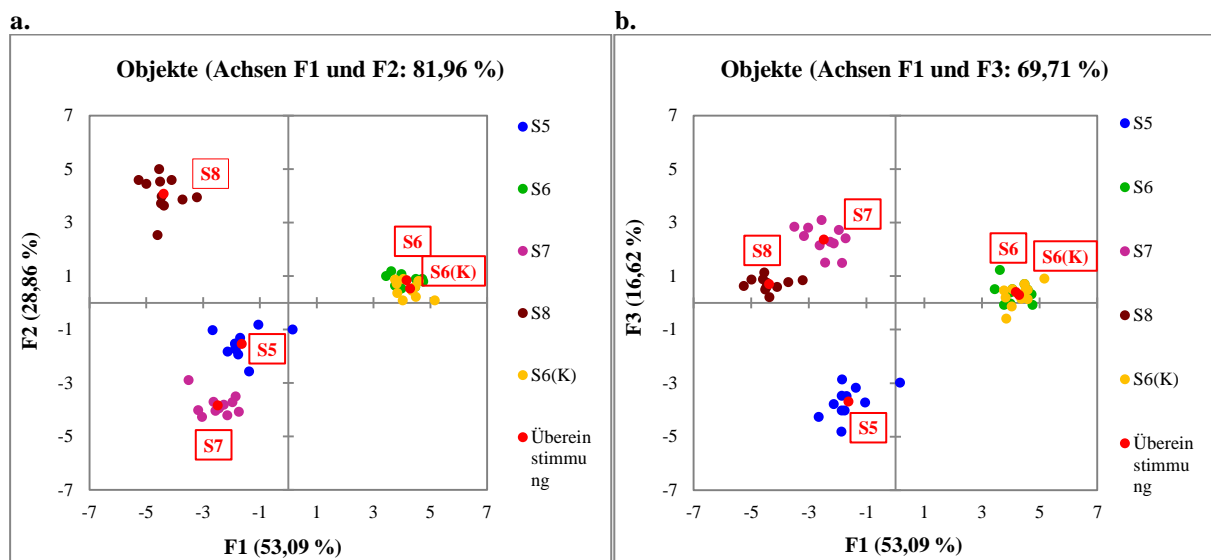
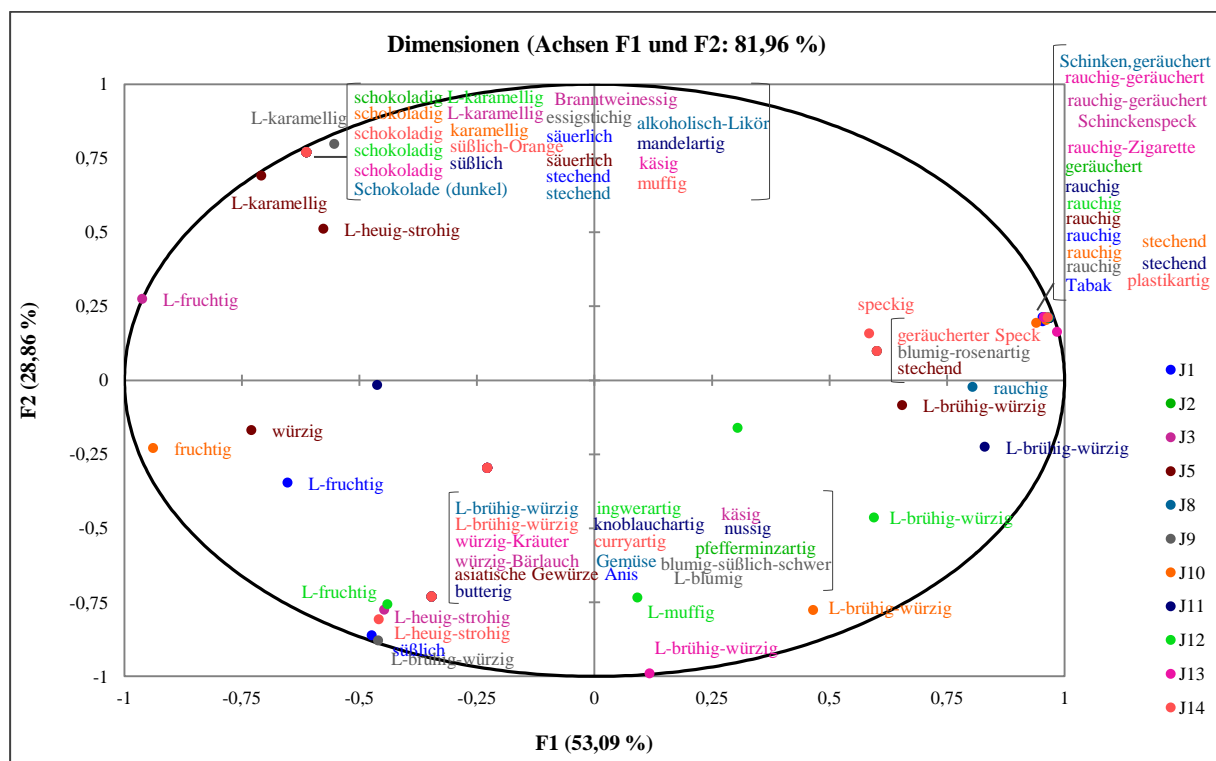


Abbildung 28: Hauptkomponentenanalyse des Sets 4 nach der GPA –Darstellung der Produkte der Einzelkonfigurationen und der Konsenskonfiguration mit den Faktoren: F1 und F2 (a) und F1 und F3 (b)

Die Position der Proben auf den Faktoren 1 und 2 geben zu verstehen, dass der Geruch der Probe S6 (Chili Chipotle) und der Kontrollprobe S6(K) fast gleich wahrgenommen wurde, da die Einzelkonfigurationen der Prüfer und die Konsenskonfigurationen vom Panel (rote Punkte) übereinander stehen. S5 (Chilis vermahlen) und S7 (Chili Guajillo) weisen

Gemeinsamkeiten entlang F1(-) und F2(-) auf. S8 (Chili Habanero) unterscheidet sich deutlich von den anderen drei Chilisorten (S5, S6, S7). Betrachtet man die Faktoren F1 und F3 aus Abbildung 28b erkennt man, dass sich nur die Proben S5 und S7 vom Faktor 3 beeinflussen lassen. S5 hat negative und S7 positive Werte auf dem dritten Faktor.

Zur Probencharakterisierung muss nach Zuordnung der Proben zu den Faktoren die Korrelation zwischen den Variablen und Faktoren anhand des Korrelationskreises betrachtet werden. Dabei werden nur Attribute mit einem Korrelationskoeffizienten $\geq 0,5$ und $\leq -0,5$ berücksichtigt. Im Folgenden wird nur auf den Korrelationskreis mit den Faktoren F1 und F2 eingegangen (s. Abbildung 29), da alle Proben in Beziehung mit F1 und F2 stehen. Der Faktor F3 enthält hauptsächlich Information von Probe S5.



Eckige Klammern wurden von der Verfasserin eingefügt und stehen für die Korrelation mehrerer Attribute mit demselben Korrelationskoeffizienten (Koeff.); sie sind demselben Punkt zuzuweisen. Variablen mit einem Koeff. $< |0,5|$ auf beiden Achsen wurden gelöscht.

Abbildung 29: Set 4 – Korrelationskreis zwischen den olfaktorischen Attributen und den Faktoren

Auf der positiven Seite des Faktors 1 mit einem Korrelationskoeffizienten nahe 1 dominieren die Merkmaleigenschaften rauchig und geräuchert. Rauchig hatte 7 Nennungen und geräuchert (auch in Verbindungen mit anderen Begriffen) wurde 5-mal erwähnt. Die anderen Panelisten hatten anscheinend denselben Eindruck, aber sie verwendeten ähnliche Wörter bzw. Assoziationen wie Schinken-geräuchert, rauchig-Zigarette, speckig, geräucherter Speck, usw. Da keine weiteren Attribute in Richtung rauchig im Korrelationskreis zu finden waren, kann man von einer großen Panelübereinstimmung ausgehen. Somit ist Chili Chipotle (S6) eindeutig durch einen rauchigen und/oder geräucherten Geruch charakterisiert. Dies wird durch die Kontrollprobe S6(K) bestätigt.

Weiterhin weist im oberen linken Quadranten des Korrelationskreises eine Gruppe von 21 Begriffen denselben Korrelationskoeffizienten von -0,61 mit F1 und 0,77 mit F2 auf. Darunter findet man 6-mal das Attribut schokoladig, 2-mal L-karamellig, 1-mal karamellig und 2-mal süßlich. Da laut Tabelle 8 das Wort L-karamellig (mit dem Präfix „L“) als ein süßmalziger Geruch definiert ist und mit Karamellbonbon, Schokolade, Kakao zu assoziieren ist, ist es sehr wahrscheinlich, dass die Panelisten dasselbe meinen und sie es nur anders beschreiben. Mit den „schokoladigen“ Attributen korrelieren aber auch die Begriffe stechend (2 Nennungen), säuerlich (2 Nennungen), essigstichig, Branntweinessig und alkoholisch-Likör. Ob die Prüfer diesen Eindruck anders beschrieben haben oder ob eine gleich intensive stechende säureähnliche Note bei den Proben wahrgenommen wurde, ist unklar. Eine ähnliche Korrelation mit F1(-) und F2(+) weist zweimal das Attribut L-karamellig von den Prüfern J5 und J9 auf. Aus diesem Grund kann man feststellen, dass die Probe S8 (Chili Habanero) stark vom Begriff schokoladig/karamellig geprägt ist.

Entlang der negativen Seite des Faktors 2 kommt der Deskriptor L-brühig-würzig 5-mal mit einem Korrelationskoeffizienten $\leq -0,5$ vor. L-brühig-würzig ist ein definiertes Attribut aus einer festgelegten Begriffsliste (vgl. Tabelle 8) und hat folgende Bedeutung: ein Geruch nach Gewürzen wie Gemüse- oder Fleischbrühe oder Maggi-Brühe. Die Definition von L-brühig-würzig zusammen mit den Attributen würzig-Kräuter, würzig-Bärlauch, asiatische Gewürze, Gemüse, butterig, ingwer- und knoblauchartig, die dieselbe Korrelation mit F2(-) von -0,73 haben, deuten auf einen würzigen oder an Gewürze erinnernden Geruch in dieser Position hin. Diese Eigenschaften sind den Proben S5 (Chilis vermahlen) und S7 (Chili Guajillo) zuzuordnen, wobei sie bei S7 stärker ausgeprägt sind als bei S5.

In Hinsicht auf der Wiederholbarkeit der Bewertungen seitens der Prüfer kann wie beim Set 3 (s. Kapitel 4.1.4.1) nur eine qualitative Aussage gemacht werden. Abbildung 30 zeigt die Hauptkomponentenanalyse von „10 Proben“. Dabei wurden nicht die Mittelwerte der Attributintensitäten zur Auswertung herangezogen, sondern die Rohwerte aus der ersten Messung (S5, S6, S7, S8, S6(K)) und der zweiten Messung (S5_W, S6_W, S7_W, S8_W, S6(K)_W). Abbildung 30a zeigt, dass die Proben in der Konsenskonfiguration bzw. im Gruppenmittelwert bei der ersten und zweiten Messung fast aufeinander liegen. In anderen Worten heißt dies, die Proben und die Kontrollproben wurden bei der Doppelbestimmung vom Panel fast gleich bewertet. Betrachtet man auch die Einzelkonfigurationen der 12 Prüfer pro Probe aus Abbildung 30b, so erkennt man, dass die Bewertungen der Prüfer für jede Probe nahe an dem jeweiligen Gruppenmittelwert (rote Punkte) liegen, sodass bei jeder Sitzung eine gute Panelübereinstimmung vorliegt.

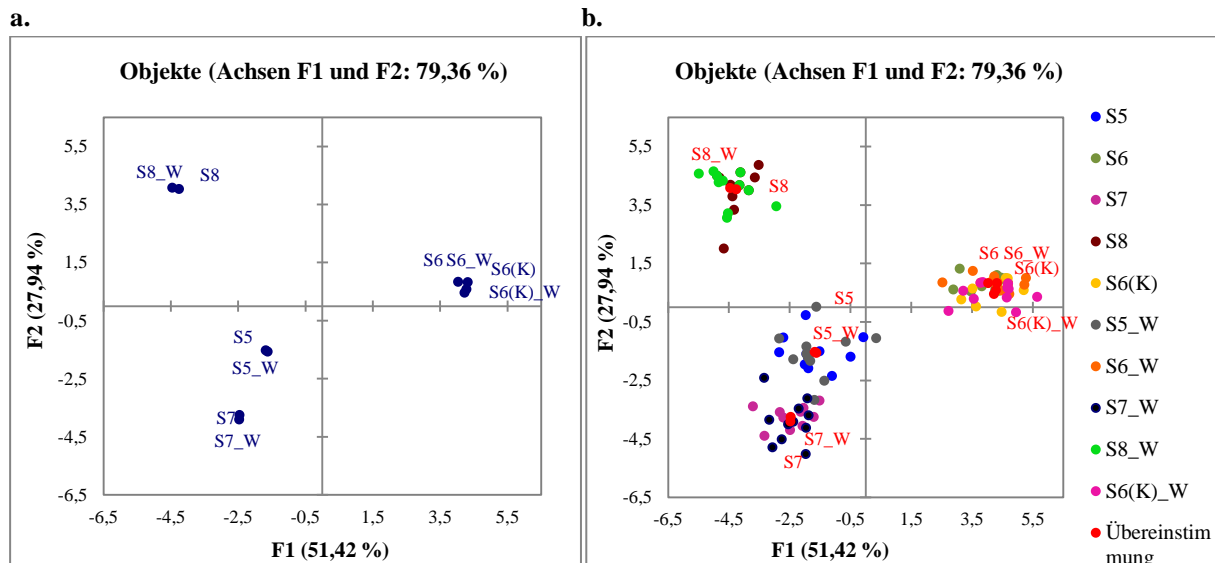


Abbildung 30: Hauptkomponentenanalyse des Sets 4 nach der GPA bei der ersten Messung und der Messwiederholung (W) – a. Darstellung der Produkte nach der Konsenskonfiguration, b. Darstellung der Produkte nach den Einzelkonfigurationen

Als Fazit der sensorischen Untersuchung mit dem Set 4 kann festgehalten werden, dass die Methode Free Choice Profiling auch für die olfaktorische Beurteilung von Chilipulvern geeignet ist. Weiterhin konnten die Zusammenhänge zwischen den Proben beschrieben werden und die Reproduzierbarkeit der Panelisten dargelegt werden. Eine grobe Charakterisierung jeder Probe war auch bei diesem Set möglich. Der nach GPA berechnete Konsens konnte einen erheblichen Anteil der Varianz erklären. Im Vergleich zu anderen Studien zur olfaktorischen Profilierung mit FCP, bei denen 30 % Konsensvarianz (bei den ersten zwei Dimensionen) erreicht wurde (Lachnit *et al.*, 2003 [118]), ist der hier erzielte Anteil an erklärter Varianz von 80 % erheblich größer. Das könnte daran liegen, dass die Prüfer bereits ein Training zur sensorischen Beschreibung von *Capsicum*-Pulvern abgelegt hatten oder daran, dass die Proben sehr deutliche Unterschiede aufwiesen.

Eine gustatorische und olfaktorische Profilierung der aus Handelsproben bestehenden Chilipulver-Sets 3 und 4 konnte mit der schnellen deskriptiven Methode Free Choice Profiling in kürzester Zeit (zwei Wochen pro Set) mit geringem Probenmaterial und Kostenaufwand durchgeführt werden. Die gute Diskriminierungsperformance und Wiederholbarkeit deuten darauf hin, dass sich diese Methode gut für die Profilierung von Projektproben eignen sollte. Somit stand der Anwendung von Free Choice Profiling für die nachfolgend beschriebene olfaktorische und gustatorische Untersuchung der Sets 5, 6, 7, 8 und 9 nichts entgegen.

4.1.4.3 Untersuchung von bolivianischen nativen Chiliprogen (Set 5)

Die erste sensorische Untersuchung von Projektproben erfolgte mit den bolivianischen Chilipulvern aus Tabelle 23 (Set 5). 13 Prüfer prüften in einer Doppelbestimmung die Merkmale Geruch und Geschmack. Die Daten wurden aufgrund der großen Anzahl an Variablen und zur besseren Übersichtlichkeit getrennt ausgewertet.

Tabelle 23: Set 5 – Untersuchte bolivianische native Chiliprogen

Nr.	Land	Organisation	Akzessions-Nr.	Spezies
P1*	Bolivien	CIFP	319-1	<i>C. annuum</i>
P2*	Bolivien	CIFP	485	<i>C. annuum</i>
P3*	Bolivien	CIFP	637	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
P4*	Bolivien	PROINPA	108 (764)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
P5*	Bolivien	PROINPA	P1 (765)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
P6*	Bolivien	PROINPA	P3 (769)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
P7*	Bolivien	PROINPA	P6 (772)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>

Die Nummern in Klammern entsprechen der Zusatzcodierung der jeweiligen Forschungsorganisation. Die mit * gekennzeichneten Projektproben gehören aufgrund der chemischen Charakterisierung zum „ausgewählten“ Material (engl. promising material).

Orthonasaler Geruch

104 Attribute wurden zur Beschreibung der olfaktorischen Eigenschaften der sieben Projektproben gesammelt. Die Attribute, die mehr als zweimal genannt wurden, sind folgende: L-brühig-würzig (11 Nennungen), L-fruchtig (11 Nennungen), L-karamellig (11 Nennungen), L-muffig (10 Nennungen), L-heutig-strohig (7 Nennungen), grün (3 Nennungen), rauchig (3 Nennungen). Zudem sind für Chilipulver untypische Deskriptoren wie faulig-vergoren, Frischkäse und Orange-Ananas mit Einzelnennungen aufgefallen.

Das Ergebnis des GPA-Konsenstests war signifikant, allerdings mit einem kleinen Rc-Wert von 0,45. Somit wurde weniger als die Hälfte der Gesamtvarianz (45 %) durch den Konsens erklärt. Der Dimensionstest von XLSTAT besagte zudem, dass 6 Faktoren notwendig sind, um die Konsenskonfiguration graphisch darzustellen. Mit sechs Faktoren ist jedoch eine Interpretation der Ergebnisse fast unmöglich. Deswegen wird in diesem Fall eine andere Methode, das Kaiser-Kriterium, herangezogen, um die Anzahl an relevanten Faktoren für die PCA zu bestimmen. Nach dem Kaiser-Kriterium sollten nur die Faktoren zur Interpretation berücksichtigt werden, die einen Eigenwert größer 1 aufweisen [14]. Abbildung 31 zeigt, dass nur die Faktoren F1 und F2 dieses Kriterium erfüllen. Somit sind die Faktoren F1 und F2 ausreichend zur Darstellung der Konsenskonfiguration. Obwohl die Projektion auf F1 und F2 nur 60 % der Varianz erklärt, wird das Ergebnis des Kaiser-Kriteriums dem Dimensionstest unter Vorbehalt vorgezogen. Die Interpretation der olfaktorischen Daten ist mit zwei Faktoren unkomplizierter und liefert übersichtlichere Zusammenhänge.

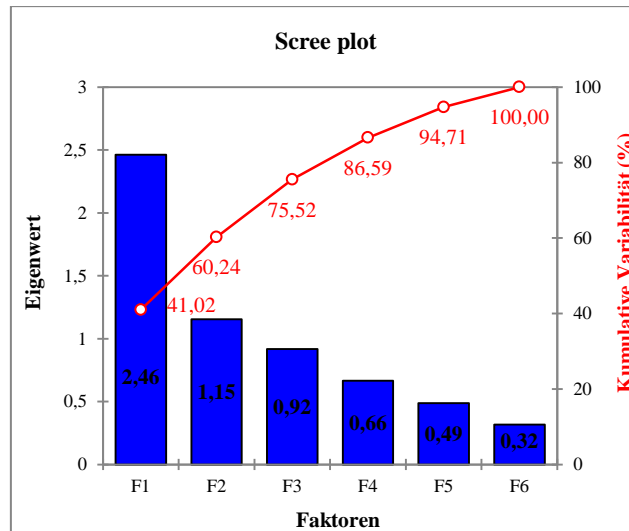


Abbildung 31: Set 5 – Eigenwerte (Scree-Plot) und kumulierte Varianz für die Darstellung der Konsenskonfiguration in der Hauptkomponentenanalyse

Abbildung 32a zeigt die Konsenskonfigurationen der Proben (rote Punkte mit der umrahmten Codierung) und die Einzelkonfigurationen der einzelnen Proben durch verschiedene Farben. Bei Betrachtung der Konsenskonfigurationen kann festgestellt werden, dass die Proben P1, P5 und P6 nahe dem Nullpunkt der F1-Achse liegen und nur mäßig mit dem Faktor 2 korrelieren. Da die Proben P1, P5 und P6 sehr nahe beieinander positioniert sind, ähneln sie sich entlang des F2(+). Der Faktor F1, der den größten Anteil der Varianz erklärt (41 %), trennt die Proben P2 und P3 (+) von den Proben P4 und P7 (-). Diese zwei Probengruppen weisen demzufolge Unterschiede auf. Während P2 nur von F1(+) beeinflusst wird, korrelieren die Proben P4 und P7 mit den negativen Seiten der Faktoren F1 und F2.

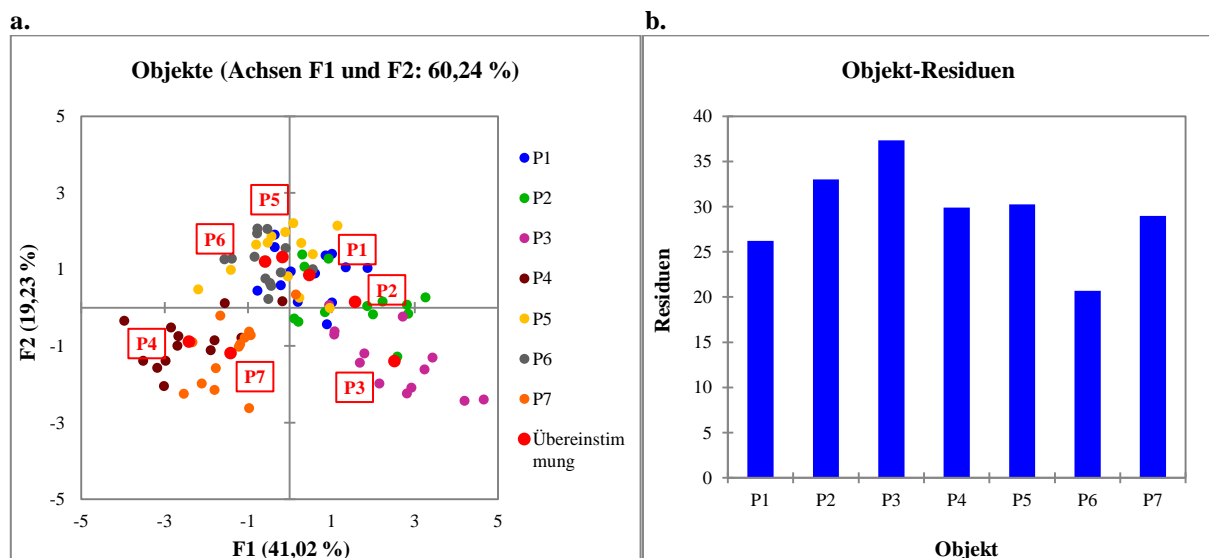
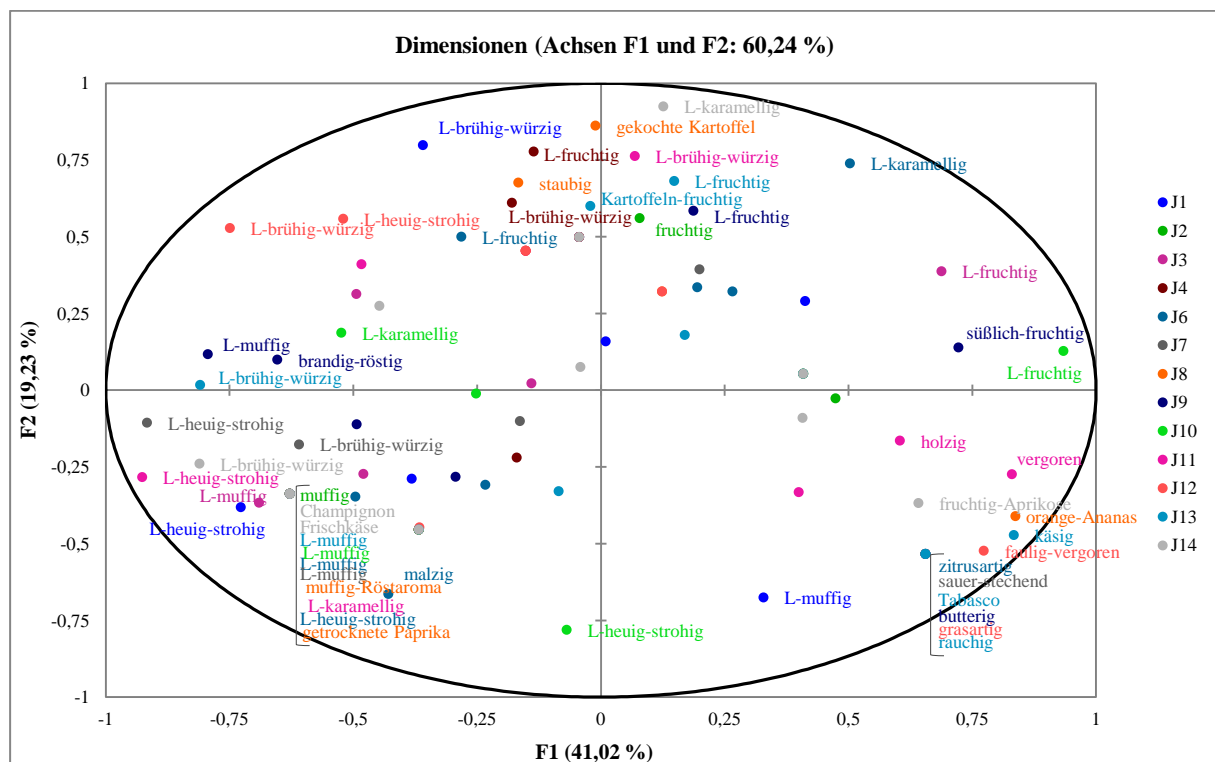


Abbildung 32: a. Hauptkomponentenanalyse des Sets 5 nach der GPA – Darstellung der Produkte nach den Einzelkonfigurationen und der Konsenskonfiguration mit den Faktoren F1 und F2, b. Residuen jeder Probe nach den Transformationen von GPA

Die Panelübereinstimmung kann beurteilt werden, indem man sich die Abstände zwischen den Konsenskonfigurationen und den Einzelkonfigurationen anschaut. Je größer der Abstand zum Konsens jeder Probe ist, desto größer ist das Residuum bzw. die nicht erklärte Varianz und desto geringer ist die Panelübereinstimmung.

Abbildung 32a zeigt, dass die größten Abstände zwischen den Einzelkonfigurationen von P3 (lilafarbene Punkte) und deren Konsenskonfiguration (dem roten Punkt von P3) vorliegen. Deswegen weist die Projektprobe P3 nach Abbildung 32b das größte Residuum von den sieben Proben auf. Dies bedeutet, dass die Prüfer unterschiedlichere Bewertungen zu dieser Probe als zu den anderen gaben. Dennoch befinden sich alle 13 Einzelkonfigurationen im rechten unteren Quadranten. Die größte Panelübereinstimmung ist zwar bei Probe P6 gegeben, diese Probe sticht aber nicht durch ihre olfaktorischen Eigenschaften heraus. Aufgrund ihrer Positionen auf der PCA (Abbildung 32a) wurden P5 und P6 als durchschnittlich bewertet.

Zur Charakterisierung der olfaktorischen Eigenschaften vom Set 5 müssen der Korrelationskreis aus Abbildung 33 und die Hauptkomponentenanalyse aus Abbildung 32b zusammen betrachtet werden. Auf dem linken unteren Quadranten sind 11 stark miteinander korrelierende Begriffe zu erkennen. Alle weisen einen gemeinsamen Korrelationskoeffizienten von -0,63 mit F1(-) und -0,32 mit F2(-) auf. Darunter stechen das Attribut L-muffig mit 4 Nennungen, muffig, muffig-Röstaroma, Champignon, Frischkäse mit Einzelnennungen hervor. Sie deuten auf muffige und unangenehme Eigenschaften der Proben auf dieser Position hin.



Eckige Klammern wurden von der Verfasserin eingefügt und stehen für die Korrelation mehrerer Attribute mit demselben Korrelationskoeffizienten (Koeff.); sie sind demselben Punkt zuzuweisen. Variablen mit einem Koeff. $< |0,5|$ auf beiden Achsen wurden gelöscht.

Abbildung 33: Set 5 – Korrelationskreis zwischen Variablen und Faktoren

Diese Vermutung lässt sich bestätigen, wenn man die Definition von L-muffig aus Tabelle 8 heranzieht („Ein unangenehmer Kellergeruch. Es kann auch alt und leicht erdig riechen. Man assoziiert den Geruch mit Schimmel u/o Pilzen“). Somit weisen die Proben P4 und P7 einen muffigen Geruch auf, wobei P4 stärker davon beeinflusst wird.

Entlang der negativen Seite von F1 sind auch die Attribute L-heuig-strohig und L-brühig-würzig mit jeweils 4 Nennungen zu finden. Da das Attribut L-brühig-würzig aus den ursprünglichen 11 Nennungen des ganzen Panels nur viermal mit F1(-) und dreimal mit F2(+) korreliert, kann keine eindeutige Zuordnung zu einem Faktor oder somit zu einer Probe gemacht werden.

In den oberen zwei Quadranten des Korrelationskreises ist eine Gruppe von Attributen zu erkennen, die mit F2(+) korreliert, bestehend aus: fruchtig, Kartoffel-fruchtig und L-fruchtig (4 Nennungen). Dies führt zu der Vermutung, dass die mit F2(+) korrelierenden Proben P1, P5 und P6 einen fruchtigen Geruch aufweisen. Allerdings korrelieren auf dieser Position auch Begriffe wie L-brühig-würzig und L-karamellig, sodass sich keine genauen olfaktorischen Eigenschaften daraus interpretieren lassen.

Auf dem rechten unteren Quadranten des Korrelationskreises sind 6 Attribute (zitrusartig, sauerstechend, Tabasco, butterig, grasartig, rauchig) vorhanden, die den Korrelationskoeffizienten von -0,63 mit F1 und -0,53 mit F2 aufweisen. Auch wenn es sich dabei um unterschiedliche Begriffe handelt, kann eine Interpretation mit den umliegenden Attributen (vergoren, fruchtig-Aprikose, Orange-Ananas, käsig, faulig-vergoren) auf F1(+) erfolgen. Anscheinend teilen sich alle diese Attribute eine säuerliche Komponente, sei es in Tabasco oder in den Obstarten. Aus diesem Grund könnte man behaupten, dass Probe P2 und P3 eine säuerliche Note im Geruch aufweisen. Da die Korrelation dieser Attribute am stärksten mit F1(+) und F2(-) gegeben ist, wurde diese Eigenschaft stärker bei P3 empfunden.

Geschmack

Die 13 Panelisten beschrieben den Geschmack des Sets 5 mit insgesamt 149 Begriffen, wobei jeder Prüfer zwischen 9 und 16 Attributen verwendete. Die Deskriptoren, die zweimal oder häufiger erwähnt wurden, sind in Tabelle 24 ersichtlich.

Tabelle 24: Set 5 – Häufigste* generierte Attribute zur Beschreibung des Geschmacks, eingeteilt in drei Kategorien

Retronasaler Geruch		Geschmacksarten		Trigemurale Wahrnehmung	
Attribut	Häufigkeit	Attribut	Häufigkeit	Attribut	Häufigkeit
RG L-fruchtig	11	süß	13	scharf	13
RG L-heuig-strohig	8	bitter	12	brennend	8
RG L-muffig	8	sauer	12	kratzig	3
RG L-brühig-würzig	7	salzig	3	adstringierend	2
RG L-karamellig	7				
RG fruchtig	3				

*Anzahl der Nennungen ≥ 2 . Die geringste Anzahl der Nennungen bei 13 Prüfern ist 0 und die höchste 13. RG = retronasaler Geruch

Die Auswertung mit GPA lieferte zwar einen signifikanten Konsens mit einem Rc-Wert von 0,564, aber nach dem Dimensionstest sind bei der großen Anzahl an Begriffen 5 Faktoren notwendig, um diesen Konsens zu visualisieren. Nach dem Kaiser-Kriterium wären es 4 Faktoren. Somit ist eine Interpretation der 149 Begriffe nicht ausführbar.

Aus diesem Grund wurden die Daten der geschmacklichen Beschreibung in drei Kategorien eingeteilt und getrennt mit GPA ausgewertet: retronasaler Geruch (RG), Geschmacksarten und trigeminale Wahrnehmung. Eine solche Trennung ist möglich, da dieselbe Einteilung bei der Bewertung des Geschmacks im Prüfformular vorhanden war und jeder Panelist mindestens einen Begriff bei jedem Kriterium angab.

Retronasaler Geruch

Der retronasale Geruch des Sets 5 wurde mit 82 Begriffen beschrieben. Eine GPA wurde mit diesen Daten durchgeführt und es konnte ein signifikanter Konsens gefunden werden, der 50 % der Ausgangsvarianz erklärt. Der Dimensionstest bestätigte, dass nur die ersten beiden Faktoren (mit Eigenwerten größer als 1) für die Projektion in der Hauptkomponentenanalyse notwendig sind. Dabei erklärt Faktor F1 40,59 % und Faktor F2 25 % der Varianz.

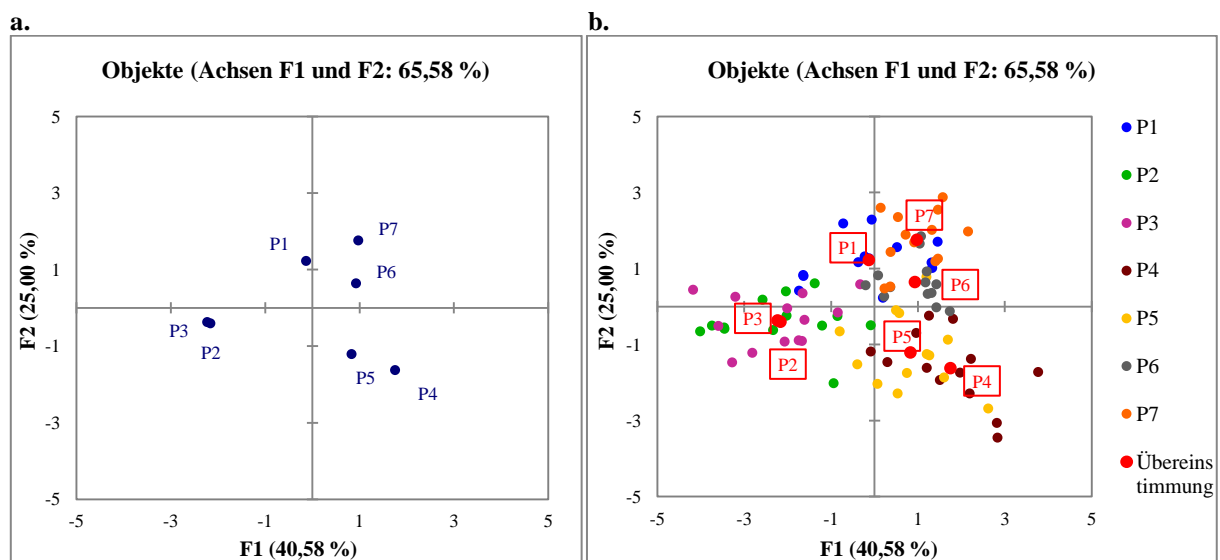
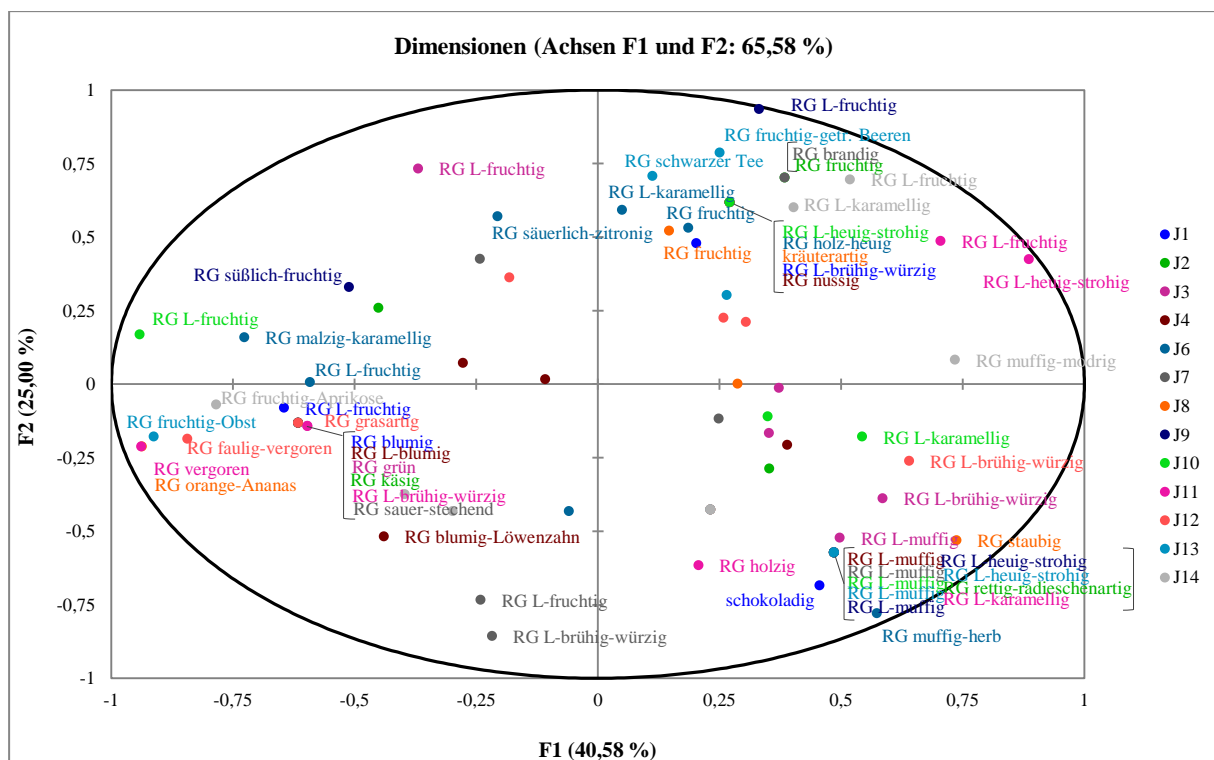


Abbildung 34: Hauptkomponentenanalyse des Sets 5 nach der GPA – a. Darstellung der Produkte nach der Konsenskonfiguration, b. Darstellung der Produkte nach den Einzelkonfigurationen und der Konsenskonfiguration

Aus der PCA von Abbildung 34a ist ersichtlich, dass die erste Hauptkomponente (oder erster Faktor F1) die Proben P2 und P3 (mit negativen Werten) von den Proben P4, P5, P6 und P7 (mit positiven Werten) trennt. Somit unterscheiden sie sich in ihren retronasalen Eigenschaften. Zudem sind zwei Probengruppen entlang der F2-Achse zu erkennen: P1, P6, P7 mit positiven Werten und P4, P5 mit negativen Werten. Probe P1 lässt nur sich vom zweiten Faktor F2 (+) beschreiben, während P2 und P3 nur vom Faktor F1(-) beeinflusst werden.

Somit zeigt der ermittelte Konsens, dass die Proben P2 und P3 fast gleich wahrgenommen wurden. Das Probenpaar P4 und P5 weist Gemeinsamkeiten auf der F2(-)-Achse sowie die Gruppe P1, P6 und P7 auf der F2(+) auf. Allerdings korreliert P6 nur in geringem Maße mit F1(+) und F2(+). In Abbildung 34b ist zu erkennen, dass die Abstände der Einzelkonfigurationen der Prüfer für jede Probe deutlich weiter entfernt von der Konsenskonfiguration sind als bei den Probensets 3 (vgl. Abbildung 25) und 4 (vgl. Abbildung 28). Dies macht deutlich, dass sich die Prüfer bei der Bewertung des retronasalen Geruchs von Set 5 nicht so einig waren wie bei anderen Sets bzw. dass in diesem Set die Unterschiede geringer waren.

Im Korrelationskreis (siehe Abbildung 35) befinden sich drei Gruppen von stark korrelierenden Attributen. Die erste Gruppe, die mäßig mit F1(+) (Koeff. = 0,48) und stärker mit F2(-) (Koeff. = 0,57) korreliert, ist im unteren rechten Quadranten zu finden. Dort kommen fünfmal das Attribut L-muffig, 2-mal L-heuig-strohig, einmal rettig-radieschenartig und einmal karamellig vor. Die umliegenden Deskriptoren wie L-muffig, holzig, staubig, muffig-herb weisen ebenfalls auf ein muffiges und trockenes Aroma im F2(-) auf. Somit zeichnen sich die Proben P5 und noch stärker P4 durch einen muffigen retronasalen Geruch aus.



Eckige Klammern wurden von der Verfasserin eingefügt und stehen für die Korrelation mehrerer Attribute mit demselben Korrelationskoeffizienten (Koeff.); sie sind demselben Punkt zuzuweisen. Variablen mit einem Koeff. $< |0,5|$ auf beiden Achsen wurden gelöscht.

Abbildung 35: Set 5 – Korrelationskreis zwischen den Faktoren und den Deskriptoren von retronasalem Geruch

Mit der negativen Seite des ersten Faktors (F1(-)) steht eine weitere Gruppe von Attributen in Beziehung: blumig, L-blumig, L-fruchtig (2-mal), grün, käsig, L-brühtig-würzig, sauerstehend, süßlich-fruchtig, fruchtig-Aprikose, fruchtig-Obst, orange-Ananas, vergoren, faulig-

vergoren, grasartig und malzig-karamellig, wobei die ersten sechs Begriffe denselben Korrelationskoeffizienten von -0,62 mit F1(-) besitzen. Viele davon signalisieren einen süß-sauren, fruchtigen Geruch. Nach Abbildung 34a hängen nur die Proben P3 und P2 mit F1(-) zusammen. Dementsprechend ist ihr Geruch mit süßlich-säuerlich und fruchtig zu beschreiben. Die dritte Gruppe ist im oberen rechten Quadranten lokalisiert und korreliert hauptsächlich mit F2(+). Die Attribute L-fruchtig, fruchtig und karamellig sind jeweils zweimal vertreten. Zudem sind grasige Deskriptoren wie L-heuig-strohig, holzig-heuig, kräuterartig und Tee zu erkennen. Die Begriffe mit einer fruchtigen und grasigen Bedeutung wiesen bereits mit anderen Achsenabschnitten eine Korrelation auf. Dies gibt zu verstehen, dass die Prüfer unterschiedliche Definitionen von fruchtig und heuig-strohig hatten. Aus diesem Grund ist keine genaue Interpretation dieser Variablen an dieser Stelle möglich. Dementsprechend erfolgt keine Charakterisierung der retronasalen Eigenschaften von P1, P6 und P7.

Geschmacksarten

In den Begriffslisten von Set 5 war jede der fünf möglichen Geschmacksarten vorhanden. Am häufigsten wurden süß, sauer und bitter genannt (vgl. Tabelle 24), während salzig dreimal und umami einmal verwendet wurde. Mit den insgesamt 22 Begriffen wurde ein Konsens mit GPA berechnet. Dieser weist zwar nur 30 % Konsensvarianz auf, aber der erste Faktor F1 ist für deren Darstellung mit der Hauptkomponentenanalyse ausreichend.

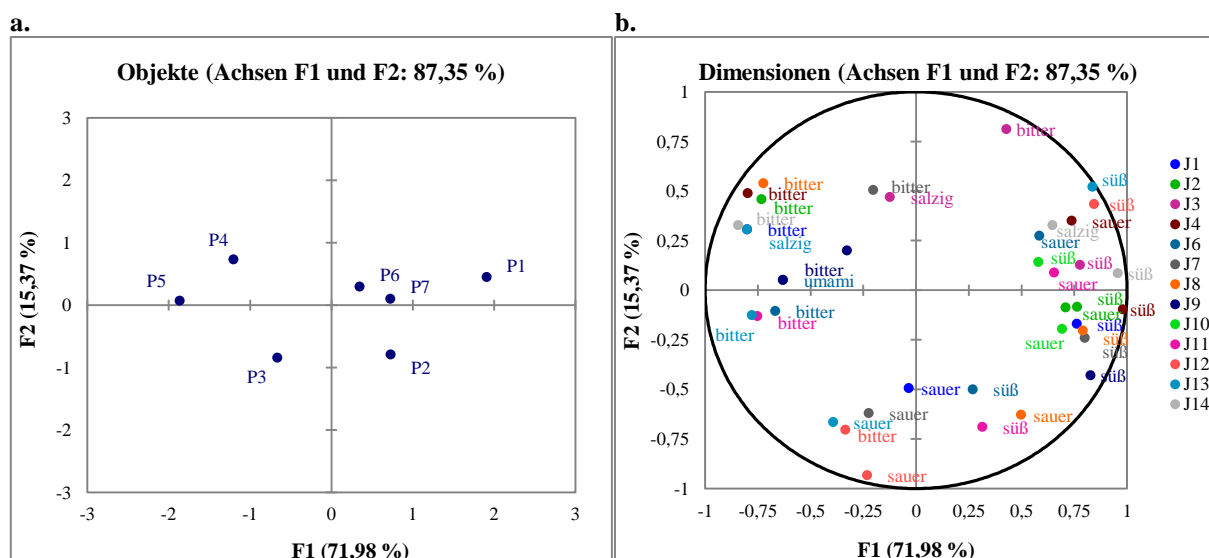


Abbildung 36: Set 5 – a. Darstellung der Produkte nach der Konsenskonfiguration mittels PCA, b. Korrelationskreis zwischen den Faktoren und den Geschmacksarten

Entlang der F1-Achse können zwei Probengruppen erkannt werden (siehe Abbildung 36a). Die Proben P3, P4, P5 haben negative Werte und die Proben P1, P2, P6, P7 positive Werte auf dem Faktor 1. Da Faktor 2 nicht signifikant bei der Projektion des Konsenses ist, erfolgt keine weitere Unterteilung entlang der F2-Achse.

Aus dem Korrelationskreis in Abbildung 36b erkennt man, dass auf der rechten Seite des F1 11-mal das Attribut süß mit einem Korrelationskoeffizienten $\geq 0,5$ zu finden ist. Dies bedeutet, dass fast alle Prüfer den süßen Geschmack der Proben P1, P2, P6 und P7 wahrgenommen haben. Dabei wurde P1 mit einer stärkeren Süße als alle anderen bewertet. Die negative Seite des Faktors 1 korreliert mit der Geschmacksart bitter, die 9-mal einen Korrelationskoeffizienten $\leq -0,5$ aufweist. Dies führt zu der Schlussfolgerung, dass die Proben P3, P4 und P5 bitter schmecken. Hinsichtlich der Geschmacksart sauer besteht keine Übereinstimmung zwischen den Panelisten, denn jeweils die eine Hälfte der Nennungen korreliert mit dem Faktor F1(-) und die andere Hälfte mit F2(-). Die Geschmacksarten salzig und umami wurden selten verwendet und scheinen nicht relevant für die Charakterisierung zu sein.

Trigeminale Wahrnehmung

Es wurden nur 4 verschiedene Begriffe verwendet, um die trigeminale Wahrnehmung zu beschreiben: scharf, brennend, kratzig und adstringierend (vgl. Tabelle 24). Alle Prüfer bewerteten das Attribut scharf, denn es ist das wichtigste Unterscheidungsmerkmal bei Chiliproben.

Aus diesen Daten resultierte ein signifikanter Konsenstest mit 71 % Konsensvarianz. Zudem ist nach dem Dimensionstest die Anzahl der Faktoren für die Darstellung des Konsenses zwei, wobei F1 95,46 % und F2 nur 4,50 % Variabilität enthält. Nach dem Kaiser-Kriterium sollten die Faktoren mit einem Eigenwert kleiner als 1 nicht berücksichtigt werden. Da die Eigenwerte von F1 und F2 2,16 und 0,10 entsprechen, wird für eine deutlichere Interpretation des Konsenses nur F1 herangezogen.

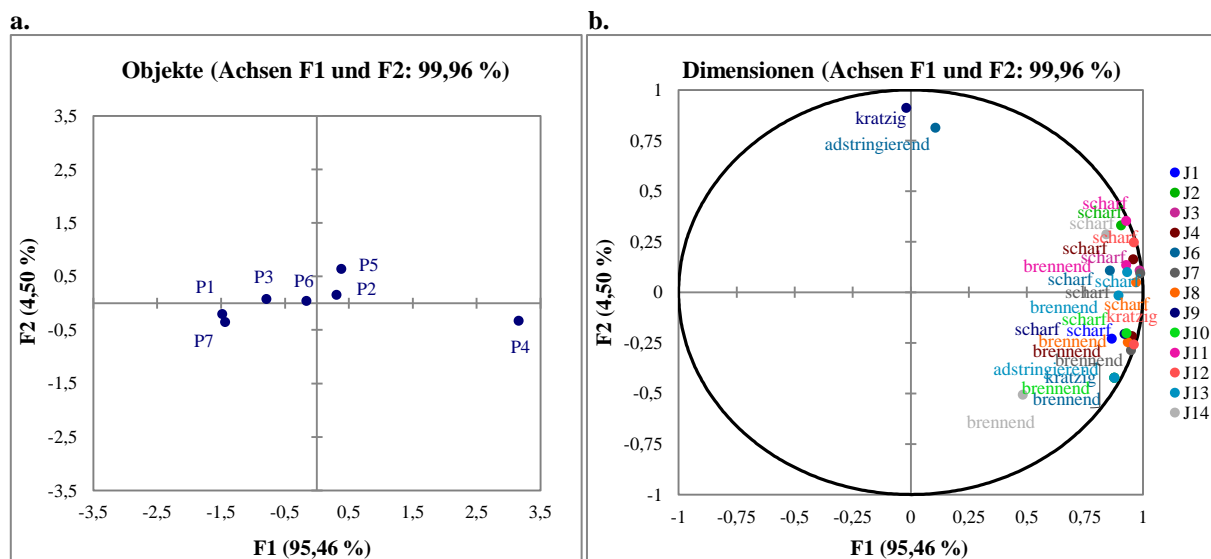


Abbildung 37: Set 5 – a. Darstellung der Produkte nach der Konsenskonfiguration mittels PCA, b. Korrelationskreis zwischen den Faktoren und den Attributen

Anhand Abbildung 37a liegen fast alle Proben auf der F1-Achse. Die Proben P1, P7, P3 und P6 unterscheiden sich von den Proben P2, P5 und P4, weil die erste Gruppe negative Werte

auf F1 und die andere Probengruppe positive Werte aufweist. Die größten Unterschiede bestehen zwischen dem Probenpaar P1 und P7, das gleich bewertet wurde, und der Probe P4. Der Korrelationskreis aus Abbildung 37b macht deutlich, dass die Proben sich stark durch die wahrgenommene Schärfe diskriminieren lassen. Der Begriff scharf korreliert 13-mal stark mit F1(+), denn er besitzt Korrelationskoeffizienten zwischen 0,84 und 0,99. Mit Ausnahme von drei Nennungen (kratzig-J9, adstringierend-J6, brennend-J14) stehen die anderen beschreibenden Begriffe der trigeminalen Wahrnehmung ebenfalls in hoher Korrelation mit der positiven Seite von F1. Dazu gehören adstringierend (1-mal), kratzig (2-mal) und brennend (7-mal). Somit hat P4 am schärfsten geschmeckt und ruft das stärkste brennende Mundgefühl hervor. P2 und P5 weisen auch eine gewisse Schärfe auf, aber da beide Proben nahe dem Zentrum positioniert sind, sind sie deutlich weniger ausgeprägt als P4. Die Proben P3 und P6 liegen auf der negativen Seite von F1 und wurden bezüglich des Attributs scharf schwach bewertet. Das Probenpaar P1 und P7 hat am wenigsten oder überhaupt nicht scharf geschmeckt.

Die sensorische Untersuchung der sieben Projektproben (P1-P7) lieferte einen Konsens mit einem deutlich geringeren Anteil an erklärter Varianz (45 % beim Geruch, 56 % beim Geschmack) im Vergleich zu den Sets 3 und 4 (83 % beim Geruch, 73 % beim Geschmack). Dies führt dazu, dass der Informationsgehalt in den einzelnen Dimensionen oder Hauptkomponenten ebenfalls gering ist. Dies lässt sich an den niedrigeren Eigenwerten für das Set 5 erkennen. Zudem konnte eine geringere Panelübereinstimmung beim ortho- und retronasalen Geruch als bei den aus Handelsproben bestehenden Sets beobachtet werden.

Die vom retronasalen Geruch getrennt ausgewerteten Kriterien (Geschmacksarten und trigeminale Wahrnehmung) beschrieben klare gustatorische Unterschiede zwischen den Proben. Anhand starker Korrelationen zwischen fast allen Nennungen der Attribute süß, bitter, scharf und brennend untereinander und mit den jeweiligen Faktoren konnte festgestellt werden, dass die Prüfer dazu fähig sind, zwischen süßen und bitterschmeckenden, scharfen bzw. brennenden und weniger scharfen bzw. weniger brennenden Proben zu diskriminieren.

Ferner berichteten die Panelisten davon, dass die Begriffsgenerierung der Projektproben leichte Schwierigkeiten bereitet hatte. Ihnen fiel es bei diesem Set schwieriger, das passende diskriminierende Attribut zu finden, das den ortho- und retronasalen Unterschied zwischen den Proben erklärte. Im Vergleich zu den Handelsproben bzw. den „Schuhbecks Proben“ (Sets 3 und 4) war die Intensität der wahrgenommenen Aromen sehr schwach und somit waren die Unterschiede zwischen den Projektproben weniger ausgeprägt.

Aus der Profilierung von Set 5 mit Free Choice Profiling kann folgende Schlussfolgerung gezogen werden: Es erfolgte lediglich eine grobe Beschreibung der ausgeprägten Merkmaleigenschaften einiger Proben, nicht von allen. Oft bestand eine Korrelation zwischen völlig unterschiedlichen Attributen, sodass die Interpretation der Eigenschaften erschwert war. Um festzustellen, ob dieses Ergebnis für alle nativen Chili- und Paprikapulver oder nur für das untersuchte Proben set zutreffend ist, mussten weitere Projektproben sensorisch mit FCP geprüft werden.

4.1.4.4 Untersuchung von bolivianischen nativen Chiliprobe(n) (Set 6)

Nach dem Set 5 wurde eine weitere Gruppe bolivianischer Projektproben auf ihre olfaktorischen und gustatorischen Eigenschaften mittels Free Choice Profiling untersucht: Set 6 (siehe Tabelle 25). In der Doppelbestimmung nahmen 11 Prüfer teil und generierten insgesamt 177 Begriffe.

Tabelle 25: Set 6 – Untersuchte bolivianische native Chiliprobe(n)

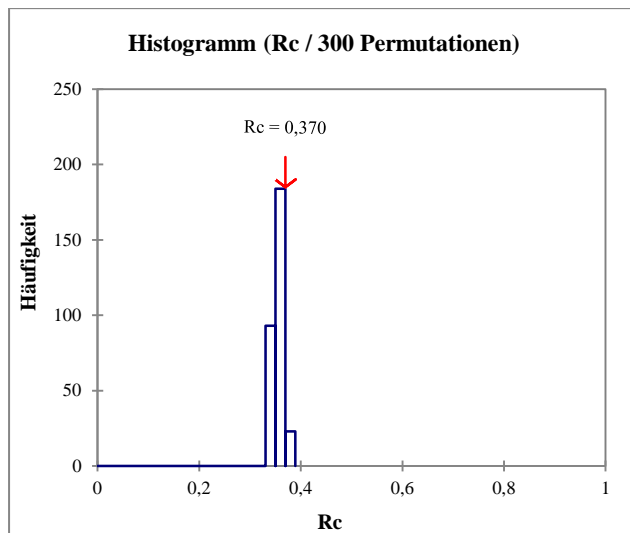
Nr.	Land	Organisation	Akzessions-Nr.	Spezies
P8*	Bolivien	PROINPA	P9 (776)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
P9*	Bolivien	PROINPA	P10 (777)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
P10*	Bolivien	PROINPA	P14 (785)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
P11*	Bolivien	PROINPA	3 (793)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
P12*	Bolivien	PROINPA	P18 (794)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
P13*	Bolivien	PROINPA	P19 (795)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
P14*	Bolivien	CIFP	339 A (885)	<i>C. baccatum</i> var. <i>baccatum</i>

*Die Nummern in Klammern entsprechen der Zusatzcodierung der jeweiligen Forschungsorganisation. Die mit * gekennzeichneten Projektproben gehören aufgrund der chemischen Charakterisierung zum „ausgewählten“ Material (engl. promising material).*

Orthonasaler Geruch

Auf den individuellen Begriffslisten (bestehend aus 139 Deskriptoren für den Geruch) kam 9-mal das Attribut L-brühig-würzig vor, 7-mal L-fruchtig, 6-mal L-karamellig, 2-mal grün und jeweils einmal: L-heuig-strohig, L-muffig, L-blumig, nussig und rauchig.

Aus den olfaktorischen Daten wurde mittels GPA eine Konsenskonfiguration ermittelt. Um festzustellen, ob es sich um einen wahren Konsens handelt, wurde ein Konsenstest durchgeführt. Dabei wurde der Anteil an Konsensvarianz (Rc-Wert) aus den echten FCP-Daten mit der erhaltenen Varianz aus den permutierten Daten (hypothetischer Konsens) bei einem Konfidenzintervall von 95 % (5 % Irrtumswahrscheinlichkeit) verglichen. Der Test ergab, dass der Rc-Wert auf einem Quantil von 92,33 liegt (siehe Abbildung 38). Demzufolge ist die Irrtumswahrscheinlichkeit größer als 5 %, genauer gesagt 7,67 %, dass man ebenfalls einen guten Konsens mit den permutierten Daten bekommt. Es bedeutet, dass die ermittelte Konsenskonfiguration der echten Daten nicht signifikant ist und somit die Position der Proben auf der PCA zufällig sein kann. Da der (olfaktorische) Konsens des Sets 6 auf keiner statistischen Grundlage basiert, werden die mit GPA errechneten Ergebnisse der olfaktorischen Bewertungen nicht mittels der Hauptkomponentenanalyse abgebildet.



Anzahl der durchgeführten Permutationen	300
Rc-Wert	0,37
Quantil	92,33

Abbildung 38: Set 6 – Ergebnisse des GPA-Konsenstests (Histogramm der durchgeführten Permutationen)

Anstatt dessen wurde eine Tabelle erstellt, in der die gesammelten Attribute nach sogenannten Scores sortiert sind. Bei der Berechnung des Scores wurden laut Formel 8 die Häufigkeit jedes Attributs bei der Doppelbestimmung (mindestens 2-mal pro Attribut) und deren durchschnittliche Intensität anhand einer 0-7 Ordinalskala berücksichtigt. Bei 11 Prüfern und zwei Messungen ergeben sich Scores zwischen 0 und 7. Hohe Scores deuten darauf hin, dass die Deskriptoren häufig und intensiv von den Panelisten wahrgenommen wurden.

Formel 8:

$$Score = \frac{Häufigkeit \times Intensitätsmittelwert}{n^{\circ} \text{ der Prüfer} \times n^{\circ} \text{ der Messungen}}$$

Formel 9:

$$Häufigkeit = n^{\circ} \text{ der Nennungen bei allen Begriffslisten} \times n^{\circ} \text{ der Messungen}$$

In Tabelle 26 sind nur die olfaktorischen Deskriptoren aufgelistet, die einen Score $\geq 0,8$ haben. Noch niedrigere Werte weisen darauf hin, dass die Attribute selten und mit durchschnittlichen Intensitäten ≤ 1 auf der Skala (1 = sehr schwach wahrnehmbar) bewertet wurden. Tabelle 26 zeigt auch, dass die L-Attribute, also die Begriffe mit einer festgelegten Definition nach Tabelle 8, die höchsten Scores haben. Dabei überschreitet keines der Attribute den Score 2. Dies liegt daran, dass die Intensität der häufigsten Attribute im Mittelwert nur den Skalenpunkt 3 „schwach bis mittel“ erreichte.

Hinsichtlich der olfaktorischen Charakterisierung kann aus Tabelle 26 entnommen werden, dass jede Probe (mit einem relevanten Score) als karamellig beschrieben wurde. Allerdings kann diese karamellige Eigenschaft der Proben nur als Vermutung betrachtet werden. Wie

bereits bei den Sets 1 bis 5 beobachtet wurde, verwenden nicht alle Prüfer ein definiertes Attribut in derselben Art und Weise. Sie assoziieren es mit unterschiedlichen Begriffen.

Tabelle 26: Wichtigste Begriffe zur Beschreibung des Sets 6 nach der Berechnung von Scores

Proben-Nr.	Attribute	Häufigkeit bei Doppelbestimmung	Intensitätsmittelwert	Score
P8	L-fruchtig	12	2,58	1,41
	L-karamellig	10	2,90	1,32
	L-brühig-würzig	10	2,20	1,00
P9	L-karamellig	12	3,17	1,73
	L-fruchtig	10	2,30	1,05
P10	L-brühig-würzig	16	2,31	1,68
	L-karamellig	8	3,00	1,09
	L-muffig	8	2,50	0,91
P11	L-karamellig	12	3,42	1,86
	L-brühig-würzig	12	2,42	1,32
	L-fruchtig	12	2,17	1,18
P12	L-karamellig	10	3,00	1,36
	L-fruchtig	10	2,00	0,91
	L-brühig-würzig	10	1,90	0,86
P13	L-karamellig	12	2,17	1,18
	L-brühig-würzig	12	1,75	0,95
	L-muffig	12	1,50	0,82
P14	L-brühig-würzig	10	2,10	0,95
	L-heuig-strohig	12	1,67	0,91
	L-karamellig	10	1,90	0,86

Retronasaler Geruch (RG), Geschmacksarten, Trigemiale Wahrnehmung

Die Begriffslisten der 11 Prüfer bestanden im Mittelwert aus 11 Attributen. Zur Beschreibung des retronasalen Geruchs wiesen die folgenden Begriffe die meisten Nennungen auf: L-fruchtig (9-mal), L-heuig-strohig (7-mal), L-muffig (7-mal), L-karamellig (6-mal), fruchtig (4-mal), nussig (3-mal), L-brühig-würzig (2-mal) und schokoladig (2-mal). Dazu gehören die Geschmacksarten süß und bitter zu den Begriffslisten aller Panelisten mit jeweils 11 Nennungen, während die Geschmacksart sauer mit 8 Nennungen vertreten war. Die von den Chilipulvern hervorgerufene Irritation wurde mit scharf (11-mal) und brennend (9-mal) beschrieben.

Der ermittelte Konsens nach GPA war signifikant und es resultierte ein Rc-Wert von 0,54. Die Konsenskonfiguration der Proben kann nach dem Dimensionstest mit drei Faktoren dargestellt werden. Die erhaltene erklärte Varianz pro Faktor ist in Tabelle 27 angegeben.

Tabelle 27: Set 6 – Eigenwerte und erklärte Varianz für die Darstellung des Konsenses

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Eigenwert	6,02	2,26	1,25	0,80	0,62	0,51
Varianz (%)	52,54	19,74	10,89	6,98	5,41	4,45
Kumulierte Varianz (%)	52,54	72,28	83,17	90,14	95,55	100,00

Abbildung 39 stellt dar, in welcher Beziehung die Proben zueinander und zu den Achsen anhand der FCP-Daten stehen. Nach Abbildung 39a haben sich entlang des ersten Faktors zwei Probengruppen gebildet: auf der linken Seite steht Probe P14 und auf der rechten die Gruppe bestehend aus P8, P9, P10 und P13. Beide Gruppen weisen somit unterschiedliche Produkteigenschaften auf. Die Probe P11 liegt nahe dem Ursprung oder Nullpunkt. Letzteres bedeutet, dass entweder die Prüfer unterschiedliche Meinungen bzgl. P11 hatten oder dass sie die Probe P11 mangels Diskriminierungsmerkmalen in die Mitte gesetzt haben [14]. Weiterhin stehen die Proben P8 und P9 mit F1(+) und F2(-) in Beziehung, während P12 hauptsächlich von F2(+) beeinflusst wird.

Die Hauptkomponentenanalyse mit den Faktoren F1 und F3 (Abbildung 39b) zeigt, dass eine Korrelation zwischen der Probe P11 und Faktor 3 besteht. Die Proben P9 und P10 weisen so kleine Werte auf der F3-Achse auf, dass der Zusammenhang mit F3 zu vernachlässigen ist. Die restlichen Proben hängen nur vom Faktor 1 ab.

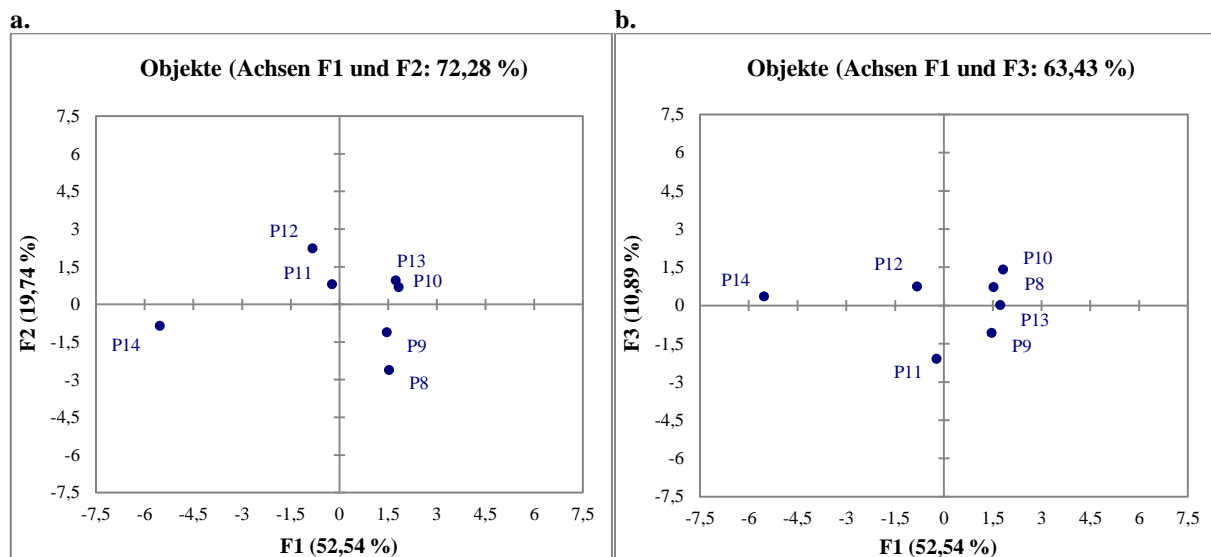


Abbildung 39: Hauptkomponentenanalyse des Sets 6 nach der GPA – Darstellung der Produkte in der Konsenskonfiguration mit den Faktoren: F1 und F2 (a) und F1 und F3 (b)

Aus Abbildung 40a ist ersichtlich, dass die Einzelkonfigurationen der Proben P8, P9, P10, P11, P13 und P14 (blaue, grüne, lila, braune, graue und orangene Punkte) sehr nahe an den jeweiligen Konsenskonfigurationen (rote Punkte) liegen. Nur bei Probe P12 sind die Abstände etwas größer. Dies bedeutet, dass es eine geringe Übereinstimmung zwischen den Panelisten bei P12 gab. Deswegen weist P12 nach Abbildung 40b das größte Residuum auf. In anderen Worten ist der Anteil an unerklärter Varianz bei dieser Probe größer als bei den anderen sechs Proben. Die Einzelkonfigurationen und die Konsenskonfigurationen der Proben P10 und P13

liegen fast aufeinander, da die Panelisten sich einig waren, dass sich beide Proben sehr ähneln.

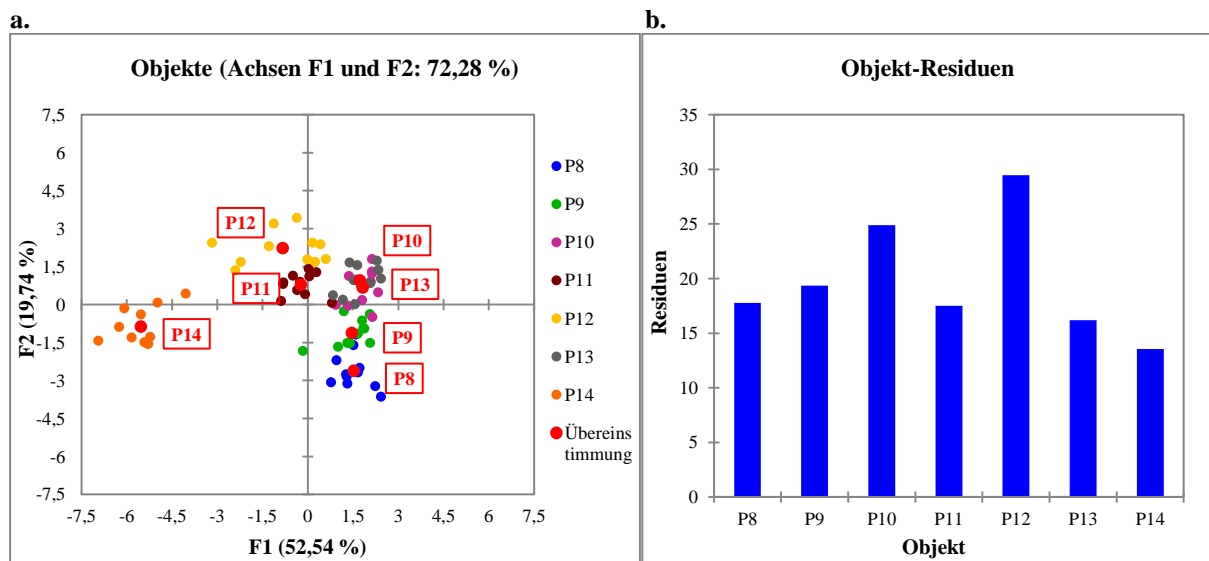


Abbildung 40: a. Hauptkomponentenanalyse des Sets 6 nach der GPA – Darstellung der Produkte nach den Einzelkonfigurationen und der Konsenskonfiguration mit den Faktoren F1 und F2, b. Residuen jeder Probe nach den Transformationen von GPA

Da drei Dimensionen zur Darstellung des Konsenses erforderlich sind, sind in Tabelle 28 die Attribute, die eine bedeutsame Korrelation mit den drei Faktoren aufweisen, aufgelistet, also Begriffe mit einem Korrelationskoeffizienten $\geq |0,5|$. In Abbildung 41 sind dieselben Daten in einem Korrelationskreis graphisch dargestellt, allerdings nur mit den Faktoren F1 und F2, die bereits 72 % der Varianz erklären.

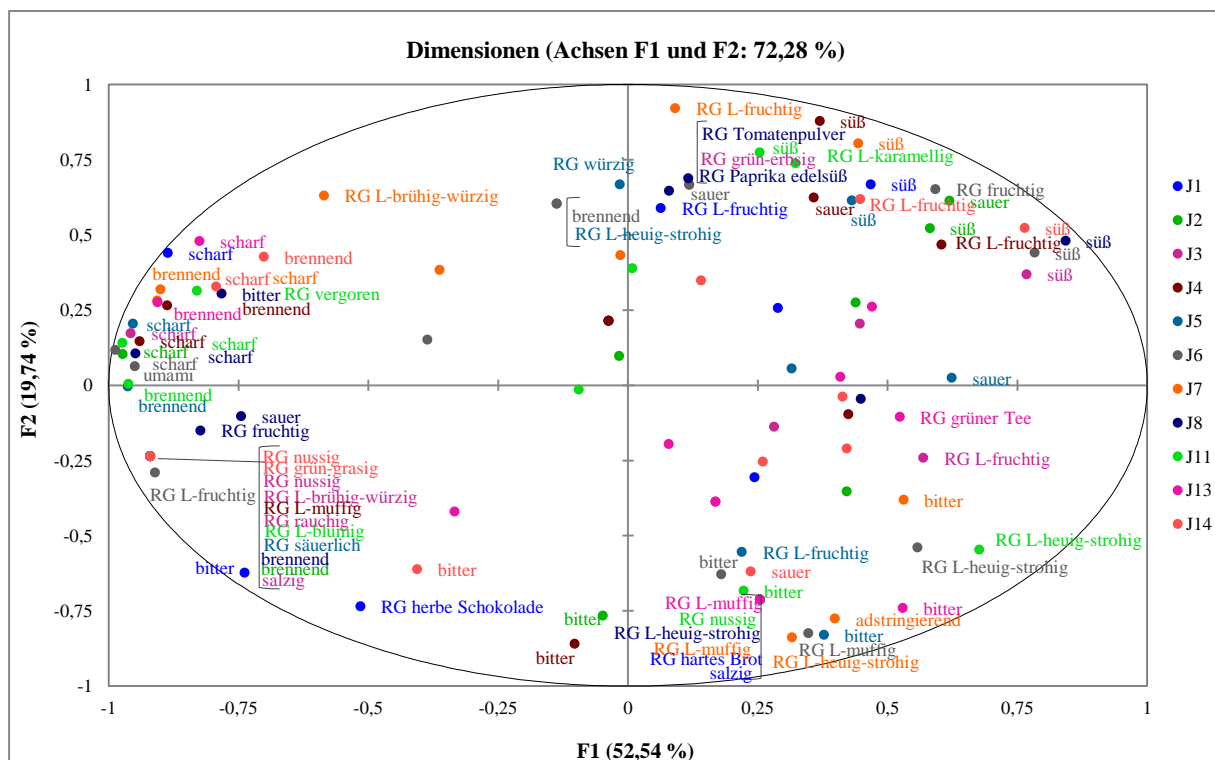
Aus der Tabelle 28 und Abbildung 41 erkennt man, dass die Geschmacksart bitter am stärksten mit dem Faktor F2(-) korreliert, da dort die meisten Nennungen zu finden sind. Die Geschmacksart süß weist Korrelationskoeffizienten $\geq |0,5|$ mit F1(+) und F2(+) auf. Das Attribut brennend und vor allem das Attribut scharf stehen eindeutig in hoher Korrelation mit der negativen Seite des ersten Faktors. Daraus ergibt sich folgende Charakterisierung bzgl. der trigeminalen Wahrnehmung und der Geschmacksarten: Die Probe P14 zeichnet sich durch die Schärfe und das damit verbundene brennende Gefühl aus. Sie unterscheidet sich dadurch deutlich von den anderen sechs Proben. Die Probe P12 scheint wenig und die Probe P11 kaum von der Schärfe geprägt zu sein. P8, P9, P10 und P13 schmecken demzufolge am wenigsten scharf oder gar nicht scharf.

Probe P8 wurde am höchsten in der Geschmacksart bitter bewertet. Schwächere Korrelationen mit dem Attribut bitter weisen die auf F2(-) liegenden Proben P9 und P14 auf. Die Proben P10 und P13 lassen sich von der Süße her charakterisieren. Die anderen Geschmacksarten konnten von den Prüfern entweder nicht gut erkannt oder nicht gut diskriminiert werden.

Tabelle 28: Set 6 – Attribute in Korrelation mit den Faktoren F1, F2 und F3 in der Konsenskonfiguration

Faktor	Attribute
F1(+)	süß (5), bitter (2), sauer (2) L-fruchtig (2), fruchtig, L-heuig-strohig (2), grüner Tee bitter (2), salzig, sauer, umami, brennend (8), scharf (11)
F1(-)	L-fruchtig, fruchtig, säuerlich, vergoren, L-blumig, L-brühig-würzig (2), grün-grasig, herbe Schokolade, L-muffig, nussig (2), rauchig süß (7), sauer (3), brennend
F2(+)	L-fruchtig (3), fruchtig, Paprika edelsüß, Tomatenpulver, würzig, L-brühig-würzig, L-heuig-strohig, grün-erbsig, L-karamellig bitter (8), sauer, salzig, adstringierend
F2(-)	L-heuig-strohig (4), L-muffig (3), hartes Brot, herbe Schokolade, nussig (2), L-fruchtig
F3(+)	bitter L-fruchtig, fruchtig-herb, Paprika edelsüß, heuig-strohig, karamellig
F3(-)	bitter grüner Tee, L-heuig-strohig, frisch, fruchtig, L-fruchtig, getrocknete Paprika, Tomatenpulver, L-muffig, L-karamellig (2), schokoladig

Die Nummer in Klammern entspricht der Anzahl der Nennungen eines Attributs mit einem Korrelationskoeffizienten $\geq |0,5|$.



Eckige Klammern wurden von der Verfasserin eingefügt und stehen für die Korrelation mehrerer Attribute mit demselben Korrelationskoeffizienten (Koeff.); sie sind demselben Punkt zuzuweisen. Variablen mit einem Koeff. $< |0,5|$ auf beiden Achsen wurden gelöscht.

Abbildung 41: Set 6 – Korrelation zwischen den Attributen und den Faktoren F1 und F2

Beim retronasalen Geruch wurden weniger wiederholte Nennungen mit ausreichenden Korrelationskoeffizienten gefunden. Eine Gruppe aus 13 Attributen weist denselben Koeffizienten von -0,92 mit F1 und 0,24 mit F2(+) auf. Darunter sind die Begriffe wie nussig

(2-mal), grün-grasig, brühig-würzig, L-muffig und säuerlich zu finden. Da keine erkennbare Gemeinsamkeit zwischen den definierten „L“ und den individuell generierten Attributen zu finden ist, kann keine Interpretation erfolgen. Auf F2(-) liegen Attribute zur Beschreibung des retronasalen Geruchs wie L-heuig-strohig (3-mal), hartes Brot und herbe Schokolade, die etwas Trockenes, Hartes und Herbes ausdrücken und eher eine Assoziation zu der vorhandenen Bitterkeit auf dieser Position andeuten.

Mit F2(+) korrelieren sechs fruchtig-ähnliche Attribute wie L-fruchtig (4-mal), fruchtig, Paprika edelsüß und Tomatenpulver, sodass der retronasale Geruch von Probe P12 sich dadurch beschreiben lässt.

Mit der Methode Free Choice Profiling konnte anhand der Hauptkomponentenanalyse visualisiert werden, welche Proben oder Probengruppen aus dem Set 6 sich gustatorisch ähneln oder welche sich unterscheiden. Allerdings ist es ungewiss, woran die Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen allen Proben liegen. Eine Interpretation der Variablen ist wesentlich schwieriger, wenn die korrelierenden Attribute keine deutliche Gemeinsamkeit in der Begrifflichkeit aufweisen. Nur bei den Attributen süß, bitter, scharf und brennend ergaben sich starke Korrelationen und konnte demnach eine Charakterisierung der Probengruppen erfolgen. Dies zeigt, dass die Prüfer diese vier Produkteigenschaften gut erkennen und sicher unterscheiden können.

Weiterhin ist bei Set 6 aufgefallen, dass manche retronasalen L-Attribute wie L-muffig und L-brühig-würzig unterschiedlich verstanden wurden, da sie zerstreut im Korrelationskreis liegen. Somit waren bei diesem Probenstet die Definitionen weniger hilfreich als bei den Sets 3 und 4.

Hinsichtlich des orthonasalen Geruchs war bei Set 6 eine Darstellung der Konsenskonfiguration nicht möglich, da der Konsenstest nicht signifikant war. Es könnte daran liegen, dass die Proben kaum olfaktorische Unterschiede aufwiesen. Die Prüfer berichteten von schwachen ortho- und retronasalen Aromen und davon, dass dabei nur das Attribut karamellig hervorstach. Letzteres könnte in Verbindung mit der von Toontom *et al.* [57] nachgewiesenen Bildung von nach Karamell riechender Aromastoffen als Folge einer Trocknung von *Capsicum*-Proben stehen.

4.1.4.5 Untersuchung von bolivianischen und peruanischen nativen Chiliprogen (Set 7)

Das mit FCP untersuchte Set 7 bestand aus fünf Projektproben, drei peruanischen und zwei bolivianischen. Die Akzessions-Nummern und die taxonomische Einteilung der Proben können der Tabelle 29 entnommen werden. Das Panel generierte 13 verschiedene Begriffslisten mit insgesamt 211 Attributen (oder Dimensionen). Jeder Prüfer verwendete im Durchschnitt 16 Begriffe, um den Geruch und Geschmack des Probensets 7 zu beschreiben. Zur besseren Übersicht wurde die Auswertung in Geruch und Geschmack eingeteilt.

Tabelle 29: Set 7 – Untersuchte bolivianische und peruanische native Chiliprogen

Nr.	Land	Organisation	Akzessions-Nr.	Spezies
P15*	Peru	INIA	PER006984 (43)	<i>C. chinense</i>
P16	Peru	CIDRA	AMS-AD	<i>C. chinense</i>
P17	Peru	CIDRA	AMS-RC	<i>C. chinense</i>
P18*	Bolivien	PROINPA	268 (759)	<i>C. baccatum var. pendulum</i>
P19*	Bolivien	CIFP	543	<i>C. chinense</i>

*Die Nummern in Klammern entsprechen der Zusatzcodierung der jeweiligen Forschungsorganisation. Die mit * gekennzeichneten Projektproben gehören aufgrund der chemischen Charakterisierung zum „ausgewählten“ Material (engl. promising material).*

Orthonasaler Geruch

Aus den 86 generierten olfaktorischen Deskriptoren wurden folgende Attribute am häufigsten genannt: L-fruchtig (12-mal), L-karamellig (12-mal), L-heuig-strohig (10-mal), L-brühig-würzig (7-mal), L-muffig (5-mal), grün (4-mal), L-blumig (4-mal), butterig (2-mal), fruchtig (2-mal), käsig (2-mal) und rauchig (2-mal).

Eine Verallgemeinerte Prokrustes Analyse wurde mit den 13 Einzelkonfigurationen (Bewertungen der 13 Prüfer), 7 Objekten (Proben) und den 86 Dimensionen (Attributen) durchgeführt. Daraus resultierte ein signifikanter Konsens mit einem Rc-Wert von 0,657. Die errechnete Konsenskonfiguration kann also 65,7 % der Ausgangsvarianz erklären. Nach dem Dimensionstest sind jedoch nur die ersten zwei Faktoren mit einer kumulierten Varianz von 77,9 % signifikant zur Projektion auf der PCA.

Die Hauptkomponentenanalyse der Konsenskonfiguration (siehe Abbildung 42) zeigt, dass entlang der F1-Achse die Proben P16, P17, P19 sich von den Proben P15, P18 unterscheiden. Die F2-Achse trennt auch die Proben P15, P16, P17 von den Proben P18, P19 anhand ihrer olfaktorischen Eigenschaften. P15 korreliert stark mit F1(+) und mäßig mit F2(+). P16 und P17 werden von F1(-) und F2(+) beeinflusst und weisen aufgrund ihrer Position zueinander Gemeinsamkeiten auf. P18 und P19 stehen in Beziehung zu F1 und F2, aber beide korrelieren deutlich stärker mit F2(-).

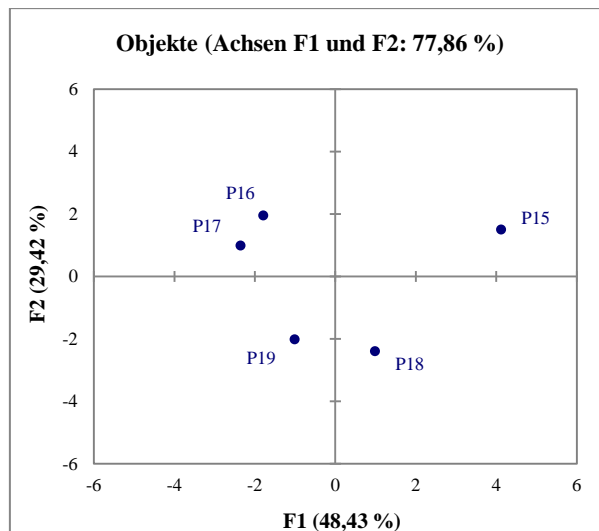


Abbildung 42: Set 7 – Darstellung der Produkte nach der Konsenskonfiguration mittels PCA

Aus Abbildung 43a ist ersichtlich, dass die Proben P15, P18 und P19 sich in verschiedenen Quadranten auf der PCA befinden. Aber die Konfigurationen der Proben P16 und P17 liegen sehr nahe beieinander. Demzufolge wurde der orthonasale Geruch beider Proben ähnlich wahrgenommen. Betrachtet man die Abstände der Einzelkonfigurationen zu deren Konsens, dann ist zu erkennen, dass die Abstände bei den Proben P15, P18 und P19 am größten sind. Somit ist die Panelübereinstimmung bei diesen Proben geringer als bei P16 und P17. Dies spiegelt sich in den Anteil an Residuen bzw. an nicht erklärter Varianz pro Probe (Abbildung 43c) wider. Die Residuen der Proben P16 und P17 sind am kleinsten und die der Probe P18 ist am größten. Demnach sind die größte Abweichung von der Konsenskonfiguration und die geringste Übereinstimmung zwischen den Panelisten bei P18 gegeben.

Abbildung 43b stellt ebenfalls die Einzelkonfigurationen jeder Probe dar, allerdings nach den 13 Prüfern (J1 bis J14, ohne J9). So ist es möglich, zu erkennen, welche Prüfer für die Einzelkonfigurationen verantwortlich sind, die am weitesten vom Konsens entfernt liegen (mit Pfeilen markiert). Die geringste Übereinstimmung zur Konsenskonfiguration der Probe P15 weisen die Prüfer J4, J5 und J11 auf. Im Fall von Probe P18 ist es Prüfer J1 (blauer Punkt) und von P19 der Panelist J13 (hellblauer Punkt). Werden die Residuen nach den Einzelkonfigurationen (und nicht nach den Proben) wie in Abbildung 43d dargestellt, stellt man fest, dass die Prüfer J4, J5, J11 und J13 die größten Residuen haben. J13 hat aber das allergrößte Residuum, weil er Probe P18 nicht von P19 unterscheiden konnte (siehe Pfeile auf Abbildung 43b).

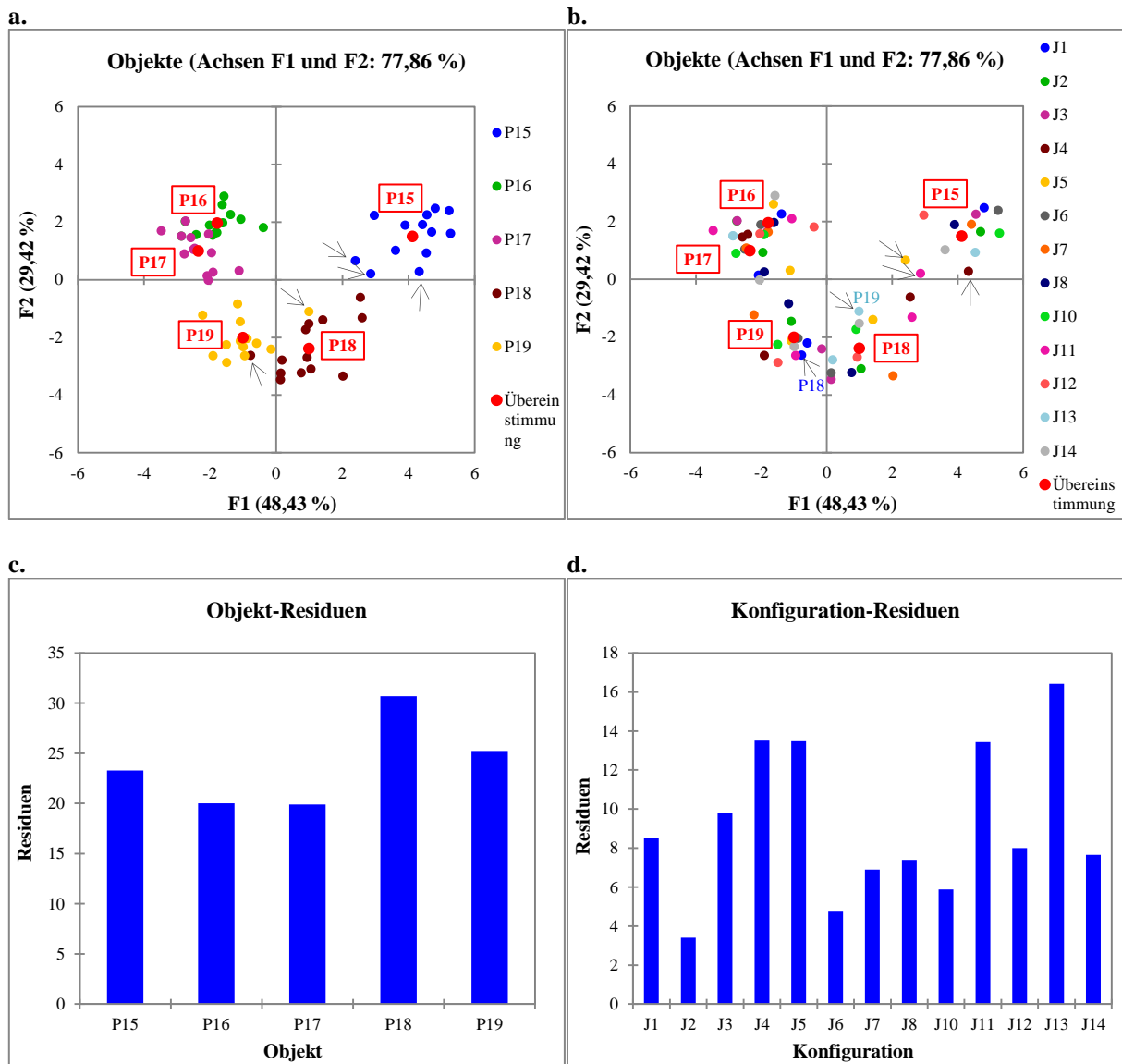


Abbildung 43: Set 7 – a. PCA-Darstellung der Produkte nach den Einzelkonfigurationen und der Konsenskonfiguration, b. PCA-Darstellung der Einzelkonfigurationen nach den Prüfern, c. Residuen jeder Probe nach den Transformationen von GPA, d. Residuen jeder Konfiguration bzw. jedes Prüfers

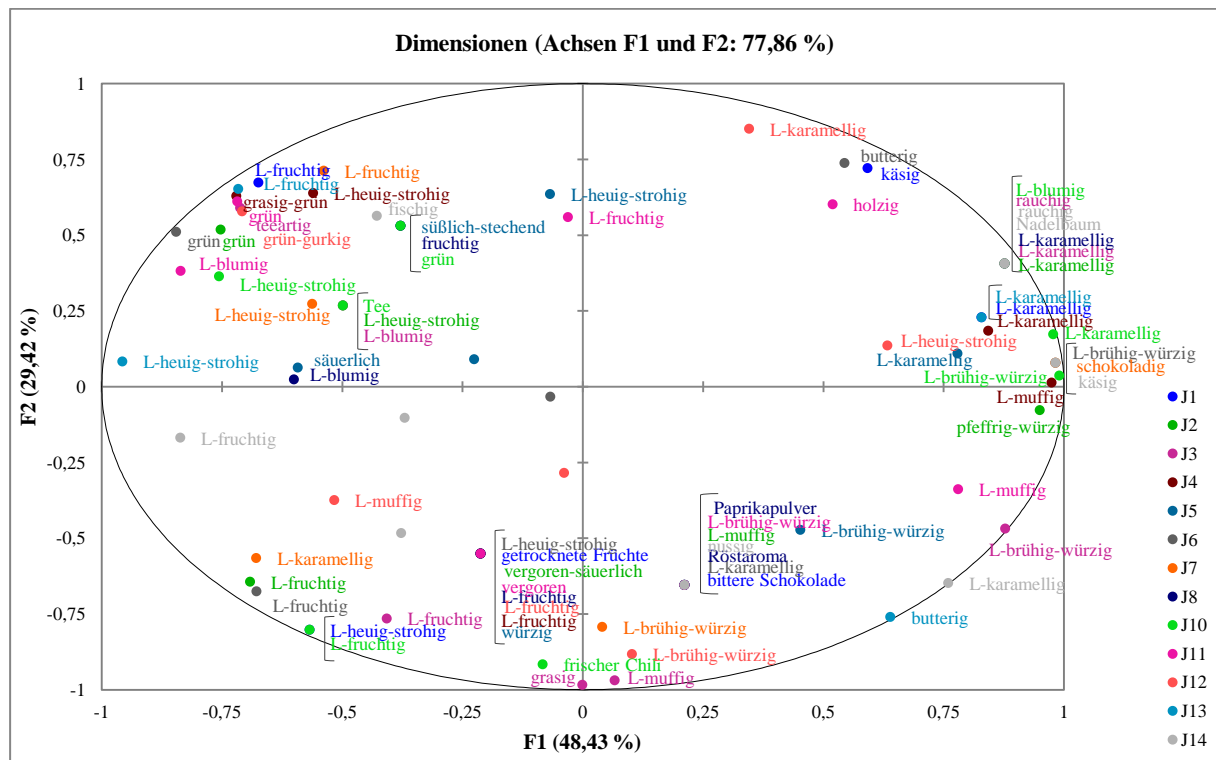
Aus dem Korrelationskreis (Abbildung 44) stechen drei Anhäufungen von Attributen hervor, die Korrelationen mit einem hohen Informationsgehalt repräsentieren: eine Gruppe ist auf der positiven Seite des Faktors 1, die andere auf der negativen Seite von F2 und die letzte ist auf dem oberen linken Quadranten, also mit einer Korrelation zu F1(-) und F2(+).

Auf dem Faktor F1(+) dominiert das Attribut L-karamellig mit 9 Nennungen. Da es sich laut der Definition bei L-karamellig um einen süß-malzigen und röstigen Geruch mit der Assoziation zu Kakao handelt, könnten die umliegenden Attribute wie butterig, schokoladig, holzig, Nadelbaum, rauchig (2 Nennungen) dasselbe bedeuten. Dieser karamellige Geruch zeichnet die Probe P15 aus. P18 ist dadurch nur bedingt beeinflusst.

Die negative Seite des F2 weist 6-mal eine Korrelation mit dem Begriff L-fruchtig, 3-mal mit L-brühig-würzig auf. Dazu deuten weitere Begriffe wie frischer Chili, getrocknete Früchte,

Paprikapulver und würzig einen Chili-typischen fruchtigen und würzigen Geruch an. Da P18 und P19 stark mit F2(-) korrelieren, würden diese Eigenschaften auf die beiden bolivianischen Proben zutreffen. Ob der Geruch von P19 mehr in Richtung fruchtig und von P18 in Richtung würzig geht, ist nicht eindeutig zu erkennen.

Auf der negativen Seite von F1 erkennt man 7-mal den Deskriptor L-fruchtig, 5-mal L-heuig-strohig, 3-mal grün, 2-mal L-blumig und Einzelnennungen von grasig-grün, grün-gurkig, teeartig, säuerlich u. a. Die letzten vier Attribute beschreiben Assoziationen mit einem grünen Geruch. Somit werden die auf F1(-) liegenden Proben P16, P17 und P19 durch fruchtige und grüne Komponenten charakterisiert. Diese Eigenschaften sind jedoch bei den Proben P16 und P17 stärker ausgeprägt als bei P19, da P19 von F1(-) und F2(-) beeinflusst wird.



Eckige Klammern wurden von der Verfasserin eingefügt und stehen für die Korrelation mehrerer Attribute mit demselben Korrelationskoeffizienten (Koeff.); sie sind demselben Punkt zuzuweisen. Variablen mit einem Koeff. $< |0,5|$ auf beiden Achsen wurden gelöscht.

Abbildung 44: Set 7 – Korrelationskreis zwischen den Faktoren und den Deskriptoren von orthonasalem Geruch

Geschmack

Zur Beschreibung des Geschmacks wurden von allen Panelisten 125 Begriffe generiert. Davon waren 68 für den retronasalen Geruch, 36 für die Geschmacksarten und 21 für die trigeminale Wahrnehmung. Die Attribute, die häufiger als zweimal verwendet wurden, sind in der Tabelle 30 aufgeführt.

Der mittels GPA resultierende Konsens braucht sowohl nach dem Dimensionstest als auch nach dem Kaiser-Kriterium 4 Dimensionen für dessen Darstellung. Allerdings ist die Interpretation der Zusammenhänge zwischen den Proben und vor allem zwischen den Faktoren und Attributen mit vier signifikanten Faktoren um ein vielfaches erschwert. Aus

diesem Grund wurden die Daten getrennt nach den in Tabelle 30 genannten Kategorien ausgewertet.

Tabelle 30: Set 7 – Häufigste* generierte Attribute zur Beschreibung des Geschmacks, eingeteilt in drei Kategorien

Retronasaler Geruch		Geschmacksarten		Trigeminale Wahrnehmung	
Attribut	Häufigkeit	Attribut	Häufigkeit	Attribut	Häufigkeit
RG L-fruchtig	12	süß	13	scharf	13
RG L-heuig-strohig	10	bitter	13	brennend	5
RG L-muffig	10	sauer	7	adstringierend	2
RG L-brühig-würzig	7	salzig	3		
RG L-karamellig	7				
RG holzig	2				

*Anzahl der Nennungen ≥ 2 . Die geringste Anzahl der Nennungen bei 13 Prüfern ist 0 und die höchste 13. RG = retronasaler Geruch.

Retronasaler Geruch (RG)

Die Daten der Kategorie „Retronasaler Geruch“ lieferten mittels GPA eine signifikante Konsenskonfiguration mit einem Rc-Wert von 0,61, die in Abbildung 45a dargestellt ist. Mittels des Dimensionstests wurde festgestellt, dass nur Faktor 1 einen signifikanten Beitrag für deren Darstellung hat. Abbildung 45a zeigt, dass die Konsenskonfigurationen der Proben P16, P17 und P19 negative Werte und die der Proben P15 und P18 positive Werte auf der F1-Achse haben. P16 und P17 werden mäßig von F1(-) und F2(+) beeinflusst und weisen aufgrund ihrer Nähe zueinander Gemeinsamkeiten auf. P19 korreliert mäßig mit F1(-) und stärker mit F2(-). P15 und P18 weisen ähnliche Eigenschaften auf dem ersten Faktor auf, wobei P15 deutlich stärker als P18 mit F1(+) korreliert ist.

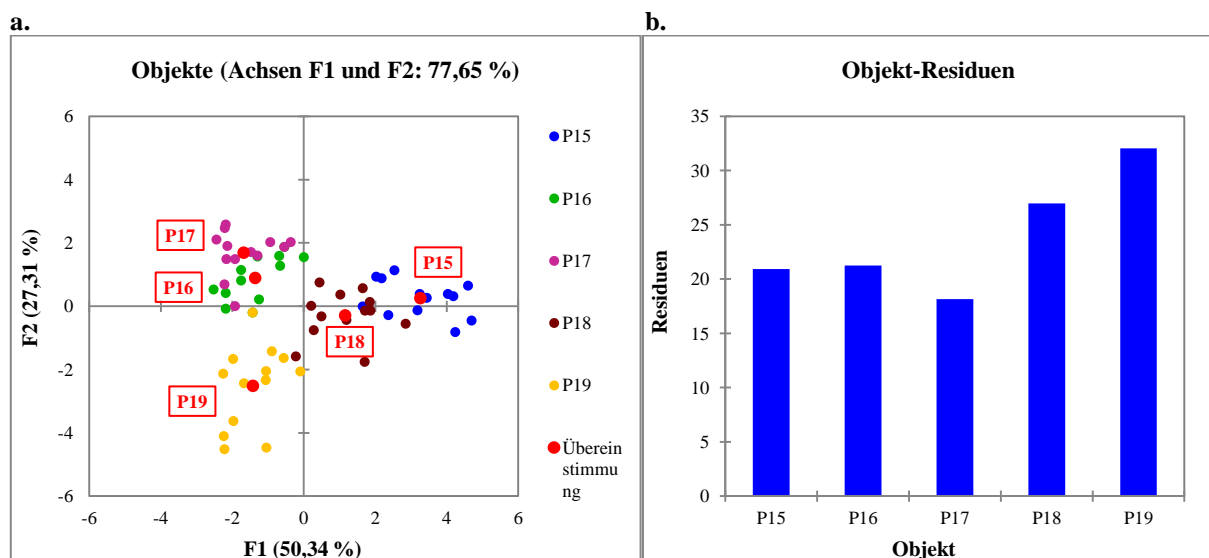


Abbildung 45: Set 7 – Darstellung der Produkte nach den Einzelkonfigurationen und der Konsenskonfiguration, b. Residuen jeder Probe nach den Transformationen von GPA

Bei Betrachtung der Einzelkonfigurationen ist ersichtlich, dass bei den Proben P15, P16 und P17 die Konfigurationen der einzelnen Prüfer näher zum Konsens liegen als bei den Proben P18 und P19. Die Residuen pro Probe aus Abbildung 45b bestätigen dies. P17 hat das kleinste Residuum und P19 das größte. Somit war die geringste Übereinstimmung zwischen den Panelisten bei Probe P19 gegeben.

Die Attribute, die mit den Faktoren 1 und 2 eine bedeutsame Korrelation aufweisen (Korrelationskoeffizient $\geq |0,5|$) sind in Tabelle 31 mit der Angabe der Nennungen zusammengefasst und im Korrelationskreis abgebildet (s. Abbildung 46).

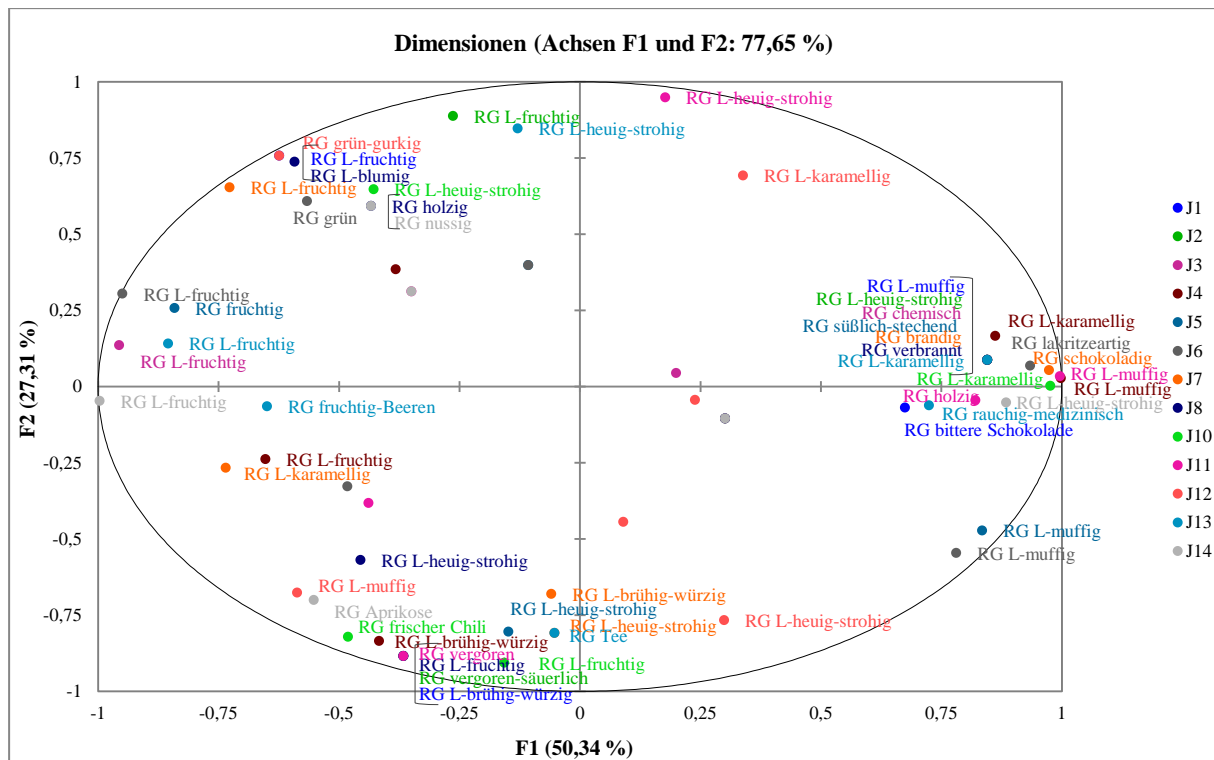
F1(+) weist fünf Nennungen von L-muffig, drei von L-karamellig und zwei karamellig-ähnliche Assoziationen wie bittere Schokolade und schokoladig auf. 7 Attribute (L-muffig, L-heuig-strohig, chemisch, süßlich-stechend, brandig, verbrannt und L-karamellig) weisen denselben Korrelationskoeffizienten von 0,85 mit F1(+) auf. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Prüfer höchstwahrscheinlich dasselbe gemeint haben, aber es mit unterschiedlichen Worten ausgedrückt haben. Darüber hinaus deuten die Attribute holzig, rauchig, chemisch, brandig und verbrannt auf ein verbranntes oder Rauch-ähnliches Aroma. Somit scheint es sich um einen komplexeren Geruch zu handeln, der einerseits mit karamellig assoziierbar ist, andererseits in Richtung verbrannt geht, was in einem unangenehmen Geruch resultiert. Dies erklärt, warum einige Panelisten ihn als muffig empfanden. Demnach wurde der retronasale Geruch von P15 und P18 als muffig-karamellig-rauchig beschrieben.

Auf der negativen Seite des Faktors 1 dominieren hauptsächlich fruchtige oder fruchtig-ähnliche Attribute wie L-fruchtig, fruchtig, fruchtig-Beeren und Aprikose. P16, P17 und P19 werden somit durch einen fruchtigen retronasalen Geruch charakterisiert. Da der Faktor F2 nach dem Dimensionstest nicht signifikant ist, wird auf die Charakterisierung mit F2 verzichtet.

Tabelle 31: Set 7 – Attribute in Korrelation mit den Faktoren F1 und F2 in der Konsenskonfiguration

Faktor	Attribute
F1(+)	L-muffig (5), L-karamellig (3), bittere Schokolade, schokoladig, lakritzartig, brandig, L-heuig-strohig (2), holzig, rauchig-medizinisch, chemisch, süßlich-stechend, verbrannt
F1(-)	L-fruchtig (7), fruchtig, fruchtig-Beeren, Aprikose, grün-gurkig, L-blumig, L-karamellig, L-muffig
F2(+)	grün, grün-gurkig, holzig, L-blumig, L-fruchtig (3), L-heuig-strohig (3), karamellig, nussig
F2(-)	L-heuig-strohig (4), L-muffig (2), L-brühig-würzig (3), L-fruchtig (2), Aprikose, frischer Chili, Tee, vergoren, vergoren-säuerlich

Die Nummer in Klammern entspricht der Anzahl der Nennungen eines Attributs mit einem Korrelationskoeffizienten $\geq |0,5|$.



Eckige Klammern wurden von der Verfasserin eingefügt und stehen für die Korrelation mehrerer Attribute mit demselben Korrelationskoeffizienten (Koeff.); sie sind demselben Punkt zuzuweisen. Variablen mit einem Koeff. $< |0,5|$ auf beiden Achsen wurden gelöscht.

Abbildung 46: Set 7 – Korrelationskreis zwischen den Faktoren und den Deskriptoren von retronasalem Geruch

Geschmacksarten

Der ermittelte Konsens war signifikant und erklärte 48 % der Gesamtvarianz. Für deren Projektion ist der Faktor 1 mit 81 % erklärter Varianz ausreichend (siehe Abbildung 47a). Dabei trennt der erste Faktor das Set 7 in zwei Gruppen: die Proben P16 und P17 mit negativen Werten und die aus den Proben P15, P18 und P19 mit positiven Werten bestehende Gruppe. Allerdings ist P19 am schwächsten von F1 korreliert, da es nahe dem Zentrum positioniert ist. Der Korrelationskreis aus Abbildung 47 illustriert den Grund für die Trennung: die Geschmacksarten süß und bitter. Laut Tabelle 30 verwendete jeder Prüfer die Attribute süß und bitter für das Probenset 7, während die Geschmacksart sauer von nur 7 von 13 Prüfpersonen erkannt wurde. Von den 13 Nennungen für süß sind 10 in der Konsenskonfiguration mit einem Korrelationskoeffizienten kleiner als -0,5 auf dem Faktor F1 zu finden. Das Attribut süß vom Prüfer J12 ist zwar auf der F1(-), aber mit einem Koeffizienten $> -0,5$. Zudem ist dieser Begriff auf der F1(+)-Seite zweimal zu finden. Dies liegt wahrscheinlich daran, dass die Prüfer J3 und J11 nicht der gleichen Meinung wie der Rest des Panels war. Die 13 Nennungen von bitter liegen auf dem Faktor F1(+), aber nur 10 davon weisen eine bedeutsame Korrelation (Koeff. $\geq 0,5$) in der Konsenskonfiguration auf. Dies führt zur Schlussfolgerung, dass die Proben P16 und P17 süß und die Proben P15, P18 und P19 bitter schmecken. Dabei ist die Süße bei P17 und die Bitterkeit bei P15 am stärksten ausgeprägt.

Entlang der F2(-)-Achse korreliert 6-mal das Attribut sauer mit einem Koeffizienten $\leq -0,5$. Es deutet darauf hin, dass die Proben P17 und P18 einen sauren Geschmack haben könnten.

Da weniger als die Hälfte der Panelisten (6 von 13) die Geschmacksart sauer erkannte und nach dem Dimensionstest der Faktor F2 nicht signifikant ist, ist deren Zuordnung zu den Proben P17 und P18 mit Vorsicht zu behandeln.

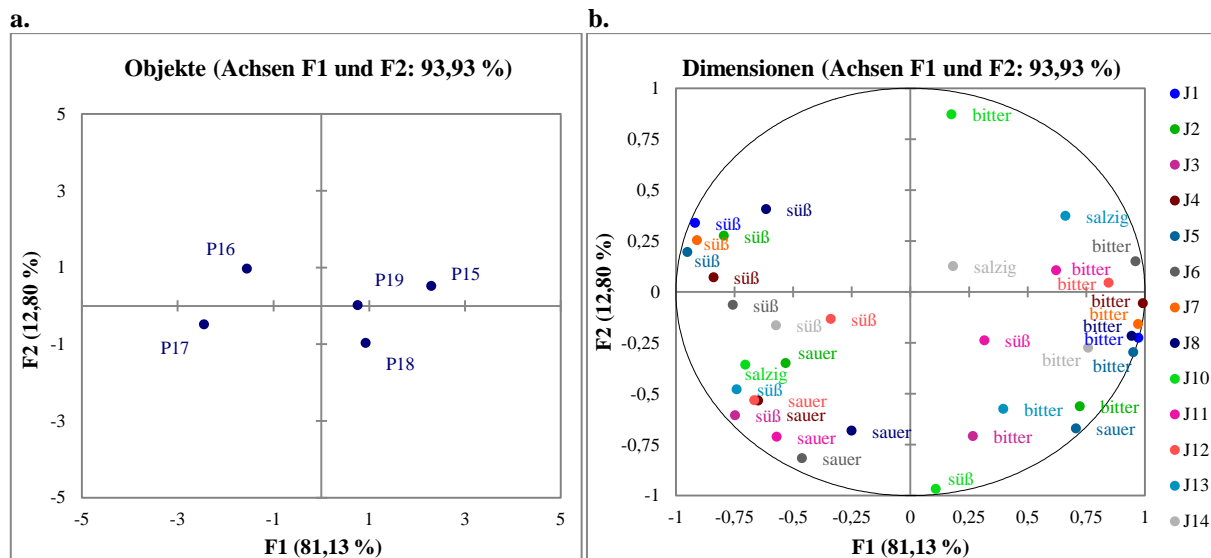


Abbildung 47: Sets 7 – a. Darstellung der Produkte nach der Konsenskonfiguration mittels PCA, b. Korrelationskreis zwischen den Faktoren und den Geschmacksarten

Abbildung 48a zeigt die Einzelkonfigurationen und die Konsenskonfigurationen für das Produktset 7. Sie bringt zum Ausdruck, dass die Einzelkonfigurationen zum größten Teil auf dem Faktor 1 liegen. Es besteht jedoch keine definierte Trennung zwischen den Einzelkonfigurationen der fünf Proben im Vergleich zu anderen Sets. Hinsichtlich der Panelübereinstimmung weisen die Proben P16 das größte und P17 das kleinste Residuum nach Abbildung 48b auf.

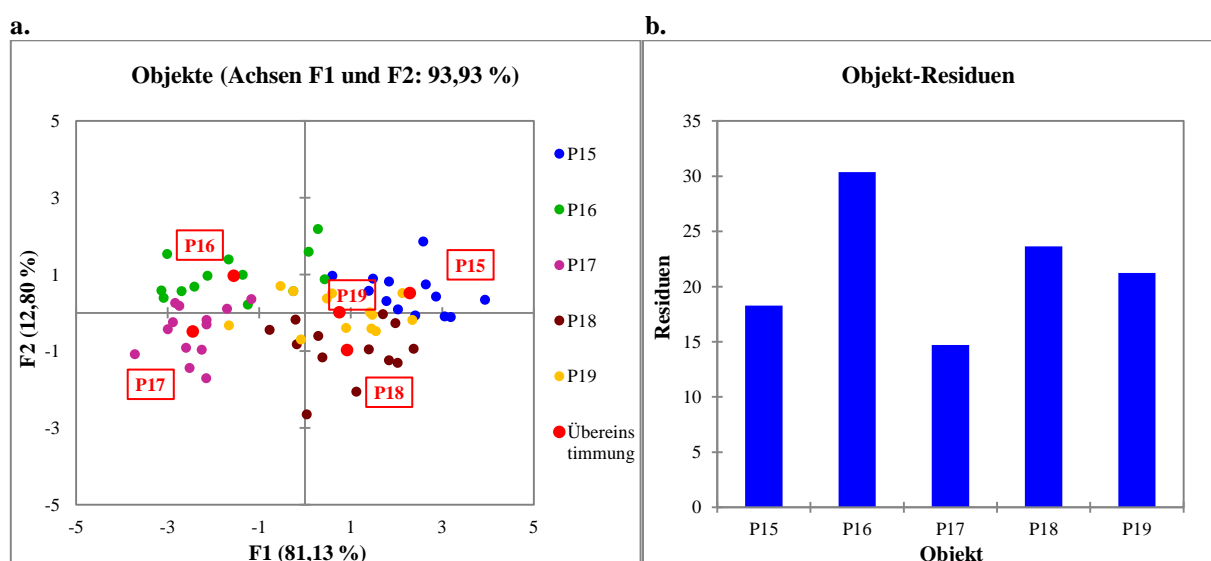


Abbildung 48: Set 7 – a. Darstellung der Produkte nach den Einzelkonfigurationen und der Konsenskonfiguration mittels PCA, b. Residuen jeder Probe nach der GPA

Trigeminaler Wahrnehmung

Die Beschreibung der trigeminalen Wahrnehmung bestand aus nur vier Begriffen: scharf, brennend, adstringierend und kratzig. Daraus ergab sich ein signifikanter Konsens, der einen Rc-Wert von 0,64 aufwies. Nur der erste Faktor der PCA, der 98,67 % der Varianz erklärt, ist erforderlich für die Darstellung des Konsenses, denn Faktor 2 verfügt nur über 1,17 % Varianz. Die Konsenskonfiguration aus Abbildung 49a demonstriert, dass Faktor 1 ausreicht, um alle Proben zu beschreiben. P17, P18 und P19 stehen in Beziehung mit der negativen Seite des F1 und weisen somit Gemeinsamkeiten auf. Davon unterscheiden sich die Proben P15 und P16, die positive Werte auf F1 haben. Abbildung 49b zeigt, dass die größte nicht erklärte Varianz und somit die geringste Panelübereinstimmung aus den fünf Proben bei P16 zu beobachten ist.

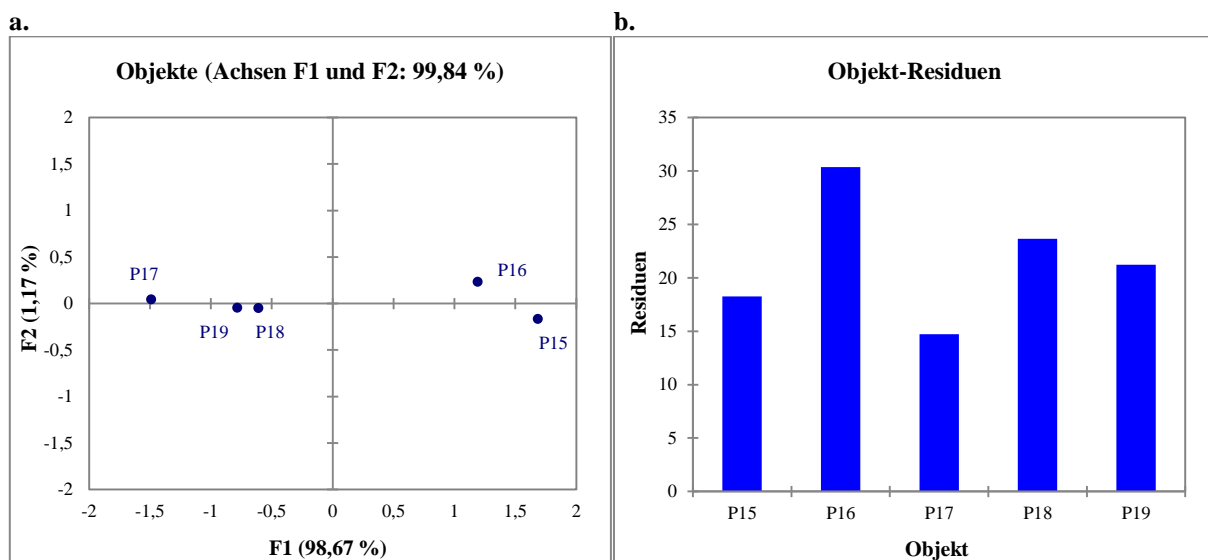


Abbildung 49: Sets 7 – a. Darstellung der Produkte nach der Konsenskonfiguration mittels PCA, b. Residuen jeder Probe nach den Transformationen von GPA

Die Korrelation zwischen den Faktoren und Attributen der trigeminalen Wahrnehmung ist durch sehr hohe Korrelationskoeffizienten auf der F1(+) gekennzeichnet (siehe Tabelle 32).

Tabelle 32: Sets 7 – Attribute in Korrelation mit den Faktoren F1 und F2 in der Konsenskonfiguration

Faktor	Attribute (Korrelationskoeffizienten Koeff.)
F1(+)	adstringierend (0,55), scharf (13 Nennungen mit Koeff. 0,88-0,99), brennend (4 Nennungen mit Koeff. 0,88-0,99), kratzig (0,91)
F1(-)	brennend ($< 0,5 $), adstringierend ($< 0,5 $)
F2(+)	brennend (3 Nennungen mit Koeff. $< 0,5 $), scharf (9 Nennungen mit Koeff. $< 0,5 $)
F2(-)	adstringierend (-0,84), scharf (4 Nennungen mit Koeff. $< 0,5 $), brennend (2 Nennungen mit Koeff. $< 0,5 $), kratzig (Koeff. $< 0,5 $), adstringierend ($\leq 0,5 $)

Aufgrund der aufeinander liegenden Attribute wurde auf die unübersichtliche Darstellung auf dem Korrelationskreis verzichtet. Aus Tabelle 32 sticht heraus, dass die 13 Prüfer das Attribut scharf verwendeten und sich aufgrund der sehr ähnlichen Korrelationskoeffizienten einig in der Bedeutung des Begriffs waren. Daraus folgt, dass die Proben P15 und P16 sich durch den Deskriptor scharf deutlich charakterisieren lassen. Dabei wurde P15 schärfer als P16 bewertet. Im Vergleich zu P15 und P16 zeichnen sich die Proben P18, P19 und P17 durch eine sehr schwache oder sogar fehlende Schärfe aus. P17 wurde zudem von den Panelisten als mildeste Chilisorte des Sets 7 eingestuft.

Die Charakterisierung der Proben aus dem Set 7 erfolgte nicht gleichermaßen in allen Kategorien oder Merkmalen. Beim orthonasalen Geruch (OG) konnten mehr Unterscheidungsmerkmale identifiziert werden als beim retronasalen Geruch (RG), denn die Korrelation der Attribute mit den Faktoren war mit den OG-Daten eindeutiger als mit den RG-Daten. Es gab mehr Nennungen desselben Attributs oder ähnlicher Attribute, die die Interpretation vereinfachten.

Ein kleiner sensorischer Länderunterschied (zwischen den peruanischen und bolivianischen Proben) wurde nur beim Geruch beobachtet: nur die bolivianischen Proben P18 und P19 wurden als fruchtig-würzig beschrieben. Weiterhin ist die peruanische Probe P19 aufgefallen, weil sie für einen ausgeprägten fruchtig-würzigen Geruch und einen fruchtigen Geschmack charakteristisch ist. Allerdings wurde sie mit einem bitteren Geschmack beschrieben, was dafür spricht, dass Fruchtigkeit nicht gezwungenermaßen mit Süße verbunden ist.

Einerseits konnte bei diesem Set eine gute Panelübereinstimmung und Diskriminierung bei den Deskriptoren süß, bitter und denen der trigeminalen Wahrnehmung gezeigt werden. Andererseits wurden beim Set 7 mehr diskriminierende Attribute, vor allem beim ortho- und retronasalen Geruch, als bei den Sets 5 und 6 ermittelt.

4.1.4.6 Untersuchung von verschiedenen lateinamerikanischen nativen Chilipoben (Set 8)

Das Set 8 besteht aus sechs Projektproben. Nach Tabelle 33 stammen sie aus drei verschiedenen Ländern: Bolivien, Peru und Mexiko. An der sensorischen Prüfung nahmen 11 Prüfer teil. Sie bewerteten das Set 8 und generierten pro Person ca. 16 Attribute, um den Geruch und Geschmack zu beschreiben.

Tabelle 33: Set 8 – Untersuchte lateinamerikanische native Chilipoben

Nr.	Land	Organisation	Akzessions-Nr.	Spezies
P20*	Bolivien	CIFP	319-2	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
P21	Peru	INIA	PER006979 (038)	<i>C. chinense</i>
P22	Peru	INIA	PER017623 (133)	<i>C. annuum</i>
P23	Mexiko	CATIE	CAT 009186	<i>C. annuum</i>
P24	Mexiko	CATIE	CAT 009115	<i>C. annuum</i>
P25	Mexiko	CATIE	CAT 009269	<i>C. annuum</i>

*Die Nummer in Klammern entspricht der Zusatzcodierung der jeweiligen Forschungsorganisation. Die mit * gekennzeichnete Projektprobe gehört aufgrund der chemischen Charakterisierung zum „ausgewählten“ Material (engl. promising material).*

Orthonasaler Geruch (OG)

Folgende olfaktorische Begriffe stachen aufgrund ihrer Häufigkeit hervor: L-karamellig (11 Nennungen), L-fruchtig (9 Nennungen), L-muffig (7 Nennungen), L-heuig-strohig, (6 Nennungen), L-brühig-würzig, schokoladig (jeweils 5 Nennungen), nussig, rauchig (jeweils 3 Nennungen), holzig und L-blumig (jeweils 2 Nennungen).

Der aus den OG-Daten ermittelte Konsens war signifikant und kann 72 % der Gesamtvarianz erklären. Nach dem Dimensionstest braucht man die Faktoren F1, F2 und F3 mit jeweils 44,5 %, 19,9 % und 18,6 % erklärter Varianz für die Projektion der Konsenskonfiguration.

Anhand der Abbildung 50 ist eine Trennung zwischen den mexikanischen (P23, P24, P25) und den südamerikanischen Proben (P20, P21, P22) entlang des ersten Faktors zu erkennen. Dazu korrelieren die Proben P20 und P22 mäßig mit F2(+) und P21 stark mit F2(-) (siehe Abbildung 50a). P20 und P22 liegen nahe zueinander und ähneln sich deutlich in ihren olfaktorischen Eigenschaften. P23, P24 und P25 weisen auch Gemeinsamkeiten auf der F1(-) auf. P21 unterscheidet sich deutlich von den anderen Proben und positioniert sich allein im rechten unteren Quadranten. Von der dritten Komponente werden laut Abbildung 50b hauptsächlich die Proben P24 und P25 beeinflusst, P24 von der positiven Seite und P25 von der negativen Seite des Faktors 3.

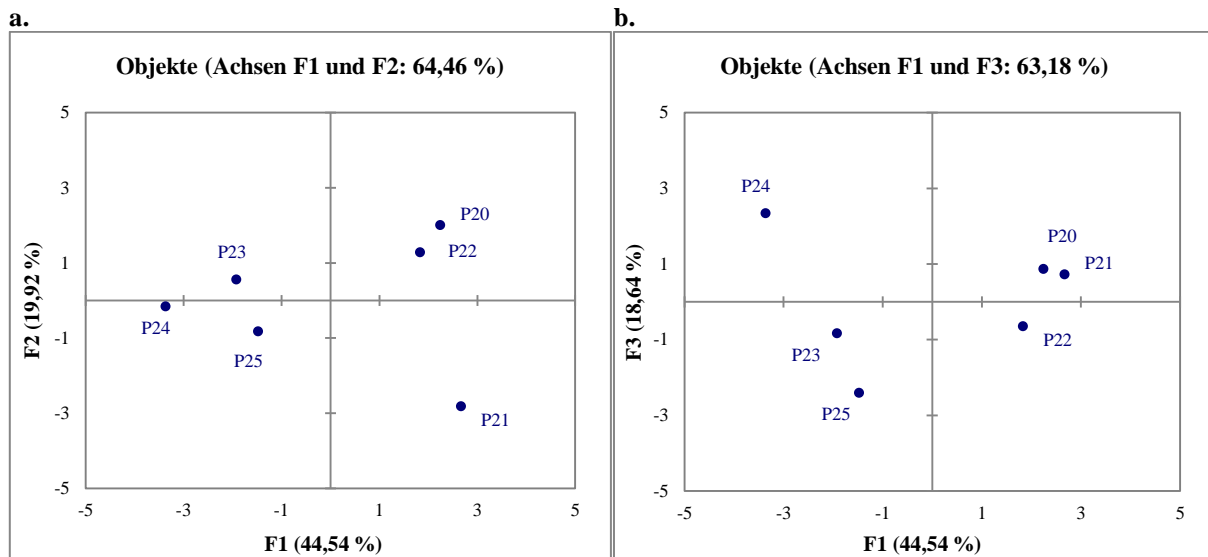


Abbildung 50: Hauptkomponentenanalyse des Sets 8 nach der GPA – Darstellung der Produkte nach der Konsenskonfiguration mit den Faktoren F1 und F2 (a), F1 und F3 (b).

Die mit den Faktoren F1, F2 korrelierenden Attribute sind in Tabelle 34 aufgelistet und in Abbildung 51 dargestellt. In Beziehung mit dem Faktor F1(+) stehen der Begriff L-fruchtig (mit 6 Nennungen) und fruchtig-ähnliche Begriffe wie fruchtig-Beeren, Aprikose, Gemüsefruchtig, orangenartig. Da unter L-fruchtig ein angenehm frischer Geruch wie rote Gemüsepaprika zu verstehen ist (s. Tabelle 8), und drei von den fruchtig-ähnlichen Begriffen auf Obst hinweisen, ist es nicht klar, ob diese Fruchtigkeit sich auf Gemüsepaprika oder auf Obst bezieht. Weiterhin könnten die Begriffe L-heuig-strohig (mit 3 Nennungen), L-blumig (2 Nennungen) und grün auf zusätzliche grasige oder wiesenartige Noten auf der F1(+)-Seite hindeuten. Da die Anzahl der Nennungen dafür gering ist, sind die grünen Attribute mit Vorsicht zu interpretieren. Somit sind die Proben P20, P21 und P22 durch einen fruchtigen Geruch (nach Gemüse oder Obst) ausgeprägt.

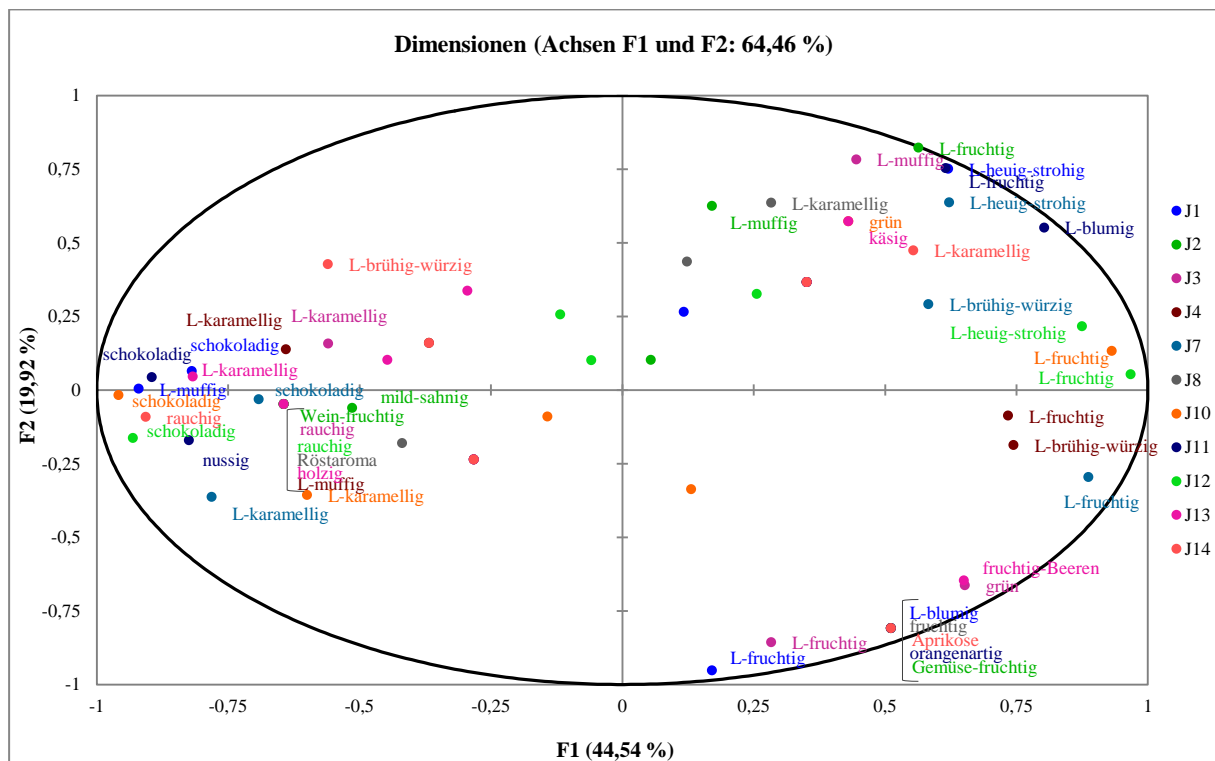
Auf der negativen Seite des F1 ist eine weitere Gruppierung von stark korrelierenden Attributen zu erkennen, die auf karamellige-schokoladige Aromen deutet. Diese Eigenschaft ist den mexikanischen Proben P23, P24 und P25 zuzuordnen. Dabei korreliert P24 stärker mit dem karamellig-schokoladigen Geruch als die anderen.

Die Attribute, die mit F2(-) in Beziehung stehen, weisen ebenfalls auf einen fruchtigen Geruch der Probe P21 hin. Es ist jedoch nicht möglich, zu interpretieren, inwiefern die Fruchtigkeit von P21 sich von der der Proben P20 und P22 unterscheidet. Mit dem Faktor F3(-) korrelieren zwar wenige Attribute, aber sie ähneln sich in der Bedeutung. Sie beschreiben ebenfalls die karamellige Ausprägung von der mexikanischen Probe P25. Aus den mit Faktor F3(+) korrelierenden Attributen lässt sich nicht genau interpretieren. Diese Begriffe weisen keine Gemeinsamkeit auf, sodass es der Probe P24 keine zusätzliche olfaktorische Eigenschaft zugeordnet werden kann.

Tabelle 34: Set 8 – Attribute in Korrelation mit den Faktoren F1, F2 und F3 in der Konsenskonfiguration

Faktor	Attribute
F1(+)	L-fruchtig (6), fruchtig, fruchtig-Beeren, Aprikose, Gemüse-fruchtig, orangenartig, L-heuig-strohig (3), L-brühig-würzig (2), L-blumig (2), grün, L-karamellig
F1(-)	L-karamellig (5), schokoladig (5), rauchig (3), L-muffig (2), Röstaroma, holzig, mild-sahnig, nussig, L-brühig-würzig, Wein-fruchtig
F2(+)	L-heuig-strohig (2), L-muffig (2), L-fruchtig (2), L-karamellig, L-blumig, käsig, grün
F2(-)	L-fruchtig (2), Aprikose, fruchtig, fruchtig-Beeren, Gemüse-fruchtig, L-blumig, orangenartig, grün
F3(+)	L-brühig-würzig (2), L-karamellig (2), schokoladig, rauchig (2), Röstaroma, holzig, Wein-fruchtig, L-muffig
F3(-)	L-karamellig (4), malzig, mild-sahnig, Brot, holzig, nussig, L-brühig-würzig, L-heuig-strohig

Die Nummer in Klammern entspricht der Anzahl der Nennungen eines Attributs mit einem Korrelationskoeffizienten $\geq |0,5|$.



Eckige Klammern wurden von der Verfasserin eingefügt und stehen für die Korrelation mehrerer Attribute mit demselben Korrelationskoeffizienten (Koeff.); sie sind demselben Punkt zuzuweisen. Variablen mit einem Koeff. $< |0,5|$ auf beiden Achsen wurden gelöscht.

Abbildung 51: Set 8 – Korrelationskreis zwischen den Faktoren und den Deskriptoren von orthonasalem Geruch

Retronasaler Geruch, Geschmacksarten, Trigeminaler Wahrnehmung

Aus den individuellen Begriffslisten wurden insgesamt 108 gustatorische Begriffe von den 11 Panelisten gesammelt. Die Attributshäufigkeit nach dem retronasalen Geruch, den Geschmacksarten und der trigeminalen Wahrnehmung ist in Tabelle 35 aufgeführt. Es fällt auf, dass die häufigsten Begriffe für das Aroma aus der festgelegten Begriffsliste (vgl. Tabelle

8) stammen. Wie bei früheren Sets scheinen die wichtigsten Geschmacksarten bei den Pulvern süß und bitter zu sein. Diesmal konnte aber mehr als die Hälfte der Panelisten einen zusätzlichen sauren Geschmack erkennen. Der trigeminale Eindruck wurde, wie erwartet, fast einstimmig mit scharf und brennend beschrieben.

Tabelle 35: Set 8 – Häufigste* generierte Attribute zur Beschreibung des Geschmacks eingeteilt in drei Kategorien

Retronasaler Geruch		Geschmacksarten		Trigeminale Wahrnehmung	
Attribut	Häufigkeit	Attribut	Häufigkeit	Attribut	Häufigkeit
L-fruchtig	10	süß	11	scharf	11
L-heuig-strohig	6	bitter	10	brennend	9
L-karamellig	5	sauer	6		
L-muffig	5	salzig	2		
L-brühig-würzig	4				
schokoladig	4				
nussig	4				
rauchig	2				

*Anzahl der Nennungen ≥ 2 . Die geringste Anzahl der Nennungen bei 11 Prüfern ist 0 und die höchste 11. RG = retronasaler Geruch.

Diese Daten wurden einer GPA unterzogen. Nach dem Konsenstest wurde ein signifikanter Konsens mit einer Konsensvarianz von 69 % erreicht. Drei Faktoren (F1, F2, F3) sind nach dem Dimensionstest für die Projektion nötig. Allerdings erklärt die erste Dimension bzw. der erste Faktor bereits 73,84 % der Varianz und die restlichen Faktoren weniger als 12 % (siehe Abbildung 52a). Erst mit fünf Faktoren könnte die Konsenskonfiguration auf der PCA zu 100 % dargestellt werden. Zur Verringerung der Dimensionalität für die Projektion wird man in diesem Fall vom Scree-Test Gebrauch machen.

Beim Scree-Test [14] verbindet man die Balken aus dem Scree-Plot, welche die Eigenwerte pro Faktor zeigen, von links nach rechts mit einer Linie. An der rechteckigen Stelle, wo die Linie einen sogenannten „Knick“ macht, erkennt man die Anzahl der extrahierenden Faktoren. Die Faktorenanzahl entspricht der Anzahl an Balken vor dem Knick. Die Balken bzw. die Faktoren beim und nach dem Knick weisen einen geringen und vernachlässigbaren Informationsgehalt auf. Führt man den Scree-Test mit den Eigenwerten aus Abbildung 52a durch (schwarze Linie), erkennt man, dass sich bereits beim zweiten Balken ein Knick bildet. Demzufolge sollte nur der erste Faktor F1 für die PCA-Interpretation berücksichtigt werden.

Teilt man die durch die PCA erzeugte Varianz in die 5 möglichen Faktoren und jeweils in die 11 Konfigurationen (Bewertungen der 11 Prüfer), bekommt man Abbildung 52b. Dieses Balkendiagramm zeigt ebenfalls, dass alle Einzelkonfigurationen im Faktor 1 einen relevanten Anteil an Varianz erklären ($> 50\%$) und dass die Variabilität der 11 Konfigurationen relativ gleichmäßig ist. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Ergebnisse der Panelisten ähnlich waren. Die Aufteilung der Varianz nach den Einzelkonfigurationen bestätigt, dass im ersten Faktor der größte Informationsgehalt für alle Proben vorhanden ist.

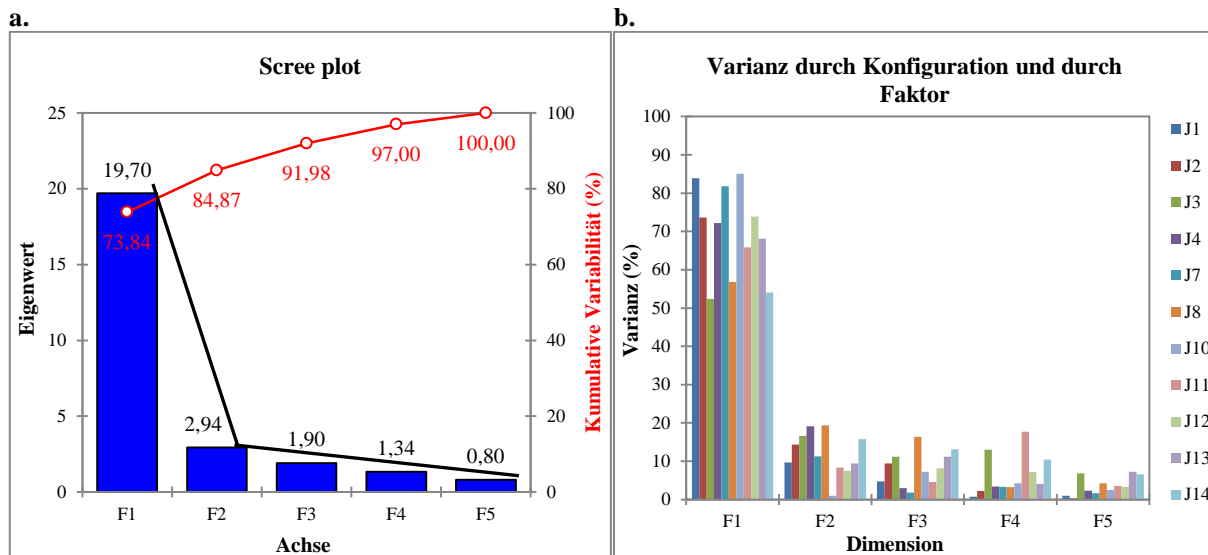


Abbildung 52: Set 8 – a. Eigenwerte und erklärte Varianz für die Darstellung der Konsenskonfiguration, b. Verteilung der erklärten Varianz nach den Faktoren und Konfigurationen (Prüfern) bei der Projektion

Die Konsenskonfiguration des Sets 8 bezüglich des Geschmacks ist in den Abbildung 53a und b dargestellt. Auf der linken Seite des Faktors 1 liegen drei Proben sehr nahe beieinander (Abbildung 53a). Es handelt sich um die bolivianische Probe P20 und die peruanischen Proben P21 und P22. Auf Abbildung 53b sieht man, dass nicht nur die Konsenskonfigurationen, sondern auch die Einzelkonfigurationen von P20, P21 und P22 sehr nahe, praktisch aufeinander, liegen. Diese südamerikanischen Proben wurden demzufolge geschmacklich fast gleich wahrgenommen. Bei dieser Bewertung bestand nach Abbildung 53b eine große Übereinstimmung. Von dieser Probengruppe unterscheiden sich deutlich die mexikanischen Proben P23, P24 und P25, die auf der anderen Seite des Faktors 1 zu finden sind. Hinzu kommt, dass P24 auch mit F2(+) und P25 mit F2(-) in Beziehung stehen.

Die Einzelkonfigurationen (braune, gelbe und graue Punkte) der Proben P23, P24 und P25 liegen etwas zerstreut um die Konsenskonfigurationen. Es sind sogar braune Punkte aus P23 unmittelbar neben der Konsenskonfiguration von P25 zu sehen. Sie sind in Abbildung 53b durch Pfeile signalisiert. Dies erklärt, warum die Probe P23 eine größere unerklärte Varianz (Residuum 37) als die anderen fünf Proben aufweist (Residuen zwischen 23 und 32).

Die Attribute, die in Beziehung zu den Faktoren 1 und 2 stehen, sind der Tabelle 36 zu entnehmen. Da die graphische Darstellung dieser Korrelationen einen unübersichtlichen Korrelationskreis ergab, wurde darauf verzichtet.

Nach Tabelle 36 lassen sich die Geschmacksarten eindeutig den Faktoren und den Proben zuordnen. Das Attribut bitter korreliert mit den positiven Werten des ersten Faktors. 8 von 10 ursprünglichen Nennungen sind in der Konsenskonfiguration mit einem Korrelationskoeffizienten $\geq 0,5$ auf F1. Die Geschmacksart süß korreliert mit der negativen Seite von F1. Somit wurden die Proben P20, P21 und P22 bzgl. der Geschmacksart süß hoch bewertet und unterscheiden sich dabei klar von den bitteren mexikanischen Proben P23, P24 und P25. Die Geschmacksart sauer ist mit 5 Nennungen im Konsens vertreten und korreliert mit F1(-). Somit wurden die Proben P20, P21 und P22 überdurchschnittlich sauer empfunden.

Da dieser Säureeindruck die Meinung von weniger als der Hälfte des Panels (5 von 11 Prüfern) repräsentiert, ist es mit Vorsicht zu interpretieren. Die Geschmacksarten salzig und umami sind wegen den insgesamt nur drei Nennungen als irrelevant zu betrachten.

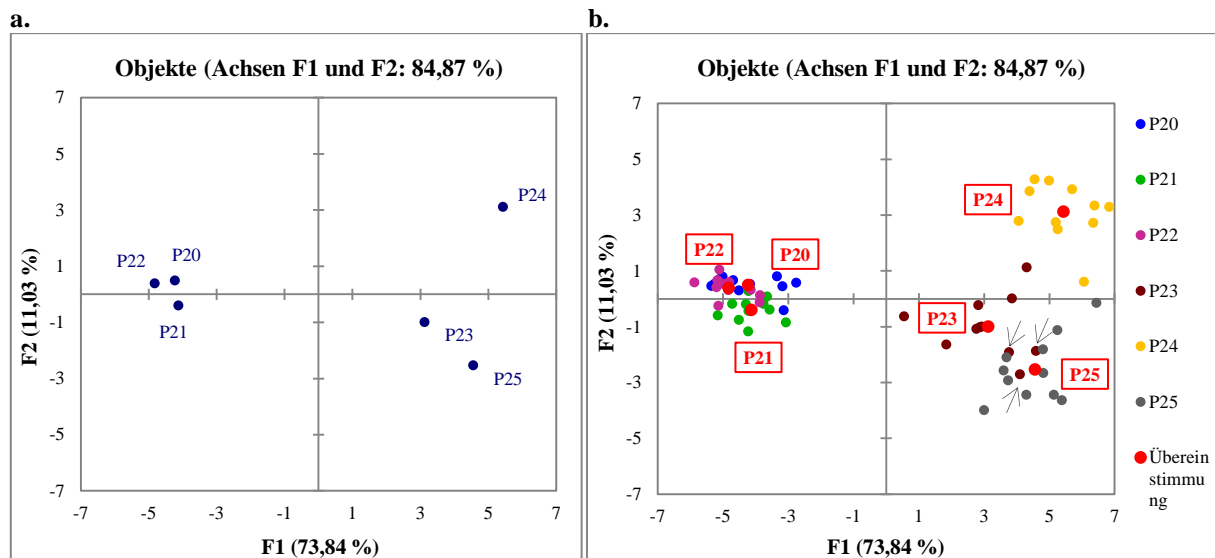


Abbildung 53: Hauptkomponentenanalyse des Sets 8 nach der GPA – a. Darstellung der Produkte nach der Konsenskonfiguration, b. Darstellung der Produkte nach den Einzelkonfigurationen und der Konsenskonfiguration

Des Weiteren sind alle Nennungen der Attribute scharf und brennend aus Tabelle 35 in der Konsenskonfiguration vorhanden und zwar auf der positiven Seite des Faktors 1. Nach Abbildung 53 und Tabelle 36 sind die Proben P23, P24 und P25 durch die Schärfe und das brennende Mundgefühl charakterisiert, während die peruanischen und bolivianischen Proben P20, P21 und P22 als wenig oder nicht scharf bzw. als nicht brennend wahrgenommen wurden. Probe P23 ist weniger von den Attributen scharf und brennend ausgeprägt, als die anderen beiden mexikanischen Proben P24 und P25.

Tabelle 36: Set 8 – Attribute in Korrelation mit den Faktoren F1 und F2 in der Konsenskonfiguration

Faktor	Attribute
F1(+)	bitter (8), salzig (2), umami, scharf (11), brennend (9) schokoladig (4), L-karamellig (2), malzig, Getreide, brandig, L-muffig (2), rauchig (2), Röstaroma, röstig, medizinisch, nussig, erdig, käsig-schweißig, L-heuig-strohig süß (10), sauer (5)
F1(-)	L-fruchtig (10), fruchtig, fruchtig-Beeren, Aprikose, L-brühig-würzig (3), grün, L-blumig, L-heuig-strohig, L-karamellig, muffig
F2(+)	bitter (2), sauer rauchig (2), Röstaroma, röstig, schokoladig, brandig, erdig, käsig-schweißig, medizinisch
F2(-)	bitter, salzig, brennend (2), scharf L-heuig-strohig (3), nussig (3), L-karamellig (2), malzig, profillos, Getreide

Die Nummer in Klammern entspricht der Anzahl der Nennungen eines Attributs mit einem Korrelationskoeffizienten $\geq |0,5|$.

Hinsichtlich des retronasalen Geruchs steht der Faktor F1(-) für einen fruchtigen Geschmack, da 10 von 11 Prüfern das Attribut L-fruchtig verwendet haben (siehe Tabelle 36). Nach Tabelle 8 ist der Begriff „L-fruchtig“ als ein angenehm frischer Geruch wie rote Gemüsepaprika definiert. Somit ist davon auszugehen, dass alle Panelisten denselben frischen paprikaähnlichen Geschmack bei den Proben P20, P21 und P22 empfanden. Die mit F1(-) korrelierenden Begriffe fruchtig, fruchtig-Beeren und Aprikose weisen ebenfalls auf einen fruchtigen retronasalen Geruch hin, obwohl die Prüfer kein definiertes Attribut wählten.

Auf der positiven Seite des F1 korrelieren verschiedene Attribute wie „schokoladig, L-karamellig, malzig, Getreide, brandig, rauchig, Röstaroma, röstig“, die eine gewisse Ähnlichkeit aufweisen. Einen Hinweis liefert die Definition von L-karamellig: „ein süßmalziger und leicht röstiger Geruch wie karamellisierter Zucker. Man assoziiert ihn mit Karamellbonbon u/o Zuckerwatte u/o Schokolade u/o Kakao“ (s. Tabelle 8). Da der Begriff L-karamellig mit Malz, Röstaroma, Schokolade und Karamell verbunden ist, kann man davon ausgehen, dass die Prüfer mit den oben genannten Deskriptoren dasselbe meinten. Diese „schokoladig-gerösteten/rauchigen“ Eigenschaften gehören somit zu den Proben P23, P24 und P25. Nach Abbildung 53a ist Probe P23 etwas weniger von diesem Attribut als die Proben P24 und P25 geprägt.

Die mit F2(+) korrelierenden Attribute signalisieren rauchige Noten oder ein Röstaroma. Allerdings wäre aufgrund der kleinen Anzahl an Nennungen eine Interpretation für die Probe P24 an dieser Stelle nicht aussagekräftig. Mit der F2(-)-Achse stehen unterschiedliche Attribute in Zusammenhang, bei denen kein Begriff heraussticht. Zum Beispiel wurde der definierte Deskriptor L-heuig-strohig von den Prüfpersonen unterschiedlich interpretiert, da er mit F2(+) sowie mit F1(+) und F1(-) korreliert. Da nach dem Scree-Plot der Faktor F2 einen geringen Informationsgehalt aufweist, ist die Charakterisierung des zweiten Faktors nicht relevant.

Die Profilierung vom Set 8 kann folgendermaßen resümiert werden. Anhand der sensorischen Eigenschaften wurden stets zwei Gruppierungen beobachtet: auf der einen Seite die südamerikanischen Proben bestehend aus P20, P21 und P22 und auf der anderen die mexikanischen Proben P23, P24 und P25. Es wurden deutliche Unterschiede beim Geschmack und Geruch zwischen beiden Probengruppen festgestellt. Dabei wirkten folgende Attribute diskriminierend für einen Gruppenunterschied: fruchtig, karamellig-röstig (beim orthonasalen und retronasalen Geruch), süß, bitter (Geschmacksarten), scharf und brennend (trigeminale Wahrnehmung). Innerhalb derselben Probengruppe bestanden sowohl Unterschiede als auch Gemeinsamkeiten. Die Proben P23, P24 und P25 wiesen mehr Gemeinsamkeiten beim Geruch als beim Geschmack auf. Die andere Gruppe (P20, P21, P22) ähnelte sich dagegen mehr im Geschmack. Allerdings war es nicht möglich festzustellen, auf welche Attribute die minimalen Unterschiede innerhalb derselben Probengruppe zurückzuführen waren.

4.1.4.7 Untersuchung von bolivianischen und peruanischen nativen Chiliprogenen (Set 9)

Das Set 9, bestehend aus 6 Projektproben, wurde ebenfalls mit Free Choice Profiling auf den Geruch und Geschmack geprüft. Drei der Proben kamen aus Bolivien und drei aus Peru.

12 Panelisten nahmen an dieser Prüfung teil und generierten insgesamt 169 Begriffe. Jeder benutzte zwischen 9 und 19 Begriffen.

Tabelle 37: Set 9 – Untersuchte bolivianische und peruanische native Chiliprogenen

Nr.	Land	Organisation	Akzessions-Nr.	Spezies
P26	Bolivien	PROINPA	13 (773)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
P27	Bolivien	PROINPA	9 (767)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
P28	Bolivien	PROINPA	P8 (775)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
P29	Peru	UNALM	153 (11)	<i>C. chinense</i>
P30	Peru	UNALM	85 (16)	<i>C. chinense</i>
P31	Peru	UNALM	252 (24)	<i>C. chinense</i>

Die Nummern in Klammern entsprechen der Zusatzcodierung der jeweiligen Forschungsorganisation.

Geruch

Es wurden 66 olfaktorische Begriffe gesammelt. Im Vergleich zu anderen Sets verwendeten die Prüfer für diese sechs Proben deutlich weniger Attribute. Die meisten Nennungen erreichte das Attribut L-fruchtig (11-mal), gefolgt von den Deskriptoren L-heutig-strohig (8-mal), L-karamellig (8-mal), L-brühig-würzig (7-mal), L-muffig (7-mal), stechend (4-mal), L-blumig (2-mal), pfeffrig (2-mal), schokoladig (2-mal) und würzig (2-mal). Dazu kommen die Begriffe, die jeweils einmal genannt wurden: Aprikose, citrus-fruchtig, gemüsig, säuerlich, grün, Kaffee, käsig, rauchig, rote Paprika/Essig, schwarzer Tee, strohig, tabakartig, Teeblätter und vergoren.

Beim Set 9 konnte ein signifikanter Konsens gefunden werden, der aber nur 37 % der Gesamtvarianz erklärt. Für die graphische Darstellung mittels Hauptkomponentenanalyse ist nur der erste Faktor erforderlich. F1 erklärt 52,86 % der Varianz und weist einen Eigenwert von 3,34 auf, während F2 mit fast 20 % Varianz und einem Eigenwert von 1,26 nur ein Drittel an Information liefert.

Der in Abbildung 54a dargestellte Konsens zeigt, dass die bolivianischen Proben P26, P27 und P28 sich deutlich entlang der F1-Achse von den peruanischen Proben P29, P30 und P31 unterscheiden. Während die ersten auf der positiven Seite von F1 liegen, korreliert die Gruppe aus Peru mit den negativen Werten von F1. Zwischen den Proben P26, P27 und P28 bestehen aufgrund ihrer Nähe zueinander klare Gemeinsamkeiten. Zudem stehen vier von den sechs möglichen Proben (P26, P27, P28 und P30) in engem Zusammenhang nur mit Faktor 1. P29 und P30 weisen eine zusätzliche Korrelation mit Faktor 2 auf. In Abbildung 54b sind die zwölf Konfigurationen für jede Probe ersichtlich, aus denen ein Panelmittelwert gebildet wurde (rote Punkte). Einerseits sind die meisten Einzelkonfigurationen von P26, P27 und P28 (blaue, grüne und lila Punkte) relativ nahe beieinander positioniert. Somit waren sich die Panelisten einig, dass die drei Proben ähnliche Eigenschaften aufweisen. Andererseits liegen die

Einzelkonfigurationen der Proben P29, P30 und P31 (braune, gelbe und graue Punkte) relativ weit von den jeweiligen Konsenskonfigurationen entfernt. Es bestand also eine geringere Panelübereinstimmung bei der Bewertung der peruanischen Proben.

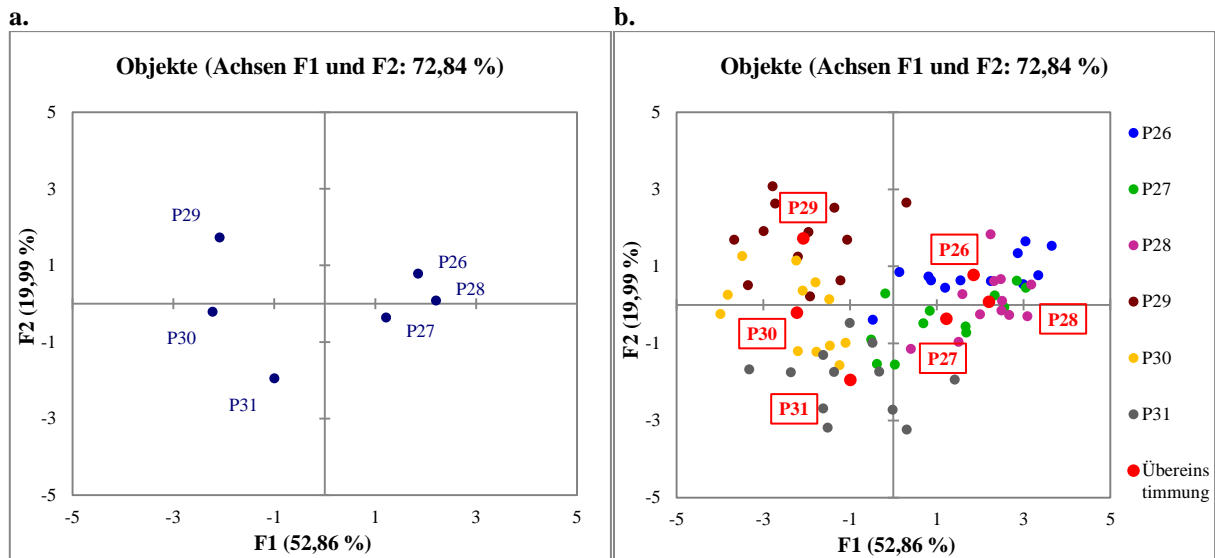
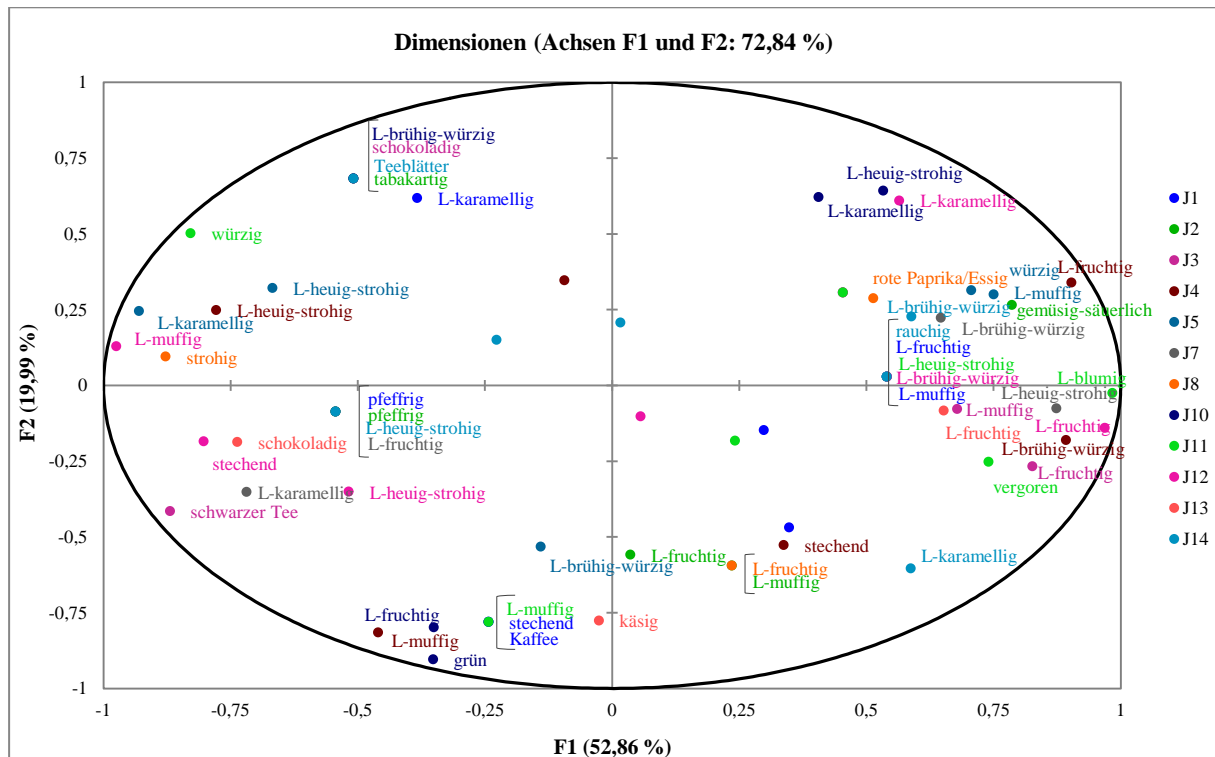


Abbildung 54: Hauptkomponentenanalyse des Sets 9 – Darstellung der Produkte nach der Konsenskonfiguration (a) und nach den Einzelkonfigurationen (b)



Eckige Klammern wurden von der Verfasserin eingefügt und stehen für die Korrelation mehrerer Attribute mit demselben Korrelationskoeffizienten (Koeff.); sie sind demselben Punkt zuzuweisen. Variablen mit einem Koeff. $< |0,5|$ auf beiden Achsen wurden gelöscht.

Abbildung 55: Set 9 – Korrelationskreis zwischen den Faktoren und den Deskriptoren von orthonasalem Geruch

Die Korrelation der Proben zu den Attributen erfolgt mit dem Korrelationskreis aus Abbildung 55. Auf der positiven Seite von F1 sticht der Begriff L-fruchtig mit fünf Nennungen hervor. Allerdings sind es weniger als die Hälfte der ursprünglichen 11 Nennungen von L-fruchtig (siehe oben). Die Begriffe Gemüse-säuerlich, rote Paprika/Essig und vergoren korrelieren ebenfalls mit der F1(+)-Achse und deuten auf einen fruchtigen, aber auch säuerlichen Geruch hin. Zudem weisen die Attribute L-brühig-würzig (mit 4 Nennungen) und würzig auch einen Korrelationskoeffizienten größer als 0,5 auf der F1(+)-Seite auf. Allerdings gibt es kein mit F1(+) korrelierendes Attribut, das mindestens von der Hälfte der Panelisten (≥ 6 Nennungen) verwendet wurde. Es bleibt also unklar, ob die Panelisten dasselbe meinten und es nur anders formulierten. Demzufolge kann eine Charakterisierung der Proben P26, P27 und P28 nur unter Vorbehalt gemacht werden: sie könnten einen fruchtigen oder brühig-würzigen oder säuerlichen Geruch aufweisen.

Auf der linken Seite des Faktors 1 rücken ins Blickfeld vier Nennungen von L-heuig-strohig und zwei Gruppen von stark korrelierenden Attributen. Es sind jedoch keine Gemeinsamkeiten in der Begrifflichkeit zu erkennen. Der Deskriptor L-heuig-strohig steht nicht nur in Korrelation mit F1(-), sondern auch mit F1(+) (3-mal). Das gleiche Verhalten ist beim Begriff L-karamellig zu sehen, der mit F1(+), F1(-), F2(+) und F2(-) zusammenhängt. Dies legt dar, dass die Prüfer sich bei der Verwendung beider Attribute nicht einig waren, trotz vorhandener Definition und Referenzen.

Retronasaler Geruch, Geschmacksarten, Trigemurale Wahrnehmung

Jeder der 12 Prüfer, die den Geschmack des Probensets 9 beurteilten, verwendete im Durchschnitt 9 Attribute dafür. Darunter findet man die Begriffe L-fruchtig (11-mal), L-heuig-strohig (7-mal), L-brühig-würzig (6-mal), L-karamellig (4-mal), L-muffig (4-mal), L-blumig (2-mal). Zudem sind weitere Attribute mit Einzelnennungen aufgefallen, die zur Beschreibung des retronasalen Geruchs selten bei anderen Sets verwendet wurden. Zum Beispiel: grüne Erbse, grüner Tee, saurer Apfel und Schwarzbrot.

Weiterhin war die Geschmacksart süß mit 11 Nennungen zu finden, gefolgt von sauer (mit 10 Nennungen), bitter (9 Nennungen) und schließlich salzig (mit 3 Nennungen). Die von den Proben verursachte Irritation wurde mit scharf (12-mal) und brennend (10-mal) beschrieben.

Aus den insgesamt 103 Begriffen entstand mittels GPA einer signifikanter Konsens, der jedoch nur 44 % der Gesamtvarianz erklärt. Nach dem Dimensionstest ist die Projektion der Konsenskonfiguration in einem zweidimensionalen Raum (Faktor 1 und 2) ausreichend. Dabei erklären F1 48,75 % und F2 32,89 % der Konsensvarianz. Zur 100-prozentigen Aufklärung der Varianz wären fünf Faktoren nötig gewesen.

In der Konsenskonfiguration sind zwei Probengruppen zu erkennen: die bolivianischen Proben P26, P27, P28 mit negativen Werten auf F1 und die peruanischen Proben P29, P30 und P31 mit positiven Werten (siehe Abbildung 54a). Somit unterscheidet sich der Geschmack der peruanischen Proben von dem der bolivianischen Proben. Zudem weisen die Proben P26, P27 und P28 untereinander gustatorische Gemeinsamkeiten auf dem Faktor F1(-) auf. Entlang der F2-Achse haben sich auch zwei Gruppen gebildet. Die erste Gruppe, bestehend aus P30 und P31 korreliert mit F2(+), und die zweite Gruppe (P28 und P29) mit F2(-).

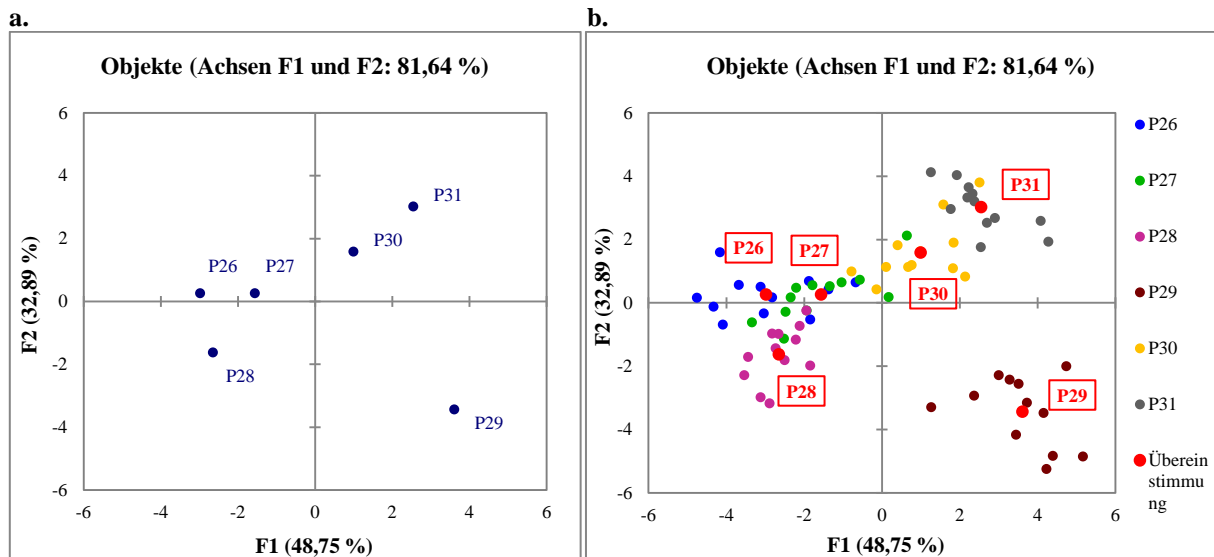


Abbildung 56: Hauptkomponentenanalyse des Sets 9 nach der GPA – a. Darstellung der Produkte nach der Konsenskonfiguration, b. Darstellung der Produkte nach den Einzelkonfigurationen und der Konsenskonfiguration

Bei Betrachtung der Einzelkonfigurationen der Proben P26 und P27 (blaue und grüne Punkte aus Abbildung 56b) erkennt man dass die Prüfer beide Proben ähnlich bewerteten, weil die Konfigurationen sehr nahe beieinander liegen. Die Einzelkonfigurationen und die Konsenskonfiguration der Probe P29 (braune Punkte) sind im rechten unteren Quadranten positioniert und unterscheiden sich deutlich von den anderen Proben. Die größte Panelübereinstimmung ist bei P31 gegeben, weil der Abstand zwischen den einzelnen Bewertungen und dem Konsens am kleinsten ist. Somit weist P31 die geringste unerklärte Varianz auf.

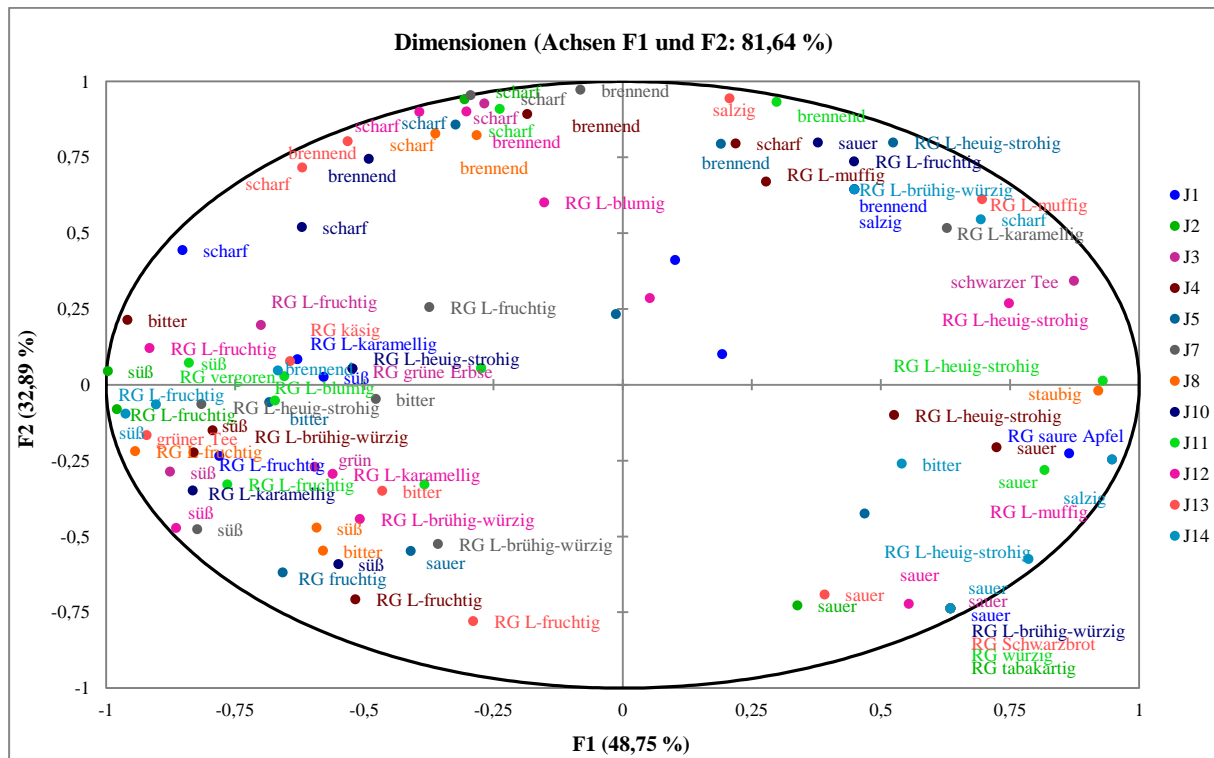
Die mehr als 90 beschreibenden Begriffe des Sets 9 wurden zusätzlich zum Korrelationskreis (s. Abbildung 57) zur besseren Übersicht in der Tabelle 38 zusammengefasst. Bezüglich der Geschmacksarten fällt auf, dass die meist vertretene Art süß ist. Aus den 11 ursprünglichen Nennungen sind 10 in der Konsenskonfiguration auf der negativen Seite von F1 zu finden. Dies bedeutet, dass die Proben P26, P27 und P28 durch einen süßen Geschmack gekennzeichnet sind. Die Proben P26 und P26 weisen aber eine starke Ausprägung in der Süße als P27. Das Attribut sauer steht sechsmal in Korrelation mit F1(+) und siebenmal mit F2(-). Da nur Probe P29 unter dem starken Einfluss von F1(+) und F2(-) steht, wurde sie von der Hälfte des Panels als sauer bewertet. Über die anderen zwei Geschmacksarten bitter und salzig kann keine Aussage gemacht werden, weil sie nicht in ausreichender Anzahl mit den Faktoren im Zusammenhang stehen.

Die Attribute scharf und brennend sind eindeutig auf der positiven Seite des Faktors 2 zu finden. Da nur die peruanischen Proben P30 und P31 auf der F2(+) Seite liegen, sind sie durch eine brennende Schärfe charakterisiert. Dabei wurde P31 schärfer und brennender bewertet als P30. Diese trigeminalen Eigenschaften unterscheiden die Proben P30 und P31 deutlich von den anderen Proben.

Tabelle 38: Set 8 – Attribute in Korrelation mit den Faktoren F1 und F2 in der Konsenskonfiguration

Faktor	Attribute
F1(+)	sauer (6), bitter, salzig, scharf L-heuig-strohig (5), L-muffig (2), L-brühig-würzig, L-karamellig, saurer Apfel, Schwarzbrot, schwarzer Tee, staubig, tabakartig, würzig
F1(-)	süß (10), bitter (3), scharf (3), brennend (2) L-fruchtig (8), fruchtig, L-karamellig (3), L-brühig-würzig (2), L-heuig-strohig (2), grün, grüne Erbse, grüner Tee, käsig, L-blumig, vergoren
F2(+)	salzig (2), sauer, scharf (11), brennend (9) L-blumig, L-brühig-würzig, L-fruchtig, L-heuig-strohig, L-karamellig, L-muffig
F2(-)	sauer (7), bitter, süß fruchtig, L-brühig-würzig (2), L-fruchtig (2), L-heuig-strohig, Schwarzbrot, tabakartig, würzig

Die Nummer in Klammern entspricht der Anzahl der Nennungen eines Attributs mit einem Korrelationskoeffizienten $\geq |0,5|$.



Eckige Klammern wurden von der Verfasserin eingefügt und stehen für die Korrelation mehrerer Attribute mit demselben Korrelationskoeffizienten (Koeff.); sie sind demselben Punkt zuzuweisen. Variablen mit einem Korrelationskoeffizienten $< |0,5|$ wurden gelöscht.

Abbildung 57: Set 9 – Korrelationskreis zwischen den Faktoren und den Deskriptoren vom Geschmack

Hinsichtlich des retronasalen Geruchs erkennt man aus Tabelle 38 und Abbildung 57, dass das Attribut L-fruchtig achtmal einen Korrelationskoeffizienten $\leq -0,5$ mit F1 aufweist, was die fruchtigen Aromen der Proben P26, P27 und P28 signalisiert. Ferner deuten die ebenfalls mit F1(-) korrelierenden Deskriptoren L-heuig-strohig (2 Nennungen), grün, grüne Erbse, grüner Tee auf grüne Noten in dieser Position hin. Der Begriff heuig-strohig steht jedoch auch fünfmal in Beziehung mit F1(+). Dies demonstriert die unterschiedliche Interpretation dieses

Begriffs und Unstimmigkeit zwischen den Panelisten bezüglich des Attributs heutig-strohig. Mit Ausnahme des Attributs fruchtig konnten keine weiteren charakterisierenden und/oder diskriminierenden Merkmalseigenschaften des retronasalen Geruchs mit einem relevanten Informationsgehalt gefunden werden.

Zum Set 9 kann zuletzt gesagt werden, dass über die Hauptkomponentenanalyse nach Herkunftsland Probenunterschiede beobachtet wurden. Sowohl im Geschmack als auch im Geruch bestanden klare Unterschiede zwischen den bolivianischen Proben P26, P27 und P28 und den peruanischen Proben P29, P30 und 31. Es wurden aber hauptsächlich die charakterisierenden Merkmalseigenschaften der bolivianischen Proben ermittelt. Den peruanischen Proben konnten keine ortho- und retronasalen Eindrücke zugeordnet werden. Die peruanische Probe P29 hob sich durch einen sauren Geschmack ab, während die anderen zwei Proben P30 und P31 nur diskriminierende Eigenschaften in Schärfe und Mundgefühl aufwiesen. Im Vergleich zu früheren Sets wurde diesmal nur ein geringer Anteil (< 45 %) der Ausgangsvarianz mit dem Konsens erklärt, was ein möglicher Grund für die schwierige Zuordnung der Aromen zu manchen Proben sein könnte.

4.1.4.8 Charakterisierung der Projektproben mit FCP

Abschließend wird anhand Tabelle 39 eine Übersicht über die sensorischen Ergebnisse der 31 untersuchten Projektproben mit der Profilierungsmethode Free Choice Profiling (FCP) gegeben. Die ermittelten charakterisierenden Produkteigenschaften sind in den Kategorien „orthonasaler Geruch, retronasaler Geruch, Geschmacksarten und trigeminale Wahrnehmung“ eingeteilt. Proben ohne ein aufgelistetes Attribut in der Spalte der trigeminalen Wahrnehmung, wurden als durchschnittlich oder unterdurchschnittlich bezüglich der Begriffe scharf und brennend (im Vergleich zu den anderen Proben innerhalb des Sets) bewertet.

Anhand der Position der Proben auf der PCA konnte zusätzlich das Ausmaß der Ausprägung für jeden Deskriptor ermittelt werden. Die in Klammern angegebene Ausprägung gilt jedoch nur für das geprüfte Set und darf nicht mit anderen Sets verglichen werden, da bei jeder Durchführung neue Begriffslisten erstellt wurden und nicht immer dieselben Prüfer teilnahmen. Wäre die Profilierung mit einer anderen Kombination von Proben erfolgt, hätte dies höchstwahrscheinlich die sensorische Wahrnehmung der Proben und somit deren Bewertung beeinflusst.

Tabelle 39 zeigt, dass viele Proben aus den Sets 5, 9 und vor allem aus dem Set 6 sich nicht durch ein bestimmtes Attribut im ortho- oder retronasalen Geruch kennzeichnen lassen. Obwohl dafür bei jedem Set zahlreiche beschreibende Begriffe generiert wurden, war eine Interpretation der Korrelation der Attribute mit den PCA-Faktoren nicht möglich. Oft korrelierte dasselbe Attribut mit mehreren Achsenabschnitten (F1(+), F1(-), F2(+) und F2(-)) gleichzeitig, was auf die unterschiedliche Interpretation des Begriffes seitens der Prüfer hindeutete. Ein weiterer Grund ist, dass kein gemeinsamer sensorischer Eindruck in Gruppierungen von stark korrelierenden Attributen zu erkennen war. Manche Begriffe und Assoziationen widersprachen sich, sodass eine Interpretation zu falschen Ergebnissen geführt hätte. Nur bei den Sets 7 und 8 wurden charakterisierende olfaktorische und gustatorische Attribute für jede Probe gefunden.

Die Beurteilung des Geruchs mittels FCP ist somit sehr komplex. Die Beschreibung eines Aromaeindrucks auf dem orthonasalen oder retronasalen Weg kann sehr vielfältig sein und zu unterschiedlichen Assoziationen führen, sodass eine Panelübereinstimmung oft nicht gegeben ist.

Der orthonasale Geruch der untersuchten Projektproben wurde hauptsächlich mit den Begriffen säuerlich, muffig, karamellig/schokoladig und fruchtig beschrieben. Ähnliche Aromaeindrücke wie Karamell, Kakao und zuckersüß wurden von Luning *et al.* [61] bei getrockneten Gemüsepaprika-Proben nach Rehydrierung beobachtet. Unangenehme Gerüche in Richtung muffig könnten mit den von Wilkings [72] (bei *Capsicum*-Pulvern) und von van Ruth *et al.* [67] (bei rehydratisierten Gemüsepaprikas) beschriebenen Attributen „Erde und Champignon“ in Verbindung stehen. Der in der Literatur häufig vorkommende heutige Geruch von getrockneten *Capsicum*-Proben war zwar oft ein fester Bestandteil der individuellen Begriffslisten aber keine der mit Free Choice Profiling untersuchten Projektproben ließ sich dadurch charakterisieren. Erst bei der Anwendung des Konventionellen Profils war es möglich, den heutig-strohigen Geruch der Proben P30 und P31 zu ermitteln (vgl. Abbildung

63b). Weiterhin wurde bei 10 von 31 Proben ein fruchtig-ähnlicher Geruch beobachtet, der bei den Proben P20, P21 und P22 sogar stark ausgeprägt war. Auch wenn ein solches Aroma in der Literatur nur in niedrigen Intensitäten festgestellt wurde [61], weist keiner der Proben die typischen olfaktorischen Eigenschaften von frischen *Capsicum*-Früchten wie grüner Gemüsepaprika, blumig und frisch auf. Somit sind die untersuchten Proben durch Attribute charakterisiert, die für getrocknete Chili- und Paprikafrüchte typisch sind.

Die Deskriptoren des retronasalen Geruchs zeigen ein ähnliches Profil wie das des orthonasalen Geruchs. Der Unterschied besteht nur in den Attributen rauchig und geröstet. Diese Beschreibung stimmt mit den Ergebnissen von Lawless *et al.* [71] überein. Sie berichteten von einem tabakartigen, holzigen, gerösteten oder rauchigen Geschmack in *Capsicum*-Pulvern.

Darüber hinaus wurden vier diskriminierende gustatorische Attribute bei den untersuchten Proben gefunden: süß, bitter, scharf und brennend. Sie wurden stets von der Mehrheit des Panels erkannt und mit großer Übereinstimmung bewertet. Im Vergleich zum Geruch gibt es nur fünf mögliche Geschmacksarten und sehr wenige Deskriptoren der trigeminalen Wahrnehmung, was die gute Performance der Prüfer in diesen Merkmalen erklären könnte.

Von einem süßen und bitteren Geschmack in getrockneten grünen Paprikas und in *Capsicum*-Pulvern berichteten auch Kuzniar *et al.* [70] und Lawless *et al.* [71]. Da die Geschmacksarten in *Capsicum*-Pulvern kaum untersucht worden sind, wird hiermit die teilweise stark ausgeprägte Süße und Bitterkeit in trockenem Material anhand der in Tabelle 39 aufgeführten Ergebnissen bestätigt.

Außerdem wurden bei der Probe P29 die Geschmacksart sauer eindeutig festgestellt. Bei weiteren 5 Proben (P17, P18, P20, P21 und P23) besteht die Vermutung, dass sie ebenfalls einen sauren Geschmack aufweisen. Diese Geschmacksqualität wurde bis jetzt nur von van Ruth *et al.* [67] in kommerziell getrockneten Gemüsepaprikas festgestellt.

Wie erwartet liefert die Profilierung mit der Methode Free Choice Profiling nur eine grobe Probencharakterisierung, ohne Angabe von Intensitäten und oft nur nach Probengruppen. Nur bei *Capsicum*-Pulvern mit aromastarken und vielfältigen Eigenschaften wie bei den Handelsproben (Set 4 und 5) und den Projektproben der Sets 7 und 8 war eine eindeutige Identifizierung von diskriminierenden Attributen pro Probe möglich.

Tabelle 39: Ermittelte charakterisierende Produkteigenschaften mittels FCP

Set	Probe	Orthonasaler Geruch	Retronasaler Geruch	Geschmacksarten	Trigeminale Wahrnehmung
5	P1	n. b.	n. b.	süß (stark)	
	P2	säuerlich (mäßig)	süßlich-säuerlich-fruchtig (stark)	süß (mäßig)	scharf (mäßig), brennend (mäßig)
	P3	säuerlich (stark)	süßlich-säuerlich-fruchtig (stark)	bitter (mäßig)	
	P4	muffig (stark)	muffig (stark)	bitter (mäßig)	scharf (stark), brennend (stark)
	P5	n. b.	muffig (mäßig)	bitter (stark)	scharf (mäßig), brennend (mäßig)
	P6	n. b.	n. b.	süß (mäßig)	
	P7	muffig (mäßig)	n. b.	süß (mäßig)	
6	P8	n. b.**	n. b.	bitter (stark)	
	P9	n. b.**	n. b.	bitter (mäßig)	
	P10	n. b.**	n. b.	süß (mäßig)	
	P11	n. b.**	n. b.	n. b.	
	P12	n. b.**	fruchtigartig (stark)	n. b.	scharf (mäßig), brennend (mäßig)
	P13	n. b.**	n. b.	süß (mäßig)	
	P14	n. b.**	n. b.	bitter (mäßig)	scharf (stark), brennend (stark)
7	P15	karamellig (stark)	muffig-karamellig-rauchig (stark)	bitter (stark)	scharf (stark)
	P16	fruchtig-grün (stark)	fruchtig (mäßig)	süß (mäßig)	scharf (mäßig)
	P17	fruchtig-grün (stark)	fruchtig (mäßig)	süß (stark), sauer*	
	P18	karamellig (mäßig), fruchtig-würzig (stark)	muffig-karamellig-rauchig (mäßig)	bitter (mäßig), sauer*	
	P19	fruchtig-würzig (stark)	fruchtig (mäßig)	bitter (mäßig)	
8	P20	fruchtig (stark)	fruchtig-Gemüsepaprika (stark)	süß (stark), sauer*	
	P21	fruchtig (stark)	fruchtig-Gemüsepaprika (stark)	süß (stark), sauer*	
	P22	fruchtig (stark)	fruchtig-Gemüsepaprika (stark)	süß (stark), sauer*	
	P23	karamellig-schokoladig (mäßig)	schokoladig-geröstet (mäßig)	bitter (mäßig)	scharf (mäßig), brennend (mäßig)
	P24	karamellig-schokoladig (stark)	schokoladig-geröstet (stark)	bitter (stark)	scharf (stark), brennend (stark)
	P25	karamellig-schokoladig (mäßig)	schokoladig-geröstet (stark)	bitter (stark)	scharf (stark), brennend (stark)
9	P26	fruchtig-würzig-säuerlich*	fruchtig (stark)	süß (stark)	
	P27	fruchtig-würzig-säuerlich*	fruchtig (mäßig)	süß (mäßig)	
	P28	fruchtig-würzig-säuerlich*	fruchtig (stark)	süß (stark)	
	P29	n. b.	n. b.	sauer (stark)	
	P30	n. b.	n. b.	n. b.	scharf (mäßig), brennend (mäßig)
	P31	n. b.	n. b.	n. b.	scharf (stark), brennend (stark)

n. b. = nicht bekannt. Die korrelierenden Attribute wiesen keine Gemeinsamkeiten auf oder widersprachen sich, sodass eine Interpretation nicht möglich war.

*Die mit * gekennzeichneten Attribute basieren auf einer Vermutung, weil weniger als die Hälfte des Panels sich darüber einig war.*

*n. b.** = Die olfaktorischen Produkteigenschaften des Sets 6 sind nicht bekannt, weil der Konsens der olfaktorischen Profilierung nicht statistisch signifikant war.*

Die in Klammern angegebene Intensität weist auf die Ausprägung der Proben mit den jeweiligen korrelierenden Faktoren der PCA hin.

4.1.5 Konventionelle Profilprüfung (QDA) von peruanischen und bolivianischen Chiliprogen (Set 9a)

9 Panelisten prüften in einer Doppelbestimmung die Proben aus dem Set 9 a mit dem Konventionellen Profil anhand einer 0-7 Ordinalskala. Dabei wurden 15 Begriffe bewertet, deren Definitionen und Referenzen in Tabelle 9 aufgeführt sind. Die Attribute karamellig, brühig-würzig, muffig, heuig-strohig, fruchtig und essigsauer beschreiben den orthonasalen Geruch; und die Begriffe RG karamellig, RG brühig-würzig, RG heuig-strohig, RG fruchtig, den retronasalen Geruch (RG); süß, bitter, sauer, scharf und brennend den Geschmack.

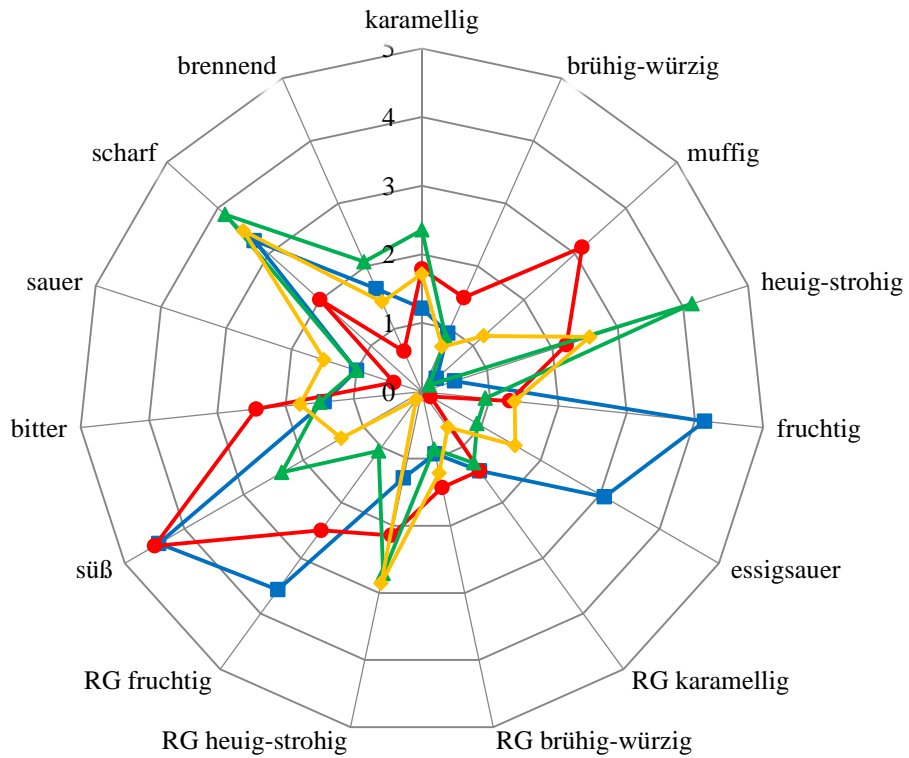
Bei der Auswertung der Daten mit der Software PanelCheck stellte sich schnell heraus, dass die bei der Prüfung leicht erkälteten Prüfer J7 und J13 bestimmte Proben anders als der Rest des Panels bewerteten. Dies verursachte wesentlich mehr Produkt-Prüfer-Interaktionen, sodass die Ergebnisse der Prüfer J7 und J13 nicht in die Auswertung einbezogen wurden.

Tabelle 40: Set 9a – Untersuchte Chiliprogen aus dem Set 9 mit dem Konventionellen Profil

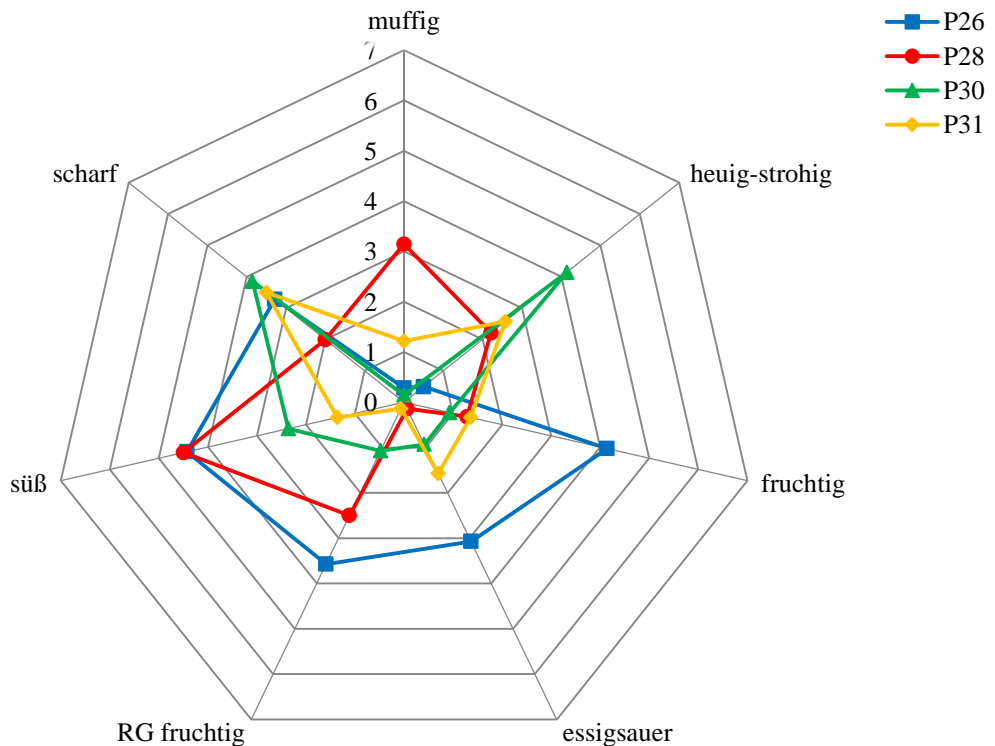
Nr.	Land	Organisation	Akzessions-Nr.	Spezies
P26	Bolivien	PROINPA	13 (773)	<i>C. baccatum var. pendulum</i>
P28	Bolivien	PROINPA	P8 (775)	<i>C. baccatum var. pendulum</i>
P30	Peru	UNALM	85 (16)	<i>C. chinense</i>
P31	Peru	UNALM	252 (24)	<i>C. chinense</i>

Die Mittelwerte jedes Attributs sind in Abbildung 58a graphisch dargestellt. Die niedrigsten Intensitäten und Unterschiede wurden bei den Begriffen karamellig, brühig-würzig, RG karamellig, RG brühig-würzig, RG heuig-strohig, bitter, sauer und brennend beobachtet (Abbildung 58a). Probe P30 hat im Mittelwert einen stärkeren karamelligen Geruch als die anderen Proben. Er weist eine schwache Intensität mit einem Mittelwert von 2,4 auf einer 0 bis 7 Skala auf. Ein brühig-würziger Geruch ist bei den Proben P26, P30 und P31 entweder nicht wahrnehmbar (Intensität 0) oder nur sehr schwach wahrnehmbar (Intensität 1), während P28 einen brühig-würzigen Geruch mit einer Intensität von 1,5, also zwischen sehr schwach und schwach hat. Dazu weisen fast alle Proben einen sehr schwachen karamelligen und brühig-würzigen retronasalen Geruch (RG) auf, denn deren mittlere Intensität liegt um den Skalenpunkt 1. Am wenigsten heuig-strohig (RG) hat P26 geschmeckt (Intensität 1,3). Die anderen Proben P28, P30 und P31 wiesen eine Intensität zwischen 2 (= schwach) und 3 (= schwach bis mittel) auf. P28 hat im Durchschnitt bitterer als die restlichen Proben geschmeckt (Intensität 2,4). Der saure Geschmack war bei P28 kaum wahrnehmbar (Intensität 0,4), bei dem Probenpaar P26, P30 sehr schwach und bei P31 zwischen sehr schwach und schwach (Intensität 1,5). Das brennende Gefühl der Chilipulver stieg von der Probe P30 über P31, dann P26 bis zur Probe P30 an und erreichte höchstens eine schwache Intensität mit dem Wert 2,1.

a.



b.



Skala: 0 = nicht wahrnehmbar, 1 = sehr schwach, 2 = schwach, 3 = schwach bis mittel, 4 = mittel, 5 = mittel bis stark, 6 = stark, 7 = sehr stark; RG = retronasaler Geruch

Abbildung 58: Netzdiagramme des Sets 9a – Olfaktorisches und gustatorisches Profil mit 15 Attributen (a) und mit den 7 signifikanten Attributen (b)

Deutlich größere Unterschiede zwischen den Proben sind bei den Attributen muffig, heuig-strohig, fruchtig, essigsauer, süß, RG fruchtig (retronasaler Geruch) und scharf zu erkennen (siehe Abbildung 58b). Eine Varianzanalyse bestätigte, dass nur diese sieben Begriffe einen signifikanten Beitrag zur Unterschiedlichkeit der Produkte bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % leisten. Die Mittelwerte der aufgeführten Attribute sind im zweiten Netzdiagramm zu sehen (Abbildung 58b). Es fällt auf, dass P26 die größte Intensität bei den Begriffen fruchtig (4,1), essigsauer (3,1) und RG fruchtig (3,6) aufweist, während P28 am muffigsten (3,1) und P30 am heuig-strohigsten (4,1) riecht. Der fruchtige Geschmack der Proben nimmt von der bolivianischen Probe P26 über P28 und P30 bis zur peruanischen Probe P31 kontinuierlich ab. Proben P26 und P28 haben einen süßen Geschmack mit einer durchschnittlichen Intensität von 4,5, also zwischen mittel (Skalenpunkt 4) und mittel bis stark (Skalenpunkt 5). Danach folgen die Proben P30 mit einer schwachen und P31 mit einer sehr schwachen Süße. Bezüglich der Schärfe wurden die Proben P26, P29, P30 und P31 schärfer als P28 empfunden. Die Proben P26, P29, P30 und P31 wiesen ähnliche mittlere Intensitäten zwischen 3,3 und 3,9 auf, während Probe P28 als schwach scharf (Intensität 2,0) bewertet wurde.

Weiterhin erkennt man aus Abbildung 58b, dass Probe P30 die niedrigsten Intensitäten bei allen signifikanten Attributen (mit Ausnahme der Schärfe) aufweist und P26 intensiver bei vier von sieben Attributen wahrgenommen wurde. Darüber hinaus übersteigt kein Attribut den Skalenpunkt 5 „mittel bis stark“, was für eine schwache Ausprägung der olfaktorischen und gustatorischen Eigenschaften des Sets 9a spricht.

Mittels einer erneuten drei-faktoriellen ANOVA wurden die verschiedenen Effekte der Messung anhand der sieben Attribute geprüft. Der in Abbildung 59a dargestellte Produkteffekt zeigt anhand der Balkenfarben die unterschiedlichen Signifikanzen zwischen den Attributen. Die Deskriptoren muffig, essigsauer und scharf mit gelben Balken weisen eine Signifikanz von $\alpha = 0,05$ auf. Die olfaktorischen Attribute heuig-strohig und fruchtig sind sogar hoch signifikant bei $\alpha = 0,01$ (orangene Balken), während die gustatorischen Eindrücke fruchtig und süß bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,1 % sehr hoch signifikant sind (rote Balken). Die F-Werte von RG fruchtig und süß sind am größten, weil die Varianz zwischen den Produkten bzgl. den beiden Deskriptoren viel größer ist als die Restvarianz und somit größer als die Varianz der anderen Eigenschaften. In anderen Worten ist die Unterschiedlichkeit der Produkte mit einer Wahrscheinlichkeit von 99,9 % am meisten bei fruchtigem und süßem Geschmack gegeben. Aus Abbildung 59b ist ersichtlich, dass alle Balken grau gefärbt sind und somit ein nicht signifikanter Prüfereffekt (bei einem p-Wert $> 0,05$) bei allen Attributen vorliegt. In anderen Worten, es gibt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Prüfern, zum Beispiel bei der Skalennutzung.

Abbildung 59c zeigt ebenfalls einen nicht signifikanten Wiederholungseffekt. Die Abwesenheit dieses unerwünschten Effektes signalisiert, dass keine signifikanten Schwankungen der Prüfbedingungen zwischen der ersten und zweiten Messung vorkamen.

Aus Abbildung 59d ist ersichtlich, dass eine signifikante Interaktion Produkt-Prüfer bei drei olfaktorischen Attributen besteht. Beim Begriff fruchtig ist die Interaktion signifikant, bei essigsauer hoch signifikant und bei muffig sehr hoch signifikant. Dies bedeutet, dass diese drei Attribute von bestimmten Prüfern in beiden Messungen signifikant abweichend bewertet wurden.

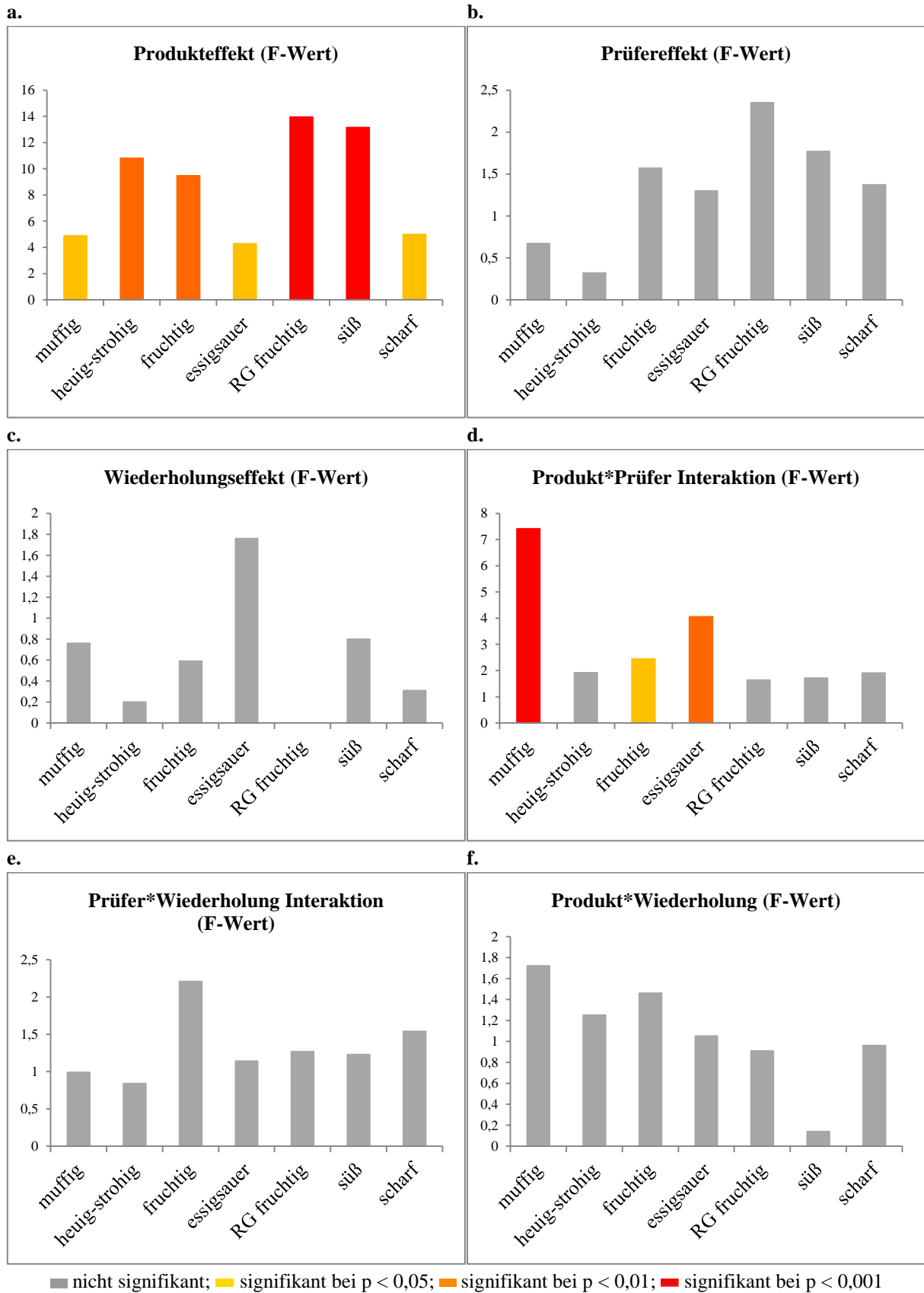


Abbildung 59: Set 9a – Effekte nach einer 3-faktoriellen ANOVA a. Produkteffekt, b. Prüfereffekt, c. Wiederholungseffekt, d. Produkt*Prüfer Interaktion, e. Prüfer*Wiederholung Interaktion, f. Produkt*Wiederholung Interaktion

Des Weiteren kann anhand Abbildung 59e festgehalten werden, dass die Prüfer zwischen den Wiederholungen keine signifikant unterschiedlichen Bewertungen geliefert haben. Der nicht signifikante Produkt-Wiederholung-Effekt aus Abbildung 59f demonstriert, dass die Produkte bei beiden Messterminen auch nicht signifikant abweichend beurteilt wurden.

Die unerwünschten Effekte einer Konventionellen Profilierung wie Prüfereffekt, Wiederholungseffekt, Prüfer*Wiederholung Interaktion und Produkt*Wiederholung Interaktion kamen bei Untersuchung von Set 9a nicht vor. Es konnte jedoch mittels ANOVA eine Produkt*Prüfer Interaktion bei drei von sieben signifikanten Attributen ermittelt werden. Dies liegt daran, dass von manchen Prüfern unterschiedliche Reihenfolgen der Proben zu den Attributen muffig, fruchtig und essigsauer gebildet wurden. Abbildung 60 veranschaulicht anhand von zwei Attributen diesen unerwünschten Effekt: muffig mit Produkt*Prüfer Interaktion (Abbildung 60a) und süß ohne Interaktion (Abbildung 60b). Das erste Profildiagramm (a) zeigt, dass die durchschnittliche Reihenfolge der Proben mit zunehmender Intensität anhand des Begriffs muffig folgendermaßen lautet: P28 < P30 < P31 < P26. Aber der Prüfer J4 wählte eine abweichende Reihenfolge (P28 = P30 < P26 < P31), bei der P26 nicht den intensivsten muffigen Geruch aufweist. Dazu kommt, dass Prüfer J11 die Probe P31 und Prüfer J12 die Probe P30 als jeweils einzige Probe mit einem muffigen Geruch bewerteten. Solche widersprüchlichen Reihenfolgen verursachen die Produkt*Prüfer Interaktion. Anders sieht es bei der Abbildung 60b aus. Unabhängig von den Absolutwerten, stimmen fast alle Prüfer bei der Probenreihenfolge zum Attribut süß überein. Probe P31 hat die geringste Süße, gefolgt von P30, und schließlich weisen P26 oder P28 den größten süßen Geschmack auf.

Somit wurden die Begriffe muffig, fruchtig und essigsauer trotz der Begriffsliste von manchen Prüfern unterschiedlich verstanden, interpretiert und demensprechend abweichend bewertet. Zur Behebung dieses Fehlers wäre eine intensivere Diskussion hinsichtlich der Definition der Begriffe nötig.

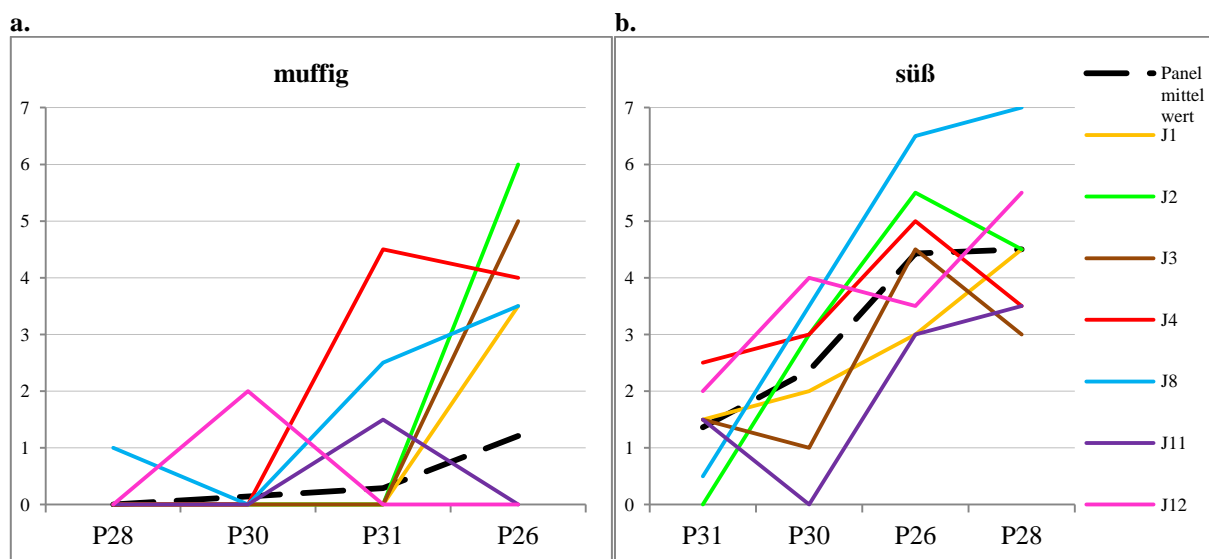


Abbildung 60: Profile plots – a. Das Attribut muffig mit einer signifikanten Produkt-Prüfer-Interaktion, b. Das Attribut süß ohne eine Produkt-Prüfer-Interaktion

Der letzte Schritt des Konventionellen Profils ist die Erstellung einer Hauptkomponentenanalyse, um die Zusammenhänge zwischen den Proben und den charakteristischen und diskriminierenden Eigenschaften jeder Probe zu ermitteln. Abbildung 61 zeigt, dass die bolivianischen Proben P26 und P28 sich von den peruanischen Proben P30 und P31 entlang des Faktors F1 trennen und somit Unterschiede zeigen. Die Proben P30 und P31 sind nahe zueinander auf F1(-) positioniert. Demzufolge ähneln sie sich in ihren sensorischen Eigenschaften. P30 und P31 werden sich durch einen heuig-strohigen Geruch und scharfen Geschmack charakterisiert. Bei diesem Set ist das Attribut heuig-strohig eine diskriminierende Merkmaleigenschaft, denn dadurch lassen sie sich auch deutlich von den bolivianischen Proben P26 und P28 differenzieren. Probe P28 korreliert stark mit dem Faktor F2(+). Deswegen zeichnet sie sich durch einen muffigen Geruch aus. Dazu weisen die Proben P26 und P28 zum Teil Gemeinsamkeiten auf der positiven Seite von F1 auf. Beide schmecken süß und fruchtig (RG). Da die bolivianische Probe P26 nicht nur von F1(+), sondern auch von F2(-) beeinflusst wird, lässt sie sich mit einem ausgeprägten fruchtigen, essigsauren Geruch beschreiben.

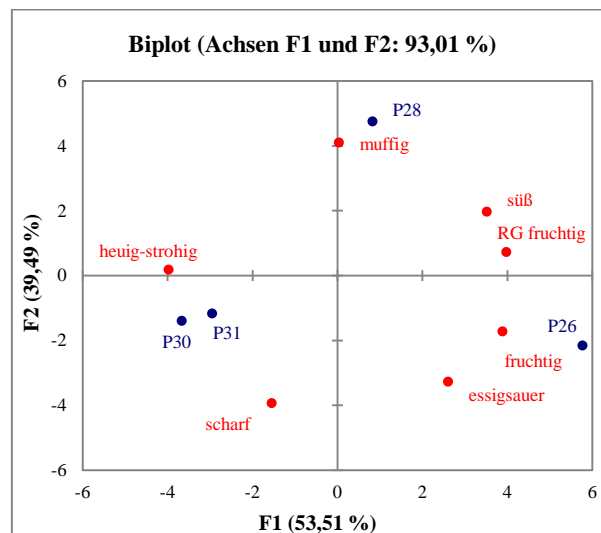


Abbildung 61: Hauptkomponentenanalyse des Sets 9a – Daten aus einem Konventionellen Profil

4.1.5.1 Vergleich der Methoden FCP und QDA mit nativen Proben (Set 9a)

Idealerweise sollte ein Vergleich verschiedener Methoden mit unterschiedlichen Panels erfolgen. Da ein weiteres Panel nicht zur Verfügung stand und einen enormen Kosten- und Zeitaufwand bedeuten würde, führte dasselbe Panel die Profilierung mit beiden Methoden durch, jedoch in einem Abstand von drei Monaten.

Um die Daten aus dem Konventionellen Profil mit den Free Choice Profiling-Daten vergleichbar zu machen, wurden zwei Maßnahmen getroffen. Die erste Maßnahme war die Datenreduzierung. In Kapitel 4.1.4.7 wurde eine FCP-Profilierung des Sets 9 durchgeführt, das aus 6 Proben bestand: P26, P27, P28, P29, P30 und P31. Aufgrund der nicht ausreichenden Probenmenge konnten nur vier von diesen Proben (Set 9a) mit dem Konventionellen Profil untersucht werden (Kapitel 4.1.4.8). Damit die gleiche Anzahl und dieselben Proben verglichen werden, werden die FCP-Datensätze der Proben P27 und P29 nicht genutzt. Die Datensätze der restlichen Proben P26, P28, P30 und P31 (von Geschmack und Geruch) wurden erneut mit GPA berechnet und interpretiert. Das Set 9a besteht also bei beiden Methoden nur aus den Proben: P26, P28, P30 und P31. Die zweite Maßnahme war die Auswertung der QDA-Rohdaten mit der Verallgemeinerten Prokrustes Analyse, damit die Bewertungen bzw. die Einzelkonfigurationen dieselben Transformationen wie die FCP-Daten erfahren.

Charakterisierung des Sets 9a mit Free Choice Profiling (FCP)

Die Auswertung von 12 Einzelkonfigurationen und 4 Objekten des Sets 9a mit GPA führte zu einem signifikanten Konsenstest mit einem Rc-Wert von 0,43, der sich mit zwei Faktoren (F1 und F2) signifikant darstellen lässt. Anhand Abbildung 62 weisen die Proben P30 und P31 negative Werte auf F1 auf, während P26 und P28 positive Werte auf F1 haben.

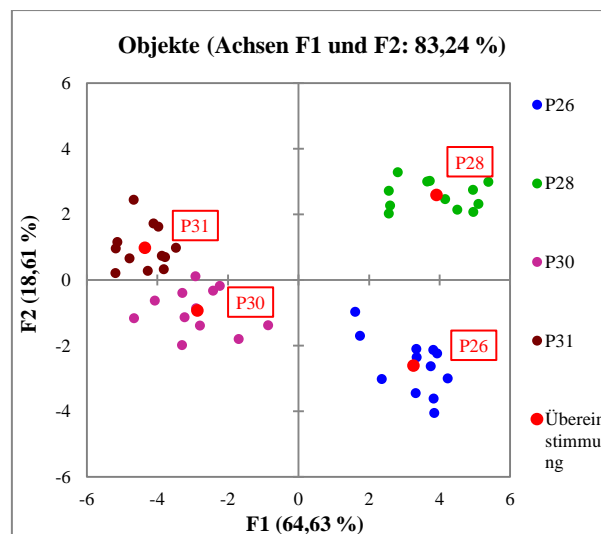


Abbildung 62: Hauptkomponentenanalyse des Sets 9a nach der GPA – Darstellung der Produkte nach den Einzelkonfigurationen und der Konsenskonfiguration

Die Proben P30 und P31 stehen in starker Korrelation mit F1(-) und werden nur in geringem Maße vom zweiten Faktor F2 beeinflusst. P28 und P26 weisen Gemeinsamkeiten auf dem F1-Faktor auf, aber sie stehen in einem unterschiedlichen Zusammenhang mit dem zweiten Faktor. P26 korreliert zusätzlich stark mit F2(-) und P28 mit F2(+). Die Einzelkonfigurationen liegen nahe der Konsenskonfiguration jeder Probe, was eine große Panelübereinstimmung signalisiert.

Bei Betrachtung der korrelierenden Attribute aus Tabelle 41 mit den Achsen fällt auf, dass kein olfaktorisches Attribut mehr als fünf Nennungen auf den Faktoren hat. Der Begriff L-fruchtig steht mit fünf Nennungen am häufigsten in Beziehung mit F1(+). Gefolgt wird er von dem Begriff L-brühig-würzig. Zudem unterstützen folgende Begriffe teilweise den fruchtigen Geruch und weisen auf einen sauren Stich in Position F1(+): käsig, vergoren, rote Paprika/Essig, stechend, citrus-fruchtig, Gemüse-säuerlich. Allerdings stehen einige Nennungen des Attributs L-fruchtig auch im Zusammenhang mit F1(-), F2(+) und F2(-) und in Verbindungen mit anderen Deskriptoren, die sich vom frischen Paprikageruch abwenden. Aus diesem Grund kann nur vermutet werden, dass die mit F1(+) korrelierenden Proben P26 und P28 einen fruchtig-säuerlichen Geruch aufweisen. Bei den anderen olfaktorischen Attributen, die mit den Faktorabschnitten F1(-), F2(+) und F2(-) korrelieren, ist keine Übereinstimmung in der Begrifflichkeit zu erkennen.

Tabelle 41: Set 9a – Olfaktorische und gustatorische Attribute in Korrelation mit den Faktoren F1 und F2 in der Konsenskonfiguration

Faktor	Merk.	Attribute
F1(+)	OG	L-fruchtig (5), L-brühig-würzig (4), L-heuig-strohig (3), L-karamellig (3), L-muffig (3), L-blumig, rauchig, käsig, vergoren, rote Paprika/Essig, stechend, citrus-fruchtig, Gemüse-säuerlich, würzig
	GS, TW	süß (10), bitter (5), sauer, brennend, scharf (2)
	RG	L-fruchtig (8), fruchtig, brühig-würzig (3), L-heuig-strohig (2), grün, grüne Erbse, grüner Tee, L-blumig, L-karamellig (3)
F1(-)	OG	L-muffig (3), L-fruchtig (2), L-heuig-strohig (2), stechend (2), grün, Kaffee, käsig, L-brühig-würzig, L-karamellig, schokoladig, schwarzer Tee, staubig, strohig
	GS, TW	bitter (2), salzig (3), sauer (2), scharf (8), brennend (7),
	RG	L-heuig-strohig (4), L-karamellig, L-muffig (3), saurer Apfel, L-brühig-würzig, L-fruchtig, schwarzer Tee
F2(+)	OG	L-fruchtig (4), L-muffig (3), L-brühig-würzig (2), L-heuig-strohig (2), L-karamellig, rauchig, stechend
	GS, TW	bitter (4), sauer
	RG	L-fruchtig (2), L-heuig-strohig (2), L-muffig, grün
F2(-)	OG	L-karamellig (2), Aprikose, citrus-fruchtig, L-blumig, L-brühig-würzig, L-fruchtig, rote Paprika/Essig, schokoladig, stechend
	GS, TW	bitter, brennend (4), scharf (5), süß (2)
	RG	käsig, L-blumig (2), L-fruchtig (2), grüne Erbse, L-heuig-strohig, L-karamellig

Merk. = Merkmal, OG = orthonasaler Geruch, GS = Geschmacksarten, TW = Trigeminaler Wahrnehmung, RG = Retronasaler Geruch. Die Nummer in Klammern entspricht der Anzahl der Nennungen eines Attributs mit einem Korrelationskoeffizienten $\geq |0,5|$.

Ferner korreliert laut Tabelle 41 achtmal das Attribut scharf und siebenmal der Begriff brennend mit der negativen Seite des Faktors 1. Somit sind die Proben P30 und P31 in den Attributen scharf und brennend stark ausgeprägt.

Hinsichtlich der Geschmacksarten dominiert die Eigenschaft süß auf der positiven Seite von F1. Dies führt zu der Annahme, dass die Proben P26 und P28 besonders süß schmecken. Das Attribut bitter ist in allen Achsenabschnitten vertreten, sodass keine klare Korrelation besteht. Wahrscheinlich haben die Prüfer die Bitterkeit unterschiedlich wahrgenommen, interpretiert und bewertet. Die Geschmacksart salzig korreliert dreimal mit F1(-). Da es zu wenige Nennungen sind, ist nicht klar, ob es sich um eine Falscheinschätzung handelt oder ob nur wenige Prüfer in der Lage sind, diese Geschmacksart in Chilipulvern zu erkennen.

Hinsichtlich des retronasalen Geruchs (RG) können nur zwei Aroma-Richtungen identifiziert werden. Auf der einen Seite steht das Attribut RG L-fruchtig (und RG fruchtig) eindeutig in Korrelation mit dem Faktor F1(+). Die insgesamt neun Nennungen repräsentieren die Meinung von zwei Drittel des Panels. Somit zeichnen sich die Proben P26 und P28 durch einen fruchtigen Geschmack bzw. retronasalen Geruch aus. Auf der anderen Seite weisen folgende Begriffe auf grüne Noten im Geschmack hin: L-heuig-strohig (2-mal), RG grün, RG grüne Erbse, RG grüner Tee auf F1(+) und RG L-heuig-strohig (mit 4 Nennungen) auf der F1(-). Da diese Attribute mit entgegengesetzten Seiten des Faktors 1 korrelieren, werden sie nicht für die Interpretation berücksichtigt.

Vergleich FCP mit QDA

In Abbildung 63a und b ist die nach dem GPA-Schritt ermittelte Konsenskonfiguration des Sets 9a mit den beiden Methoden dargestellt. Vergleicht man die Hauptkomponentenanalyse aus Abbildung 61 mit der aus Abbildung 63b, die mit den QDA-Daten ermittelt wurde, erkennt man, dass die Probenpaare nur auf dem entgegengesetzten Quadranten liegen. Die Proben sind nur um die Achsen rotiert. Somit verursachte die GPA keinen relevanten Effekt auf den Zusammenhang zwischen den Proben und deren Attributen. Die Konsenskonfiguration aus Abbildung 63b erklärt 79 % der Gesamtvarianz und zwar fast doppelt so viel wie die erklärte Varianz aus den FCP-Daten (43 %).

Der erste Faktor trennt in beiden Methoden die bolivianischen Proben P26, P28 von den peruanischen Proben P30, P31. Somit zeigen FPC und QDA, dass Unterschiede zwischen den bolivianischen und den peruanischen Proben bestehen. Beide Methoden weisen auch Unterschiede zwischen P26 und P28 entlang der F2-Achse auf (Abbildung 63a und b). Die Ergebnisse von FCP und QDA unterscheiden sich jedoch an der Position der Proben P30 und P31. Laut den QDA-Daten (Abbildung 63b) ähneln sich beide Proben, da sie nebeneinander positioniert sind. Mit der FCP-Methode (Abbildung 63a) weisen die Proben P30 und P31 leichte Unterschiede auf, da sie in unterschiedlichen Quadranten liegen und in geringem Maße mit F2(-) oder F2(+) korrelieren, wobei der Faktor 2 nur 18,6 % der Varianz darstellt.

Hinsichtlich der Charakterisierung, also der Korrelation der Attribute mit den Faktoren, bestehen maßgebliche Unterschiede zwischen den Methoden. Mit QDA konnten vier statistisch signifikante olfaktorische Attribute (muffig, heuig-strohig, fruchtig, essigsauer) gefunden werden und jeder Probe zugeordnet werden. P26 ist für einen fruchtigen, essigsauen Geruch charakteristisch und P28 für einen muffigen. P30 und P31 zeichnen sich

durch einen heuig-strohigen Geruch aus. Mit FCP konnte nur ein fruchtiger Geruch mit einem sauren Stich der Proben P26 und P28 erahnt werden. Weitere charakteristische olfaktorische Begriffe für die anderen zwei Proben des Sets 9a konnten nicht mit FCP identifiziert werden. Obwohl nach Tabelle 41 ausreichende beschreibende Begriffe für Set 9a gesammelt wurden, ist keine Gemeinsamkeit in den von den Prüfern verwendeten Attributen und Assoziationen zu erkennen. Somit lassen sie sich nicht interpretieren.

Mit dem Konventionellen Profil ließen sich statistisch signifikante (Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$) gustatorische Attribute feststellen: fruchtig, süß und scharf. Dadurch differenzieren sich die peruanischen Proben (P30, P31) von den bolivianischen Proben (P26, P28) im Geschmack. Mit FCP wurden ebenfalls dieselben diskriminierenden gustatorische Begriffe identifiziert. Nach beiden Methoden wiesen die Proben P26 und P28 einen ausgeprägten fruchtigen und süßen Geschmack auf, während die Proben P30 und P31 hauptsächlich durch die Schärfe charakterisiert wurden.

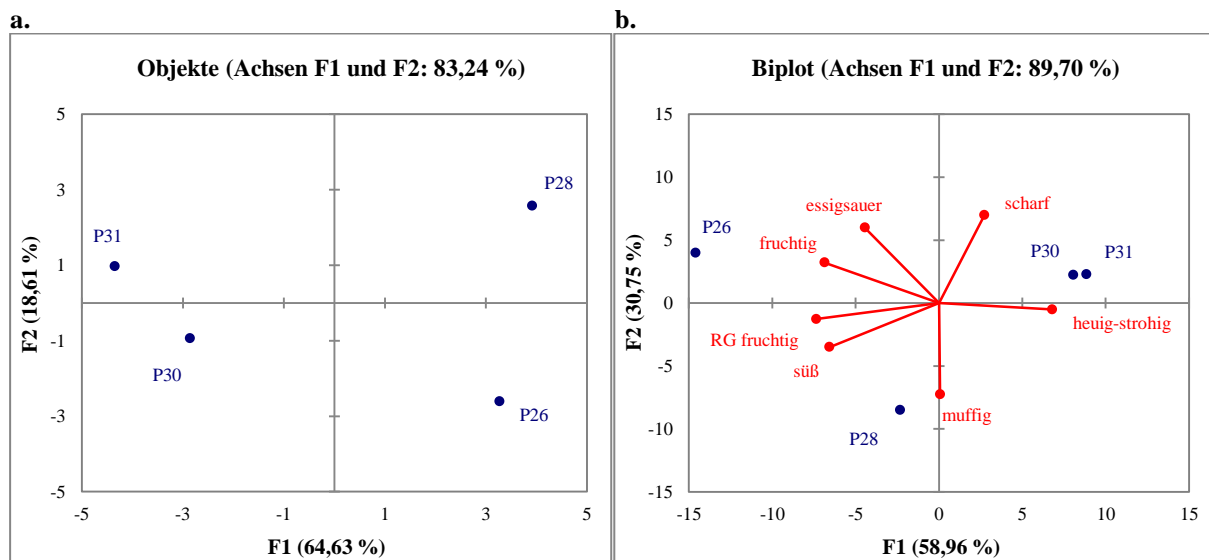


Abbildung 63: Hauptkomponentenanalyse des Sets 9a nach der GPA – Darstellung der Produkte in der Konsenskonfiguration bzgl. Geruch und Geschmack. Die Daten wurden mit der Methode a. Free Choice Profiling und b. mit dem Konventionellen Profil ermittelt.

Durch den Vergleich der Methoden FCP und QDA kann folgendes festgehalten werden: Beide Methoden zeigten, dass sich das Set 9a über die sensorischen Eigenschaften in zwei Probengruppen trennen ließ. Da eine Gruppe aus Peru und die andere aus Bolivien stammte, wurde ein Länderunterschied beobachtet.

Weiterhin wiesen beide Methoden darauf hin, dass Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Proben P26 und P28 bestehen. Mit beiden Methoden konnte der gemeinsame fruchtige und süße Geschmack von P26 und P28 erkannt werden. Der ebenfalls fruchtige Geruch der beiden Proben wurde aber nur mit dem Konventionellen Profil klar gezeigt, während das Ergebnis von FCP auf einer Vermutung basierte. Zudem wurde nur mit der Methode QDA festgestellt, welche Attribute für den Unterschied zwischen P26 und P28 verantwortlich sind und in welchem Ausmaß. Die Proben P30 und P31 ließen sich nur mit dem Konventionellen Profil in allen Merkmalen charakterisieren. Mit der Methode FCP

wurden keine relevanten Attribute zum retronasalen oder orthonasalen Geruch für P30 und P31 ermittelt.

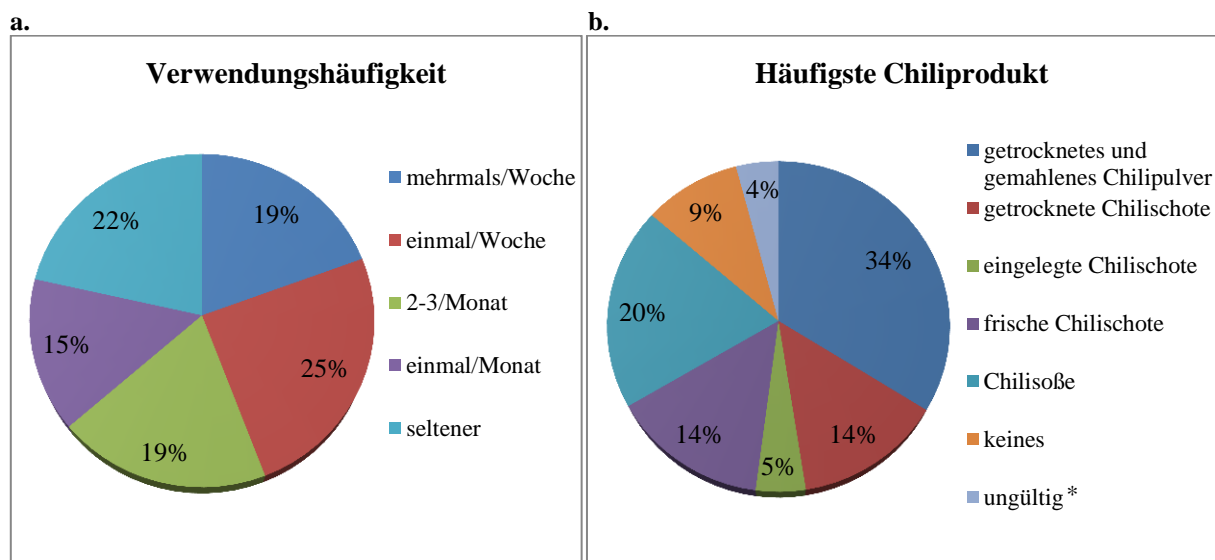
Schließlich ermöglichte die FCP-Methode die Unterschiede und Gemeinsamkeiten innerhalb eines Probensets zu visualisieren, klärte aber nicht immer die Gründe für diese Zusammenhänge auf. Mit FCP war es nicht immer möglich, für jede Probe ein Attribut zu finden und das Ausmaß dieser Ausprägung zu bestimmen. Dazu basierte die Probencharakterisierung mit FCP auf der Interpretation der korrelierenden undefinierten Attribute und zum Teil auf dem Urteil des Auswerters oder der Panelleiterin. Das Konventionelle Profil lieferte dagegen klar definierte Attribute mit jeweils einer durchschnittlichen Intensität pro Probe, die sich auf einem Netzdiagramm anschaulich darstellen ließen. Die Ergebnisse vom Konventionellen Profil waren somit sehr genau und erlaubten eine bessere Diskriminierung der Proben. Die Profilierung des Sets 9a mit QDA dauerte allerdings zwei Monate (mit einem geschulten Panel). In dieser Zeit mussten mache Prüfer bezahlt werden und es wurden insgesamt mehr als 30 Gramm pro Probe verbraucht. Angesichts der Tatsache, dass drei von den sieben statistisch signifikanten Attributen eine Produkt-Prüfer Interaktion aufwiesen, wäre eine zusätzliche Schulung nötig gewesen, um statistisch einwandfreie Ergebnisse zu bekommen. Dies ist wiederum mit dem bereits erwähnten Nachteil der Konventionellen Profilierung verbunden: hohe Kosten, hoher Zeitaufwand und großer Probenverbrauch. Im Gegensatz dazu, war der Zeitbedarf der Free Choice Profiling Methode zwei Wochen und der Probenverbrauch von weniger als die Hälfte (ca. 12 g).

4.1.6 Verbrauchertests

4.1.6.1 Gustatorische Akzeptanz von peruanischen und bolivianischen nativen Proben (Set 9a)

Dieser Verbrauchertest bestand einerseits aus einigen Fragen zu den Ess- und Kaufgewohnheiten bezüglich Chiliprodukten und andererseits aus einem gustatorischen Akzeptanztest mit Chiliprobe. Der komplette Fragebogen dazu ist im Anhang A-5 ersichtlich. Von den 242 Befragten waren 42 % männlich und 58 % weiblich. Sie wurden in drei Altersgruppen mit einem möglichst ähnlichen Teilnehmeranteil eingeteilt: 30 % der Verbraucher waren in der Altersgruppe 1 (Personen zwischen 15 und 21 Jahren), 34 % in der Altersgruppe 2 (22-29 Jahre) und 36 % in der Altersgruppe 3 (30-69 Jahre). Anzumerken ist auch, dass die Altersgruppe 1 hauptsächlich am Ort 1, die Altersgruppe 2 am Ort 2 und die Altersgruppe 3 am Ort 3 rekrutiert wurden (siehe Kapitel 3.2.7).

Bezüglich der Essgewohnheiten der Verbraucher sind in Abbildung 64 die Antworten zu folgenden Fragen graphisch dargestellt: Wie häufig verwenden Sie Chilis? (Frage 4) und Welche von den aufgeführten Chiliprodukten verwenden Sie am häufigsten? (Frage 5 des Fragebogens, vgl. Anhang A-5). 44 % der Teilnehmer verwendeten mindestens einmal pro Woche und 78 % mindestens einmal pro Monat Chilifrüchte oder Chiliprodukte (Chilipulver, Chilisoßen). Zudem wählten 34 % der Befragten Chilipulver als das häufigste konsumierte Chiliprodukt, gefolgt von Chilisoße mit 20 %.



* Als „ungültig“ wurden die Antworten der Konsumenten bewertet, die mehr als ein Chiliprodukt wählten.

Abbildung 64: Antworten zu den Fragen des Verbrauchertests – a. Wie häufig verwenden Sie Chilis?, b. Welche von den aufgeführten Chiliprodukten verwenden Sie am häufigsten?

Weiterhin war auch von Interesse herauszufinden, welche Gründe der Konsument für einen Wiederkauf eines bestimmten Chilipulvers und einer frischen Chilifrucht hat. Dafür mussten die Verbraucher aus 9 bzw. 10 vorgegebenen Kriterien eine Reihenfolge nach abnehmender Priorität bilden (Frage 7 und 9, vgl. Anhang A-5). In beiden Fällen antworteten die

Verbraucher, dass der Geschmack das wichtigste und die Schärfe das zweitwichtigste Kriterium war. Die einzelnen Kriterien können dem Fragebogen entnommen werden.

Der zweite Teil des Verbrauchertests war die Prüfung der Akzeptanz anhand des Geschmacks der in Tabelle 42 aufgelisteten *Capsicum*-Proben. Für die nachfolgende Auswertung wurden die semantischen Skalenpunkte der hedonischen 9-Punkte-Skala in numerische Skalenpunkte von 1 bis 9 umcodiert. Die Verbraucherakzeptanz ist folgendermaßen zu interpretieren: je höher der Skalenpunkt bzw. der Mittelwert ist, desto besser hat der Verbraucherstichprobe das Produkt geschmeckt.

Tabelle 42: Set 9a – Untersuchte Chiliprogen aus dem Set 9 im Rahmen eines Verbrauchertests

Nr.	Land	Organisation	Akzessions-Nr.	Spezies
P26	Bolivien	PROINPA	13 (773)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
P28	Bolivien	PROINPA	P8 (775)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>
P30	Peru	UNALM	85 (16)	<i>C. chinense</i>
P31	Peru	UNALM	252 (24)	<i>C. chinense</i>

Bei dem Akzeptanztest wurde jede Probe unterschiedlich oft mit jedem Punkt der 1-9 Skala bewertet, sodass bei jeder Probe der minimale vergebene Skalenpunkt stets 1 (= „gefällt überhaupt nicht“) und der maximale 9 (= „gefällt extrem gut“) war. Die Verteilung der ermittelten Skalenpunkte nach der Häufigkeit (bzw. Anzahl der Befragten) stellt Abbildung 65 beispielhaft für die Projektproben P26 und P28 dar. Abbildung 65a zeigt, dass 50 von 242 Prüfpersonen (21 %) den Geschmack der Probe P26 mit dem Skalenpunkt 6 (= „gefällt etwas“) bewerteten. Dazu wählten 79 Befragten (33 %) den Skalenpunkt 7 für P26, was „gefällt gut“ bedeutet. Im Vergleich dazu wurden die Skalenpunkte 6 und 7 bei Probe P28 (Abbildung 65b) weniger häufig genannt (40- und 61- mal). Dagegen wurden niedrige Skalenpunkte wie 1 (= „gefällt überhaupt nicht“), 2 (= „gefällt gar nicht“), 3 (= „gefällt nicht“) und 4 (= „gefällt wenig“) bei Probe P28 deutlich häufiger als bei P26 vergeben. Somit deutet Abbildung 65 darauf hin, dass P26 zu einer leicht höheren Akzeptanz als P28 tendiert.

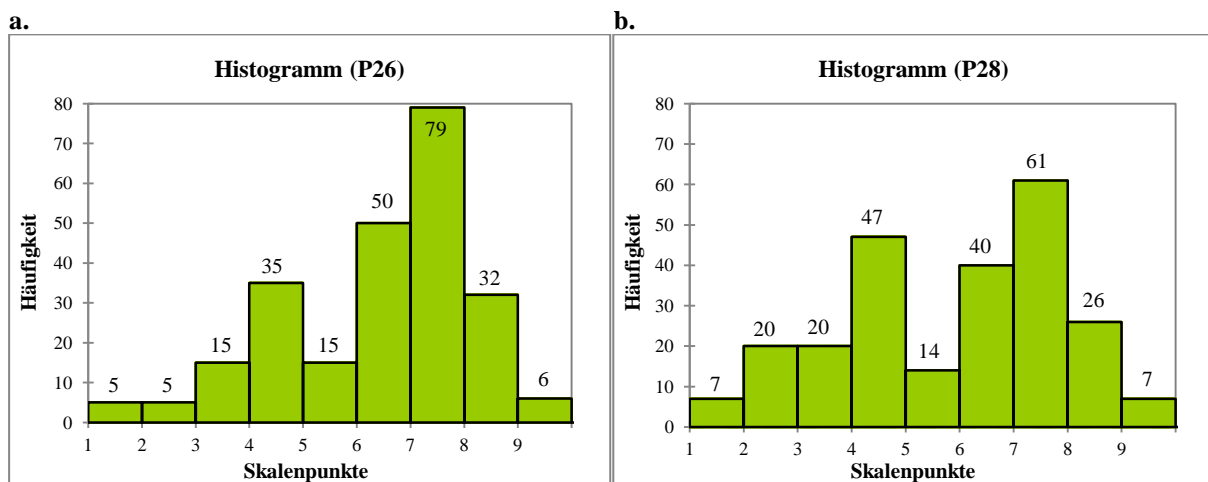
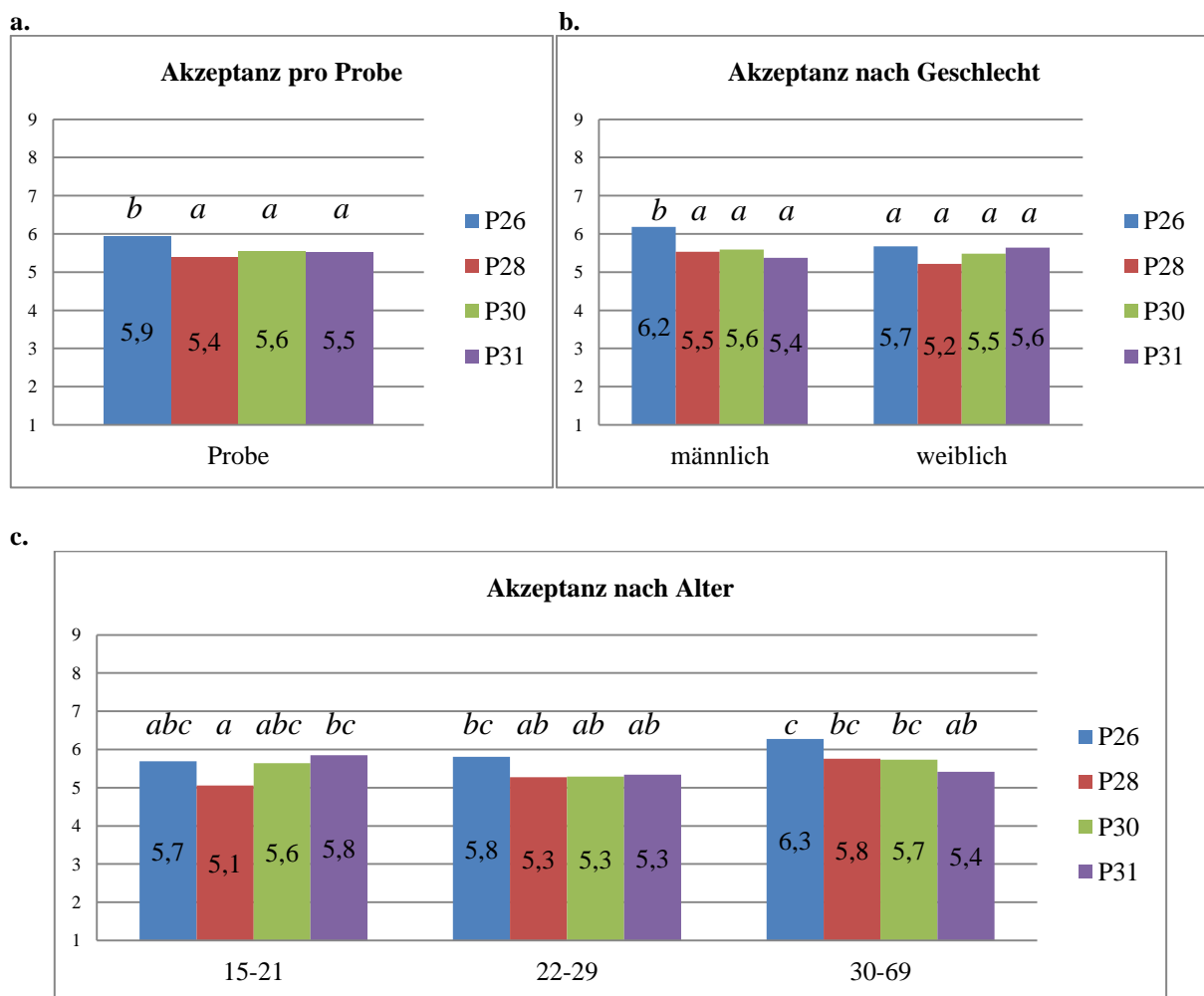


Abbildung 65: Histogramme der Proben P26 und P28 bezogen auf die Akzeptanzwerte

Die (gustatorische) Akzeptanz des Sets 9a wird im Folgenden anhand der ermittelten Mittelwerte pro Probe beurteilt (siehe Abbildung 66).

Abbildung 66a zeigt, dass die Akzeptanz der bolivianischen Projektprobe P26 mit einer Bewertung von 5,9 auf einer 1 bis 9 Skala größer ist als die der anderen drei Projektproben. Wenn der Wert 5 dem Skalenpunkt „weder noch“ und der Wert 6 „gefällt etwas“ entspricht, deutet der Mittelwert von 5,9 darauf hin, dass der Geschmack von P26 bei den 242 Teilnehmern im Durchschnitt etwas besser angekommen ist. Eine einfaktorielle Varianzanalyse stellte fest, dass die Probensorte einen hoch signifikanten Einfluss (p-Wert = 0,006) auf die Akzeptanz hat. Anschließend wurde ein mehrfacher Paarvergleich-Test zur Überprüfung von Signifikanzen zwischen den Mittelwerten durchgeführt. Die Ergebnisse dieses sogenannten Duncan-Tests stehen mit kursiven Buchstaben über den Balken jeder Probe (Abbildung 66). Dieser Test weist darauf hin, dass die Probe P26 sich signifikant von den Projektproben P28, P30 und P31 mit einem Konfidenzintervall von 95 % unterscheidet. Die Proben P28, P30 und P31 unterscheiden sich jedoch nicht signifikant voneinander.



Unterschiedliche kursive Buchstaben stehen für signifikante Paarunterschiede nach dem Duncan-Test mit $\alpha = 0,05$.

Abbildung 66: Mittelwerte der Akzeptanz des Sets 9a. Darstellung nach der a. Probennummer, b. nach dem Geschlecht (Untergruppen: männlich, weiblich) und c. nach Altersgruppen (Untergruppen: 15 bis 21, 22 bis 29, 30 bis 69).

Bei Betrachtung der nach Geschlecht sortierten Akzeptanzdaten aus Abbildung 66b erkennt man, dass die Projektprobe P26 mit einem Mittelwert von 6,2 die höchste Akzeptanz bei den Männern aufweist. Der Duncan-Test zeigt, dass die Akzeptanz von P26 signifikant größer als die der anderen Proben ist. Der Akzeptanzmittelwert von P26 (männlich) unterscheidet sich signifikant nicht nur von den männlichen Bewertungen für P28 ($\bar{x} = 5,5$), P30 ($\bar{x} = 5,6$) und P31 ($\bar{x} = 5,4$), sondern auch von den weiblichen Bewertungen zu den Proben P26, P28, P30 und P31. Zwischen den Akzeptanzmittelwerten der Frauen besteht allerdings kein statistisch signifikanter Unterschied bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$.

In Abbildung 66c ist die Akzeptanz nach den drei Altersgruppen dargestellt. Laut dem Duncan-Test kann folgendes mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% ermittelt werden. Innerhalb der Altersgruppe 15-21 unterscheidet sich nur die Akzeptanz von P28 signifikant von der von Probe P31 (unterschiedliche Buchstaben *a* und *bc*). Bei der Altersgruppe 22-29 bestehen keine signifikanten Unterschiede (alle weisen mindestens einen gemeinsamen Buchstaben auf, hier *b*). Die Probe P26 hat einen Mittelwert von 6,3 in der Altersgruppe 30-69 und weist demnach eine signifikant unterschiedliche Akzeptanz zur Probe P31 auf. Dagegen bestehen keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Proben P26, P28 und P30 in derselben Altersgruppe (gemeinsamer Buchstabe *c*).

Des Weiteren wurde eine zweifaktorielle ANOVA durchgeführt, bei der die abhängige quantitative Variable die Akzeptanz war und die qualitativen erklärenden Variablen die Altersgruppen und das Geschlecht waren. Daraus ergab sich, dass die Varianz in der Akzeptanz hoch signifikant von der Probensorte (p -Wert = 0,008), signifikant von der Altersgruppe (p -Wert = 0,042) und nicht signifikant (p -Wert = 0,419) vom Geschlecht bei einem $\alpha = 0,05$ beeinflusst wurde. Das heißt, dass das Alter einen signifikanten Effekt auf die Akzeptanz der Proben hat, wobei die Art der Probe auf Grund des p -Wertes wertvollere Information mit sich bringt. Wird der Mittelwert der Akzeptanz nicht nach der Probensorte sondern nach der Altersgruppe gerechnet, ergeben sich folgende Mittelwerte: $\bar{x} = 5,6$ für die Altersgruppe 15-21, $\bar{x} = 5,4$ für die Altersgruppe 22-29 und $\bar{x} = 5,8$ für die Altersgruppe 30-69. Anhand dieser Ergebnisse besteht nach dem Duncan-Test ein signifikanter Unterschied zwischen der Altersgruppe 22-29 und 30-69. Dies liegt wahrscheinlich daran, dass die Altersgruppe 30-69 im Durchschnitt signifikant höhere Werte auf der Skala wählte als die Gruppe 22-29 (vgl. Abbildung 66c). Ein weiterer möglicher Grund für diesen unerwünschten signifikanten Effekt könnte sein, dass die Altersgruppen nicht in gleichmäßige Altersabstände eingeteilt waren. Da wenige Leute über 35 Jahren bereit waren, freiwillig an dem Verbrauchertest teilzunehmen, konnten Altersgruppen wie zum Beispiel 15-30, 31-46 und 47-62 nicht gebildet werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass statistisch signifikante Unterschiede in der Akzeptanz anhand des Geschmacks der Proben festgestellt wurden. Dennoch weisen die Akzeptanzmittelwerte der Proben, die zwischen den Skalenpunkten 5 (= „weder noch“) und 6 (= „gefällt etwas“) liegen, geringe Interprodukt-Unterschiede und keine ausgeprägte positive Akzeptanz auf. Dies könnte daran liegen, dass die Proben des Sets 9a sowie alle Projektproben nicht für eine unter optimalen Bedingungen geförderte Geschmacksqualität getrocknet wurden, sondern nur unter Berücksichtigung der Gewichtskonstanz (vgl. Kapitel

3.1). Eine nicht adäquate Trocknung kann Fehlgerüche hervorrufen, die möglicherweise die Akzeptanz der Proben bezüglich des Geschmacks beeinflusst.

4.1.6.1.1 Ermittlung einer Präferenzkarte mittels Prefmap

Mittels External Preference Mapping können die hedonischen Daten der oben genannten Akzeptanzprüfung und die sensorischen Ergebnisse aus der Konventionellen Profilierung (s. 4.1.4.8) von Set 9a kombiniert werden, um die Zusammenhänge zwischen Konsumenten, Attributen und deren Präferenzen zu verstehen. In anderen Worten ist es von Interesse herauszufinden, welche der vom geschulten Panel profilierten gustatorischen Attribute ausschlaggebend für die Konsumenten-Beliebtheit eines bestimmten Produktes sind.

Die Akzeptanzdaten müssen vor der Erstellung der Präferenzkartographie mit der Clusteringmethode „Agglomerative Hierarchical Clustering (AHC)“ aufbereitet werden. Da die Darstellung der Präferenzen von 242 Verbrauchern ein unübersichtliches Diagramm liefern würde, werden die Konsumenten in homogene Gruppen eingeteilt. Das mit XLSTAT durchgeführte AHC misst, zu welchem Grad die Akzeptanz der Prüfpersonen unterschiedlich ist („Unähnlichkeit“). Zur Ermittlung der Unähnlichkeitswerte wird der „Euklidische Abstand“ nach dem Ward-Verfahren berechnet [101]. Daraus resultiert ein sogenanntes Dendrogramm, das die Gruppierungen und Umgruppierungen der Verbraucher anhand ihrer Akzeptanz-Bewertungen darstellt. Das Dendrogramm aus Abbildung 67a zeigt, dass Cluster aus bereits homogenen Gruppen gebildet wurden, weil die Struktur der braunen, lila und grünen abgebildeten Untergruppen flach ist. Die gestrichelte Linie repräsentiert den Punkt, an dem eine automatische Abstumpfung oder Partition seitens des Programms in drei Cluster K1, K2, K3 stattfand (Abbildung 67b). Sie werden auch Klassen (K) genannt.

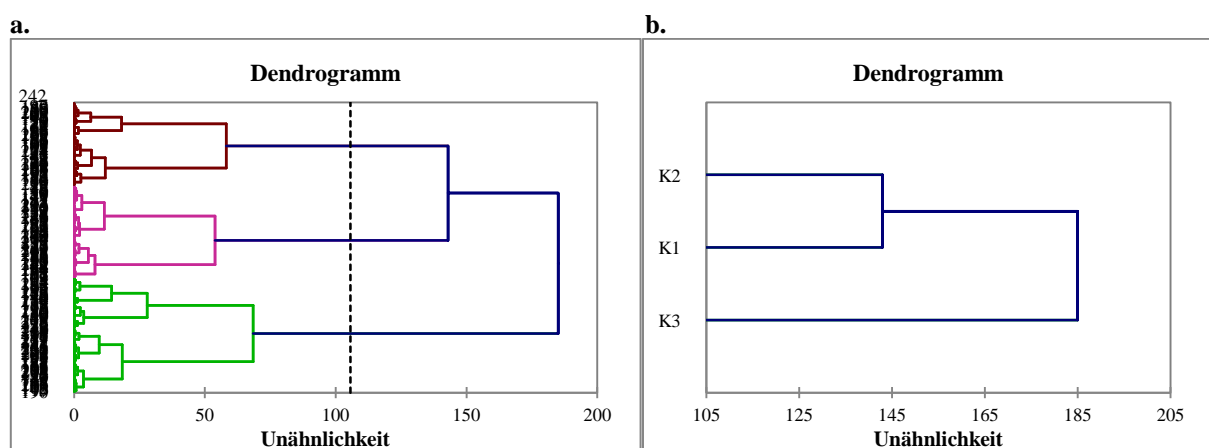


Abbildung 67: Dendrogramm aus den Akzeptanzdaten mittels Hierarchischer Cluster Analyse – a. Zuordnung der einzelnen Verbraucher in mehreren Clustern, rechts: Abschließende Abstumpfung der Verbraucher in drei Cluster (Klassen)

In Tabelle 43 ist der Anteil an Konsumenten ersichtlich, ausgehend von 242 Verbrauchern (100 %), aus dem jedes Cluster besteht. Cluster 3 (oder K3) ist mit 96 Verbrauchern das

größte. Weiterhin ist in jedem Cluster eine relative homogene Aufteilung von Männern und Frauen aus jeder Altersgruppe vorhanden.

Tabelle 43: Prozentsatz jeder Untergruppe pro Cluster

Cluster	K1	K2	K3
Anzahl an Verbrauchern	77	69	96
Prozent an Verbrauchern	31,8	28,5	39,7
Männliche Prüfpersonen [%]	15,3	16,1	21,1
Weibliche Prüfpersonen [%]	16,5	12,4	18,6
Altersgruppe 15-21 [%]	11,2	8,3	10,3
Altersgruppe 22-29 [%]	9,9	9,1	15,3
Altersgruppe 30-69 [%]	10,7	11,2	14,0

Durch das Clustering wurde einerseits festgestellt, dass drei Klassen ausreichend sind, um die Meinungen der Verbraucher zusammenzufassen. Andererseits wurde die Position der Verbrauchergruppen anhand der Akzeptanz, sogenannte Klassenschwerpunkte, für jede Probe ermittelt. Mit diesen Koordinaten lassen sich die Cluster in einem zweidimensionalen Raum auf einer PCA darstellen [101].

Zur Erstellung der Präferenzkarte (engl. preference map) sind neben der Position der Cluster auch die Position der Proben notwendig. Dabei sind die Koordinaten jeder Probe auf der Hauptkomponentenanalyse nach der sensorischen Profilierung gemeint, also die sogenannten Faktorwerte oder Scores des Sets 9a nur für den Geschmack.

Sind beide Koordinaten vorhanden, kann ein Preference Mapping durchgeführt werden. Dafür verwendet PREFMAP eine multiple Regressionsanalyse, bei der die abhängige Variable y (hier: die Präferenzdaten zu jeder Probe oder Klassenschwerpunkte) mit mehreren erklärenden Variablen x_n (hier: die Faktorwerte der ersten und zweiten Hauptkomponente) aufeinander bezogen werden. Die Darstellung der Cluster in Abhängigkeit der Proben erfolgt mit einem vektoriellen Modell. Dabei werden die Cluster in Form von Vektoren auf der Präferenzkarte dargestellt. Die Richtung des Vektors entspricht der Richtung der größten Präferenz für das jeweilige Cluster. Also je länger der Vektor ist, desto besser lassen sich die Konsumenten oder Cluster durch das Modell repräsentieren. Zudem hängt die Präferenz eines Produkts von deren Position ab. Je weiter das Produkt vom Ursprung in Richtung des Vektors ist, desto stärker ist die Präferenz des Clusters [101]. Liegt ein Produkt in negativer Richtung des Vektors, wird es am wenigsten oder an letzter Stelle bevorzugt.

Um herauszufinden, welche sensorischen Attribute für eine bestimmte Präferenz eines Clusters verantwortlich sind, wird zur Interpretation der Biplot aus der PCA (Abbildung 68a) und/oder der Korrelationskreis der profilierten Proben (Abbildung 68b) zusammen mit der Präferenzkarte (Abbildung 68c) betrachtet.

Abbildung 68b zeigt, dass die Deskriptoren fruchtig und süß stark miteinander und mit F1(+) korrelieren. Das Attribut scharf steht im Zusammenhang mit F1(-) und F2(+). Nach Abbildung 68c korreliert Cluster 1 stark mit F2(+) und mäßig mit F1(-), während die Cluster 2 und 3 nur in geringem Maße von F1(+) beeinflusst werden. Somit zeigt die Präferenzkarte, dass Cluster 1 die Probe P30 aufgrund der ausgeprägten Schärfe bevorzugte. P30 wurde vom

Panel als unterdurchschnittlich fruchtig und süß bewertet. Da Probe P26 auch von F2(+) beeinflusst wird und auch scharf schmeckt, wurde es an zweiter Stelle von Cluster 1 favorisiert. Cluster 2 und 3 weisen eine Präferenz für Probe P28 wegen ihres süßen und fruchtigen Geschmacks auf, wobei P26 ebenfalls eine starke Ausprägung in den beiden Attributen hat. Da P28 auf der gegenüberliegenden Seite des Attributs scharf liegt (Abbildung 68a und b) steht es in negativer Korrelation zu dieser Eigenschaft. Somit wurde P28 auch wegen der fehlenden Schärfe von den Clustern 2 und 3 bevorzugt. Probe P31 wurde von keinem Cluster präferiert. Wahrscheinlich liegt es daran, dass P31 negativ mit fruchtig und süß, und nur positiv mit scharf korreliert.

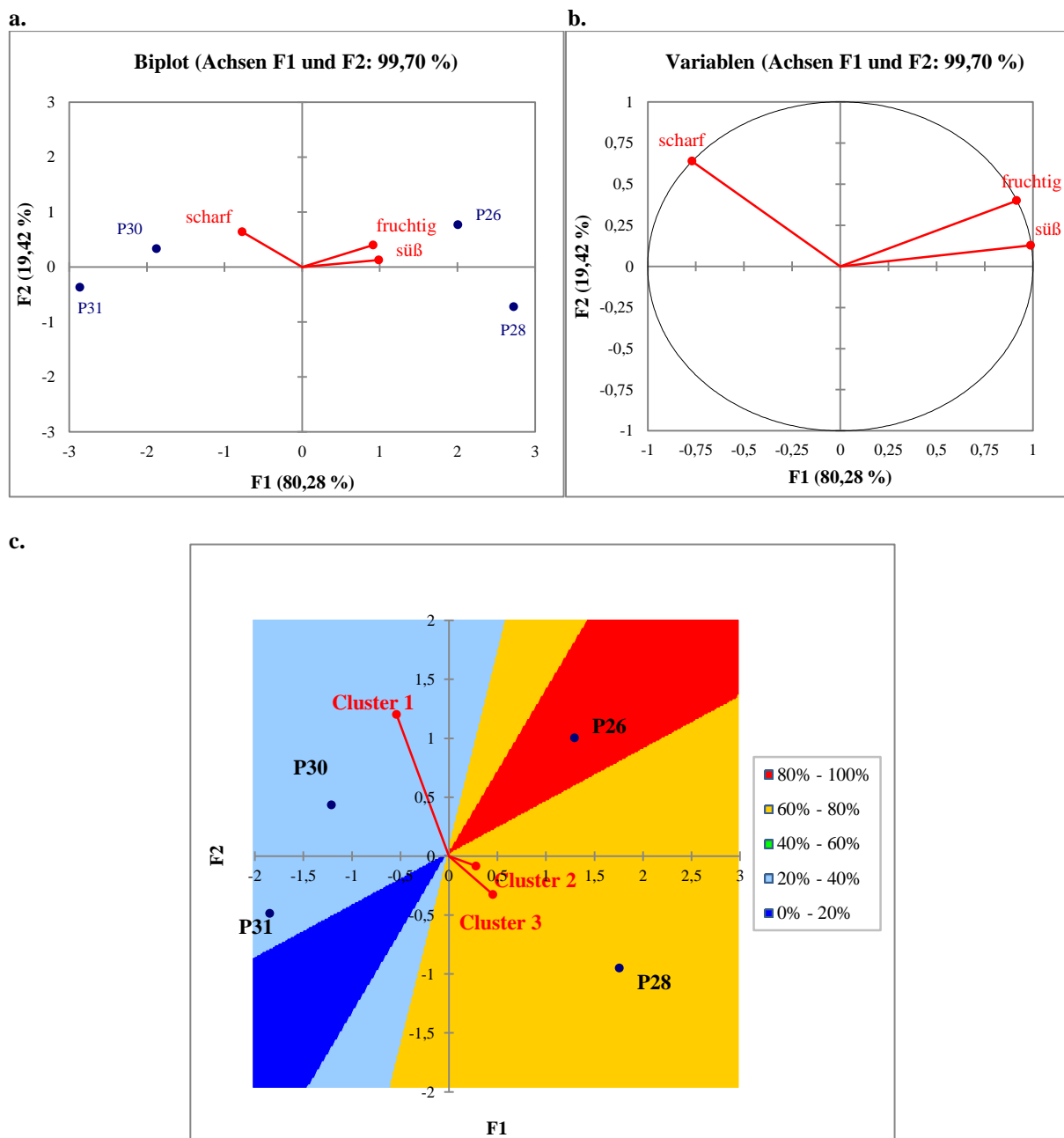


Abbildung 68: External Preference Mapping des Sets 9a – a. Biplot mittels PCA aus den QDA-Daten, b. Korrelationskreis der signifikant gustatorischen Attribute, c. Präferenzkarte und Niveauliniendiagramm

Weiterhin weist die Länge der Vektoren auf der Präferenzkarte darauf hin, dass die Präferenz vom Cluster 1 am besten vom Vektormodell abgebildet werden kann. Dagegen sind die Vektoren der Cluster 2 und 3 kurz. Sie deuten eine nicht optimale Darstellung derselben Präferenz durch das Vektor-Modell an.

Zudem errechnet das Präferenzmodell eine Präferenzreihenfolge für jedes Cluster (siehe Tabelle 44). Sie zeigt, dass Probe P30 von einem Cluster und P28 von zwei Clustern präferiert werden, sodass beide Proben die verschiedenen Vorlieben der Clustergruppen bzw. der Verbrauchergruppen im Markt entsprechen dürften.

Tabelle 44: Proben nach abnehmender Präferenz pro Cluster

Richtung.	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
+	P30	P28	P28
↓	P26	P26	P26
↓	P31	P30	P31
-	P28	P31	P30

Ist kein differenziertes Marktangebot erwünscht, kann den vom Präferenzmodell vorhergesagten Zufriedenheitsgrad jeder Probe herangezogen werden, um sich für ein Produkt zu entscheiden, dass die Interessen der meisten Verbraucher bedient. Dieser Zufriedenheitsgrad steht in Verbindung mit dem bunten Hintergrund aus Abbildung 68c, das sogenannte Niveauliniendiagramm (engl. contour plot). Auf jedem Punkt des Niveauliniendiagramms ist der Prozentsatz der Konsumenten mit einer überdurchschnittlichen Präferenz (auf Basis des Vektormodells) berechnet [101]. Mit zunehmendem Prozentsatz wird die Farbe auf dem Niveauliniendiagramm wärmer, d. h. von hellblau über blau nach gelb bis rot. Somit wären 100 % der Juroren mit P26 und 67 % mit P28 zufrieden, während der Zufriedenheitsgrad für P30 und P31 jeweils 33 % wäre (siehe Legende auf Abbildung 68c). Der hohe Zufriedenheitsgrad von Probe P26 liegt daran, dass P26 jeweils die zweite Präferenz in allen drei Clustern einnahm (siehe Tabelle 44). Die prognostizierten Präferenzen und Zufriedenheitsgrade deuten darauf hin, dass eine Kombination der sensorischen Attribute süß, fruchtig und wenig scharf den Erwartungen der meisten Verbraucher für ein Chilipulver entsprechen dürfte.

4.1.6.2 Olfaktorische Akzeptanz von kommerziellen Chiliprüben (Set 4)

Ein weiterer Akzeptanztest wurde mit den unten aufgelisteten Handelsproben durchgeführt (Tabelle 45). 179 Prüferpersonen im Alter von 19 und 66 Jahren prüften den Geruch jeder Probe und bewerteten, inwieweit ihnen der Geruch gefällt. Um die Meinung beider Geschlechter zu erfassen, nahmen 93 männliche (52 %) und 86 weibliche (48 %) Personen an dem Test teil.

Tabelle 45: Set 4 – Untersuchte kommerzielle Chilipulver der Marke „Schuhbecks Gewürze“

Nr.	Land	Produktname	Spezies
S5	n. b.	Chili gemahlen (Cayenne Pfeffer)	<i>C. annuum</i>
S6	Mexiko	Chili Chipotle	<i>C. annuum</i>
S7	n. b.	Chili Guajillo	<i>C. annuum</i>
S8	Mexiko	Chili Habanero	<i>C. chinense</i>

n. b. = nicht bekannt

Die Verbraucherakzeptanz wurde anhand einer 9-Punkte-Skala bewertet, bei der der Skalenpunkt 1 „gefällt mir überhaupt nicht“ und der Punkt 9 „gefällt mir extrem gut“ bedeuteten. Die Handelsproben S5, S6 und S7 wurden jeweils mit jedem der neun Punkte der hedonischen Skala bei unterschiedlicher Häufigkeit bewertet. Bei Probe S8 war aber der minimale vergebene Akzeptanzwert 2 (= „gefällt gar nicht“) und der maximale Akzeptanzwert 9.

Abbildung 69a zeigt die Mittelwerte der Akzeptanz für jede Probe anhand derselben Skala. Man erkennt, dass die Probe S7 (Chili Guajillo) einen größeren Mittelwert ($\bar{x} = 6,05$) als die anderen drei Proben aufweist. Somit besteht die größte Akzeptanz bezüglich des Geruchs bei Probe S7. Aus 179 Teilnehmern wurde Probe S7 im Mittelwert mit der Bezeichnung „gefällt etwas“ bewertet. Probe S6 (Chili Chipotle) wurde am wenigsten von den vier Proben akzeptiert. Ein Mittelwert von 4,31 entspricht dem Skalenpunkt „gefällt wenig“ (= 4). Die anderen Proben S5 (Chili gemahlen) und S8 (Chili Habanero) weisen eine ähnliche Akzeptanz um den Punkt 5 „gefällt weder noch“. Somit konnte keine deutliche Ab- oder Zuneigung der Verbraucher gegenüber den Handelsproben S5 und S8 festgestellt werden.

Des Weiteren wurde eine zwei-faktorielle ANOVA mit den hedonischen Daten durchgeführt, bei der die Probensorte und das Geschlecht als Faktoren für die Varianz postuliert wurden. Die Varianzanalyse zeigte, dass nur die Probensorte einen sehr hohen signifikanten Effekt auf die Akzeptanz hat (p-Wert < 0,0001). Dies bedeutet, dass die aus der Akzeptanz ermittelten Mittelwertunterschiede nur durch die Unterschiedlichkeit in den Proben hervorgerufen wurden.

Zudem stellt der Duncan-Test mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % fest, dass die Akzeptanz von S6 signifikant unterschiedlich von den Akzeptanzmittelwerten der Proben S5, S7 und S8 ist. Probe S7 weist ebenfalls signifikante Unterschiede zu den restlichen Proben (S5, S6 und S8) auf. Nur die Akzeptanz des Probenpaares S5 (Chili gemahlen) und S8 (Chili Habanero) mit den Mittelwerten 5,21 und 5,34 ist statistisch nicht signifikant unterschiedlich.

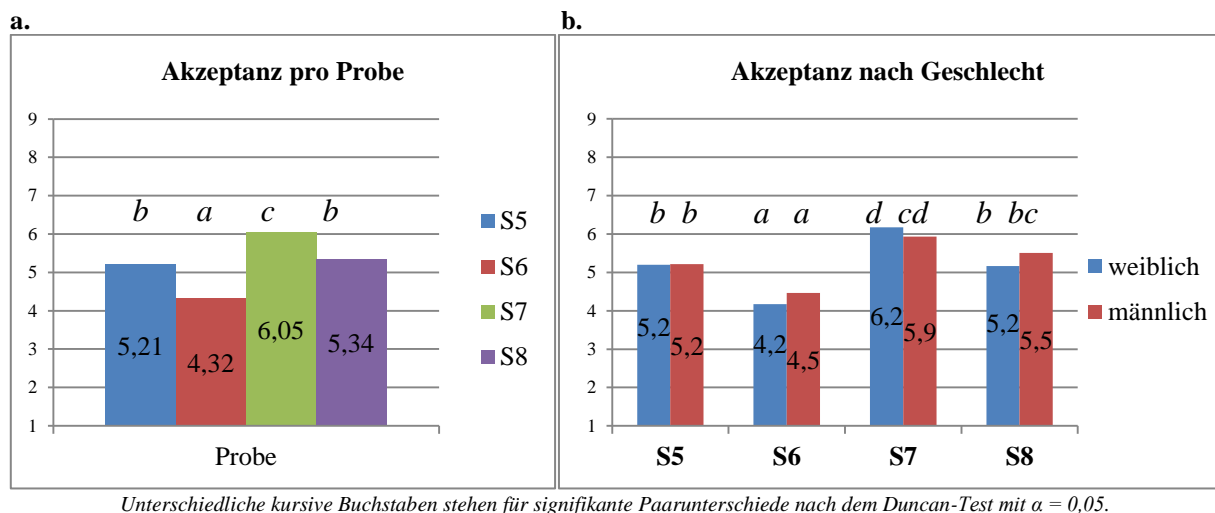


Abbildung 69: Mittelwerte der Akzeptanz des Sets 4 – Darstellung nach der a. Probennummer, b. nach dem Geschlecht (Untergruppen: männlich, weiblich)

Darüber hinaus bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Proben, wenn sie nach dem Geschlecht (männlich und weiblich) sortiert sind (Abbildung 69b). Zum Beispiel unterscheidet sich die mittlere Akzeptanz von Männern bezüglich der Probe S7 (Mittelwert 6,2) nicht von der Akzeptanz von Frauen (Mittelwert 5,9). Deswegen teilt sich jedes Balkenpaar aus Abbildung 69b mindestens einen gemeinsamen Buchstaben als Symbol für die fehlende Signifikanz nach dem Duncan-Test.

Im Vergleich zu den hedonischen Ergebnissen des Sets 9a (siehe Kapitel 4.1.6.1) ist die Akzeptanz jeder Probe des Sets 4 von zwei oder drei weiteren Proben signifikant unterschiedlich. Dazu sind die ermittelten Akzeptanzmittelwerte des Sets 4 (zwischen 4 und 6) sogar um einen weiteren Skalenpunkt verschieden. Somit zeigt das Set 4 deutlichere Akzeptanzunterschiede als das Set 9a. Dies könnte daran liegen, dass die Handelsproben (Set 4) einem Trocknungsprozess unter europäischem Standard zwecks einer guten Geschmacksqualität unterzogen wurden.

4.1.6.2.1 Ermittlung einer Präferenzkarte mittels Prefmap

Mittels External Preference Mapping sollen in diesem Kapitel die Akzeptanzdaten zum Geruch des Probensets 4 (siehe Kapitel 4.1.6.2) mit den deskriptiven olfaktorischen Daten aus dem Free Choice Profiling (siehe Kapitel 4.1.4.2) verknüpft werden.

Zur Erstellung der Präferenzkarte wurde wie beim Set 9a vorgegangen (s. Kapitel 4.1.6.1.1). Als erstes erfolgte die Gruppierung der Verbraucher mittels Agglomerative Hierarchical Clustering (AHC). Gemäß den Unähnlichkeiten in der Akzeptanz unterschieden sich vor allem die Bewertungen von drei Gruppen. Sie werden in Abbildung 70a durch die braunen, lila und grünen Balken repräsentiert. Daraus bildeten sich drei Cluster (oder Klassen): K1, K2 und K3 (Abbildung 70b).

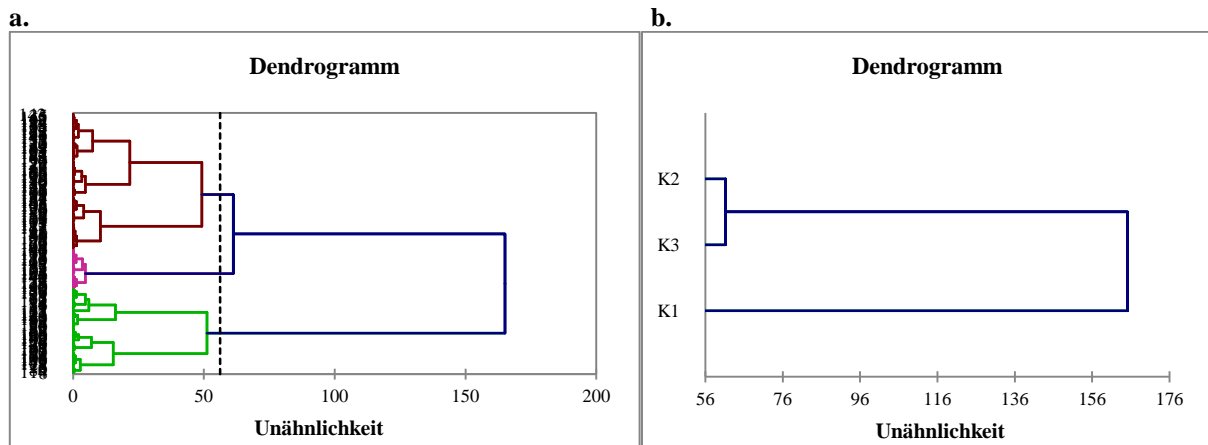


Abbildung 70: Dendrogramm aus den Akzeptanzdaten mittels Hierarchische Cluster Analyse – links: Zuordnung der einzelnen Verbraucher in mehrere Clustern, rechts: Abschließende Abstumpfung in drei Cluster oder Klassen.

Abbildung 70a zeigt auch, dass die rosafarbene Klasse 3 wesentlich kleiner und flacher als die anderen zwei Klassen ist. Das bedeutet, dass die Varianz innerhalb der Klasse 3 geringer ist und somit eine homogenere Gruppe repräsentiert wird. Tabelle 46 klärt auf, warum die Cluster 1 und 2 auf Abbildung 70a größer waren. In Cluster 1 war die zweifache Menge an Verbrauchern vorhanden und in Cluster 2 die dreifache Menge im Vergleich zum Cluster 3. Zudem ist der Anteil an Männern und Frauen in den Clustern 2 und 3 sehr gleichmäßig verteilt. Cluster 1 weist einen höheren Anteil an Männern auf. Allerdings wurde bereits in Abbildung 67b dargelegt, dass die befragten Männer und Frauen die Akzeptanz der Chiliprobe nicht signifikant unterschiedlich bewerteten.

Tabelle 46: Prozentsatz jeder Untergruppe pro Cluster

Cluster	K1	K2	K3
Anzahl an Verbrauchern	59	93	27
Prozent an Verbrauchern	33,0	52,0	15,1
Männliche Prüfpersonen [%]	60,9	80,6	25,1
Weibliche Prüfpersonen [%]	44,8	85,9	23,3

Die in Abbildung 71 gezeigte Präferenzkarte wurde mit der Position der Cluster (aus den Akzeptanzdaten) und den Faktorwerten der Proben (aus den Free Choice Profiling-Daten, vgl. Kapitel 4.1.4.2) erstellt. Diese Faktorwerte wurden aus der mit GPA berechneten zweidimensionalen Konsenskonfiguration entnommen (vgl. Abbildung 28).

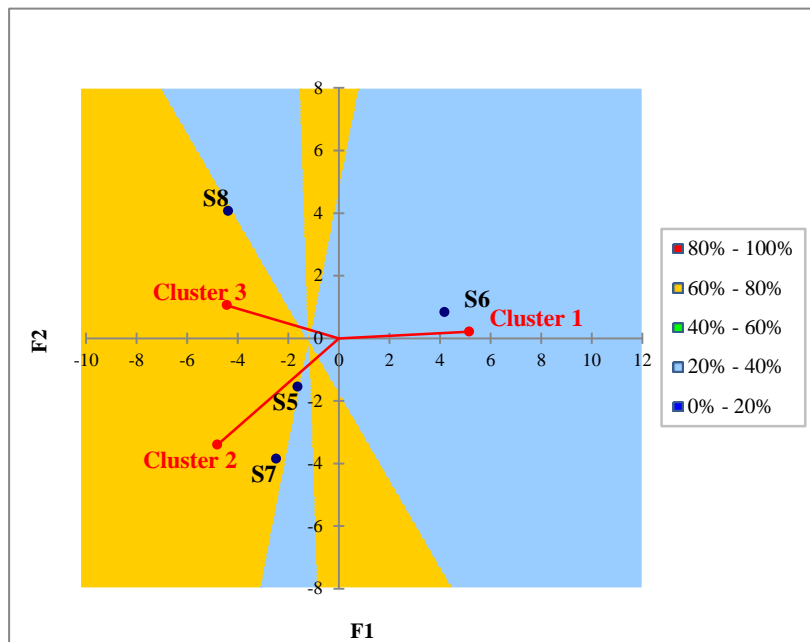


Abbildung 71: External Preference Mapping des Sets 4 – Präferenzkarte und Niveauliniendiagramm

Nach Abbildung 71 ist Cluster 1 auf der positiven Seite des ersten Faktors F1 positioniert. Cluster 2 und Cluster 3 korrelieren dagegen mit F1(-). Da Probe S6 (Chili Chipotle) in Richtung des Vektors von Cluster 1 steht, wird sie eindeutig nur von Cluster 1 bevorzugt. Cluster 2 hat eine Präferenz für die Proben S5 (Chili vermahlen) und S7 (Chili Guajillo), wobei S7 stärker favorisiert wird. Probe S8 (Chili Habanero) wird vom Cluster 3 präferiert.

Da die Position der Proben auf Abbildung 71 der Position derselben Prüfproben aus der Konsenskonfiguration mittels FCP in Abbildung 28 entspricht, kann die olfaktorische Charakterisierung der vier Handelsproben aus dem Set 4 vom Kapitel 4.1.4.2 (vgl. Abbildung 29) übernommen werden. Somit wählte Cluster 1 die Probe S6 (Chili Chipotle) wegen ihres rauchigen Geruchs. Cluster 3 bevorzugte dagegen das schokoladige und karamellige Aroma von S8 (Chili Habanero). Die Handelsproben S5 (Chili vermahlen) und S7 (Chili Guajillo) wiesen aufgrund ihrer Position zueinander ähnliche olfaktorische Eigenschaften auf. Sie waren die beliebtesten Proben von Cluster 2, weil sie durch einen würzigen oder an Gewürze erinnernden Geruch charakterisiert waren. Da Probe S7 weiter vom Ursprung in Richtung des Vektors liegt, wird S7 stärker von Cluster 2 bevorzugt.

Ferner konnte mit dem Präferenzmodell von PREFMAP berechnet werden, in welcher Reihenfolge die Proben in jedem Cluster präferiert würden. Tabelle 47 zeigt, dass Probe S7 einmal die erste Präferenz in Cluster 2 und die zweite in Cluster 3 einnahm. S5 war somit die zweitbeliebteste Probe in zwei Clustern. Dagegen wurde Probe S6 von den Clustern 2 und 3 als unbeliebteste Probe gewählt.

Darüber hinaus wurde mittels Preference Mapping ermittelt, wie hoch der Anteil an Verbrauchern war, die jede Probe bevorzugen würde. Dies wird auf dem Niveauliniendiagramm mit zwei von den fünf möglichen Farben in Abbildung 71 dargestellt. Probe S6 liegt auf dem hellblauen Bereich, weil nur 33 % der Verbraucher mit dieser Probe zufrieden wären. Die restlichen Proben S5, S7 und S8 befinden sich in einem gelben Bereich

des Niveauliniendiagramms, denn jeweils 67 % der Juroren wären mit jeder der Handelsproben zufrieden. Mittels Preference Mapping kann also darauf hingewiesen werden, dass olfaktorische Eigenschaften wie karamellig/schokoladig (S8) und würzig (S5, S7) in Chilipulvern gleichermaßen von den Verbrauchern akzeptiert wären.

Tabelle 47: Proben nach abnehmender Präferenz pro Cluster

Richtung	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
+	S6	S7	S8
↓	S5	S5	S7
	S7	S8	S5
-	S8	S6	S6

Die Chilipulver S6, S7 und S8 werden jeweils von einem Cluster präferiert, sodass sie die verschiedenen Clusterinteressen oder Verbrauchervorlieben im Markt bedienen sollten. Besteht bei einer Marktanalyse kein Interesse an cluster-spezifischen Produktangeboten, sondern nur an einer Probensorte, könnte eine leicht höhere Präferenz für die würzig riechende Probe S7 (Chili Guajillo) geben. Diese Vermutung lässt sich folgendermaßen begründen: S7 ist die beliebteste Probe von Cluster 2. Dazu kommt, dass Cluster 2 deutlich größer als Cluster 1 und 3 ist. Es besteht aus den Akzeptanzbewertungen von 97 Prüfpersonen (s. Tabelle 46). Somit repräsentiert Cluster 2 die Meinung von mehr als der Hälfte aller Befragten (Teilnehmeranzahl 179).

4.2 Instrumentell-analytische Ergebnisse

Die instrumentell-analytischen Ergebnisse der untersuchten Proben wurden nach Herkunft getrennt betrachtet. Die bolivianischen Proben gehören zum Set A (Kapitel 4.2.1) und die peruanischen Proben zum Set B (Kapitel 4.2.2)¹⁴. Ein Vergleich beider Sets und die Diskussion der Ergebnisse ist im Kapitel 4.2.3 zu finden. Die Zucker- und Säuregehalte der Sets A und B wurden zur Übersichtlichkeit in getrennten Balkendiagrammen und anschließend mit Hauptkomponentenanalysen dargestellt. Dabei entspricht der Gesamtzuckergehalt der Summe des Glucose-, Fructose- und Saccharosegehalts und der Gesamtsäuregehalt der Summe der organischen Säuren Citronensäure und Äpfelsäure. Die bei frischen Proben für den Säuregrad zu berücksichtigende Ascorbinsäure spielt bei getrockneten Proben keine Rolle, da sie beim Trocknungsprozess fast vollständig abgebaut wird [22]. Die Sets A und B bestehen nur aus Projektproben. Deswegen ist in diesem Kapitel 4.2 die von den Projektpartnern vorgegebene Codierung, sprich die Akzessionsnummern, angegeben. Der Vollständigkeit halber wurden auch die Zucker- und Säurewerte der gustatorisch untersuchten Proben, die nicht zum Set A und B gehören, analysiert. Die Ergebnisse des sogenannten Sets C können dem Anhang C-3 entnommen werden.

4.2.1 Zucker- und Säuregehalt von bolivianischen Proben (Set A)

Abbildung 72 zeigt eine Übersicht über die Glucose-, Fructose- und Saccharose-Konzentrationen der 40 untersuchten bolivianischen Projektproben (vgl. Anhang C-1). Der Gesamtzuckergehalt reicht von 1,6 bis 31,3 g/100 g Trockengewicht (TG). Die Hauptzuckerkomponente bei den *Capsicum*-Pulvern ist stets Fructose; Glucose steht an zweiter und Saccharose an dritter Stelle. Nur die Proben mit den Akzessionsnummern „637“, „543“ und „MA 1664“ zeigen ein Glucose/Fructose-Verhältnis nahe eins. Darüber hinaus weist Fructose bei den 40 Projektproben eine Konzentration zwischen 0,9 und 18,2 g/100 g TG auf, während der Glucose-Gehalt einen Wertebereich zwischen 0,6 und 11,8 g/100 g TG hat. Die Akzession „P14“ weist nicht nur den größten Gesamtzuckergehalt des Sets A, sondern auch die größte Fructose- und Glucose-Konzentration auf. Auch wenn der Saccharose-Gehalt meistens die letzte Position einnimmt, erreicht er bei der Akzession „341“ ein Maximum von 7 g/100 g TG. Auch die Proben „109 R“ (3,8 g/100g TG) und „T.M.“ (4,8 g/100 g TG) fallen durch einen höheren Gehalt an Saccharose im Vergleich zu den anderen 37 Proben auf.

Der Citronensäure- und Äpfelsäure-Gehalt des Sets A ist in Abbildung 73 dargestellt. Es wurden folgende Konzentrationsbereiche gefunden: 0,6 bis 4,1 g/100 g TG Citronensäure; 0,04 bis 2,1 g/100 g TG Äpfelsäure und 1,6 bis 4,6 g/100 g TG Gesamtsäure.

¹⁴ Der Gehalt an Zuckern und Säuren [g/100 g TG] von Set A (40 bolivianische Projektproben) und zum Teil von Set B (51 der 151 peruanischen Projektproben) wurde von Herrn Marvin Scolari im Rahmen einer Abschlussarbeit bestimmt.

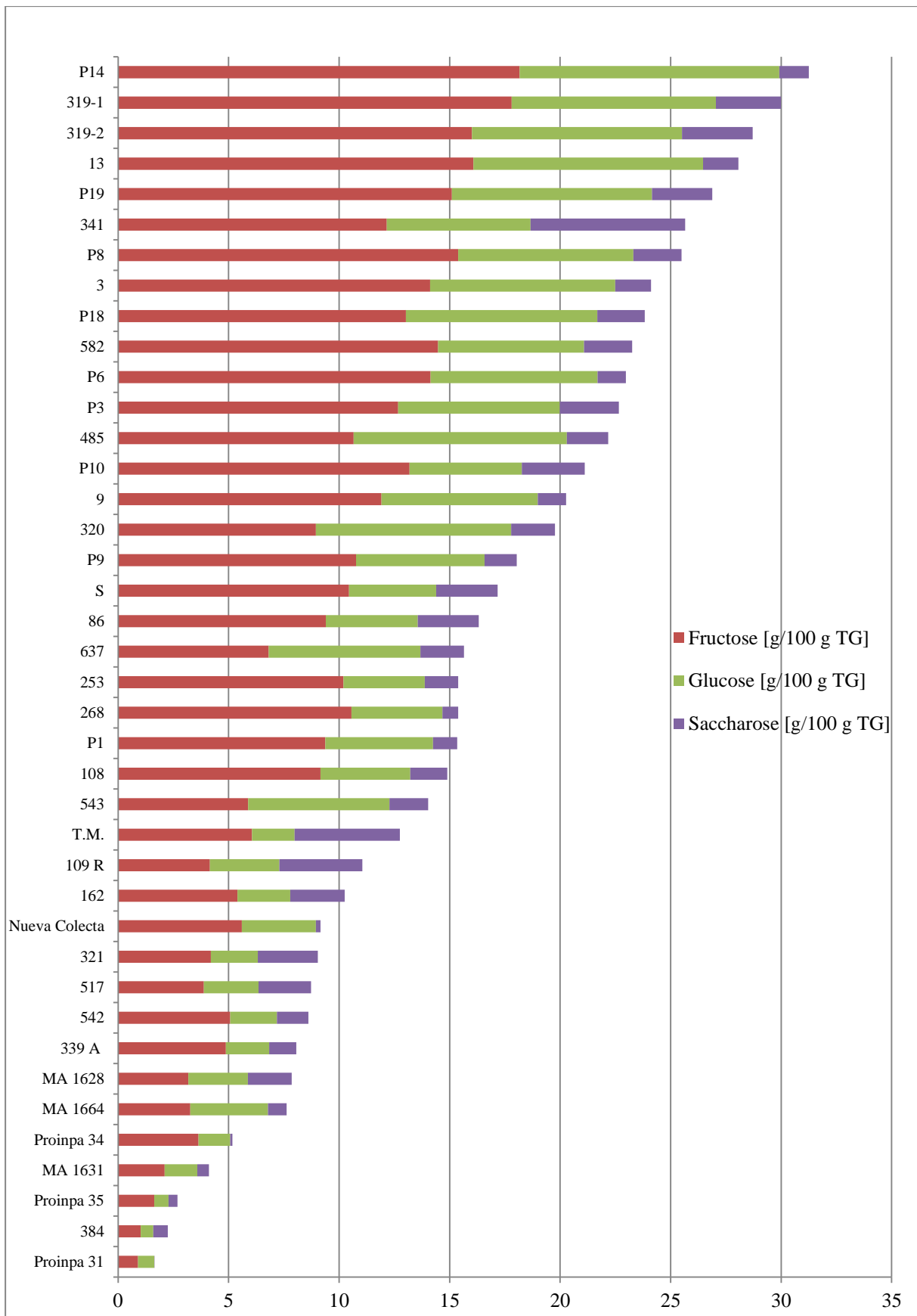


Abbildung 72: Gesamtzuckergerhalt von 40 bolivianischen Projektproben in g/100 g Trockengewicht (TG)

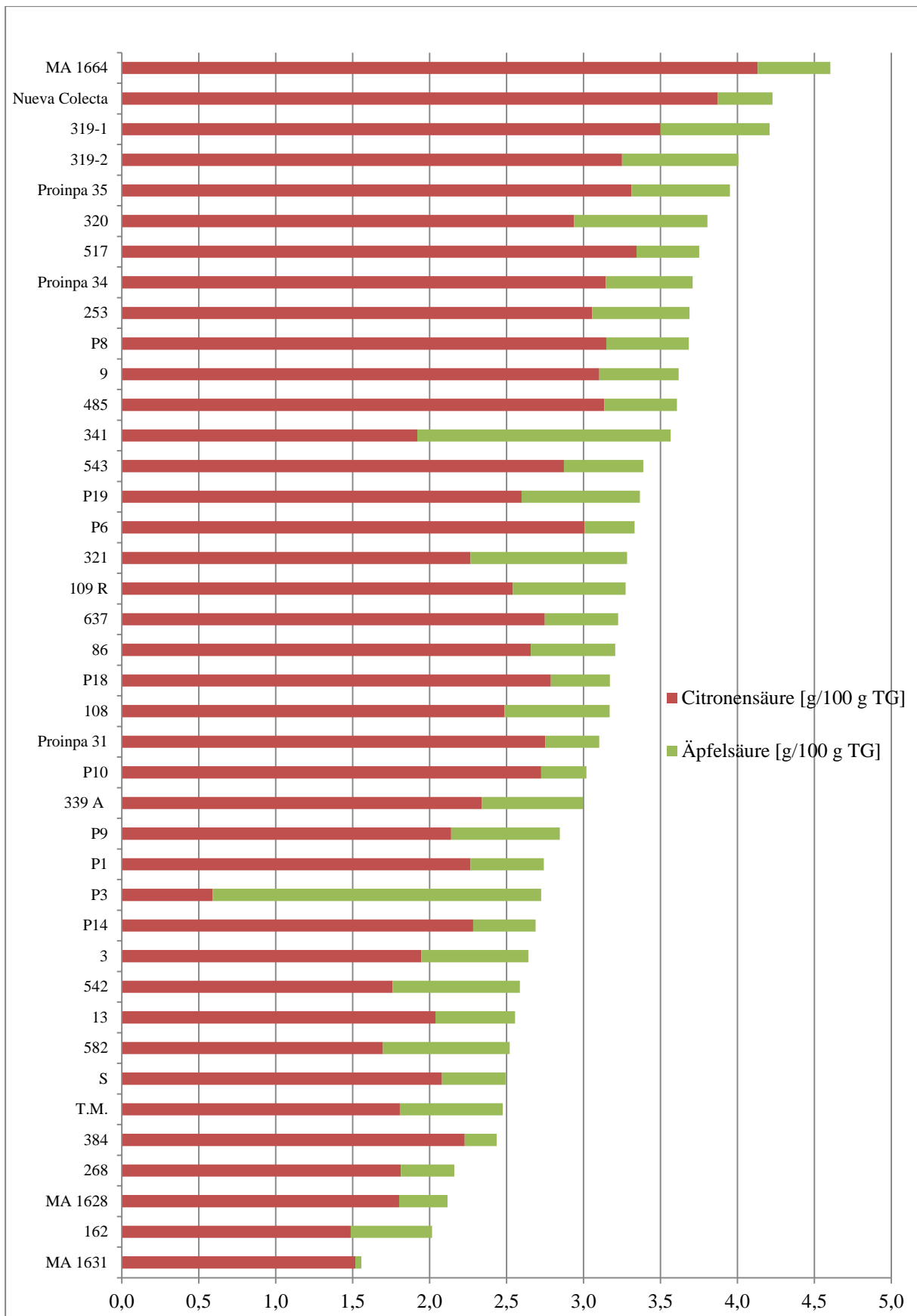


Abbildung 73: Gesamtsäuregehalt von 40 bolivianischen Projektproben in g/100 g Trockengewicht (TG)

In Abbildung 73 ist ersichtlich, dass die Konzentration an Citronensäure stets größer als die an Äpfelsäure ist. Sie steht im Durchschnitt im Verhältnis 6 zu 1. Der einzige Fall, bei dem der Gehalt an Äpfelsäure größer als der an Citronensäure ist, ist bei der Akzessionsnummer „P3“ gegeben. Diese Probe weist den größten Gehalt an Äpfelsäure (2,1 g/100 g TG) und gleichzeitig den niedrigsten an Citronensäure (0,04 g/100 g TG) auf.

Weiterhin stechen die Proben „MA 1664“ und „MA 1631“ hervor. „MA 1664“ weist die größte Citronensäurekonzentration (4,1 g/100 g TG) und „MA 1631“ den geringsten Gehalt an Äpfelsäure (0,04 g/100 g TG) von allen untersuchten bolivianischen Proben auf.

Ferner wurden die instrumentell-analytischen Ergebnisse des Sets A mittels des Auswerteprogramms „The Unscrambler X“ (Version 10.1, CAMO Software) einer Hauptkomponentenanalyse (PCA) unterzogen, um die Zusammenhänge zwischen den fünf Analyten und den Proben zu visualisieren. Dadurch können Proben ins Blickfeld rücken, die sich unter Berücksichtigung der fünf Analyten vom Durchschnitt unterscheiden.

Aus der graphischen Darstellung der Faktorladungen (engl. loadings) erkennt man, dass Citronensäure auf der positiven Seite von PC1 und die anderen vier Analyten auf der negativen Seite liegen (siehe Abbildung 74a). Glucose- und Fructose-Gehalt korrelieren stark miteinander und werden von PC1(-) und PC2(+) beeinflusst. Saccharose und Äpfelsäure sind nahe zueinander positioniert und stehen ebenfalls in Beziehung. Sie korrelieren mäßig mit PC1(-) und PC2(-). Citronensäure steht in starkem Zusammenhang mit PC2(+). Darüber hinaus besteht eine negative Korrelation zwischen Citronensäure und den Analyten Saccharose und Äpfelsäure.

Bei Betrachtung der Faktorwerte (engl. scores) auf Abbildung 74b ist ersichtlich, dass etwa ein Drittel der bolivianischen Proben in der Mitte der PCA nahe dem Ursprung positioniert sind. Somit sind deren Gehalte an Zucker und Säuren als durchschnittlich innerhalb des Sets A zu betrachten. Überdurchschnittliche Gehalte an Fructose und Glucose haben die Akzessionen „P14“, „319-1“, 319-2“, „13“ und „P19“. Auf der positiven Seite der PC1 sind die Proben „Nueva Colecta“ und „MA 1664“ positioniert, die eine überdurchschnittliche Citronensäurekonzentration und gleichzeitig unterdurchschnittliche Glucose- und Fructosekonzentrationen aufweisen. Die Akzessionen „341“ und P3 zeichnen sich durch einen ausgeprägten Saccharose- und Äpfelsäure-Gehalt aus.

In Abbildung 74c ist das Set A in einem Scores plot nach den Forschungsorganisationen PROINPA und CIFP dargestellt. Es ist zu erkennen, dass fast alle Akzessionen der Organisation PROINPA sich im oberen linken Quadranten befinden und dass die meisten CIFP-Proben auf der rechten Seite der PC1 positioniert sind. Diese räumliche Trennung auf der PCA deutet darauf hin, dass die PROINPA-Proben höhere Glucose- und Fructose-Gehalte aufweisen. Die mit PC1 korrelierenden CIFP-Proben unterscheiden sich von den PROINPA-Proben dadurch, dass sie überdurchschnittliche Citronensäurekonzentrationen und unterdurchschnittliche Fructose- und Glucose-Konzentrationen aufweisen.

Zuletzt wurde anhand weiterer Score plots die Zusammenhänge zwischen den Zuckern und Säuregehalten und der jeweiligen Spezies oder Anbauregionen untersucht. Es wurden aber keine auffälligen Gruppierungen der Proben auf der PCA beobachtet, sodass auf die entsprechenden Abbildungen verzichtet wurde.

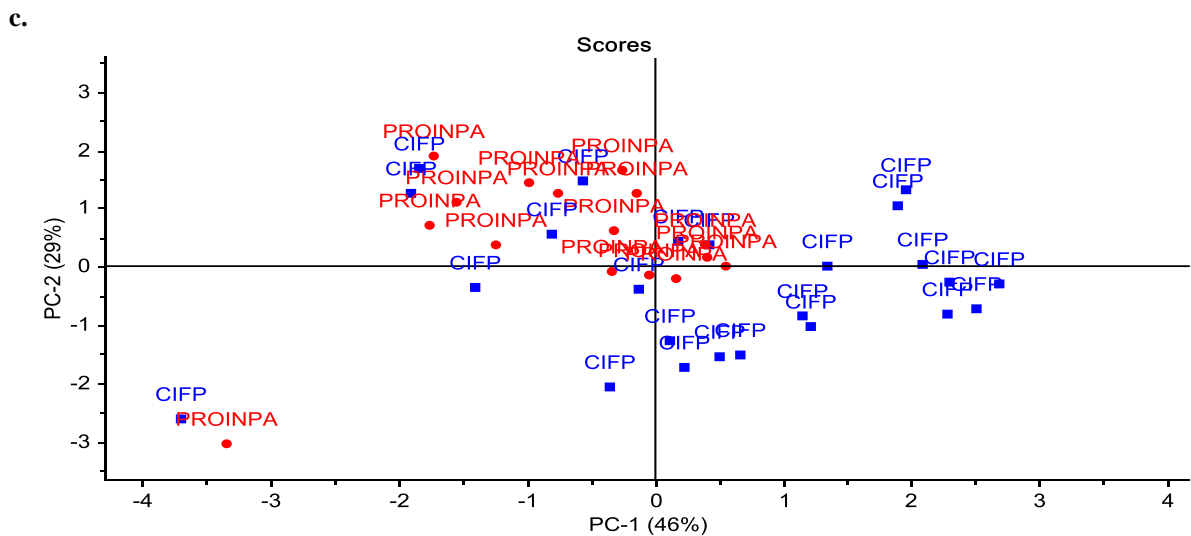
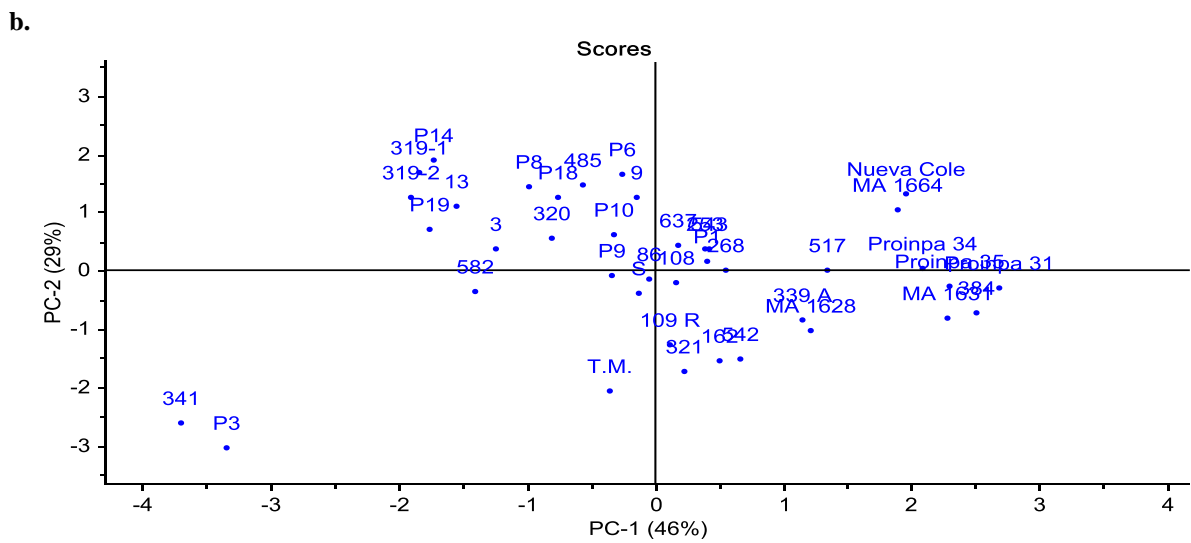
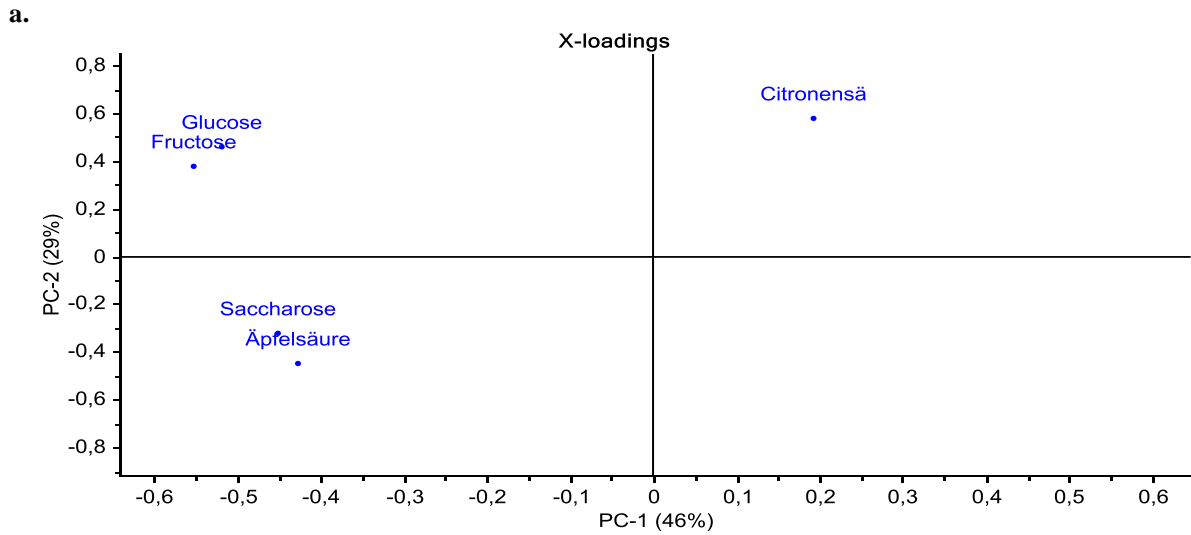


Abbildung 74: Set A – Hauptkomponentenanalyse der bolivianischen Projektproben aus den instrumentell ermittelten Zucker- und Säure-Gehalten a. Loadings plot – Darstellung der Analyten, b. Scores plot – Darstellung der Proben nach der Akzessionsnummer, c. Scores plot – Darstellung der Proben nach den Forschungsorganisationen

4.2.2 Zucker- und Säuregehalt von peruanischen Proben (Set B)

Es wurden insgesamt 151 Projektproben der Forschungsorganisationen INIA, CIDRA und UNALM auf deren Säure- und Zuckergehalt untersucht. Die Ergebnisse des Sets B sind im Anhang C-2 aufgelistet und in den unten stehenden Diagrammen abgebildet.

Der Gesamtzuckergehalt der peruanischen Proben erstreckt sich von 2,3 bis 46,4 g/100 g TG. Abbildung 75 und Abbildung 76 zeigen, dass die Hauptzuckerkomponente in diesem Set ebenfalls Fructose ist. Danach folgen Glucose und Saccharose. Die Akzessionen „PER017699“ und „PER017735“ weisen die größten Fructosekonzentrationen (33,6 und 32,8 g/100 g TG) auf, enthalten aber keine Saccharose. Fructose erreicht mit Probe „PER017682“ ein Minimum bei 1,4 g/100 g TG (Abbildung 76). Glucose wurde im Bereich von 0,7 („PER006995“) bis 17,8 g/100 g TG („PER017612“) gefunden. Weiterhin fallen die Proben mit den Akzessionsnummern „PER006992“, „PER017661“, „LPI-A“ (Abbildung 75) und vor allem Probe „PER006951“ (Abbildung 76) durch herausragende Saccharosegehalte auf. Bei Probe „PER006951“ ist eine umgekehrte quantitative Reihenfolge der Zuckerarten im Vergleich zu den anderen 150 peruanischen Proben zu erkennen. Der Saccharosegehalt von 6,3 g/100 g TG steht an erster Stelle und ist dazu der maximale Wert von Set B. Danach kommen der Glucosegehalt (4,1 g/100 g TG) an zweiter und der Fructosegehalt (2,6 g/100 g TG) an dritter Stelle.

Nach den Abbildung 77 und Abbildung 78 wurden Gesamtsäuregehalte (Summe aus Citronensäure und Äpfelsäure) von 0,6 bis zu 9,8 g/100 g TG gemessen. Dabei war die Citronensäure in den meisten Fällen die dominierende organische Säure. Das Verhältnis Citronensäure zu Äpfelsäure reichte von 1 zu 1 bis sogar 15 zu 1. Die höchsten Citronensäuregehalte weisen die Proben „PER017833“ mit 8,3 g/100 g TG und die Probe „252“ mit 8,1 g/100 g TG auf. Dazu war in beiden Proben die größte Gesamtsäurekonzentration enthalten. Bei folgenden Projektproben wurde ein Citronensäuregehalt von unter 1 g/100 g TG nachgewiesen: „SIT-PM“, „PER017682“, „LPI-PUC“, „PER006984“, „PER017654“ und „AMS-CHI“ (siehe Abbildung 78).

Das Set B weist Äpfelsäuregehalte zwischen 0,1 und 5,0 g/100 g TG auf. Aber die größten Äpfelsäurekonzentrationen waren in den Proben „PER007035“ und „175“ vorhanden (5,0 und 4,3 g/100 g TG, s. Abbildung 77). Bei 6 von 151 peruanischen Proben war der Anteil an Äpfelsäure 2-mal bis 9-mal größer als der an Citronensäure: „PER007035“, „113“ „ (Abbildung 77), „123“, „SIT-PM“, „LPI-PUC“ und „AMS-CHI“ (Abbildung 78).

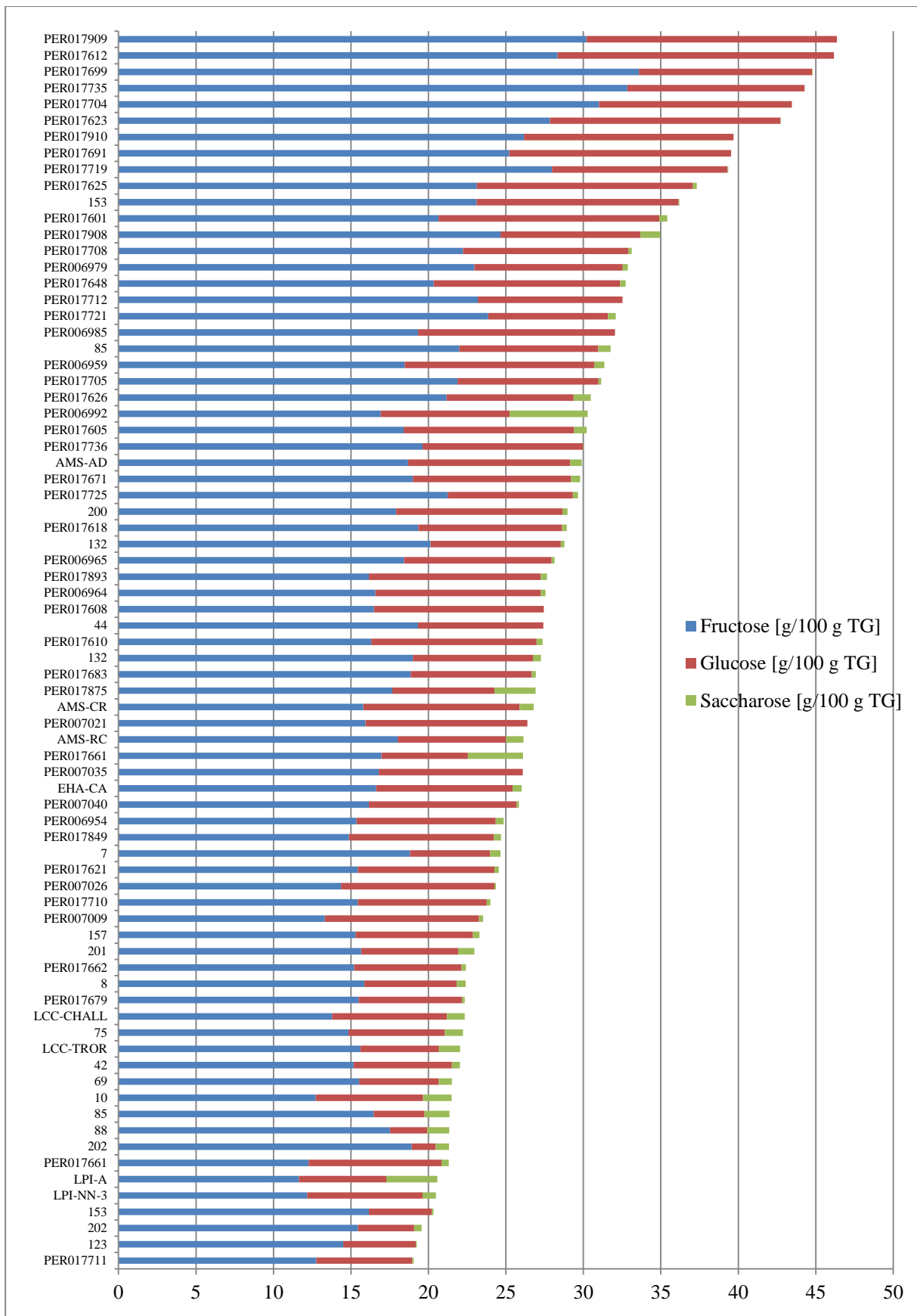


Abbildung 75: Gesamtzuckergehalt von 75 peruanischen Projektproben in g/100 g Trockengewicht (TG)

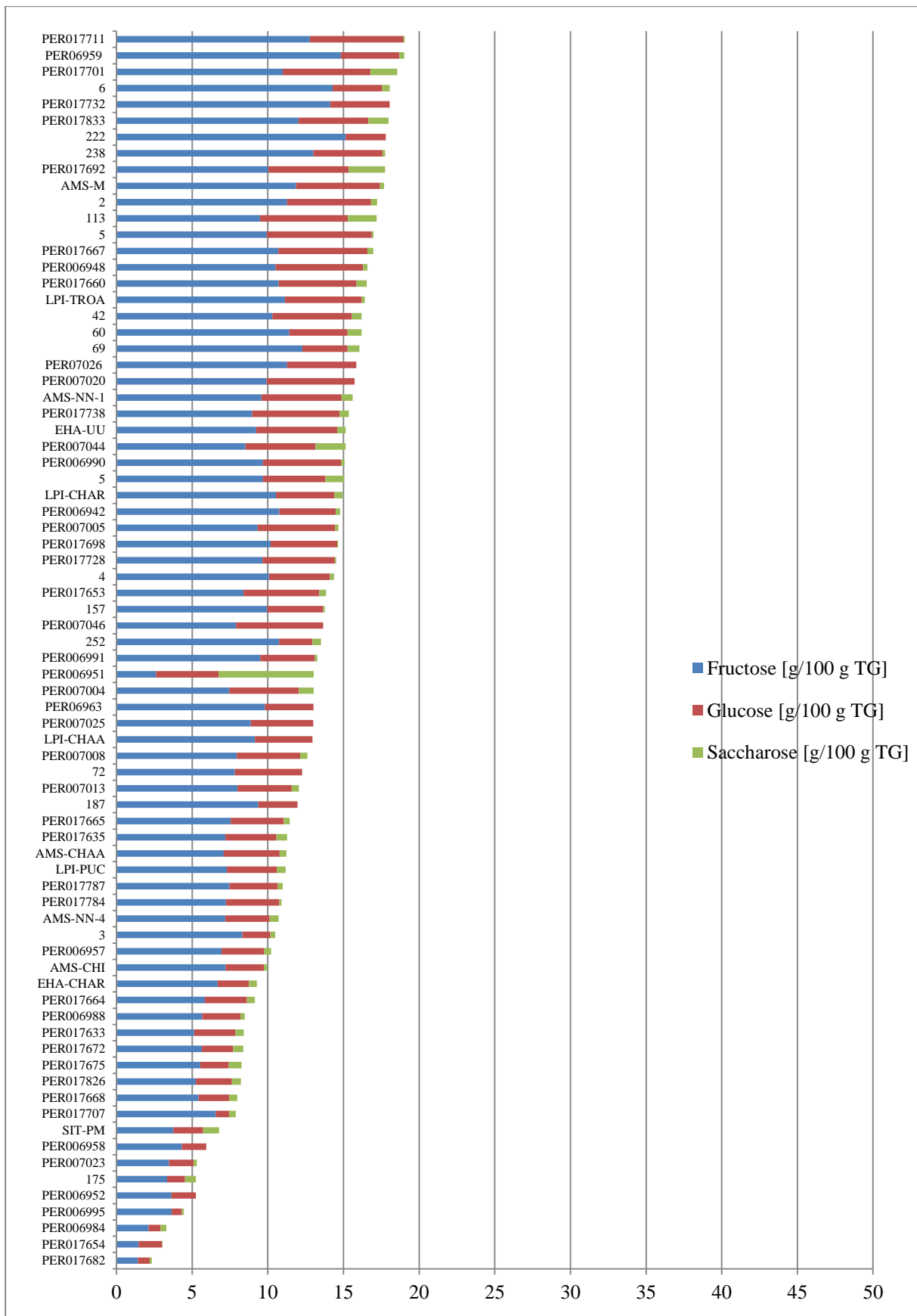


Abbildung 76: Fortsetzung – Gesamtzuckergehalt von 76 peruanischen Projektproben in g/100 g Trockengewicht (TG)

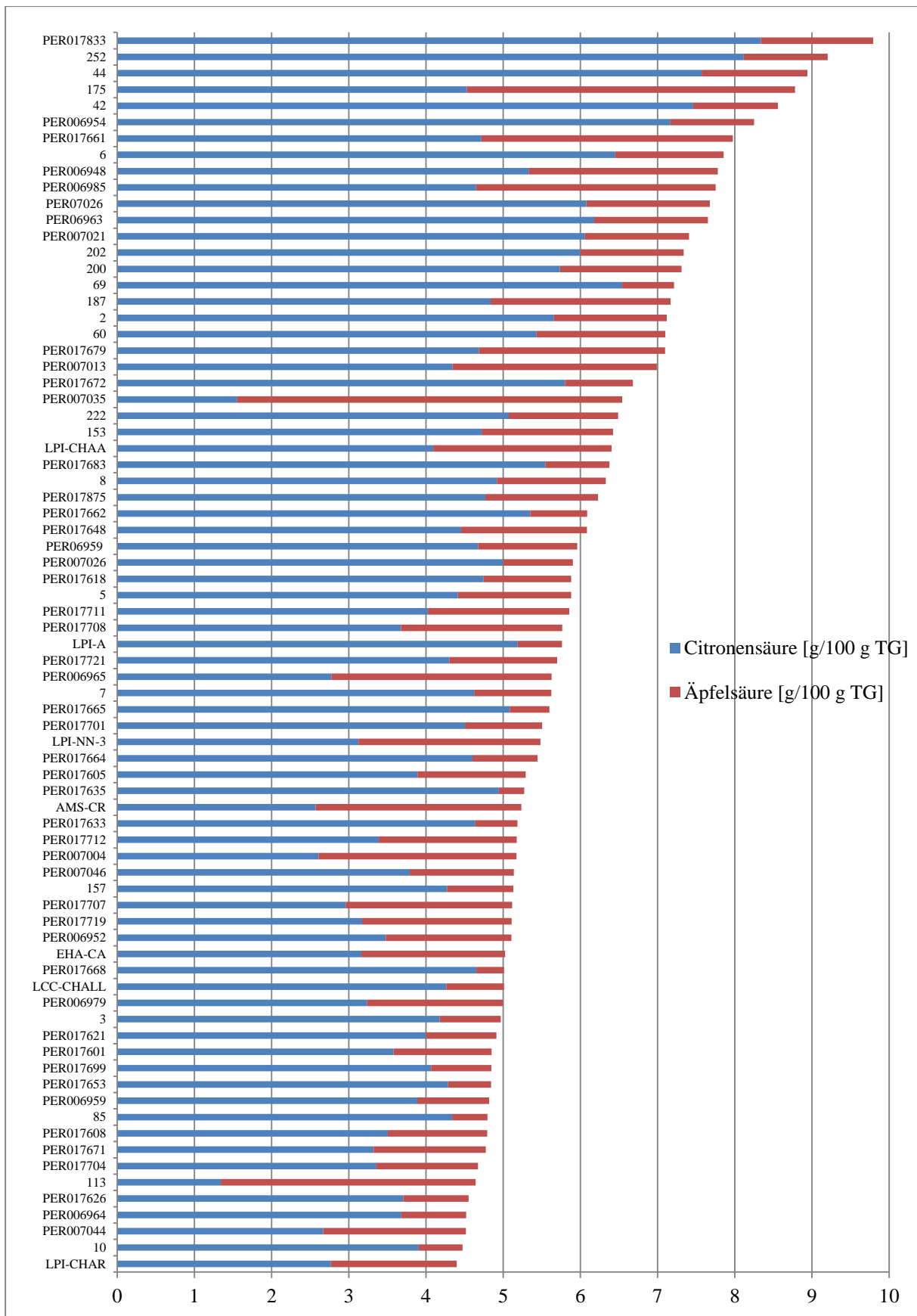


Abbildung 77: Gesamtsäuregehalt von 75 peruanischen Projektproben in g/100 g Trockengewicht (TG)

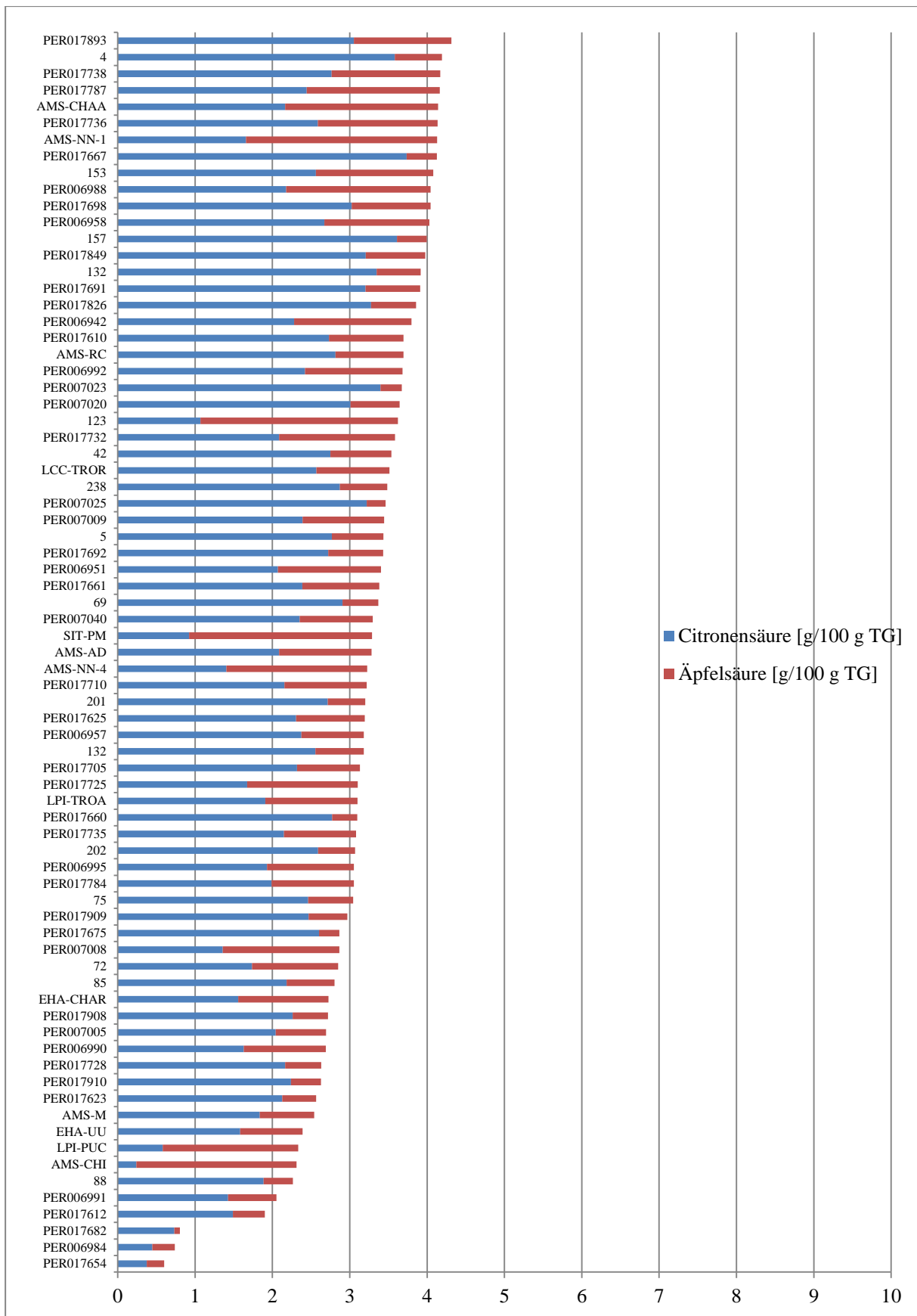


Abbildung 78: Fortsetzung – Gesamtsäuregehalt von 76 peruanischen Projektproben in g/100 g Trockengewicht (TG)

Mit den Zucker- und Säurewerten des Sets B wurde eine Hauptkomponentenanalyse (PCA) durchgeführt. Sie ist in Abbildung 79 dargestellt. Dort ist zu erkennen, dass die Gehalte an Äpfelsäure, Citronensäure und Saccharose mit PC2(+) korrelieren. Fructose und Glucose stehen in Korrelation zueinander und auf der positiven Seite von PC1. Abbildung 79b zeigt, dass die meisten Proben sehr nahe beieinander liegen und wenige Cluster bilden.

Auf dem oberen linken Quadranten (Abbildung 79b) stechen die Proben „PER006951“, „175“ und „PER017661“ hervor. Die mit PC1(-) und PC2(+) korrelierenden Akzessionen „PER006951“ und „175“ sind durch überdurchschnittliche Gehalte an Saccharose, Äpfelsäure und Citronensäure sowie durch unterdurchschnittliche Gehalt an Fructose und Glucose charakterisiert. Da die Probe „PER017661“ hauptsächlich von PC2(+) beeinflusst wird, weist sie nur eine durchschnittliche Konzentration an Fructose und Glucose auf.

Weiterhin sind auf dem linken unteren Quadranten drei Proben „PER017682“, „PER006984“ und „PER017654“ zu sehen (Abbildung 79b), die mit PC1(-) und PC2(-) stark zusammenhängen. Sie stehen in negativer Korrelation mit Citronensäure, Fructose und Glucose. Sie weisen somit unterdurchschnittliche Werte von Citronensäure, Glucose, Fructose sowie von Äpfelsäure und Saccharose auf.

Abbildung 79b zeigt auch, dass ca. die Hälfte der Proben von Set B negative Werte auf der PC1 hat. Somit sind sie als unterdurchschnittlich bezüglich der reduzierenden Zucker zu bewerten. Die andere Hälfte der peruanischen Proben sind auf der positiven Seite der PC1 positioniert und haben überdurchschnittliche Konzentrationen an Glucose und Fructose.

Darüber hinaus ist eine kleine Probengruppe auf der PC1(+) zu erkennen, die sich aufgrund ihrer höheren Glucose- und Fructosewerte von den restlichen Proben abhebt. Das durch einen Kreis gekennzeichneten Cluster besteht aus folgenden 12 peruanischen Akzessionen: „PER017601“, „PER017719“, „153“, „PER017625“, „PER017691“, „PER017910“, „PER017704“, „PER017699“, „PER017735“, „PER017623“, „PER017909“ und „PER017612“. Mit Ausnahme einer Probe („153“) sind alle diese fructose- und glucosehaltigen Akzessionen der Forschungsorganisation INIA zuzuordnen. Laut Abbildung 79c stammt diese Probengruppe aus den Anbauregionen Cajamarca, Casma, Lima und San Martin. Zudem ist es in Abbildung 79c ersichtlich, dass alle in Lima geernteten Chilipulver (rosafarbene Scores) auf der PC1(+) stehen und bzgl. der Analyten Fructose und Glucose überdurchschnittliche Werte aufweisen. Es ist jedoch nicht klar, ob die ausgeprägten Gehalte an reduzierenden Zuckern durch die Anbauregion Lima oder durch die Probenart hervorgerufen wurden. Alle weiteren Regionen sind in allen Quadranten der PCA verteilt und bildeten somit keine weiteren Cluster.

Die Darstellung der Faktorwerte nach den Spezies und den Forschungsorganisationen lieferte keine neue Erkenntnisse, sodass sie nachfolgend nicht abgebildet werden.

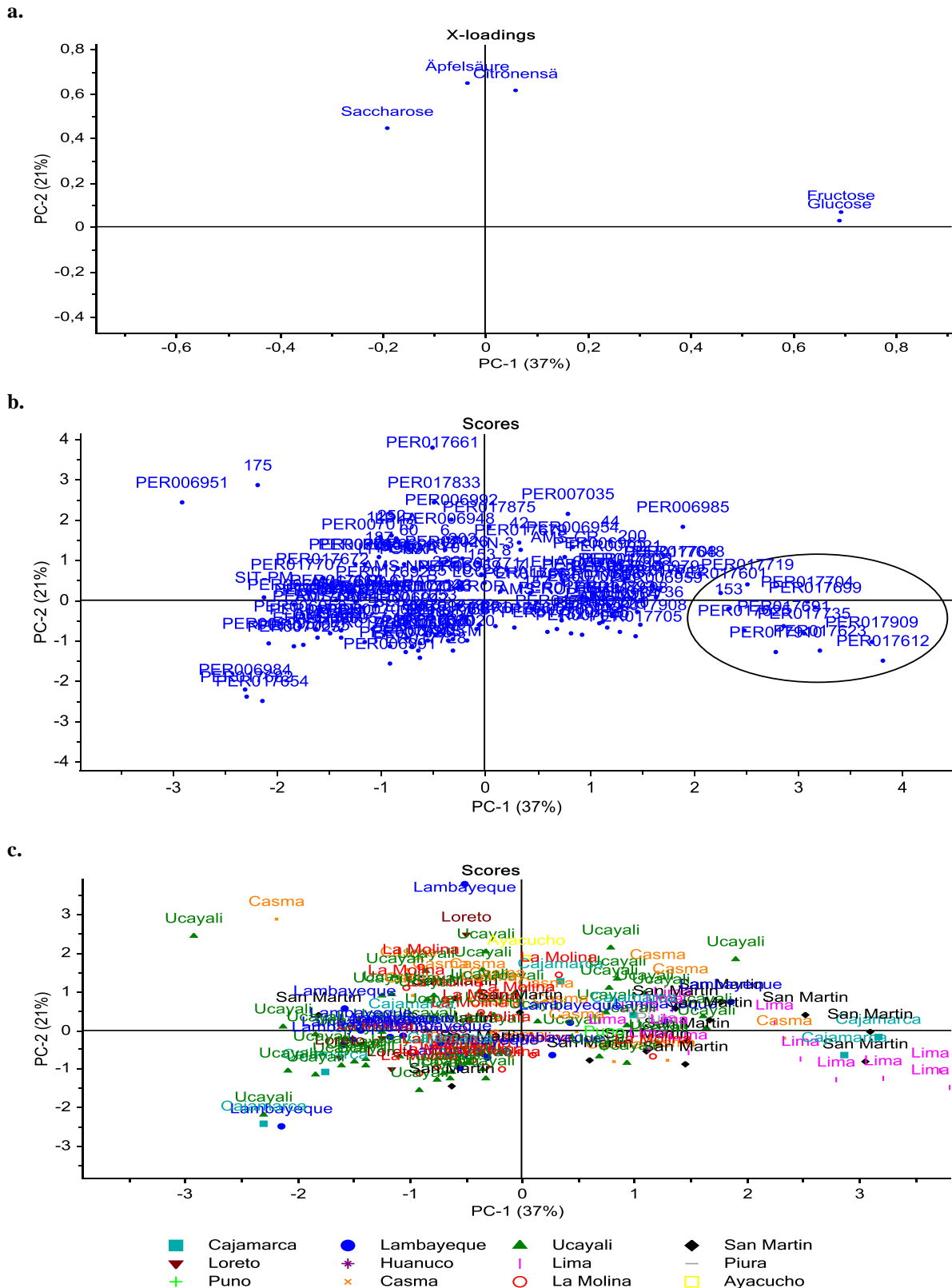


Abbildung 79: Set B – Hauptkomponentenanalyse der peruanischen Projektproben aus den instrumentell ermittelten Zucker- und Säure-Gehalten a. Loadings plot – Darstellung der Analyten, b. Scores plot – Darstellung der Proben nach den Akzession-Nummern, c. Scores plot – Darstellung der Proben nach den Anbauregionen

4.2.3 Vergleich der Zucker- und Säuregehalte der Projektproben (Sets A und B)

Es wurden insgesamt 40 bolivianische Projektproben (Set A) und 151 peruanische Projektproben (Set B) gaschromatographisch auf drei Zuckerarten und zwei organische Säuren untersucht. In Tabelle 48 sind die analytischen Ergebnisse beider Sets zusammengefasst. Darüber hinaus wurde ein Duncan-Test mit den Messwerten für jeden Analyten durchgeführt, um auf statistisch signifikante Mittelwertsunterschiede zu prüfen.

Tabelle 48 zeigt, dass die Mittelwerte beider Sets für Fructose, Saccharose, Gesamtzucker, Äpfelsäure, Citronensäure und Gesamtsäure statistisch signifikant unterschiedlich bei einer Wahrscheinlichkeit von 95 % sind. Nur der Glucosemittelwert der peruanischen und bolivianischen Proben unterscheidet sich nicht signifikant (gemeinsamer Buchstabe a). Demzufolge sind die ermittelten durchschnittlichen Fructose-, Gesamtzucker-, Äpfelsäure-, Citronensäure- und Gesamtsäurewerte der peruanischen Projektproben (Set B) signifikant größer als die der bolivianischen Proben (Set A). Dazu sind alle maximalen Werte des Sets B außer dem von Saccharose größer als die des Sets A.

Der durchschnittliche Gesamtzuckergehalt beider Sets (16,2 und 20,6 g/100 g TG) liegt über dem nach der USDA-Datenbank gefundenen Gesamtzuckergehalts eines Paprikapulvers (10,34 g/100 g) [48], aber deutlich unter dem gemessenen Gesamtzuckergehalt in getrockneten Gemüsepaprikas von Luning *et al.* (45,4-57,2 g/100 g TG) [40], Bernardo *et al.* (57,5-57,8 g/100g TG) [49] und der USDA-Datenbank (40,8-41,1 g/100 g) [44, 45]. Bei Betrachtung des minimalen und maximalen Gesamtzuckergehaltes des Sets B (2,3-46,4 g/100 g TG) auf Tabelle 48 fällt jedoch auf, dass die untersuchten Projektproben eine Gesamtzuckerkonzentration aufweisen, die im Bereich der erwähnten Literaturwerte liegt.

Weiterhin sind die gemessenen Fructose- und Glucose-Gehalte der peruanischen und bolivianischen Proben im Durchschnitt deutlich niedriger als die von Luning *et al.* [40] und Bernardo *et al.* [49] ermittelten Gehalte bei getrockneten Paprikaprobe (Fructose 21,1-29,7 g/100 g TG, Glucose 20,9-25,7g/100 g TG).

Tabelle 48: Übersicht über die instrumentell-analytischen Ergebnisse der Sets A und B nach dem Herkunftsland

Sets (Herkunftsland)	A (Bolivien)			B (Peru)		
	40			151		
Anzahl der Proben						
Statistik	Min.	Max.	Mittelwert	Min.	Max.	Mittelwert
Glucose [g/100 g TG]	0,6	11,8	5,2 ^a	0,7	17,8	6,3 ^a
Fructose [g/100 g TG]	0,9	18,2	9,0 ^a	1,4	33,6	13,7 ^b
Saccharose [g/100 g TG]	0,0	7,0	2,0 ^a	0,0	6,3	0,6 ^b
Gesamtzuckergehalt [g/100 g TG]	1,6	31,3	16,2 ^a	2,3	46,4	20,6 ^b
Citronensäure [g/100 g TG]	0,6	4,1	2,5 ^a	0,2	8,3	3,4 ^b
Äpfelsäure [g/100 g TG]	0,0	2,1	0,6 ^a	0,1	5,0	1,2 ^b
Gesamtsäuregehalt [g/100 g TG]	1,6	4,6	3,1 ^a	0,6	9,8	4,6 ^b

Min = Minimum, Max = Maximum

Unterschiedliche Buchstaben wie „a b“ in einer Zeile bedeuten nach dem Duncan-Test eine statistische Signifikanz bei $\alpha = 0,05$.

Bezüglich der Saccharose-Konzentration weist das Set A höhere Werte als das Set B auf. Der durchschnittliche Gehalt von 2 g Saccharose/100 g TG stimmt mit den von Luning *et al.* [40] und Bernardo *et al.* [49] nachgewiesenen Saccharosegehalte (2,5-3,4 g/100 g TG) in getrockneten *Capsicum*-Proben überein. Allerdings fällt auf, dass der Saccharose-Mittelwert aus Set A dreimal größer als der vom Set B ist. Da die Bildung von Saccharose laut Luning *et al.* [40] eine Folge der Trocknung ist, könnte der höhere Saccharose-Mittelwert von Set A auf eine stärkere Belastung der bolivianischen Proben beim Trocknungsprozess hinweisen.

Die bolivianischen Projektproben wurden im Vergleich zu den peruanischen Proben sowohl einer Sonnentrocknung als auch einer Ofentrocknung unterzogen (vgl. Kapitel 3.1). Somit besteht die Möglichkeit, dass die zweifache Hitzebelastung zu einem erhöhten Saccharoseanteil führte. Eine weitere Erklärung für die hohen Saccharosewerte könnte der Reifegrad der Früchte sein. Luning *et al.* wies nach, dass grüne getrocknete Paprikas doppelt so viel Saccharose (7,9 g/100 g TG) als die reifen Paprikas aufwiesen [40]. Dies könnte zu der Spekulation führen, dass nicht alle Proben im reifen Zustand waren, so wie es nach dem Protokoll zur Probenahme vorgegeben war.

Hinsichtlich der organischen Säuren erkennt man aus Tabelle 48, dass im Set A deutlich niedrigere Konzentrationen an Citronensäure und Äpfelsäure als im Set B vorhanden sind. Es wurde sogar einen zweifachen größeren Mittelwert von Äpfelsäure bei den peruanischen *Capsicum*-Pulvern ermittelt. Darüber hinaus liegen die ermittelten Durchschnittswerte an Citronensäure und Äpfelsäure beider Länder im Erwartungsbereich (Citronensäure 0,5-2,5 g/100 g TG, Äpfelsäure: 1,0-2,2 g/100 g TG) nach Luning *et al.* [40].

Vergleich nach Ländern

Die ermittelten Zucker- und Säuregehalte beider Sets wurden nach einer Hauptkomponentenanalyse (PCA) in Abbildung 80 dargestellt.

Die Darstellung der Analyten bzw. der Faktorladungen (Abbildung 80a) zeigt, dass die organischen Säuren Citronensäure und Äpfelsäure hauptsächlich mit den positiven Werten des zweiten Faktors korrelierten, während Saccharose mäßig mit dem negativen Werten von PC1 und PC2 zusammenhängt. Auf der rechten Seite der ersten Hauptkomponenten sind die Zuckerarten Glucose und Fructose zu finden, die in starker positiver Korrelation mit PC1 stehen. In den Abbildung 80b und c sind die Faktorwerte der Hauptkomponentenanalyse abgebildet. Während bei der ersten Darstellung die Akzessionsnummern der Proben präsentiert sind, sind die Proben beim zweiten Scores plot nach dem Herkunftsland abgebildet. Aus Abbildung 80c erkennt man, dass die bolivianischen Proben sich entlang den beiden Hauptkomponenten von den peruanischen Proben unterschieden. Der Großteil der bolivianischen Proben ist im linken unteren Quadranten positioniert und wird somit von PC1(-) und PC2(-) beeinflusst. Die Position auf PC1(-) führt zu der Schlussfolgerung, dass die bolivianischen Proben bzgl. der Glucose-, Fructose-, Citronensäure- und Äpfelsäuregehalte unterdurchschnittlich sind und dass sie sich durch deren überdurchschnittliche Saccharosekonzentration von der anderen Gruppe abheben.

Da nach Abbildung 80a Saccharose negativ mit Citronensäure und Äpfelsäure korreliert ist, weisen die bolivianischen Proben deutlich geringere Säuregehalte als die peruanischen Proben auf. Der Großteil an peruanischen Proben sind auf der positiven und negativen Seite der PC1 verteilt. Dies legt dar, dass ca. die Hälfte der Proben aus Peru (auf PC1(+)) durch dessen hohen Anteil an Glucose und Fructose charakterisiert ist. Von dieser Hälfte zeichnen sich einige Proben zusätzlich durch die Analyten Citronensäure und Äpfelsäure aus, weil sie stark mit PC2(+) korrelieren. Die andere Hälfte der peruanischen Proben auf PC1(-) differenziert sich durch unterdurchschnittliche Gehalte an reduzierenden Zuckern.

Zuletzt sticht aus Abbildung 80b eine Gruppe peruanischer Projektproben hervor, die sehr stark mit PC1(+) korreliert und sogar Faktorwerte größer als 2 aufweist (siehe Abbildung 80b). Die durch Glucose- und Fructosegehalte ausgeprägte Gruppe zeigt dasselbe Cluster, auf das in Kapitel 4.2.2 im Zusammenhang mit Abbildung 79 eingegangen wurde.

Zusammenfassend wurden Länderunterschiede in der Säure- und Zuckerzusammensetzung der untersuchten *Capsicum*-Proben festgestellt. Diese Aussage ist allerdings vor dem Hintergrund zu sehen, dass in beiden Ländern unterschiedliche Sorten angebaut wurden und die Zahl der peruanischen Proben das 4-fache der bolivianischen betragen hat.

Vergleich nach Spezies

Bei 149 der 151 untersuchten Projektproben war die *Capsicum*-Spezies bekannt. Es wurden insgesamt sechs unterschiedliche Spezies untersucht: *Capsicum baccatum*, *Capsicum chinense*, *Capsicum annuum*, *Capsicum frutescens*, *Capsicum pubescens* und *Capsicum eximium*. Da bei jeder der drei letzten Spezies nicht mehr als fünf Proben untersucht wurden, wurden nur die Sorten mit einer deutlich größeren Probenanzahl, also *Capsicum baccatum*, *Capsicum chinense*, *Capsicum annuum*, zum Vergleich herangezogen. Die Mittelwerte jedes Analyten pro Spezies zusammen mit den Ergebnissen aus dem Duncan-Test sind in Tabelle 49 dargestellt.

Tabelle 49: Übersicht über die instrumentell-analytischen Ergebnisse der Sets A und B nach Spezies

Spezies n° der Proben Statistik	<i>Capsicum baccatum</i>			<i>Capsicum chinense</i>			<i>Capsicum annuum</i>		
	66			90			23		
Gehalt [g/100 g TG]	Min.	Max.	Mittelwert	Min.	Max.	Mittelwert	Min.	Max.	Mittelwert
Glucose	0,6	14,2	6,6 ^a	0,7	14,3	5,9 ^a	1,6	17,8	6,9 ^a
Fructose	0,9	23,1	11,8 ^a	1,4	33,6	13,7 ^a	1,5	30,2	13,6 ^a
Saccharose	0,0	7,0	1,4 ^a	0,0	5,0	0,5 ^b	0,0	2,9	0,6 ^b
Gesamtzucker	1,6	37,3	19,8 ^a	2,3	44,8	20,2 ^a	3,0	46,4	21,1 ^a
Citronensäure	0,6	8,3	3,5 ^a	0,4	8,1	3,1 ^a	0,4	5,4	3,4 ^a
Äpfelsäure	0,0	3,3	1,0 ^a	0,1	5,0	1,4 ^b	0,2	1,5	0,6 ^c
Gesamtsäure	1,6	9,8	4,4 ^a	0,7	9,2	4,5 ^a	0,6	6,1	4,0 ^a

Min = Minimum, Max = Maximum

Unterschiedliche Buchstaben wie „a b c“ in einer Zeile bedeuten nach dem Duncan-Test eine statistische Signifikanz bei $\alpha = 0,05$

Daraus ist zu erkennen, dass nur bei Saccharose und Äpfelsäure signifikante Unterschiede bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % zwischen den Spezies bestehen.

Der Saccharosegehalt der Spezies *C. baccatum* unterscheidet sich signifikant von *C. chinense* und *C. annuum*. Bei der Äpfelsäure sind die drei Spezies signifikant voneinander unterschiedlich. Darüber hinaus wurden die höchsten Fructosegehalte bei der Spezies *C. chinense* und *C. annuum* gemessen, und zwar bis zu 10 g/100 g TG mehr. Bei Glucose sind die Maxima und Mittelwerte sehr ähnlich zueinander. Zudem weist *C. annuum* die geringste Variabilität bei Saccharose, Citronensäure und Äpfelsäure auf, denn ihre maximalen Werte lagen deutlich unter den von denen der anderen beiden Spezies. Letztere kann aber auch an der unterschiedlichen Anzahl von untersuchten Proben pro Spezies liegen.

Bei den vier Studien (Luning *et al.* [40], Vámos-Vigyázó *et al.* [41], Sigge *et al.* [47], Wiriya *et al.* [51]), die sich mit dem Zuckerhalt in getrocknetem *Capsicum*-Material beschäftigten, wurden ausschließlich Proben aus der Spezies *Capsicum annuum* in geringer Anzahl untersucht. Die höchsten Zuckergehalte wurden von Luning *et al.* berichtet [40]: Glucose bis zu 24,7 g/100 g TG (reifes Stadium), Fructose bis zu 29,7 g/100 g TG (reifes Stadium) und Saccharose bis zu 3,4 g/100 g bei reifen Früchten und bis zu 7,9 g/100 g TG bei grünen. Somit wurden bei Luning *et al.* leicht höhere Glucose- und Saccharosekonzentrationen gefunden. Aber die Fructosegehalte liegen innerhalb der Messspanne der Spezies *C. annuum*. Die in Tabelle 49 aufgeführte Menge an Citronensäure und Äpfelsäure bei *C. annuum* stimmte mit den Werten in getrockneten Paprikas aus Lunings Publikation überein.

Auf den Abbildung 81a und b sind die Proben aus den Sets A und B nach den Spezies in zwei getrennten PCAs dargestellt. Die Interpretation erfolgt mit demselben Loadings plot aus Abbildung 80a. Es ist ersichtlich, dass es keine Cluster oder Gruppierungen aufgrund der Spezies gebildet wurden. Außerdem beobachtet man in Abbildung 81a, dass Proben aus den Spezies *C. annuum* und der *C. chinense* sowohl unterdurchschnittlich als auch überdurchschnittliche Glucose- und Saccharosegehalte und zum größten Teil überdurchschnittliche Citronensäure- und Äpfelsäuregehalte aufweisen.

Abbildung 81b zeigt nur Proben der Spezies *C. baccatum*. Dabei ist zwischen den blau markierten Proben aus Peru (*C. baccatum*) und den grün und rot markierten Proben aus Bolivien (*C. baccatum* var. *pendulum* und var. *baccatum*) zu unterscheiden (vergleiche Abbildung 80c).

Die rotmarkierten *C. baccatum* var. *baccatum* Proben (aus Bolivien) sind nur in der negativen Seite des PC2(-) positioniert, die blaumarkierten *C. baccatum* Proben (aus Peru) auf der positiven Seite von PC2(+). Da nach Abbildung 80a Saccharose mit PC2(-) korreliert ist, sind die rotmarkierten bolivianischen Proben der Spezies *C. baccatum* var. *baccatum* überdurchschnittlich bzgl. der Saccharosekonzentration. Aus der Darstellung der Faktorwerte nach der Spezies kann somit wieder festgehalten werden, dass der schwerwiegende Unterschied zwischen beiden Sets nicht an der Spezies liegt, sondern am Herkunftsland und ggf. an der unterschiedlichen Varietät aus derselben Spezies.

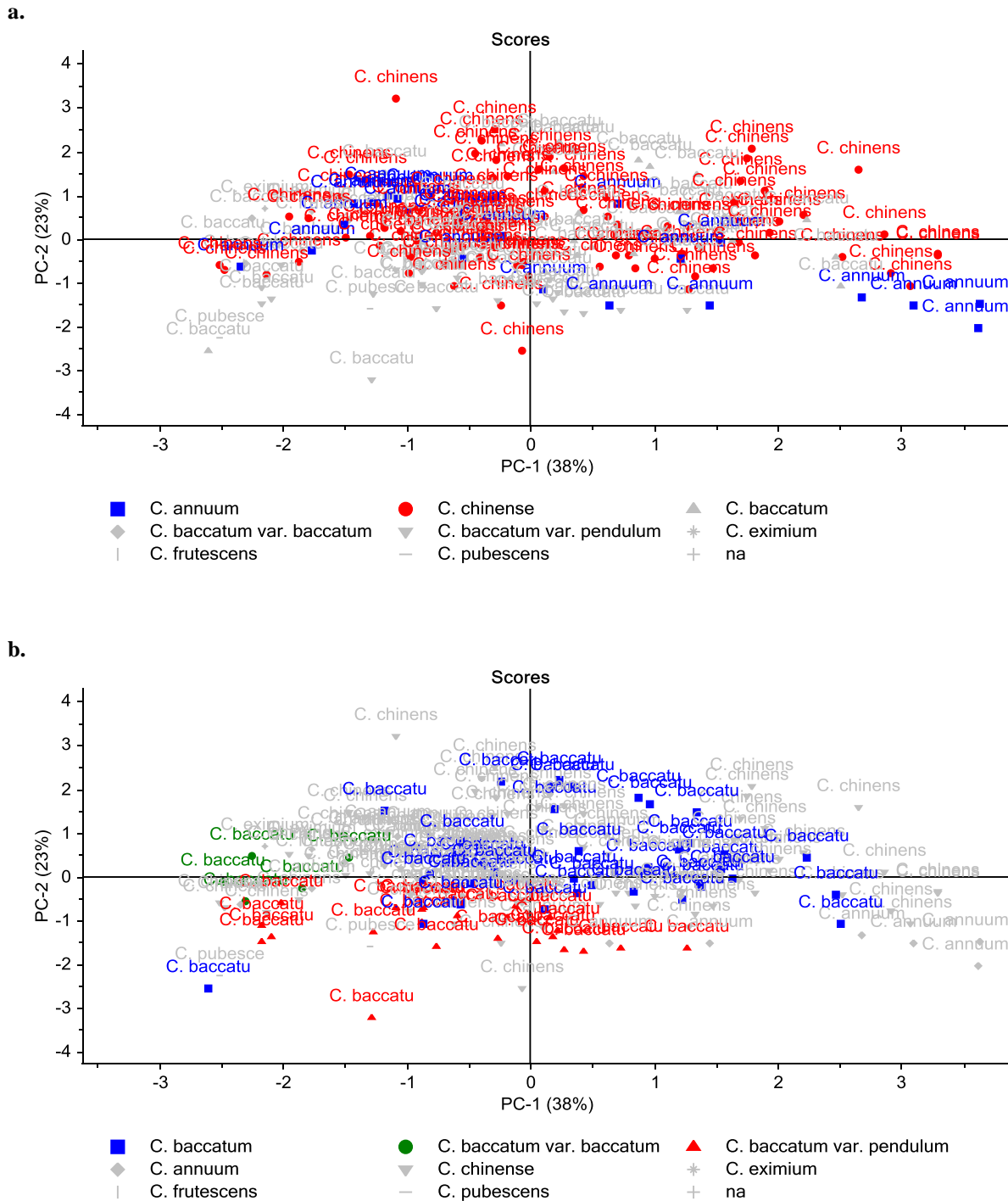


Abbildung 81: Set A und B – Hauptkomponentenanalyse der peruanischen und bolivianischen Projektproben aus den instrumentell ermittelten Zucker- und Säure-Gehalten a. Scores plot – Darstellung der Spezies *C. annuum* und *C. chinense*, b. Scores plot – Darstellung der Spezies *C. baccatum*

4.2.4 Leistungsfähigkeit der GC-Methode

Die in Kapitel 3.3 beschriebene Methode erlaubt die simultane quantitative Bestimmung fünf verschiedener Analyten (Glucose, Fructose, Saccharose, Citronensäure, Äpfelsäure) in *Capsicum*-Pulvern mittels Gaschromatographie (GC) und Flammenionisationsdetektor (FID). Dabei wurden zwei verschiedene Konzentrationsbereiche erfasst: 0 bis 34 g/100 g TG bei den Zuckerkomponenten und von 0 bis 8 g/100 g TG bei den organischen Säuren.

Darüber hinaus wurde bei der Methodenentwicklung festgestellt, dass weitere organische Säuren wie Oxalsäure und Bernsteinsäure mit demselben Temperaturprogramm und Geräteparametern mitbestimmt werden können. Allerdings lag bei dieser Arbeit das Interesse an sensorisch beeinflussenden Säuren, die in höheren Konzentrationen in Chili- und Paprikapulver vorkommen.

Die Empfindlichkeit dieser GC-FID-Methode wurde durch die Bestimmung der Entscheidungsgrenzen nach DIN 32645:2008-11 anhand eines Citronensäure- und eines Glucosestandards geprüft. Es wurde zum Beispiel für Glucose eine Nachweisgrenze von 4 µg/ml, eine Erfassungsgrenze von 10 µg/ml und eine Bestimmungsgrenze von 14 µg/ml ermittelt. Die niedrigen Grenzen zeigen die starke Empfindlichkeit der GC-Methode und erlauben die Quantifizierung sehr kleiner Konzentrationen.

Des Weiteren wurde die Anwendbarkeit der GC-Methode durch einen Vergleich mit anderen Methoden wie Enzymatik und HPLC untersucht. Für Glucose wurden bei beiden Alternativmethoden zwar ähnliche Gehalte gemessen, aber die gleichzeitige Messung von Zuckern und Säuren war nicht möglich. Dazu kommt, dass bei der enzymatischen Bestimmung Verfärbungen der Probenlösung durch die Chilipulver die Extinktionsmessung beeinflussten. Außerdem war die Verwendung von Enzym-Kits mit einem hohen Kostenaufwand und einem geringen Probendurchsatz pro Kit verbunden.

Die Untersuchung mittels HPLC zeigte eine deutlich schwächere Trennleistung als die GC-Methode. Weiterhin besaß der HPLC-Detektor (RI-Detektor) eine nicht hinreichende Empfindlichkeit für die niedrigen Konzentrationen. Mit der HPLC-Methode wurden dementsprechend deutlich höhere Werte für die Nachweis-, Erfassungs- und Bestimmungsgrenzen als bei der GC-Methode gemessen.

Zur Ermittlung der Präzision wurden 10 nach dem Zufallsprinzip ausgewählte Proben zweimal auf die Zucker- und Säuregehalte untersucht. Bei jeder Untersuchung erfolgte eine Doppelbestimmung pro Probe. Um auf eine Abweichung der Ergebnisse nach dem Messtag zu prüfen, wurden fünf Proben von demselben Menschen (Person 1) an zwei verschiedenen Tagen analysiert (Messung 1 und Messung 2). Die anderen fünf Proben wurden einmal von Person 1 und zusätzlich von einer zweiten Person (Messung 3) untersucht, um den Personenvergleich zu ermitteln. Dafür wurden die Mittelwerte aller Messungen pro Probe als Gesamtmittelwerte betrachtet und sie in zunehmender Reihenfolge als Werte der x-Achse in einem Koordinatensystem gegen die Messwerte der einzelnen Messungen aufgetragen (siehe Abbildung 82). Letztere entsprechen den y-Werten. Eine anschließende Lineare Regression

erlaubt einen Tagesvergleich und Personenvergleich. Die Abbildung 82a und b zeigen am Beispiel von Fructose und Citronensäure die Ergebnisse der drei Messungen. Man erkennt, dass bei Fructose (Abbildung 82a) die drei linearen Trennlinien mit hohen Regressionskoeffizienten (R^2) sehr nahe beieinander liegen. Somit bestehen geringe Unterschiede in den Ergebnissen beim Tagesvergleich (blaue und rote Linie) und beim Personenvergleich (blaue und grüne Linie). Im Fall von Citronensäure (Abbildung 82b) liegen die drei Regressionen weiter auseinander und zeigen niedrigere Regressionskoeffizienten als in Abbildung 82a. Dies weist darauf hin, dass deutliche Unterschiede zwischen den Citronensäure-Messungen zu den verschiedenen Zeitpunkten und von den unterschiedlichen Personen bestehen. Deshalb ist die Säureanalytik nicht gleichermaßen robust.

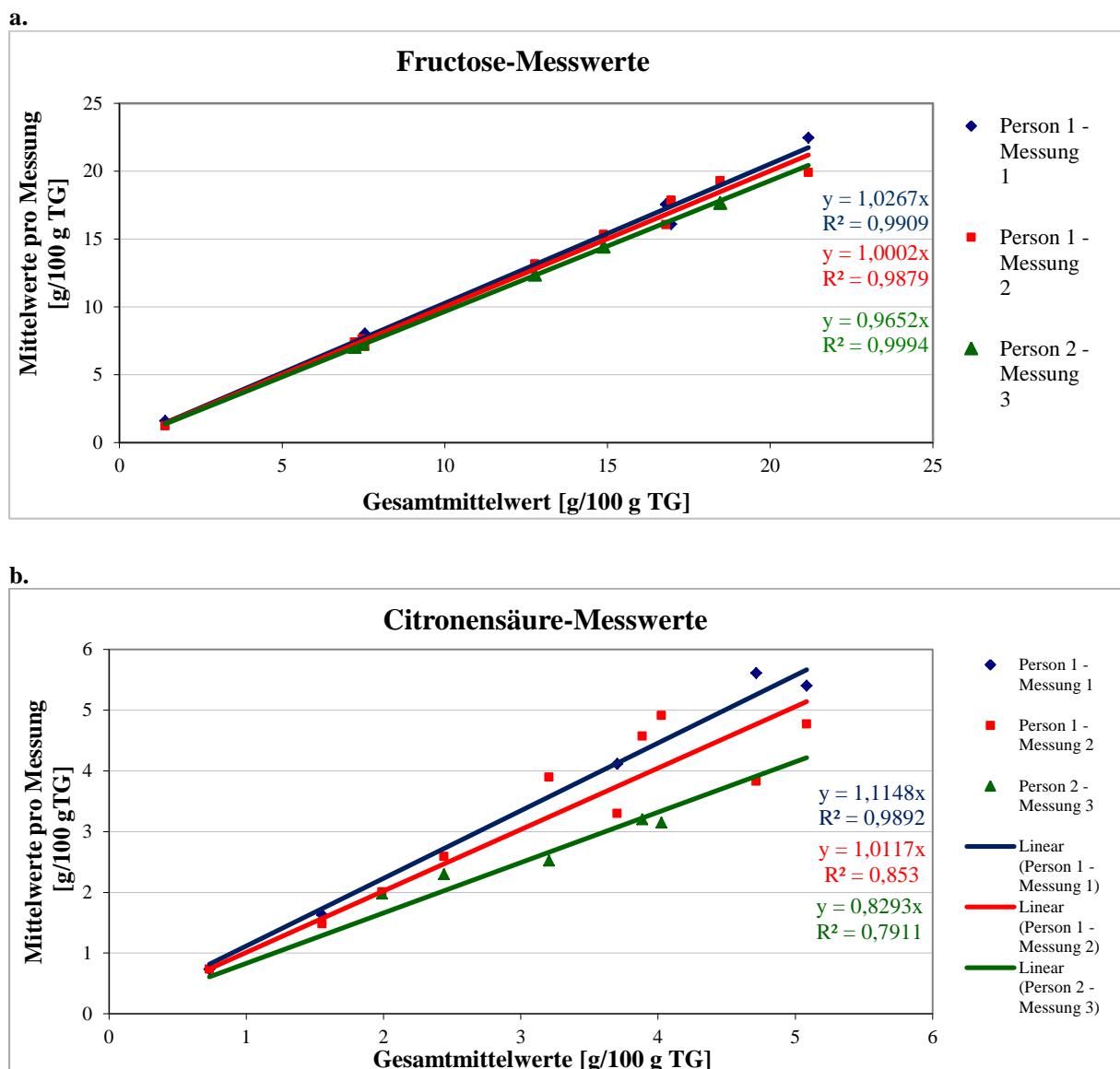


Abbildung 82: Ermittlung der Präzision für die GC-Methode anhand der Messwerte von Fructose (a) und Citronensäure (b)

Da die Robustheit der Methode vom Analyten abhängig ist, wird die Präzision anhand der Gesamtmittelwerte der 10 Proben und deren Standardabweichung für jeden Analyten separat ermittelt. Der Variationskoeffizient erlaubt einen dimensionslosen Vergleich der Streuungen der verschiedenen Analyten. Daraus ergibt sich ein Variationskoeffizient von 5 % bei Glucose, 10 % bei Fructose, 20 % bei Saccharose, 25 % bei Citronensäure und bis zu 30 % bei Äpfelsäure. Somit ist die geringste Präzision mit dieser GC-FID Methode bei den organischen Säuren gegeben.

Zusammenfassend konnten mit der GC-Methode drei Zucker- und zwei Säureverbindungen mit einer hohen Empfindlichkeit und guter Trennleistung quantifiziert werden. Die simultane Bestimmung der Analyten führte zu einem geringen Zeit- und Kostenaufwand. Auch wenn präzisere Ergebnisse bei den Zuckerkomponenten erreicht wurden, eignet sich diese Methode gut für die schnelle Identifizierung und Einschätzung der Zucker- und Säureanteile in *Capsicum*-Pulvern.

4.3 Untersuchung auf Korrelationen

Nachdem 31 Projektproben mit Free Choice Profiling (FCP) profiliert wurden und deren Zucker- und Säuregehalt gemessen wurde, ist die Untersuchung auf Korrelationen möglich. Dabei soll herausgefunden werden, ob die Süße mit dem Gesamtzuckergehalt und der Säureeindruck mit dem Gesamtsäuregehalt in *Capsicum*-Pulvern korrelieren. Zudem soll geprüft werden, ob die in Chili- und Paprikapulvern wahrgenommene Schärfe und das brennende Mundgefühl mit dem Gehalt an Scharfstoffen (Gesamtcapsaicinoiden¹⁵) in Beziehung stehen.

Um die sensorischen Daten mit den instrumentell-analytischen Daten zu vergleichen, wurden folgende Maßnahmen getroffen. Es wurden nur die Merkmale Geschmacksarten und trigeminale Wahrnehmung aus der sensorischen Analyse ausgewertet. Die gemessenen Gehalte an Citronensäure und Äpfelsäure in g/100 g TG wurden in mol/100 g TG umgerechnet, weil der Vergleich mit der Summenbildung bzw. dem Gesamtsäuregehalt erfolgen soll. Dies beruht auf der Tatsache, dass jeweils ein Proton pro Mol (beim ersten pKs-Wert) abdissoziiert, was den Säureeindruck auslöst.

In Kapitel 4.3.1 wird die Korrelation zwischen sensorischen Daten, unter Erhalt der FCP-Struktur (d. h. keine Mittelwertbildung, Übernahme aller Einzelbewertungen), und den instrumentell-analytischen Daten mittels Generalized Procrustes Analysis (GPA) untersucht. In Kapitel 4.3.2 wird mittels einer einfachen Linearen Regression und Partial Least Squares Regression (PLSR) geprüft, ob es einen linearen Zusammenhang zwischen den gemittelten Attributsintensitäten und den instrumentellen Daten aller sensorisch untersuchten Proben gibt.

4.3.1 Korrelation zwischen den analytischen und sensorischen Daten mittels GPA

Die mit Free Choice Profiling erhobenen Intensitäten zu den Geschmacksarten (süß, bitter, sauer, salzig, umami) und zu der trigeminalen Wahrnehmung (wie scharf, brennend, kratzig, adstringierend) wurden für die Korrelationsanalyse nicht gemittelt, weil bei FCP davon auszugehen ist, dass die Prüfer die Attribute nicht in derselben Art und Weise verwendeten. Somit wurden alle Attribute aus den individuellen Begriffslisten der Prüfer mit den instrumentellen Daten der Proben für jedes Proben set in Beziehung gesetzt.

Um die Struktur der sensorischen Daten aus dem FCP möglichst nicht zu ändern, erfolgte die Korrelation in Anlehnung an Dijkstra [103] mittels der Verallgemeinerten Prokrustes Analyse. Die gemessenen sensorischen und instrumentellen Daten stellen somit zwei unterschiedlich große Datensets dar, sog. X_K -Sets (vgl. Abbildung 9b), die bei N Proben gemessen wurden. Sie werden wie bei einer gewöhnlichen GPA als zwei Einzelkonfigurationen ($K = 2$) betrachtet, als ob die Daten von zwei verschiedenen Prüfern stammen würden.

¹⁵ Der Gehalt an Gesamtcapsaicinoiden [mg/100 g TG] der 31 untersuchten Projektproben wurde von Sven Meckelmann mittels einer HPLC-Methode und Fluoreszenzdetektion ermittelt [22].

Die erste Einzelkonfiguration X_{K1} , das Datenset mit den instrumentellen Ergebnissen, besteht aus $M_1 = 3$ Variablen (Gesamtzucker- und Gesamtsäuregehalt und Gesamtcapsaicinoidgehalt). Die zweite Einzelkonfiguration X_{K2} , das sensorische Datenset, besteht aus M_2 Variablen, wobei M für die Anzahl an generierten Attribute für die Kategorien Geschmacksarten und trigeminale Wahrnehmung steht. Je nach Proben- und Prüferanzahl betrug M_2 zwischen 50 und 67 Variablen. Mit Hilfe der Transformationsschritte von GPA wurden beide Datensets so aneinandergepasst, bis die bestmögliche Lösung bezüglich der Position der Proben gefunden wurde. Bevor beide Datensets mit GPA verbunden wurden, erfolgte eine Standardisierung aller Werte, da sowohl die Intensität der Attribute als auch die instrumentell ermittelten Gehalte in unterschiedlichen Skalen gemessen wurden.

Im Folgenden werden die Korrelationen der sensorischen und instrumentellen Daten für jedes Proben-Set diskutiert. Da in jedem Set ein signifikanter Konsens mit dem ersten Faktor oder den ersten beiden Faktoren ($F1 + F2$) erreicht wurde, wird nicht weiter auf die statistische Auswertung der Konsenskonfiguration eingegangen, sondern nur auf den Zusammenhang zwischen der Bewertung der Panelisten und den analytischen Gehalten. Im Vergleich zum Kapitel 4.1.4 wurden bei der Korrelation mit GPA neue oder veränderte Informationen mitberechnet. Zum Beispiel neue standardisierte instrumentelle und sensorische Daten sowie Begriffslisten der Proben-Set ohne die retronasalen Attribute. Diese Änderung führt natürlich zu einer neuen Position der Proben auf der PCA. Dennoch bleibt der Zusammenhang der Proben untereinander und zu den Attributen meistens unverändert.

Set 5

Das Set 5 besteht aus den Projektproben P1, P2, P3, P4, P5, P6 und P7 (s. Tabelle 23). Die Ergebnisse der instrumentellen Messung sind in Tabelle 50 und die der Korrelation in Abbildung 83 dargestellt. Nach dem Korrelationskreis befinden sich alle Nennungen des Attributs süß auf der positiven Seite des Faktors 1. Somit korreliert die Geschmacksart süß mit dem Gesamtzucker- und Gesamtsäuregehalt. Probe P1, die nach Abbildung 83b als überdurchschnittlich süß charakterisiert wurde, wies den größten Zuckergehalt (29,99 g/100 g TG) aus dem Set 5 auf. Die anderen vier Proben P2, P3, P6 und P7, die nahe dem Zentrum der PCA liegen, wurden mit einer eher durchschnittlichen Süße bewertet. Proben P3, P4 und P5 waren wenig von der Geschmacksart süß, aber stark von der Geschmacksart bitter geprägt. Der Grund für die wahrgenommene Bitterkeit liegt womöglich darin, dass die Proben P4 und P5 die zweit-niedrigsten Gesamtzucker- und Gesamtsäuregehalte des Sets aufwiesen (siehe Tabelle 50). In diesem Fall korreliert die Bitterkeit negativ mit dem Gesamtzucker- und Gesamtsäuregehalt.

Das Attribut sauer ist mit wenigen Nennungen auf der $F1(+)$ -Seite vertreten, sodass die Beziehung des Säureeindrucks zu dem Säuregehalt nicht eindeutig ist. Obwohl Probe P1 die höchste Gesamtsäurekonzentration aus dem Set hat, wurde Probe P1 nur von wenigen Panelisten als sauer beschrieben.

Weiterhin korrelieren die Variablen der trigeminalen Wahrnehmung scharf und brennend positiv mit dem Gesamtcapsaicinoidgehalt auf $F1(-)$. Manche trigeminalen Attribute weisen einen relevanten Korrelationskoeffizienten ($\text{Koeff.} \geq |0,5|$) auf beiden Hauptkomponenten ($F1(-)$ und $F2(+)$) auf, was eine stärkere Ausprägung der Schärfe in dieser Position andeutet. Da Probe P4 mit $F1(-)$ und $F2(+)$ korreliert, wurde sie am stärksten mit den Begriffen scharf

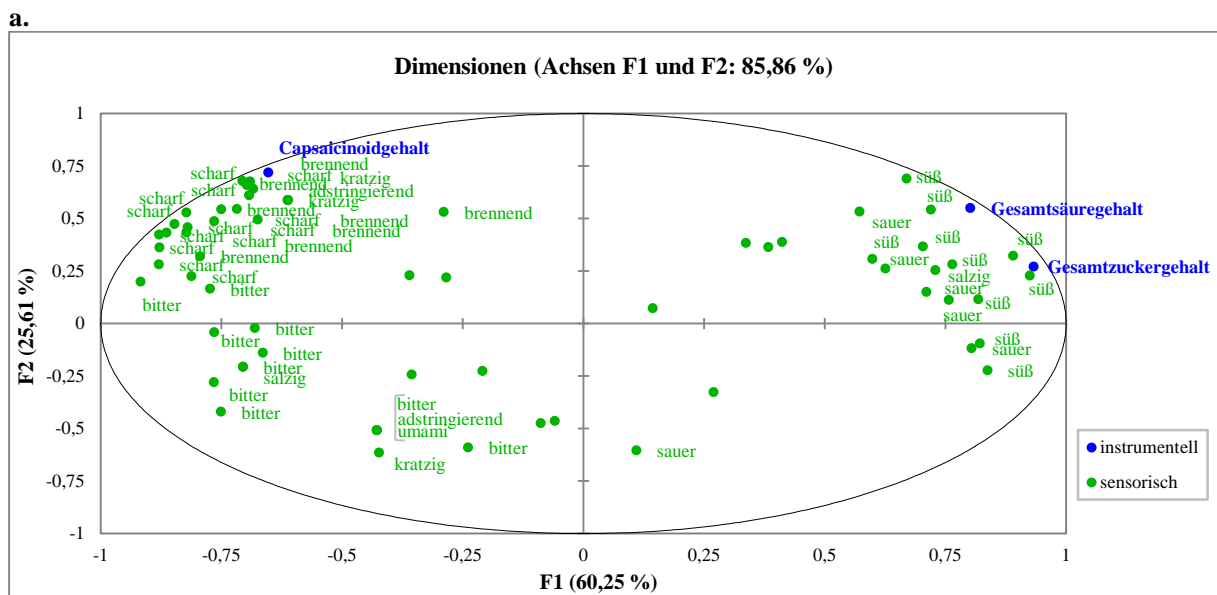
und brennend bewertet. Dies stimmt mit den instrumentell-analytischen Daten überein, denn P4 weist den größten Gehalt an Capsaicinoiden (14,9 mg/100 g TG) aus Set 5 auf. Proben wie P1 und P7 wurden mit einer unterdurchschnittlichen Schärfe bewertet, weil sie keine Capsaicinoide enthalten. Es ist jedoch kein sensorischer Unterschied bzgl. der Schärfe zwischen Probe P2 und P6 zu sehen, obwohl etwa 8 mg Capsaicinoide pro 100 g Trockengewicht die beiden Proben trennen. Beide wurden als durchschnittlich scharf bewertet.

Abbildung 83b zeigt die Einzelkonfigurationen vom Proben set 5 bzw. die Position der Proben anhand der sensorischen Daten (grüne Punkte) und der instrumentellen Daten (blaue Punkte), sowie die Konsenskonfiguration (rote Punkte) pro Probe. Die Konsenskonfiguration entstand aus dem Mittelwert der beiden Einzelkonfigurationen. Je näher die grünen und blauen Punkte zum Konsens stehen, desto größer war die Übereinstimmung zwischen beiden Datensätzen, also zwischen der sensorischen Bewertung der Panelisten und den gemessenen Gehalten. Liegen die Einzelkonfigurationen weit auseinander, besteht ein geringer Zusammenhang zwischen beiden Datensets. Dazu muss zur Kenntnis genommen werden, dass bei der Berechnung der Konsenskonfiguration das Statistikprogramm nicht die in dieser Arbeit erwünschten Korrelationen (süß mit Zuckergehalt, sauer mit Säuregehalt, scharf und brennend mit Capsaicinoidgehalt) sucht oder berücksichtigt. Die Korrelationen zwischen beiden Datensets ergeben sich ausschließlich aus den Unterschieden und Gemeinsamkeiten in den Werten.

Im Fall von Set 5 ist eine Übereinstimmung zwischen den sensorischen und instrumentellen Daten der Proben P2 bis P7 gegeben. Den größten Abstand zwischen den Einzelkonfigurationen beobachtet man bei Probe P1. Bei P1 ist die Korrelation von Faktor F1 mit dem instrumentellen Datenset stärker als die mit den sensorischen Daten. Dieser Unterschied macht sich bei der Geschmacksart sauer deshalb bemerkbar, da nur 5 von 11 Prüfern dieses Attribut der Probe P1 zuordnen konnten.

Tabelle 50: Instrumentell-analytische Daten des Sets 5. Gehalte an Gesamtcapsaicinoiden, Gesamtzucker und Gesamtsäuren

Sensorik-Nr.	Gesamtzucker [g/100 g TG]	Gesamtsäure [mol/100 g TG]	Gesamtcapsaicinoide [mg/100 g TG]
P1	29,99	0,0235	0,0
P2	22,17	0,0199	11,7
P3	15,65	0,0179	0,7
P4	14,89	0,0181	14,1
P5	15,34	0,0154	4,2
P6	22,65	0,0190	3,7
P7	22,97	0,0181	0,0



Variablen mit einem Korrelationskoeffizienten $< |0,5|$ auf beiden Achsen wurden gelöscht.

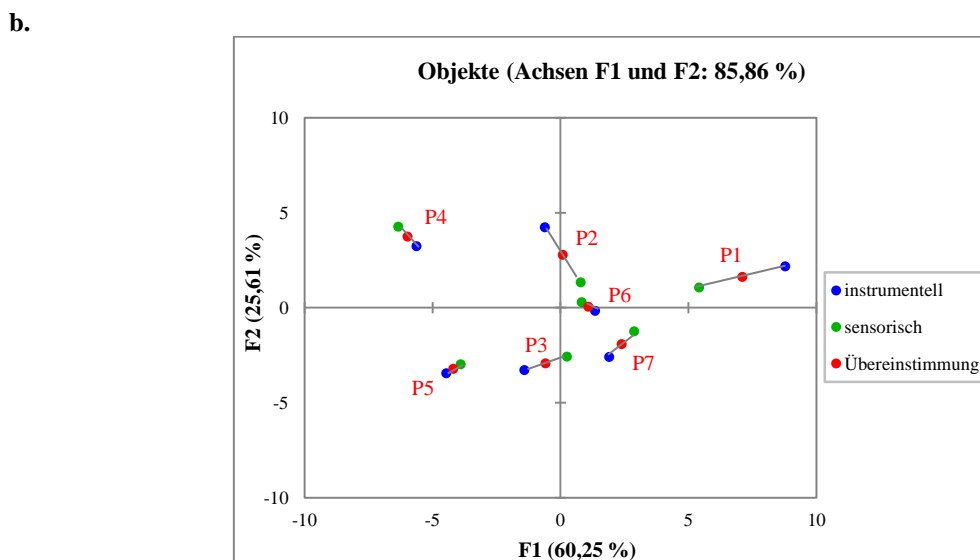


Abbildung 83: Set 5 – a. Korrelationskreis zwischen den Faktoren und den sensorischen und instrumentellen Variablen, b. Darstellung der Produkte nach den Einzelkonfigurationen (sensorisches und instrumentelles Datenset) und der Konsenskonfiguration mittels PCA

Set 6

Das aus den Proben P8 bis P14 bestehende Set 6 zeigte nach Kapitel 4.1.4.4 deutliche Unterschiede in den Attributen süß, bitter, scharf und brennend. Auf Abbildung 84a ist erkennbar, dass die mit F1(+) korrelierende Geschmacksart süß mit dem Gesamtzuckergehalt in positivem Zusammenhang steht. Dies erklärt die starke Ausprägung der Probe P10 bzgl. der Süße. Deren Konzentration von 31,25 g Gesamtzucker/100 g TG übersteigt die der anderen Proben (siehe Tabelle 51). P13 wird von F1(+) und F2(+) beeinflusst, sodass sie ebenfalls durch einen süßen Geschmack charakterisiert sind. Dies stimmt mit ihrem Gesamtzuckergehalt von 26,89 g/100 g TG überein. P13 weist die zweit-höchste Konzentration an Zucker aus dem Set 6 auf. Darüber hinaus steht P13 in positiver Beziehung mit dem Gesamtsäuregehalt, weil die Probe mehr Gesamtsäure (0,193 mol/100 g TG) als die anderen enthält. Allerdings ist auf dem Korrelationskreis keine Anhäufung des Attributs sauer zu sehen. Auf F2(+) sind nur zwei Nennungen zu erkennen. Dies zeigt, dass die Proben des Sets 6 nicht durch den Deskriptor sauer beschrieben wurden. Demzufolge besteht bei Set 6 keine Korrelation zwischen dem Gesamtsäuregehalt und dem Säureeindruck.

Das Attribut bitter steht in Beziehung zur negativen Seite des Faktors 2. Im Vergleich zum Set 5 steht die Geschmacksart bitter nicht in negativer Korrelation mit dem Zuckergehalt. Die Proben wie P8 und P9 mit geringem Zuckergehalt korrelieren nur in geringem Maße mit diesem Deskriptor. Probe P14, die den niedrigen Zuckergehalt von 8,06 g/100 g TG aufweist, wurde zwar als unterdurchschnittlich bzgl. der Süße bewertet, aber nicht als überdurchschnittlich bitter beschrieben.

Weiterhin ist aus dem Korrelationskreis ersichtlich, dass alle Nennungen der Attribute scharf und brennend positiv mit dem Gesamtcapsaicinoidgehalt korrelieren. P14 ist also am stärksten in den beiden Begriffen scharf und brennend ausgeprägt, weil sie mehr Gesamtcapsaicinoide (32,8 mg/100 g TG) als die anderen Proben enthält. Die übrigen sechs Proben (P8 bis P13) unterschieden sich in geringen Maßen in ihren Gesamtcapsaicinoidgehalten. Allerdings spiegeln sich diese instrumentell gemessenen Unterschiede nicht in der von den Panelisten wahrgenommene Schärfe wider. Nach der PCA (Abbildung 84b) befinden sich zum Beispiel die Proben P8, P9 und P11 nahe dem Ursprung und lassen sich alle als durchschnittlich in der Schärfe beschreiben, obwohl nach Tabelle 51 die Probe P11 höhere Capsaicinoidwerte als P8 und P9 aufweist. Solche geringen Unterschiede können wahrscheinlich nicht von Prüfern wahrgenommen werden, sodass es nicht möglich ist, dieselbe Schärfe-Reihenfolge wie bei den analytischen Ergebnissen zu erhalten.

Abbildung 84b zeigt, dass sich Probe P14 anhand der instrumentellen Daten und sensorischen Daten (wie Geschmacksarten und trigeminale Wahrnehmung) am meisten von den anderen Proben unterscheidet, während die anderen Proben sich untereinander ähneln. Auf der PCA ist auch zu erkennen, dass die Konfigurationen beider Datensets nahe zueinander und zur Konsenskonfiguration liegen, sodass eine ausreichende Übereinstimmung gegeben ist.

Tabelle 51: Instrumentell-analytische Daten des Sets 6. Gehalte an Gesamtcapsaicinoiden, Gesamtzucker und Gesamtsäuren

Sensorik-Nr.	Gesamtzucker [g/100 g TG]	Gesamtsäure [mol/100 g TG]	Gesamtcapsaicinoide [mg/100 g TG]
P8	18,04	0,0164	0,0
P9	21,12	0,0164	0,0
P10	31,25	0,0149	1,3
P11	24,11	0,0153	6,8
P12	23,83	0,0174	12,9
P13	26,89	0,0193	1,9
P14	8,06	0,0171	32,8

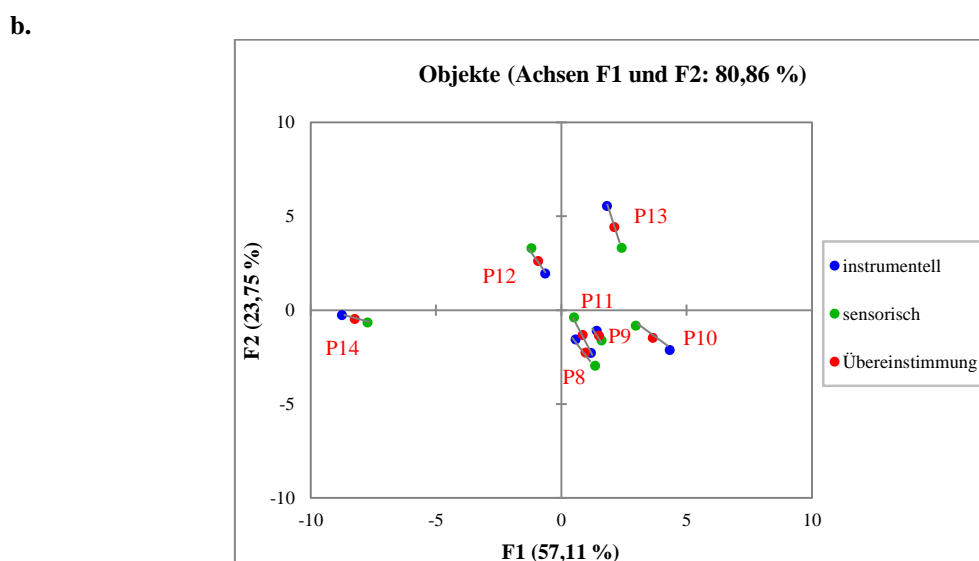
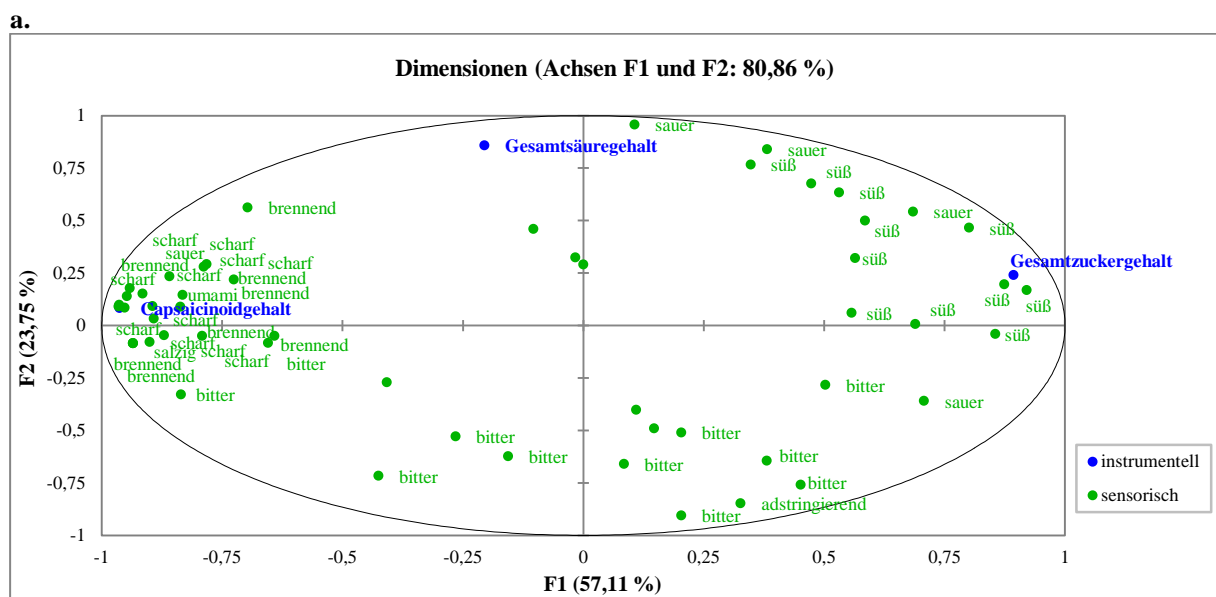


Abbildung 84: Set 6 – a. Korrelationskreis zwischen den Faktoren und den sensorischen und instrumentellen Variablen, b. Darstellung der Produkte nach den Einzelkonfigurationen (sensorisches und instrumentelles Datenset) und der Konsenskonfiguration mittels PCA

Set 7

Zum Set 7 gehören die Projektproben P15, P16, P17, P18 und P19 (vgl. Tabelle 29). Auf dem Korrelationskreis erkennt man, dass der Gesamtzuckergehalt, der Gesamtsäuregehalt, die Attribute süß und sauer vom Faktor F1(+) beeinflusst werden (s. Abbildung 85a). Es ist jedoch nur eine eindeutige positive Korrelation der Geschmacksart süß mit dem Gesamtzuckergehalt zu erkennen, da die Süße von der Mehrheit der Panelisten wahrgenommen wurde. Die Geschmacksart sauer ist nur mit 6 Nennungen auf dieser Position vertreten. Auch wenn P17 die größte Säurekonzentration (0,0212 mol/100 g TG) aus dem Set 7 aufweist, konnten weniger als die Hälfte des Panels (6 von 13 Prüfern) einen sauren Geschmack in der Probe P17 erkennen. Darüber hinaus ist P17 stärker von der Süße geprägt als P16, obwohl laut Tabelle 52 Probe P16 die größte Gesamtzuckerkonzentration (29,90 g/100 g TG) hat. Einerseits es ist möglich, dass kleine Unterschiede im Zuckergehalt wie 3 oder 4 g/100g TG nicht sensorisch wahrnehmbar sind oder sie nicht von den an dieser Studie beteiligten Prüfpersonen erkannt werden konnten. Andererseits könnte die (milde) Schärfe von P16 (4,9 mg Capsaicinoide/100 g TG) im Vergleich zur capsaicinoidfreien Probe P17 eine genauere Diskriminierung bezüglich der Süße erschwert haben.

Die Variable bitter ist hauptsächlich im unteren linken Quadranten positioniert und wird mehr von F1(-) beeinflusst. Somit steht der bittere Geschmack in den *Capsicum*-Pulvern dieses Sets in negativer Korrelation zum Gesamtzucker- und Gesamtsäuregehalt. Aus diesem Grund wurde Probe P15, die den niedrigsten Gehalt an Zucker (3,3 g/100 g TG) enthält, als bitterste Probe beschrieben.

Zur Beschreibung des Schärfeempfindens wurden hauptsächlich die Attribute scharf und brennend verwendet. Nach Abbildung 85a haben die meisten Nennungen von scharf und brennend Korrelationskoeffizienten $\geq 0,5$ auf der negativen Seite von Faktor 1 und auf der positiven Seite von F2(+). Der Capsaicinoidgehalt korreliert jedoch mehr mit F2(+) als mit F1(-). Dies erklärt, warum P16 stark mit F2(+) korreliert, weil deren Gehalt an Scharfstoffen (4,9 mg/100 g TG) größer als der der anderen Proben von Set 7 ist. Nach den sensorischen Daten zu urteilen, wurde aber P15 (4,0 mg Capsaicinoide/100 g TG) von den Panelisten als schärfste Probe empfunden. In diesem Fall entspricht die sensorisch wahrgenommene Schärfe nicht exakt den analytischen Daten. Es liegt wahrscheinlich daran, dass geringe Unterschiede wie 0,9 mg Capsaicinoide/100 g TG nicht bei einer gustatorischen Prüfung feststellbar sind. Proben wie P17, P18 und P19, die kaum Scharfstoffe enthalten, konnten aber sensorisch von den anderen Proben unterschieden werden. Sie liegen auf dem entgegengesetzten Quadranten und stehen in negativer Korrelation mit dem Attribut scharf.

Tabelle 52: Instrumentell-analytische Daten des Sets 7. Gehalte an Gesamtcapsaicinoiden, Gesamtzucker und Gesamtsäuren

Sensorik-Nr.	Gesamtzucker [g/100 g TG]	Gesamtsäure [mol/100 g TG]	Gesamtcapsaicinoide [mg/100 g TG]
P15	3,30	0,0045	4,0
P16	29,90	0,0198	4,9
P17	26,13	0,0212	0,4
P18	15,39	0,0120	0,0
P19	14,03	0,0188	0,3

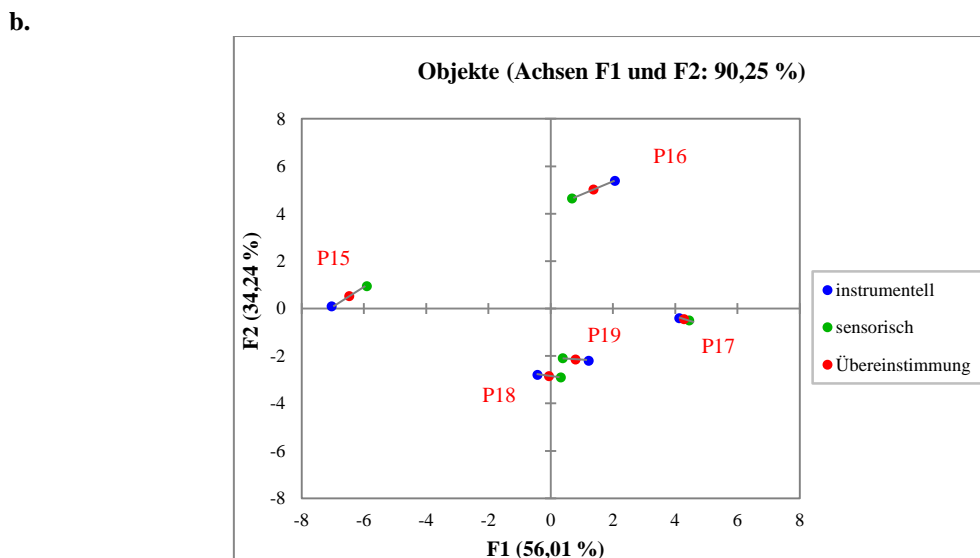
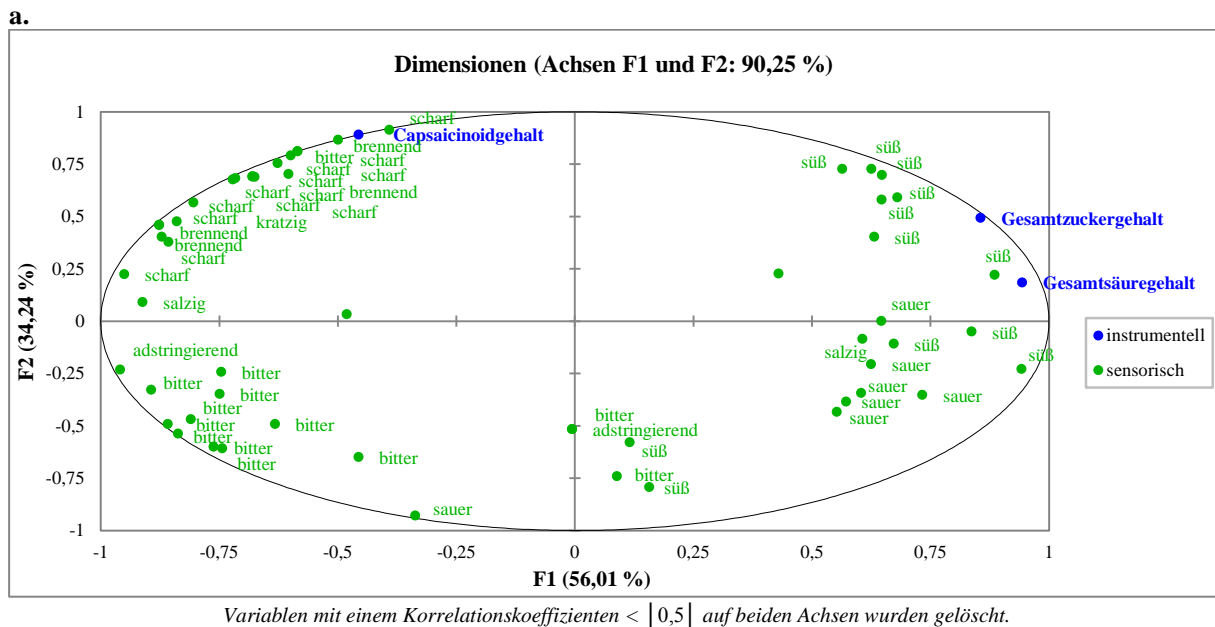


Abbildung 85: Set 7 – a. Korrelationskreis zwischen den Faktoren und den sensorischen und instrumentellen Variablen, b. Darstellung der Produkte nach den Einzelkonfigurationen (sensorisches und instrumentelles Datenset) und der Konsenskonfiguration mittels PCA

Set 8

Der Korrelationskreis aus Abbildung 86a zeigt, dass die Geschmacksart süß in positiver Beziehung mit dem Zuckergehalt steht. Nach der PCA sind die Proben P20, P21 und P22 fast gleichermaßen durch einen süßen Geschmack charakterisiert. Laut den instrumentellen Ergebnissen (Tabelle 53) bestehen jedoch Unterschiede im Zuckergehalt von 4 bis 14 g/100 g TG zwischen den drei Proben, die sich eigentlich im Süßeindruck und somit durch eine unterschiedliche Korrelation der Proben mit F1(+) bemerkbar machen sollten. Dies ist vor allem bei Probe P22 der Fall. Sie weist mit 42,74 g/100 g mehr Zucker als die restlichen Proben des Sets 8 und sogar als alle anderen sensorisch untersuchten Projektproben (P1-P21, P23-P31) auf. Dennoch ist dieser instrumentell-analytische Unterschied von 14 g Gesamtzucker zwischen P21 und P22 bzw. 10 g zwischen P20 und P22 kaum auf der PCA in Abbildung 86b zu erkennen.

Auf der positiven Seite des F1-Faktors sind auch 5 Nennungen zum Attribut sauer zu finden. Aus den insgesamt 12 Teilnehmern konnten somit weniger als die Hälfte einen sauren Geschmack erkennen. Zudem besteht kein Zusammenhang zwischen diesen fünf Nennungen und dem Gesamtsäuregehalt, denn letzterer wird ausschließlich von F2(-) beeinflusst.

Des Weiteren korrelieren die Variablen bitter, scharf, brennend und der Gesamtcapsaicinoidgehalt mit dem Faktor F1(-). Da die Proben P23, P24 und P25 nach Tabelle 53 sich an deren Gehalt an Capsaicinoiden unterscheiden, werden sie nach Abbildung 86b auch in zunehmender Reihenfolge vom Faktor F1(-) beeinflusst. Es ist aber zu beachten, dass der große Capsaicinoid-Unterschied von 40 bis 105 mg/100 g TG sich nur geringfügig auf der PCA bzw. auf den Einzelkonfigurationen des sensorischen Datensets bemerkbar macht. Da der Scharfstoff-Gehalt dieser drei Proben über der Toleranzgrenze oder Schmerzgrenze der Panelisten lag, ist zu vermuten, dass das Unterscheidungsvermögen bei solchen Bedingungen sinkt.

Die Proben P23, P24 und P25 mit den geringsten Zuckergehalten aus dem Set 8 wurden sensorisch als bitter wahrgenommen. Allerdings ist es nicht klar, ob eine negative Korrelation besteht, da die Proben nicht nach abnehmendem Zuckergehalt in Richtung F1(-) positioniert sind.

Auf Abbildung 86b sind die Konfigurationen jeder Probe nach den sensorischen und instrumentellen Daten dargestellt. Man erkennt, dass bei den Proben P20, P21 und P22 die Abstände zwischen den Datensets und zum Konsens am größten sind. Dabei liegen die Produkte nach den sensorischen Konfigurationen (grüne Punkte) näher zueinander als bei Betrachtung der instrumentellen Konfigurationen. In anderen Worten weisen diese drei Proben laut der instrumentellen Analyse mehr Unterschiede (z. B. Gesamtsäure und Gesamtzucker) und nach der sensorischen Profilierung mehr Gemeinsamkeiten auf.

Tabelle 53: Instrumentell-analytische Daten des Sets 8. Gehalte an Gesamtcapsaicinoiden, Gesamtzucker und Gesamtsäuren

Sensorik-Nr.	Gesamtzucker [g/100 g TG]	Gesamtsäure [mol/100 g TG]	Gesamtcapsaicinoide [mg/100 g TG]
P20	28,71	0,0226	1,3
P21	32,87	0,0300	1,2
P22	42,74	0,0144	0,6
P23	3,86	0,0192	65,6
P24	12,26	0,0082	171,0
P25	4,52	0,0244	211,4

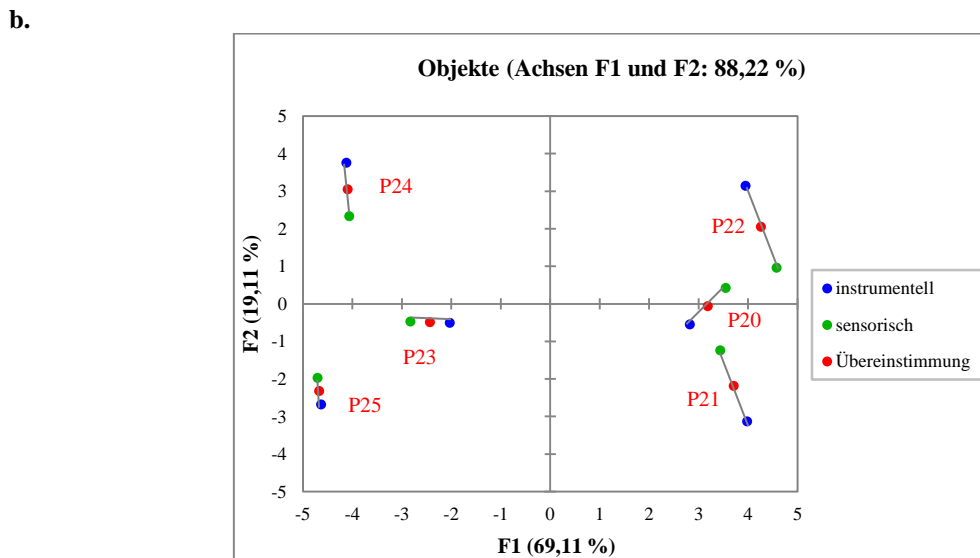
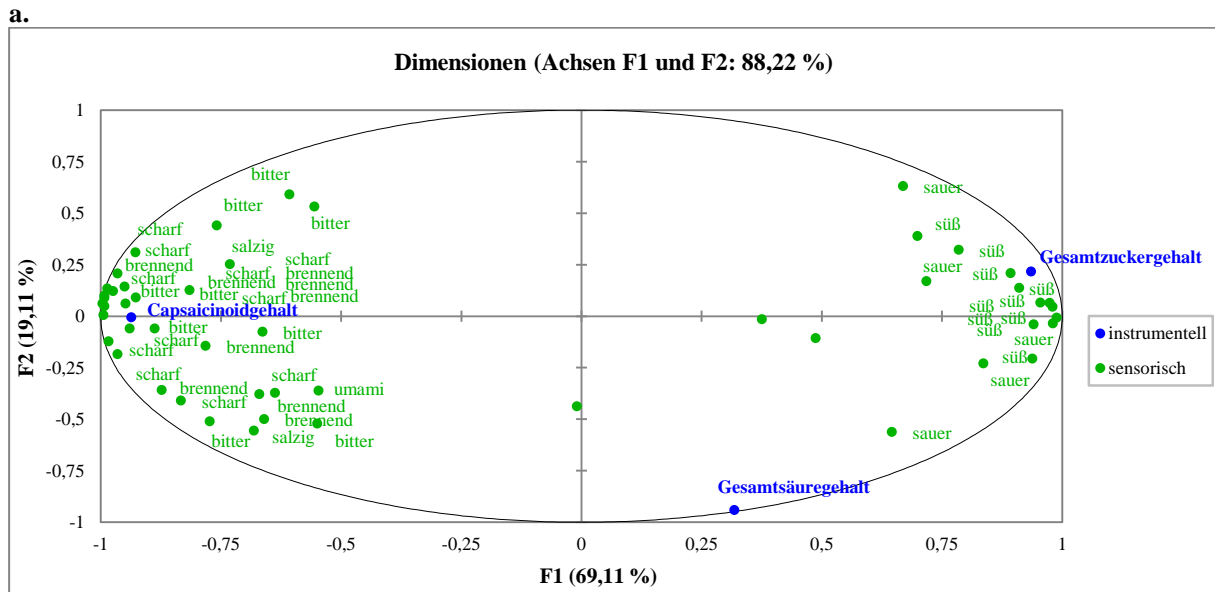


Abbildung 86: Set 8 – a. Korrelationskreis zwischen den Faktoren und den sensorischen und instrumentellen Variablen, b. Darstellung der Produkte nach den Einzelkonfigurationen (sensorisches und instrumentelles Datenset) und der Konsenskonfiguration mittels PCA

Set 9

Beim letzten Set wurden die Proben P26, P27, P28, P29, P30 und P31 ausgewertet (vgl. Tabelle 37). Die Korrelation der sensorischen und instrumentellen Variablen ist in Abbildung 87a dargestellt. Dort ist ersichtlich, dass die Geschmacksart süß mit dem Zuckergehalt positiv (auf F1(-)) korreliert. Die Proben P26 und P28 mit dem größten Zuckergehalt des Sets (28,06 und 25,49 g/100 g TG) zeigten sensorisch auch den stärksten Süßeindruck. Obwohl P26 und P28 sich leicht in ihrem Zuckergehalt unterscheiden, korrelieren sie anhand der Konsenskonfiguration (Abbildung 87b) genauso stark mit dem Faktor F1(-). Dies deutet darauf hin, dass die geringen Zuckerkonzentrationen nicht von den Panelisten diskriminiert werden.

Das Attribut sauer weist sieben Nennungen auf der positiven Seite des Faktors 2 auf. Da bei der Profilierung von Set 9 zwölf Prüfer teilnahmen, wurde ein eindeutiger saurer Geschmack von mehr als der Hälfte erkannt und der Probe P29 zugeordnet. Allerdings enthält P29 nach Tabelle 54 deutlich weniger Gesamtsäure als P31. Bei Probe P31 wurde zwar die größte Säurekonzentration aus allen Sets ermittelt, sie wurde aber sensorisch nicht als sauer empfunden. Die Geschmacksart sauer korreliert mit F2(+) und nicht mit F1(+) wie der Säuregehalt. Demzufolge entspricht wieder ein hoher Säuregehalt nicht einem sauren Geschmack.

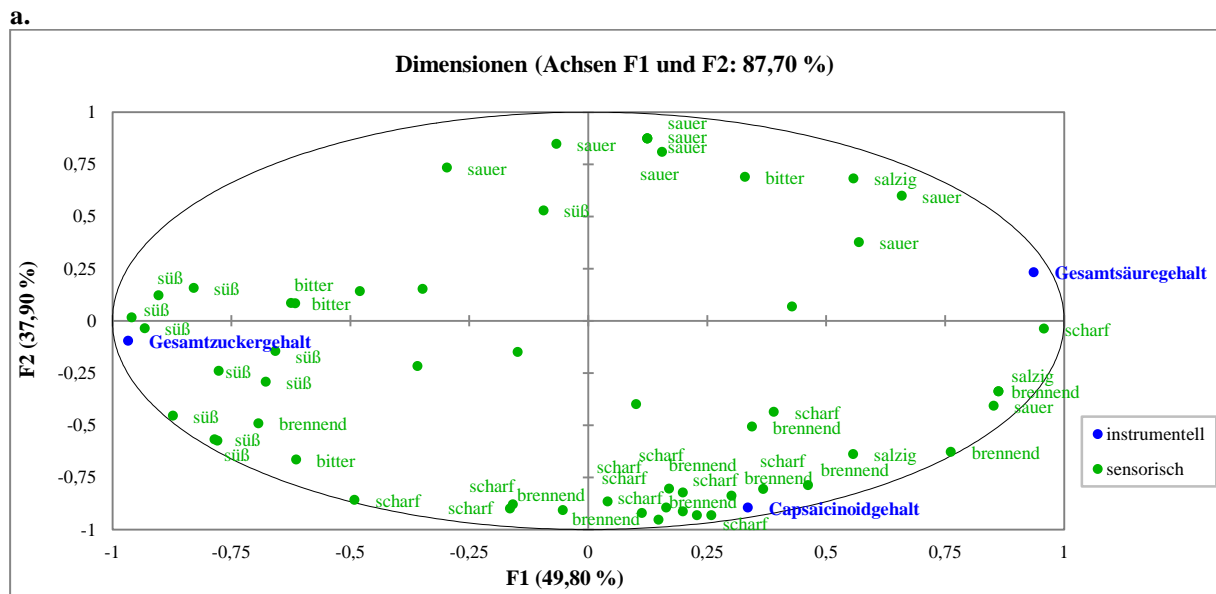
Die Geschmacksart bitter ist nur mit sehr wenigen Nennungen auf F1(-) und F2(+) vertreten, sodass sie nicht eindeutig von den Prüfpersonen erkannt wurde. Der Deskriptor bitter konnte bei diesem Set keiner Probe zugeordnet werden. In diesem Fall wurde keine Korrelation zwischen dem Gesamtzuckergehalt und der Bitterkeit beobachtet.

Weiterhin korreliert der Gehalt an Gesamtcapsaicinoiden positiv mit den Begriffen scharf und brennend auf F2(-). Abbildung 87b zeigt, dass Probe P26 und P31 überdurchschnittlich bezüglich der Schärfe und des brennenden Mundgefühls sind. Anhand der Korrelation der Proben mit F2(-) sind aber beide Proben gleichermaßen stark von der Schärfe geprägt. Geringe instrumentell-analytische Unterschiede wie 3 mg Gesamtcapsaicinoide/100 g TG zwischen P26 und P31 beeinflussen anscheinend nicht die sensorische Schärfe-Wahrnehmung.

Darüber hinaus bestehen bei den Proben P27 und P30 Gemeinsamkeiten in den Kategorien Geschmacksarten und trigeminale Wahrnehmung. Sie wurden als durchschnittlich süß und scharf bewertet. Diese sensorischen Eigenschaften stimmen mit den instrumentellen Daten überein, denn sie haben sehr ähnliche Konzentrationen an Zucker und Gesamtcapsaicinoiden. Nach Abbildung 87b ist der Abstand zwischen den Einzelkonfigurationen und der Konsenskonfiguration bei den Proben P26 und P31 am größten. Dies zeigt, dass die sensorischen und analytischen Daten sich bei diesen Proben mehr als bei den restlichen unterscheiden. Im Fall von Probe P26 liegt es daran, dass die instrumentellen Ergebnisse nicht mit der sensorisch ermittelten Reihenfolge zu der Süße und Schärfe übereinstimmen. Bei P30 kann die fehlende Korrelation zwischen sauer und Säuregehalt der Grund sein.

Tabelle 54: Instrumentell-analytische Daten des Sets 9. Gehalte an Gesamtcapsaicinoiden, Gesamtzucker und Gesamtsäuren

Sensorik-Nr.	Gesamtzucker [g/100 g TG]	Gesamtsäure [mol/100 g TG]	Gesamtcapsaicinoide [mg/100 g TG]
P26	28,06	0,0145	29,0
P27	20,27	0,0200	14,0
P28	25,49	0,0204	7,8
P29	20,32	0,0373	0,0
P30	21,36	0,0260	12,3
P31	13,51	0,0504	32,4



Variablen mit einem Korrelationskoeffizienten $< 0,5$ auf beiden Achsen wurden gelöscht.

b.

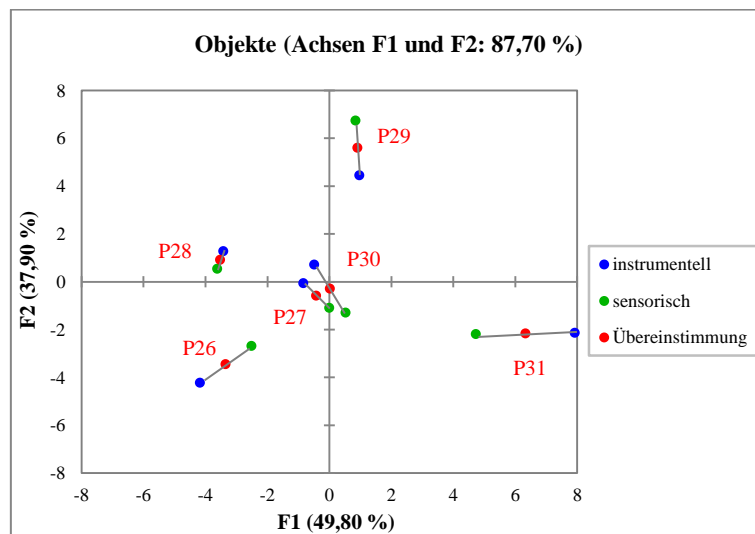


Abbildung 87: Set 9 – a. Korrelationskreis zwischen den Faktoren und den sensorischen und instrumentellen Variablen, b. Darstellung der Produkte nach den Einzelkonfigurationen (sensorisches und instrumentelles Datenset) und der Konsenskonfiguration mittels PCA

Tabelle 55 fasst die mit GPA untersuchten Korrelationen für jedes Probenstet zusammen. Dabei kann es sich um eine positive oder negative Korrelation zwischen den sensorischen Attributen und den gemessenen Gehalten handeln. Falls keine eindeutige Aussage über den Zusammenhang beider Variablen gemacht werden kann, ist dies mit dem Wort „unklar“ gekennzeichnet. Die Feststellung einer fehlenden Korrelation wurde mit „keine“ angegeben.

Tabelle 55: Korrelationen zwischen den sensorischen und den instrumentell-analytischen Variablen nach den Probenstets

Art der Korrelation zwischen:	Set 5	Set 6	Set 7	Set 8	Set 9
Attribut süß und Gesamtzuckergehalt	positiv	positiv	positiv	positiv	positiv
Attribut sauer und Gesamtsäuregehalt	unklar	keine	unklar	keine	keine
Attribut bitter und Gesamtzuckergehalt	negativ	keine	negativ	unklar	keine
Attribut scharf und Gesamtcapsaicinoidgehalt	positiv	positiv	positiv	positiv	positiv
Attribut brennend und Gesamtcapsaicinoidgehalt	positiv	positiv	positiv	positiv	positiv

Bezüglich der Geschmacksart sauer wurde entweder keine oder nur eine unpräzise Korrelation mit dem Gesamtsäuregehalt ermittelt. Wenn der mit dem Säuregehalt korrelierende Säureeindruck von weniger als der Hälfte der Panelisten wahrgenommen wurde, wurde die Korrelation als unklar betrachtet. Proben wie P21 (aus Set 8) und P29 (aus Set 9), die vom Panel eindeutig als sauer bewertet wurden, weisen nicht die höchsten Gesamtsäuregehalte des jeweiligen Sets auf. Somit scheint der saure Eindruck bei *Capsicum*-Pulvern nicht vom Gesamtsäuregehalt abzuhängen. Im Fall der Geschmacksart bitter wurde nur bei zwei von fünf Probenstets eine negative Korrelation mit dem Zuckergehalt beobachtet. Darüber hinaus wurde bei allen Sets eine positive Korrelation zwischen dem Gesamtzuckergehalt und der Geschmacksart süß sowie zwischen dem Gesamtcapsaicinoidgehalt und den Attributen scharf und brennend festgestellt. Somit war es möglich zu erkennen, welche Projektproben aus jedem Set in der Süße und Schärfe besonders stark ausgeprägt waren und welche nicht. Dennoch konnte anhand der sensorischen Daten nicht immer die gleiche zunehmende oder abnehmende Probenreihenfolge wie nach dem instrumentell ermittelten Zuckergehalt oder Capsaicinoidgehalt festgestellt werden. Kleine Unterschiede in den Gehalten wurden vermutlich von den Prüfern nicht sensorisch wahrgenommen.

Ferner kann festgehalten werden, dass sich die Anwendung der Methode Generalized Procrustes Analysis für die Ermittlung von Korrelationen zwischen sensorischen und instrumentellen Daten eignet, insbesondere wenn die sensorischen Daten mittels Free Choice Profiling erhoben wurden und die hochdimensionale Struktur der Einzelkonfigurationen erhalten bleiben soll.

4.3.2 Korrelation zwischen den analytischen und sensorischen Daten mittels Linearer Regression und PLS

In Kapitel 4.3.1 wurde pro Probenstich eine positive Korrelation zwischen Süße und Zuckergehalt sowie zwischen scharf/brennend und Gesamtcapsaicinoidgehalt mittels GPA festgestellt. Nach Dijksterhuis [103] werden aber mit GPA nur die Zusammenhänge oder Beziehungen zwischen den sensorischen und analytischen Datensets untersucht. Es ist dabei nicht möglich, ein Datenset anhand des anderen vorherzusagen. Bezüglich der Korrelationsanalyse merkte Meilgaard [117] an, dass starke Korrelationen oder hohe Korrelationskoeffizienten nicht immer von linearer Natur sein müssen. Weiterhin ist es nicht klar, ob unter Berücksichtigung aller sensorisch untersuchten Projektproben (Sets 5 bis 9) eine lineare Abhängigkeit zwischen den einzelnen sensorischen Variablen und den instrumentellen Variablen in *Capsicum*-Pulvern besteht.

Ziel des vorliegenden Kapitels ist die Ermittlung einer Geradengleichung, mit der sich die sensorischen Daten aus den instrumentellen berechnen und vorhersagen lassen.

Für diese Untersuchung wurden die instrumentellen und sensorischen Daten von 31 Projektproben P1-P31 (Sets 5-9) verwendet. Im Gegensatz zu Kapitel 4.3.1 wurden für jede Probe Mittelwerte aus den mit FCP ermittelten Intensitäten der Geschmacksarten und der trigeminalen Wahrnehmung gebildet. Eine Mittelwertbildung jeder Geschmacksart (süß, bitter, sauer, salzig und umami) und jedes schärfebeschreibenden Attributs (scharf, brennend, kratzig und adstringierend) aus Free Choice Profiling-Daten lässt sich folgendermaßen begründen. Einerseits hielten sich die Prüfer stets an die Vorgabe, jede Probe in beiden Merkmalen mit Hilfe der Begriffsliste (s. Tabelle 8) zu bewerten. Andererseits wurde in Kapitel 4.1.4 bereits gezeigt, dass die größte Übereinstimmung zwischen den Panelisten in der Bewertung der Geschmacksarten und trigeminalen Wahrnehmung bestand. Die Probenmittelwerte sind im Anhang C-4 aufgelistet.

4.3.2.1 Lineare Regression: Zucker- und Säuregehalt gegen süß, bitter und sauer

Die Probenmittelwerte der Geschmacksarten salzig und umami überschritten nicht den Wert von 0,5 (s. Anhang C-4) auf einer Skala von 0 bis 7, wobei 0 für „nicht wahrnehmbar“ und 7 für „stark wahrnehmbar“ steht. Da beide Geschmacksarten kaum von den Prüfern wahrgenommen wurden, wurden sie bei der nachfolgenden Auswertung nicht berücksichtigt. Nur die Intensitäten der Geschmacksarten süß, bitter und sauer wurden zur Überprüfung einer Korrelation herangezogen.

Es wurde jeweils der Gehalt an Gesamtzucker, Glucose und Fructose in g/100 g TG gegen die wahrgenommene Intensität der Geschmacksart süß aufgetragen. Anschließend wurde in Excel eine Lineare Regression der Daten durchgeführt (Abbildung 88). Somit zeigen Abbildung 88a, b und c, inwieweit eine Korrelation zwischen dem Gesamtzuckergehalt, den einzelnen Zuckerarten und der Süße besteht. Im Idealfall sollte ein Bestimmungsmaß bzw. ein R^2 -Wert nahe 1 erreicht werden. Dies würde bedeuten, dass die gustatorischen Daten mit den analytischen Daten genau übereinstimmen und linear verlaufen.

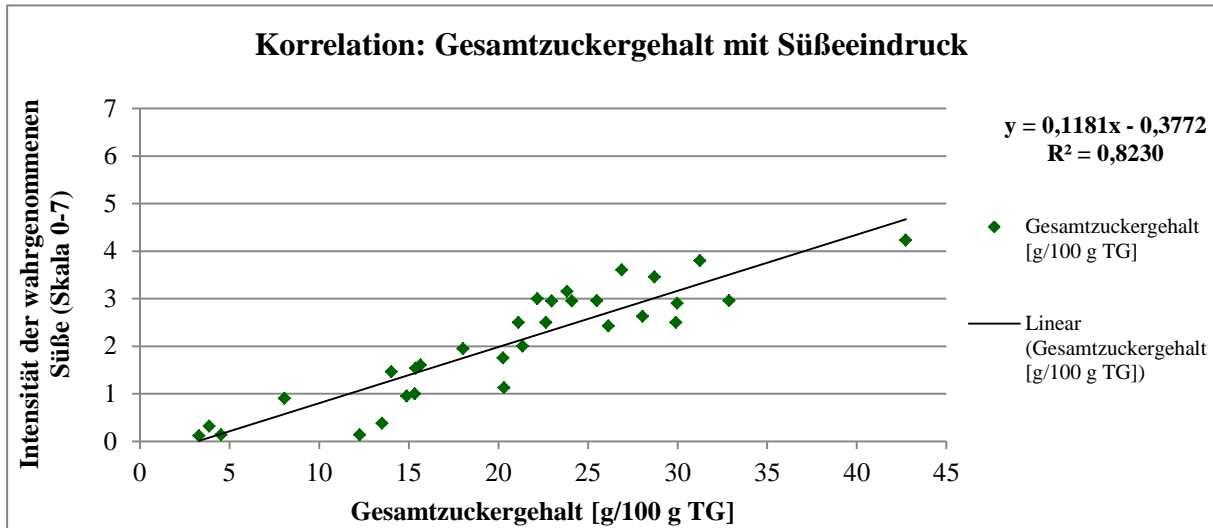
In Abbildung 88a wird ersichtlich, dass die wahrgenommene Süße linear mit der zunehmenden Konzentration des Gesamtzuckers steigt, wobei die summierten Gehalte aus Fructose, Glucose und Saccharose in g/100 g TG den Gesamtzuckergehalt bilden. Somit besteht eine positive lineare Korrelation mit einem $R^2_{\text{Gesamtzucker}}$ -Wert von 0,8230 zwischen der Geschmacksart süß und den instrumentell ermittelten summierten Zuckerarten in *Capsicum*-Spezies. Dieses Verhalten spiegelt sich beispielweise in der Projektprobe P22 wider. P22 weist den größten Gesamtzuckergehalt von 42,7 g/100 g TG und somit die intensivste Süße im Vergleich zu den restlichen Proben auf. Dennoch erreichte die sensorisch ermittelte Süße von P22 nur einen Mittelwert von 4,2, wobei der Skalenpunkt 4 bei einer 0 bis 7 Ordinalskala „mittel“ entspricht. Dies zeigt, dass die Prüfer nicht den hinteren Teil der Skala mit den höheren Intensitäten (Skalenpunkte 5 bis 7) benutzt haben. Die falsche Skalennutzung seitens der Prüfer, die in den bisherigen sensorischen Ergebnissen (s. Kapitel 4.1.4 und 4.3.1) mittels Generalized Procrustes Analysis (GPA) korrigiert wurde, macht sich hier bei der Verwendung von Mittelwerten bemerkbar.

Zudem zeigt Abbildung 88a, dass die sensorischen und instrumentell-analytischen Werte oberhalb einer Konzentration von 15 g Gesamtzucker/100 g TG besser übereinstimmen. Sie liegen nämlich näher an der Regressionsgerade. Proben mit weniger als 15 g Zucker wurden von den Panelisten mit Intensitäten kleiner als 2 (2 = schwach, 1 = sehr schwach, 0 = nicht wahrnehmbar) bewertet. Dies deutet darauf hin, dass die Süße erst ab einer Konzentration von ca. 15 g Gesamtzucker/100 g TG in den untersuchten *Capsicum*-Pulvern gut wahrnehmbar war.

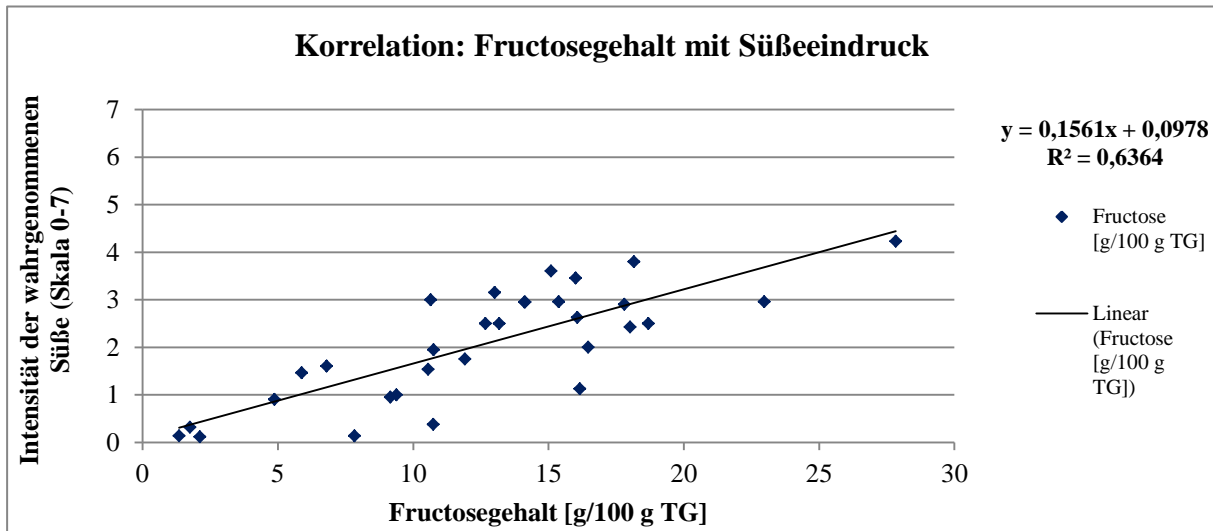
Wird bei der Korrelation zwischen der Süße und dem Zuckergehalt die unterschiedliche Süßintensität der einzelnen Zuckerarten berücksichtigt, sind die relativen Süßwerte heranzuziehen (vgl. Kapitel 1.3.1). Im Vergleich zu einer 10 %igen Saccharoselösung (Süßwert 100) beträgt der D-Fructose-Süßwert 114 und der D-Glucose-Süßwert 100 [17]. Multipliziert man die einzelnen instrumentell ermittelten Zuckerkonzentrationen mit den entsprechenden Süßwert-Faktoren (1,14 für Fructose, 1,00 für Saccharose und 0,69 für Glucose) und trägt anschließend die Summe gegen die sensorisch wahrgenommene Süße auf, verbessert sich entgegen den Erwartungen die Korrelation nicht. Es ergibt sich einen geringfügig niedrigeren Korrelationskoeffizient von $R^2_{\text{Gesamtzucker mit Faktoren}} = 0,7914$. Aus diesem Grund wird nachfolgend vom Einsatz der Süßwert-Faktoren zur Gewichtung der Zuckerarten nach der Intensität abgesehen.

In den Abbildung 88b und c sind die Fructose- und Glucosegehalte gegen die sensorischen Intensitäten für süß aufgetragen. Man erkennt, dass die Glucosewerte näher an der Regressionsgerade liegen als die Fructosewerte. Daraus folgt, dass die von den Panelisten ermittelte Süße überraschenderweise etwas stärker mit dem Glucosegehalt ($R^2 = 0,8289$) als mit dem Fructosegehalt ($R^2 = 0,6364$) korreliert. Dies widerspricht den Erwartungen, denn Fructose ist die dominierende Zuckerart in *Capsicum*-Pulvern und hat einen höheren Süßwert als Glucose. Allerdings weist Literatur [17] darauf hin, dass es sich bei den Süßwerten um Mittelwerte mit einer gewissen Schwankungsbreite handelt. Zudem sind die Süßwerte bzw. die Süßintensität von der Konzentration der Referenzlösung (Saccharose), von der Temperatur (bspw. Fructose ist stark temperaturanfällig), vom PH-Wert und vom Vorhandensein weiterer süßer oder nicht-süßer Verbindungen [17] abhängig.

a.



b.



c.

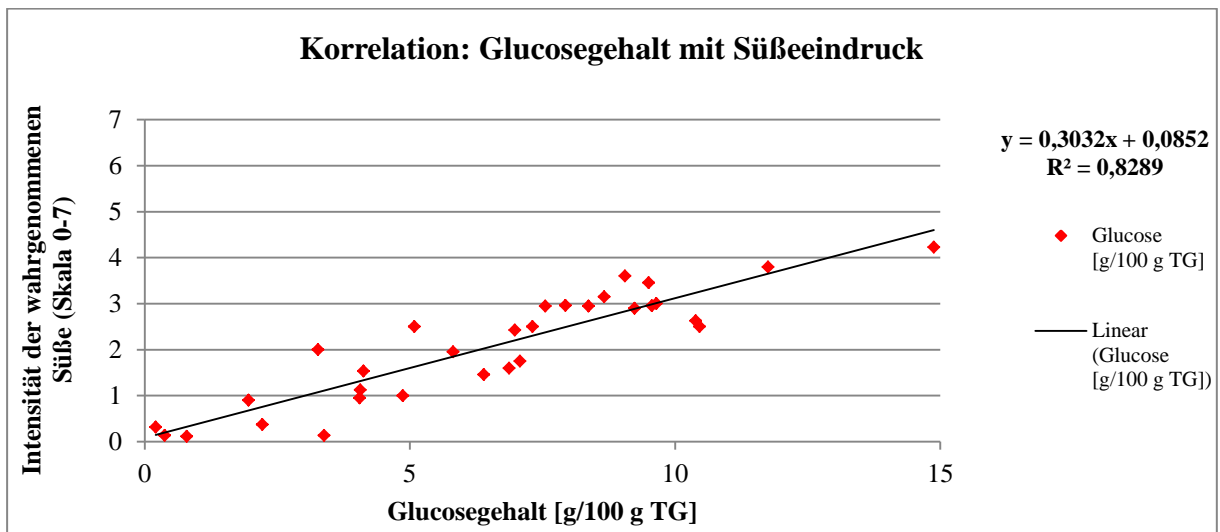


Abbildung 88: Lineare Korrelation zwischen den sensorischen und instrumentell-analytischen Daten – Auftragung der Intensitätsmittelwerte der Geschmacksart süß gegen den Gesamtzuckergehalt (a), Fructose (b) und Glucose (c)

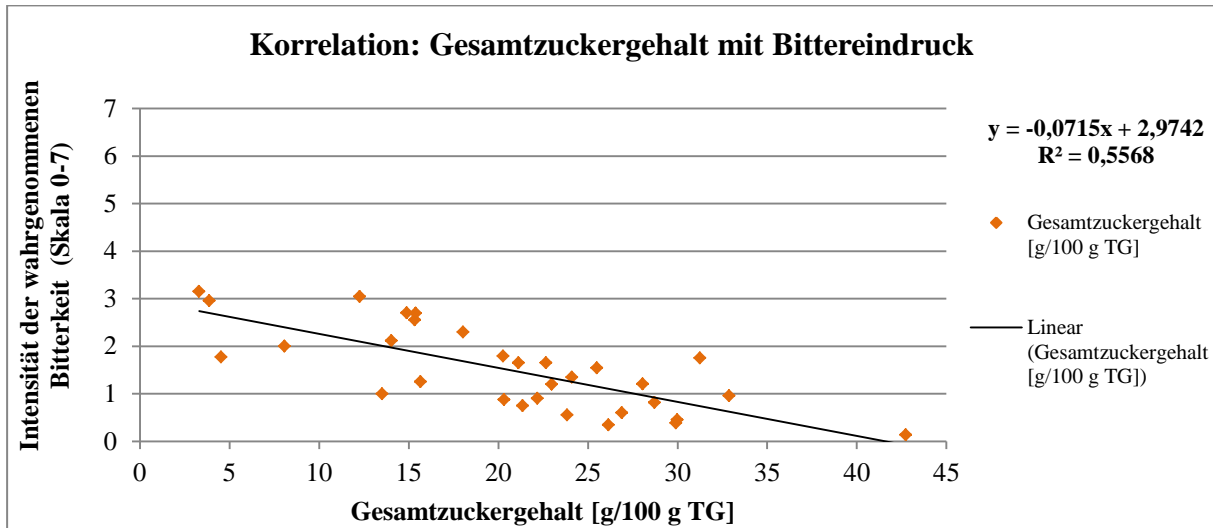
Weiterhin ist anzumerken, dass die Regressionsgerade von Glucose (Abbildung 88c) nur minimal besser ist als die von Gesamtzucker ($R^2_{\text{Glucose}} = 0,8289$, $R^2_{\text{Gesamtzucker}} = 0,8230$). Somit führt die Korrelation zwischen der Geschmacksart süß und dem Glucose- oder Gesamtzuckergehalt zu sehr ähnlichen Ergebnissen. Allerdings wird nach Luning *et al.* der Gehalt der drei Zuckerarten von der Trocknung beeinflusst (Zunahme von Saccharose und Abnahme von Glucose und Fructose [40]), sodass der sensorische Einfluss von Fructose und Saccharose in *Capsicum*-Pulvern nicht ausgeschlossen werden kann. Somit ist die Darstellung der Korrelation zwischen süß und Gesamtzuckergehalt zu bevorzugen.

In Abbildung 89a ist der Zusammenhang zwischen der empfundenen Bitterkeit und dem Zuckergehalt graphisch dargestellt. Dabei schmeckten Proben (wie P15 und P23) mit geringem Gesamtzuckergehalt (3,3 bzw. 3,86 g/100 g TG) am bittersten, wobei die höchste vergebene Intensität im Mittelwert 3 (für „schwach bis mittel“) war. Probe P22, die die größte Konzentration an Zuckern enthält, wurde dementsprechend nicht als bitter empfunden (Intensität 0 für „nicht wahrnehmbar“). Weiterhin weist der schwache Regressionskoeffizient ($R^2 = 0,5568$) darauf hin, dass die negative lineare Korrelation zwischen dem Zuckergehalt und der Geschmacksart bitter nicht aussagekräftig ist. Dennoch ist eine deutliche Tendenz zu erkennen, dass niedrige Zuckergehalte bzw. fehlende Süße zu einem Bittereindruck führen können.

Bei der Auftragung der Intensität der Geschmacksart sauer gegen den Gesamtsäuregehalt (siehe Abbildung 89b) erkennt man, dass mehr als die Hälfte der 31 Projektproben einen ähnlichen Gehalt an Säure aufwiesen. Dies führt zu einer Anhäufung an Proben im Wertebereich 0,015 bis 0,025 mol/100 g TG. Zudem fällt auf, dass keine Probe die Intensität 3 („schwach bis mittel“) bzgl. des Attributs sauer erreichte. In anderen Worten wurden die untersuchten Proben vom Panel im Mittelwert als nicht sauer oder nur schwach sauer empfunden. Abbildung 89b zeigt auch, dass kein linearer Zusammenhang zwischen der sensorisch wahrgenommenen Säure und dem Gesamtsäuregehalt in den untersuchten Chili- und Paprikapulvern besteht. Eine Korrelation mit den einzelnen Säuren wie Citronensäure oder Äpfelsäure führt zu ähnlichen Ergebnissen bzw. R^2 -Werten (hier nicht gezeigt).

Die fehlende Linearität zeigt sich am Beispiel von den drei letzten Proben auf der rechten Seite der Graphik (mit Pfeilen markiert). Probe 31 mit dem größten Gesamtsäuregehalt von 0,0504 mol/100 g TG schmeckt nicht am sauersten, sie hat nur die durchschnittliche Intensität von 1,5 (1 = sehr schwach). Der intensivste saure Geschmack mit einem Mittelwert von 2,6 (2 = schwach, 3 = schwach bis mittel) wurde bei der Probe P29 wahrgenommen, obwohl sie nur eine Konzentration von 0,0373 mol/100 g TG aufwies. P29 ist die auf Abbildung 89b liegende Probe mit dem zweitgrößten Gehalt an Gesamtsäuren. Probe P21 enthielt zwar fast den gleichen Gehalt an Säure (0,0300 mol/100 g TG) wie P29, wurde aber mit einer sehr schwachen Säureintensität (Mittelwert 1,4) bewertet. Somit löst ein hoher Säuregehalt in *Capsicum*-Pulvern keinen sauren Geschmack aus.

a.



b.

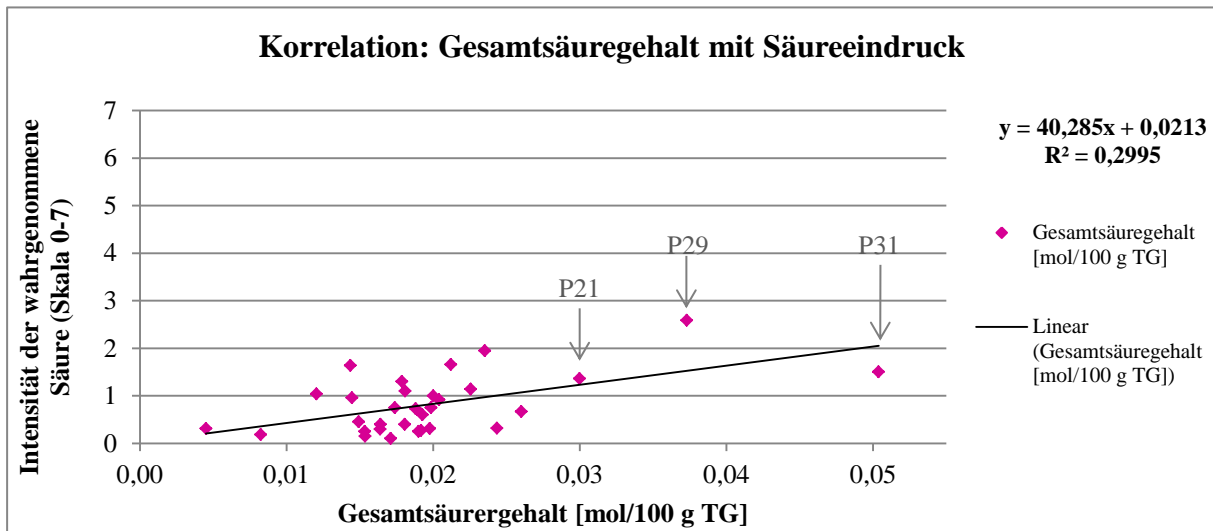


Abbildung 89: Korrelation der sensorischen Daten mit den instrumentell-analytischen Daten mittels Linearer Regression, a. Auftragung der Intensitätsmittelwerte der Geschmacksart bitter gegen den Gesamtzuckergehalt, b. Auftragung der Intensitätsmittelwerte der Geschmacksart sauer gegen den Gesamtsäuregehalt

4.3.2.2 Partial Least Squares Regression: Zucker- und Säuregehalt gegen süß, bitter und sauer

Unter der Annahme, dass bei einer gustatorischen Prüfung die Ermittlung einer bestimmten Geschmacksqualität nicht nur von einem Inhaltsstoff bzw. Variable x_1 , sondern auch von mehreren x_n abhängen kann, werden die sensorischen Daten mittels Partial Least Squares Regression (PLSR) untersucht. Dabei wird zum Beispiel die Geschmacksart süß als y-Variable betrachtet. Sie steht in linearer Abhängigkeit von zwei erklärenden Variablen bzw. den Inhaltsstoffen Gesamtzuckergehalt (x_1) und Gesamtsäuregehalt (x_2).

Die PLS-Regression wurde aus den Mittelwerten der Geschmacksarten süß, sauer, bitter und den Gehalten an Gesamtzucker [g/100 g TG] und an Gesamtsäure [mol/100 g TG] mit dem Statistik-Programm XLSTAT durchgeführt. Daraus ergaben die in Tabelle 56 aufgeführten Parameter für jede abhängige Variable y bzw. für jede Geschmacksart folgende Geradengleichung $y' = f(x_1, x_2) = b + m_1 \times x_1 + m_2 \times x_2$, wobei b der Achsenabschnitt und m die Steigung ist. Werden also die Konzentrationen an Gesamtzucker und Gesamtsäure bei neuen Proben gemessen und in die unten stehenden Gleichungen als x -Werte eingegeben, kann die Intensität der Geschmacksarten süß, bitter und sauer (y' -Werte) vorhergesagt werden. Davor muss aber unter Berücksichtigung des Koeffizienten des Modells R^2 herausgefunden werden, ob die y -Variable sich gut durch die errechnete Modellgleichung bestimmen lässt. Je näher der R^2 -Koeffizient dem Wert 1 ist, desto weniger unterscheiden sich die prognostizierten Werte von den gemessenen. Es resultiert dann ein Modell mit präzisen Prognosen.

Tabelle 56: PLS-Modellparameter

y-Variable	Modellgleichung $y' = b + m_1 \times x_1 + m_2 \times x_2$	R^2
süß	$y'_1 = 0,03 + 0,12 \times \text{Gesamtzuckergehalt [g/100 g TG]} - 21,92 \times \text{Gesamtsäuregehalt [mol/100 g TG]}$	0,8463
bitter	$y'_2 = 3,74 - 0,07 \times \text{Gesamtzuckergehalt [g/100 g TG]} - 41,82 \times \text{Gesamtsäuregehalt [mol/100 g]}$	0,7129
sauer	$y'_3 = -0,47 + 0,03 \times \text{Gesamtzuckergehalt [g/100 g TG]} + 38,23 \times \text{Gesamtsäuregehalt [mol/100 g TG]}$	0,4494

Laut Tabelle 56 wurde ein zufriedenstellendes PLS-Modell nur für die Variable süß ermittelt, denn es weist einen akzeptablen R^2 -Koeffizienten von 0,8464 auf. Um diesen Wert zu ermitteln, wurden die nach der Gleichung y'_1 vorhergesagten Werte für die Süße gegen die ursprünglichen Referenzwerte y aufgetragen (siehe Abbildung 90). Im Idealfall würden bei einem Koeffizienten von $R^2 = 1$ alle Werte auf der gestrichelten Linie liegen.

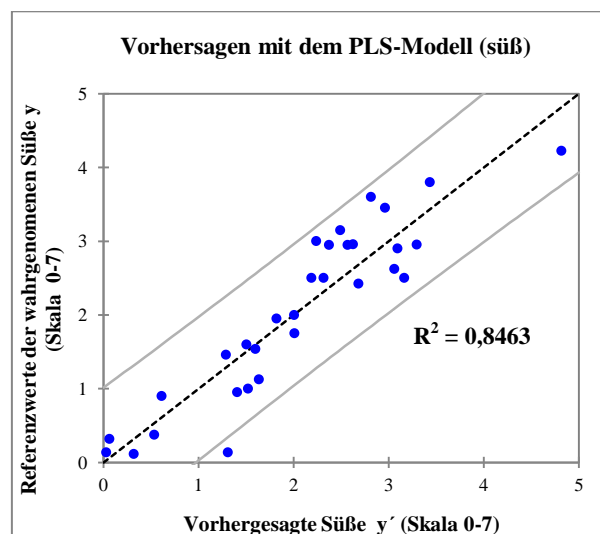


Abbildung 90: Vorhersagen für die abhängige Variable „süß“ versus den sensorisch ermittelten Referenzwerten für „süß“

Die Geschmacksarten bitter und sauer weisen niedrige R^2 -Werte auf. Demnach lassen sie sich nicht gut von den instrumentellen Variablen wie Zucker-, und Säuregehalt beschreiben. Eine Vorhersage der Variable sauer mit der Modellgleichung wäre somit mit einer größeren Fehlerrate behaftet.

Beim Vergleich der R^2 -Koeffizienten aus der Linearen Regression ($R^2 = 0,8184$, s. Abbildung 88c) mit dem aus der PLS-Regression ($R^2 = 0,8463$) für die Variable süß wird klar, dass die zusätzliche Berücksichtigung des Gesamtsäuregehalts in der Regression (mittels PLS) keinen signifikanten Effekt auf die Verbesserung des Modells hatte. Der R^2 -Wert mit dem PLS-Modell stieg nur um 0,0279 an. Dies deutet darauf hin, dass zur Korrelation des süßen Geschmacks in den *Capsicum*-Pulvern die Angabe des Gesamtzuckergehalts ausreichend ist. Dazu war die mit PLS ermittelte Modellgleichung y'_1 von zwei Faktoren abhängig, sodass beide Gehalte für eine Vorhersage bekannt sein müssen oder ggf. gemessen werden müssen. Aus diesem Grund ist die lineare Korrelation aus Abbildung 88c ausreichend, um die Intensität des süßen Geschmacks bei neuen *Capsicum*-Proben zu prognostizieren.

Bezüglich der Variablen bitter und sauer wurde eine leichte Verbesserung des Regressionskoeffizienten mit dem PLS-Modell im Vergleich zu der einfachen Linearen Regression beobachtet (Zunahme des R^2 -Wertes um 0,16). Dennoch sind diese Koeffizienten zu niedrig für eine akzeptable Regression.

4.3.2.3 Lineare Regression: Gesamtcapsaicinoidgehalt gegen scharf und brennend

Die trigeminale Wahrnehmung wurde sensorisch mit den Attributen scharf, brennend, kratzig und adstringierend beschrieben. Aber nur die Attribute scharf und brennend wurden von jedem Panelisten bei jedem Probenet auf der 0-7 Ordinalskala bewertet. Zur Überprüfung einer linearen Korrelation zwischen dem Schärfeempfinden und dem Gesamtcapsaicinoidgehalt wurden nur die Mittelwerte der Attribute scharf und brennend verwendet (siehe Anhang C-4).

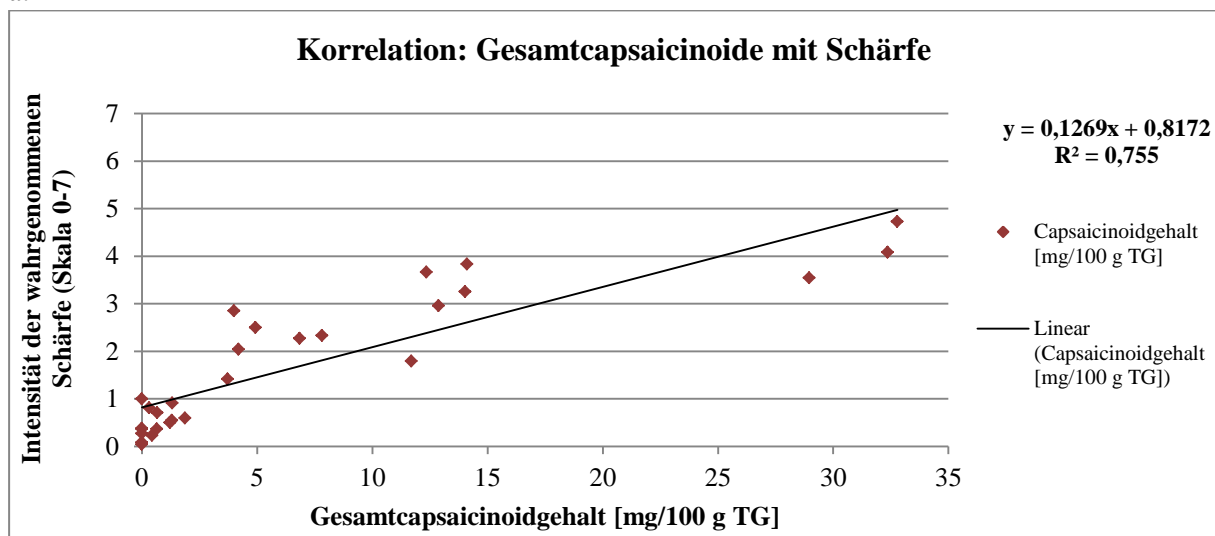
Aus den 31 gustatorisch untersuchten Projektproben wurden drei aus Mexiko stammende Proben (P25, P26, P27) herausgenommen, da sie einen Capsaicinoidgehalt über der Toleranzgrenze von 50 mg/100 g TG aufwiesen und damit die Regression zu stark beeinflussten. Die übrigen 28 Projektproben enthielten zwischen 0 und 35 mg Gesamtcapsaicinoide/100 g TG. Nach Abbildung 91a wurde die Schärfe dieser Projektproben als „nicht wahrnehmbar“ (Intensität 0) bis „mittel bis stark“ (Intensität 5) beurteilt.

Weiterhin kann man drei Gruppierungen auf Abbildung 91a erkennen: Proben mit einem Gehalt bis zu 2,5 mg Gesamtcapsaicinoide/100 g TG, die eine Schärfeintensität ≤ 1 also „sehr schwach wahrnehmbar“ aufwiesen. Proben mit einer Konzentration zwischen 1,5 und 15 mg Gesamtcapsaicinoide/100 g TG wurden als schwach scharf (Intensität 2) bis mittelscharf (Intensität 4) bewertet. Nur die Proben mit Gesamtcapsaicinoidgehalten um die 30 mg Gesamtcapsaicinoide/100 g TG näherten sich dem Skalenpunkt 5, also einer Schärfe „mittel bis stark“. Aus der linearen Regression erkennt man, dass die wahrgenommene Schärfe mit dem instrumentell ermittelten Gehalt an Scharfstoffen positiv korreliert. Der ermittelte R^2 -

Wert von 0,755 ist zwar nicht optimal (s. Abbildung 91a), kann aber als ausreichend für *Capsicum*-Pulver betrachtet werden.

Laut Abbildung 91b wurde das Attribut brennend bei den 28 Proben mit Intensitäten zwischen 0 („nicht wahrnehmbar“) und 2,8 (3=„schwach bis mittel“) bewertet, also einer deutlich niedrigeren Ausprägung als bei dem Attribut scharf. Abbildung 91b zeigt, dass eine positive lineare Korrelation zwischen dem Attribut brennend und dem Gesamtcapsaicinoidgehalt besteht. Die Lineare Regression zeigt sogar einen leicht höheren Regressionskoeffizienten ($R^2 = 0,8601$) als mit dem Attribut scharf. Bei der Betrachtung beider Korrelationen (Abbildung 91a und b) fällt auf, dass nur scharfe Proben bzw. Chilipulver mit einem Gehalt größer als 12 mg Gesamtcapsaicinoide/100 g TG ein spürbar brennendes Mundgefühl (Intensität ≥ 1) auslösten.

a.



b.

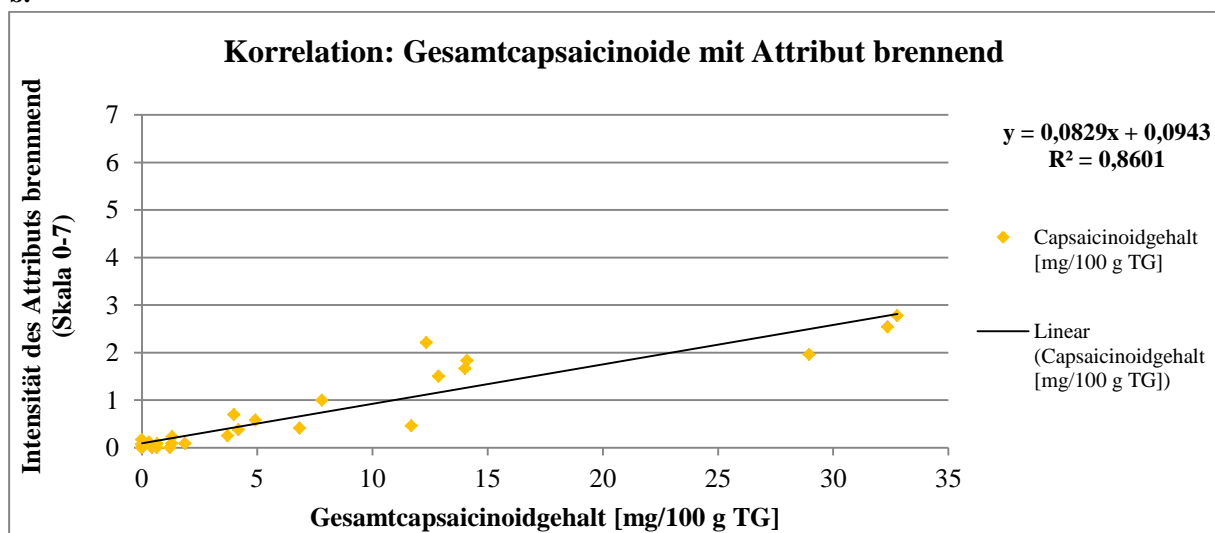


Abbildung 91: Korrelation der sensorischen Attribute scharf (a) und brennend (b) mit der Gesamtkonzentration an Capsaicinoiden mittels Linearer Regression

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die von Luning *et al.* [36] bei frischen Gemüsepaprikas nachgewiesene positive Korrelation zwischen der Geschmacksart süß und dem Zuckergehalt auch in *Capsicum*-Pulvern beobachtet werden konnte. Es besteht ein linearer Zusammenhang zwischen beiden Variablen. Die Süße eines *Capsicum*-Pulvers wurde somit am stärksten wahrgenommen, je höher deren Zuckergehalt war. Die ebenfalls von Luning gefundene positive Korrelation zwischen dem Säureeindruck und dem Säuregehalt in frischen Gemüsepaprikas konnte bei den untersuchten *Capsicum*-Proben im getrockneten Material nicht bestätigt werden. Zudem kann anhand der Ergebnisse ein negativer Zusammenhang zwischen der Geschmacksart bitter und dem Gesamtzuckergehalt vermutet werden.

Außerdem wurde festgestellt, dass eine positive lineare Korrelation zwischen dem instrumentell ermittelten Gesamtcapsaicinoidgehalt und den Attributen scharf und brennend in *Capsicum*-Pulvern besteht.

Die ermittelten Regressionskoeffizienten für süß (Abbildung 88c), scharf und brennend (Abbildung 91a und b) zwischen $R^2 = 0,76$ und $R^2 = 0,86$ können insgesamt als zufriedenstellend betrachtet werden. Im Vergleich zu quantitativen instrumentellen Analysen, die R^2 -Werte ab 0,99 erfordern, ist die Präzision von Intensitätsermittlungen in der sensorischen Analyse von subjektiven und physiologischen Faktoren beeinflusst. Im Fall von *Capsicum*-Pulvern sind folgende Einflussfaktoren zu berücksichtigen:

Im Gegensatz zur Lunings Studie wurden nicht Gemüsepaprika, sondern relativ scharfe Proben sensorisch geprüft (mit wenigen Ausnahmen bis zu 33 mg Gesamtcapsaicinoide/100 g TG). Auf die Schärfe können Prüfer trotz Schulung unterschiedlich empfindlich reagieren und weisen somit keine gemeinsame Toleranzgrenze auf. Dazu kommt, dass die sensorische Profilierung von Chilis von Prüfungseffekten wie dem Carry-over-Effekt wesentlich stärker als bei einer anderen Art von Prüfgut beeinträchtigt wird. Darüber hinaus führt capsaicinhaltiges Material nach Simons *et al.* [31] zu einer Unterdrückung der Geschmacksarten süß und bitter, was eine leicht schwächere Panelperformance verursacht haben könnte.

Weiterhin ist der Zustand des Prüfguts als Nachteil anzusehen. Es handelte sich nicht um frische Proben, sondern um getrocknete Pulver. Die *Capsicum*-Pulver verteilen sich im Mund nicht so homogen wie Chili-Pürees oder Chili-Soßen, sodass sie auf bestimmten Zungenbereichen haften und somit nicht von allen Geschmackspapillen erfasst werden können.

Schließlich kann festgehalten werden, dass die Intensitäten der sensorischen Attribute süß, scharf und brennend sich aus den instrumentellen Daten mit den oben angegebenen Regressionsgleichungen (Abbildung 88a, Abbildung 88c, Abbildung 91a und Abbildung 91b) für weitere *Capsicum*-Proben in Pulverform vorhersagen lassen. Damit ist eine gute Einschätzung der sensorischen Werte zu erwarten. Eine präzisere Vorhersage bzw. ein robustes Modell erfordert die Einbindung von weiteren Referenzproben.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Dissertation entstand in Verbindung mit einem internationalen Forschungsprojekt, das die biochemische und sensorische Charakterisierung von aus Bolivien und Peru stammenden *Capsicum*-Früchten beabsichtigte. Die nativen Proben wurden aus der großen Artenvielfalt in den Herkunftsländern ausgewählt und zur wissenschaftlichen Untersuchung nach Deutschland geschickt. Der Schwerpunkt dieser Arbeit lag in der sensorischen Charakterisierung von *Capsicum*-Pulvern und in deren Zusammenhang mit biochemischen bzw. instrumentell-analytischen Eigenschaften.

Ausgehend von unerfahrenen interessierten Personen wurde durch gezieltes Training ein Deskriptives Sensorik-Panel mit 14 Prüfern aufgebaut, das in der Lage war, objektiv scharfe Chili- und Paprikapulver zu beschreiben und zu bewerten.

Zur quantitativen sensorischen Charakterisierung von Projektproben wurden drei Profilierungsmethoden getestet: Konventionelles Profil (QDA), Flash Profiling (FP) und Free Choice Profiling (FCP). Die Untersuchung dreier peruanischer *Capsicum*-Pulver (als Pilotproben) mit der Methode „Konventionelles Profil“ nach DIN 10967-1 führte zu folgenden Erkenntnissen: Erstens zeigte nur ein Teil des Panels eine hohe Diskriminierfähigkeit und Reproduzierbarkeit. Die Prüfer tendierten dazu, abweichende Intensitätsreihenfolgen bei bestimmten Attributen zu bilden, weil sie die Deskriptoren unterschiedlich definierten und assoziierten. Zweitens war diese Methode sehr zeitaufwendig und kostenintensiv. Drittens war für jede Profilierung eine sehr hohe Probenmenge (mehr als 35 g/Probe) erforderlich.

Die mäßige Pannelleistung und vor allem das geringe verfügbare Probenmaterial der zu untersuchenden Projektproben erforderten die Anwendung von schnellen Profilierungsmethoden wie FP und FCP. Bei beiden Methoden dürfen die Panelisten ihre eigenen (objektiven) Begriffslisten erstellen und bewerten. Anstatt einen Konsens wie bei dem Konventionellen Profil zu erzwingen, berechnet das statistische Verfahren Generalized Procrustes Analysis (GPA) eine Art Gruppenmittelwert, der die größte Übereinstimmung zwischen den Prüferbewertungen ermittelt.

Die Methode Flash Profiling basiert auf einer Ranking-Bewertung, bei der die Produkte innerhalb eines Sets miteinander verglichen werden. Auf Grund des wiederholten Riechens und Verkostens wirkte sich jedoch deren Anwendung bei *Capsicum*-Pulvern negativ auf die sensorische Wahrnehmung der Prüfer aus.

Bei der Methode Free Choice Profiling werden dagegen die Proben einzeln beurteilt. Die Durchführung war leicht und problemlos. Die einzige Modifizierung im Vergleich zu der ursprünglichen Methode nach Williams und Langron [91] lag darin, dass die Prüfer über eine kurze Begriffsliste mit definierten, in *Capsicum*-Pulvern häufig vorkommenden Attributen verfügten. Die Panelisten durften je nach Wunsch Deskriptoren aus dieser Liste verwenden und zur eigenen Begriffsliste hinzufügen. Dabei stellten die definierten Begriffe eine Hilfestellung bei der Interpretation der Ergebnisse dar.

Free Choice Profiling wurde mit acht Handelsproben aus dem deutschen Markt getestet. Mittels Hauptkomponentenanalysen ließen sich die Zusammenhänge zwischen den Proben

nach dem berechneten Konsens abbilden. Dabei konnte festgestellt werden, welche Proben innerhalb eines Sets Unterschiede und welche Gemeinsamkeiten aufwiesen. Weiterhin war es möglich, die Korrelation zwischen den Attributen und eine Zuordnung derselben zu den Proben zu ermitteln. Die Handelsproben zeigten eindeutige olfaktorische und gustatorische Eigenschaften, sodass eine ausgesprochen gute Panelübereinstimmung bestand. Die Generierung von übereinstimmenden Attributen erlaubte eine grobe Feststellung der charakterisierenden und diskriminierenden Attribute. Die Methode Free Choice Profiling erwies sich als die beste Profilierungsmethode für *Capsicum*-Pulver. Durch das Entfallen von zusätzlichen Schulungen war die Profilierungszeit erheblich kürzer und dementsprechend kostengünstiger, in der Regel zwei Wochen pro Probenstet für eine Doppelbestimmung. Dazu verringerte sich der Probenverbrauch um mehr als die Hälfte (auf ca. 12 g pro Probe für 14 Prüfer und 2 Bestimmungen). Aus den eben genannten Gründen wurde diese Methode für die gustatorische und olfaktorische Profilierung von Projektproben ausgewählt.

Aus den mehreren Hundert nativen *Capsicum*-Proben erfüllten nur 31 Proben (20 aus Bolivien, 8 aus Peru und 3 aus Mexiko) folgende Auswahlkriterien für die Durchführung einer Profilierung: eine Schärfe unter der Toleranzgrenze der Panelisten von max. 50 mg Gesamtcapsaicinoide/100 g TG und mindestens 12 g Probenmaterial. Sie wurden in sechs verschiedene Sets (Set 5-9) eingeteilt und anschließend geprüft.

Im Vergleich zu den Handelsproben waren die Projektproben deutlich aromaschwächer, was die Charakterisierung der Proben erschwerte. Schwache Attributsintensitäten nach der Trocknung konnten auch Luning *et al.* [61] mit rehydratisierten *Capsicum*-Früchten und Wilkings [72] mit Paprika- und Chilipulvern feststellen. Mit Ausnahme von einem Set (Set 6 – Geruch) waren alle mit GPA ermittelten Konsense statistisch signifikant. Allerdings war der Anteil an Gesamtvarianz, der durch die Konsenskonfiguration erklärt wurde, geringer als bei den Handelsproben, weil die Panelisten sich nicht immer in deren Bewertungen einig waren. Es wurde zwar für jedes Probenstet eine große Anzahl an beschreibenden Attributen für die Merkmale Geruch und Geschmack gesammelt, aber eine Interpretation aller Begriffe aus dem Korrelationskreis und eine Zuordnung zu den Proben war häufig nicht möglich, vor allem bei Deskriptoren des ortho- und retronasalen Geruchs. In den Fällen, wo die Attribute starke Korrelationen zueinander und zu den PCA-Faktoren aufwiesen und eine ähnliche Bewertung oder Assoziation andeuteten, wurden die wichtigsten charakterisierenden Attribute für bestimmte Proben oder Probengruppen ermittelt (i. d. R. ein Attribut pro Probe und Merkmal, siehe Tabelle 39). Eine klare Panelübereinstimmung bzgl. der Probencharakterisierung wurde nur in den Attributen süß, bitter, scharf und brennend bei jedem Probenstet beobachtet. Somit war mit der Methode Free Choice Profiling stets zu erkennen, welche Projektproben (innerhalb eines Sets) sich unterscheiden oder ähneln. Es konnte aber nicht festgestellt werden, auf welche Attribute und mit welcher Ausprägung diese Zusammenhänge zurückzuführen sind. Meistens wurde nur eine grobe, aber schnelle Charakterisierung von Probengruppen, aber nicht von den einzelnen Proben erreicht.

Weiterhin wurden anhand eines Probenstets die Profilierungsmethoden FCP und Konventionelles Profil (QDA) verglichen. Wie erwartet, lieferte die QDA-Methode quantitative Ergebnisse für jede Probe, sprich 7 statistisch signifikante Attribute mit Intensitätsangaben. Beide Methoden erreichten dieselbe Charakterisierung des Geschmacks, aber nur mit der Methode QDA wurden die diskriminierenden Attribute im Geruch ermittelt.

Die Auswahl der sensorischen Profilierungsmethode sollte somit je nach Ziel gewählt werden. Ist eine genaue Charakterisierung einer kleinen Probenmenge von Chilipulvern erwünscht und ist die Untersuchung nicht von Zeit, Kosten und Probenmenge eingeschränkt, sollte das Konventionelle Profil angewendet werden. Ist eine schnelle Übersicht über die Proben-Zusammenhänge innerhalb eines Probensets und das Herausfiltern der ausgeprägten Eigenschaften das Ziel, dann sollte die Methode FCP verwendet werden. Die rasche Durchführung von FCP erlaubt zudem die Profilierung mehrerer Proben in kurzer Zeit. Allerdings ist eine grundlegende und produktspezifische Schulung der Prüfer stark zu empfehlen, falls das zu profilierende Produkt so komplex wie *Capsicum*-Pulver ist. Bessere Ergebnisse mit FCP hätten wahrscheinlich erreicht werden können, wenn eine größere Zahl an Teilnehmern (mind. 50) hätte rekrutiert und geschult werden können. Dann hätte man nur die Prüfpersonen mit herausragenden sensorischen Fähigkeiten selektieren können.

Der Geruch (ortho- und retronasal) der untersuchten Projektproben wurde hauptsächlich durch die folgenden Begriffe beschrieben: säuerlich, karamellig, schokoladig, geröstet/rauchig, muffig und fruchtig (darunter fruchtig-süßlich, fruchtig-grün, fruchtig-würzig, fruchtig-säuerlich, fruchtig-Gemüsepaprika). Typische Paprikaaromen wie frisch, blumig und grüne Paprika waren nicht vorhanden. Dies stimmt mit den Untersuchungen von Luning *et al.* [60] (bei getrockneten Proben nach Rehydratisierung, nur orthonasal), Lawless *et al.* [71] und Wilkins [72] (bei Pulvern) überein. Sie zeigten ebenfalls mit sensorischen Profilierungen, dass getrocknete *Capsicum*-Früchte oder -Pulver karamellige, brotartige, heuige, ranzige, geröstete, muffige oder pflanzliche Noten aufwiesen. Der erhebliche Effekt der Trocknung auf die olfaktorischen Eigenschaften der *Capsicum*-Proben wurde hiermit bestätigt. Die Anwesenheit dieser Attribute lässt sich mit den Untersuchungen der flüchtigen Aromastoffe von Luning *et al.* [60] und Toontom *et al.* [57] erklären, denn die Trocknung verursacht eine Bildung oder Zunahme von kakao-, ranzig-, heuig- und karamellig-riechenden Aromastoffen.

Des Weiteren war der Geschmack fast aller sensorisch untersuchten Proben süß oder bitter. Dieselben Geschmacksqualitäten wurden ebenfalls von Kuzniar *et al.* [70] und Lawless *et al.* [71] bei getrockneten *Capsicum annuum*-Proben nachgewiesen. Nur die Probe P29 (Akzession-Nummer: 153 (11), UNALM, Peru) wies eindeutig einen sauren Geschmack auf. Ein ebenfalls saurer Geschmack in getrocknetem *Capsicum*-Material wurde nur von van Ruth *et al.* [67] mit rehydratisierten Gemüsepaprikas beobachtet.

Außerdem wurden zwei Verbrauchertests mit zwei Probensets (Set 4a und 9a) durchgeführt, um die Akzeptanz bestimmter südamerikanischer Chilipulver in Deutschland zu untersuchen. Die Ergebnisse der hedonischen Daten wurden anschließend mit den sensorisch-analytischen Daten mittels Preference Mapping (PREFMAP) verknüpft, um die Gründe für die ermittelte Akzeptanz herauszufinden. Bei dem gustatorischen Konsumententest stellte sich heraus, dass die Projektprobe P26 (Akzession-Nummer: 13 (773), PROINPA, Bolivien) im Durchschnitt eine signifikant größere Akzeptanz als die Proben P28, P30 und P31 zeigte. Nach dem Präferenzmodell von PREFMAP wären 100 % der Konsumenten mit Probe P26 zufrieden, weil sie einen süßen, fruchtigen und nicht so scharfen Geschmack aufwies.

Der zweite Verbrauchertest prüfte die Akzeptanz anhand des Geruchs. Daraus folgte, dass die Probe S7 (Chili Guajillo, aus dem deutschen Markt) einen statistisch höheren Akzeptanzmittelwert als die anderen drei Handelsproben (S5, S6, S8) erreichte. Die Präferenzkarte zeigte aber, dass die Proben S5, S7 und S8 gleichermaßen von jeweils 67 % der Juroren akzeptiert worden wären, weil sie einen karamelligen/schokoladigen (S8) oder einen an Gewürzen erinnernden Geruch (S5, S7) hatten. Darüber hinaus wurden den Konsumenten Fragen zum Thema Chiliprodukte und Kaufgewohnheiten gestellt. Es zeigte sich, dass für ca. die Hälfte der 242 Befragten Chilipulver oder Chilisoßen die am häufigsten konsumierten Chiliprodukte waren. Dazu wurde festgestellt, dass die wichtigsten Kriterien für einen möglichen Wiederkauf eines Chilipulvers oder einer frischen Chilifrucht der Geschmack und die Schärfe waren. Somit stellte der Geruch kein Ausschlusskriterium für die Kaufentscheidung der Befragten dar.

Unter Berücksichtigung beider Testergebnisse (PREFMAP und Verbraucherfragen) würden sich besser für den hiesigen Markt Chilipulver mit folgenden gustatorischen Eigenschaften eignen: ein ausgeprägter süßer und fruchtiger Geschmack mit einer mäßigen Schärfe. Denn sie würden die Interessen der meisten Verbraucher decken. Neben Probe P26 würden anhand der mit FCP durchgeführten Charakterisierung (Tabelle 39) folgende *Capsicum*-Pulver mit den Ergebnissen des Verbrauchertests übereinstimmen: P17 (Akzession-Nr. AMS-RC, CIDRA, Peru), P20 (Akzession-Nr. 319-2, CIFP, Bolivien), P21 (Akzession-Nr. PER006979, INIA, Peru) und P22 (Akzession-Nr. PER017623, INIA, Peru) wegen eines ausgeprägten fruchtigen und süßen Geschmacks. Allerdings sind sie nicht scharf. Nur Probe P16 (Akzession-Nr. AMS-AD, CIDRA, Peru) könnte die drei Auswahlkriterien erfüllen. Sie schmeckt süß, weist einen mäßig fruchtigen Geschmack und nur geringe Schärfe auf.

Ferner sollten zu den sensorischen Daten instrumentell-analytische Vergleichsdaten für die Projektproben erhoben werden. Mit dem Ziel, sensorische Daten mit instrumentell-analytischen zu korrelieren, wurden die Projektproben auf deren Zucker- und Säuregehalte untersucht. Dabei wurden folgende Komponenten in den *Capsicum*-Pulvern quantifiziert: Fructose, Glucose, Saccharose, Citronensäure und Äpfelsäure. Im Rahmen dieser Arbeit wurden die summierten Gehalte an Fructose, Glucose und Saccharose als Gesamtzucker und die an Citronensäure und Äpfelsäure als Gesamtsäure berechnet. Ascorbinsäure wurde nicht zum Gesamtsäuregehalt der *Capsicum*-Pulver gezählt, da deren Abbau durch den Trocknungsprozess zuvor von Meckelmann et al. [22] geprüft wurde.

Zur instrumentell-analytischen Untersuchung wurde eine gaschromatographische Methode entwickelt, bei der die Zucker und Säuren simultan erfasst wurden. Durch eine Umwandlung der Analyten in Trimethylsilylderivate sollte ihre Flüchtigkeit für eine GC-Messung erhöht werden. Zuerst wurden die Analyten mit einem Methanol/Wasser-Gemisch unter Hitzeeinwirkung aus dem Pulver extrahiert. Danach wurden sie mit Hydroxylamin-Hydrochlorid oximiert und mit BSTFA/TMCS (99:1) silyliert. Die Proben trennten sich dann über eine DB-5-Säule und wurden von einem Flammenionisationsdetektor (FID) detektiert. Die Quantifizierung erfolgte mit Hilfe einer externen Kalibrierreihe und drei internen Standards (Arabinose, Maltose und Weinsäure).

Die Quantifizierung der Zucker- und Säurekomponenten mittels GC-FID wies eine höhere Trennleistung und Empfindlichkeit gegenüber einer ebenfalls geprüft HPLC-Methode auf.

Allerdings ergab sich bei den organischen Säuren eine geringere Präzision (Relative Standardabweichung: 25-30 %) als bei den Zuckerarten (Rel. Standardabweichung: 5-20 %). Dennoch erwies sich die entwickelte GC-FID-Methode als eine schnelle und effiziente Methode, um ein Screening der fünf Analyten bei einer großen Anzahl an Proben durchzuführen. Durch die simultane Erfassung zweier Arten von Analyten wurde an Probenmaterial (ca. 0,25 g) und an Chemikalien gespart. Dementsprechend ist es ein zeit- und kostensparendes Verfahren.

Es wurden bei den 191 analysierten bolivianischen und peruanischen Projektproben folgende Konzentrationsbereiche gemessen: 1,6 bis 46,4 g Gesamtzucker/100 g Trockengewicht und 0,6 bis 9,8 g Gesamtsäure/100 g TG. Damit wurden niedrigere Konzentrationen an Gesamtzucker, aber deutlich höhere Gehalte an Citronensäure und Äpfelsäure als bei einigen heißluftgetrockneten Proben von Lunings *et al.* [40] (45,4-57,7 g Zucker/100 g TG und 2,8-3,5 g Säure/100 g TG) gefunden. Diese Unterschiede können jedoch an der Variabilität und Spezies liegen. Lunings *et al.* untersuchten nur drei Sorten der Spezies *Capsicum annuum*. Dagegen wurden in dieser Arbeit folgende native Sorten analysiert: 23 Proben der Spezies *C. annuum*, 66 Proben der Spezies *C. baccatum* und 90 von *C. chinense*. Somit wurde erstmals die Variabilität der Zucker- und Säuregehalte der Spezies *C. baccatum* und *C. chinense* in getrocknetem Material gezeigt. Die Spezies *C. baccatum* wies 1,6-37,3 g Gesamtzucker/100g TG und 1,6-9,8 g Gesamtsäure/100 g TG auf. Bei der Spezies *C. chinense* wurden 2,3-44,8 g Gesamtzucker/100g TG und 0,7-9,2 g Gesamtsäure/100 g TG nachgewiesen.

Als Nächstes wurden die ermittelten Ergebnisse nach den Herkunftsländern verglichen. Die Zucker- und Säuregehalte der peruanischen Projektproben (Set A) wiesen signifikant höhere Mittelwerte von Glucose, Fructose, Gesamtzucker, Citronensäure, Äpfelsäure und Gesamtsäure als die bolivianischen Projektproben (Set B) auf. Nur der Saccharose-Mittelwert war signifikant kleiner als der aus Bolivien. Es besteht die Vermutung, dass höhere Saccharose-Gehalte bei den bolivianischen Proben gefunden wurden, weil sie durch zwei Trocknungsprozesse (Sonnen- und Ofentrocknung) belastet wurden. In der Literatur wurde bereits die Zunahme bzw. die Bildung von Saccharose als Folge der Trocknung nachgewiesen [40].

Nachdem eine instrumentell-analytische Methode (GC-FID) entwickelt wurde, wurden die 31 sensorisch untersuchten Projektproben (P1 bis P31) ebenfalls auf deren Zucker- und Säuregehalt analysiert. Mit den sensorischen und instrumentell-analytischen Daten erfolgte die Prüfung auf Korrelationen. Dabei wurden zwei Methoden verwendet: Generalized Procrustes Analysis und Lineare Regression.

Bei der ersten Methode wurden die unveränderten Daten des Free Choice Profilings (Merkmale: Geschmacksarten und trigeminale Wahrnehmung) jedes Probensets mit den instrumentell-analytischen Daten mittels GPA kombiniert und zu einem Konsens angepasst. Daraus resultierte bei jedem Set (Set 5-9) eine positive Korrelation zwischen der Geschmacksart süß und dem Gesamtzuckergehalt, sowie zwischen dem Gesamtcapsaicinoidgehalt und den Attributen scharf und brennend.

Bei der Linearen Regression wurden die Intensitäten der Geschmacksarten süß, bitter, sauer, scharf und brennend gemittelt, bevor sie gegen die instrumentellen Werte aufgetragen

wurden. Dabei wurde gezeigt, dass eine lineare positive Korrelation zwischen der wahrgenommenen Süße und dem Gehalt an Zuckern (Summe aus Glucose, Fructose und Saccharose in g/100 g TG) in *Capsicum*-Pulvern besteht. Überraschenderweise konnte eine ebenfalls gute lineare Abhängigkeit nur mit dem Gehalt an Glucose [g/100 g TG] ermittelt werden. Entgegen den Erwartungen war die Korrelation mit der dominierenden Zuckerart in den Proben, Fructose, deutlich geringer. Zudem wurde keine Korrelation zwischen der Geschmacksart sauer und dem Gesamtsäuregehalt (Summe aus Citronensäure und Äpfelsäure in mol/100 g TG) festgestellt. Die von den Panelisten empfundene Bitterkeit stand aufgrund des niedrigen Regressionskoeffizienten nur in geringem Maße in negativer Korrelation mit dem Zuckergehalt. Darüber hinaus bestanden positive lineare Korrelationen zwischen dem Gesamtcapsaicinoidgehalt [mg/100 g TG] und der Schärfeintensität und dem brennenden Mundgefühl. Die ermittelten Regressionskoeffizienten ($R^2 = 0,82$ für süß-Zucker, $R^2 = 0,76$ für scharf-Capsaicinoide und $R^2 = 0,86$ für brennend-Capsaicinoide) waren angesichts der Tatsache, dass es sich um scharfes und getrocknetes Material handelte, zufriedenstellend. Demzufolge können die ermittelten Regressionsgeraden zur Einschätzung der drei sensorischen Eigenschaften (süß, scharf und brennend) anhand instrumentell-analytischer Daten in *Capsicum*-Pulvern verwendet werden. Durch die Prognose könnte der Kosten- und Zeitaufwand, der die sensorische Analyse unabhängig von der Methode mit sich bringt, umgegangen werden. Sollen nur Proben mit herausragender Süße gefunden werden, bietet die positive Korrelation zwischen der Geschmacksart süß und dem Glucosegehalt die Möglichkeit auf die quantitative Messung von Fructose und Saccharose zu verzichten und dabei eine schnellere und kostengünstigere Prognose zu ermitteln.

Unter der Annahme, dass die wichtigsten sensorischen Eigenschaften für die Beliebtheit eines Chilipulvers die Süße, Fruchtigkeit und Schärfe sind, könnten bereits mit der entwickelten GC-FID-Methode zur Zucker- und Säureanalyse und der von Meckelmann entwickelten HPLC-Methode [22] zur Capsaicinoidbestimmung zwei Kriterien (süß und scharf) vorhergesagt werden. Das dritte Kriterium, die Fruchtigkeit, erfordert die Identifizierung und Quantifizierung der Aromastoffe, die für diesen retronasalen Geruch in *Capsicum*-Pulvern verantwortlich sind. Die Untersuchung dieses Aspekts ist somit für nachfolgende Forschungen von Relevanz. Sie sollte aber in Verbindung mit der sensorischen Analyse durchgeführt werden, um möglichst Regressionsmodelle erstellen zu können.

Des Weiteren ist anzumerken, dass die Projektproben in getrockneter und gemahlener Form nach Deutschland geschickt wurden, um einer Biopiraterie vorzubeugen. Allerdings wurden die untersuchten Projektproben nicht zwecks einer guten Qualität in den Herkunftsländern behandelt, sondern zwecks eines repräsentativen Probenmaterials bis zur Gewichtskonstanz (Feuchte < 4,5 %) getrocknet, ohne weitere produktschonende Vorkehrungen zu treffen. Laut Literatur [119] und DIN EN ISO 7540:2010-05 (Spezifikation von Paprikapulver) [120] sind Geschmack, Schärfe, Farbintensität und Stabilität die Qualitätskriterien der Lebensmittelindustrie für Paprikapulver. Diese Kriterien werden maßgeblich von der Trocknung, Lagerung und Mahlprozess beeinflusst. Starke Trocknungstemperaturen (wie bei einer Sonnen- oder Ofentrocknung) und unagemessene Lagerbedingungen führen zu einem Farbverlust, Abnahme oder Abbau wertgebener Inhaltsstoffe, Bildung von Fehlparmen, usw.

DIN EN ISO 7540 stellt Anforderungen zur Qualität des Paprikapulvers wie eine Feuchte von 11 %, eine kühle Lagerung, angenehm aromatische Gerüche des Pulvers ohne muffige oder ranzige Fehlgerüche [120]. Da diese Anforderungen bei den analysierten Projektproben nicht erfüllt wurden, vor allem aus sensorischer Sicht, war die Qualität der dargestellten Ergebnisse dieser Dissertationsarbeit dadurch beeinflusst (sensorische Analyse und Korrelationen). Gleichmaßen war die erhoffte resultierende biochemische und sensorische Diversität aus der großen Vielfalt an nativen Sorten von diesen Faktoren negativ beeinflusst. Aus diesem Grund ist die Charakterisierung der biochemischen und sensorischen Eigenschaften in frischen *Capsicum*-Proben zu bevorzugen.

6 Literaturverzeichnis

- [1] H. Zoschke, Das Chili Pepper Buch 2.0: Wissenswertes, Anbau, Produkte und Rezepte rund um Chili, Paprika & Co, 2. erweiterte Ausgabe, Kressbronn: Suncoast Peppers GmbH, 2012.
- [2] L. G. Po, „Chili, Peppers, and Paprika“ in *Handbook of vegetables & vegetable processing*, N. K. Sinha, Hrsg., Iowa, Wiley-Blackwell, 2011, pp. 581-603.
- [3] S. K. Basu und A. K. De, „*Capsicum*: historical and botanical perspectives“ in *Capsicum - The genus Capsicum*, De, Amit Krishna Hrsg., London, Taylor K-Francis Ltd, 2003, pp. 1-2.
- [4] P. S. Raju, O. P. Chauhan und A. S. Bawa, „Chili Flavor“ in *Handbook of fruit and vegetable flavors*, Y. H. Hui, Hrsg., New Jersey, John Wiley & Sons, 2010, pp. 775-801.
- [5] K. Roth, „Manche mögen´s scharf - Die Skala des Wilbur Lincoln Scoville“, *Chem. Unserer Zeit*, Bd. 44, pp. 138-151, 2010.
- [6] L. Perry, R. Dickau, S. Zarrillo, I. Holst, D. M. Pearsall, D. R. Piperno, M. J. Berman, R. G. Cooke, K. Rademaker, A. J. Ranere, J. S. Raymond, D. H. Sandweiss, F. Scaramelli, K. Tarble und J. A. Zeidler, „Starch fossils and the domestication and dispersal of chilli peppers (*Capsicum spp. L.*) in the Americas“, *Science*, Bd. 315, Nr. 5814, pp. 986-988, 2007.
- [7] C. B. Heiser und P. G. Smith, „The cultivated *capsicum* peppers“, *Econ Bot*, Bd. 7, 1953.
- [8] E. Müller-Seitz und M. Petz, „Woher die Schärfe kommt“, *Nachrichten aus der Chemie*, Bd. 60, Nr. 2, pp. 112-117, 2012.
- [9] L. Perry, „Ethnobotany“ in *Peppers - Botany, production and uses*, 1. Auflage, V. M. Russo, Hrsg., Cambridge, CABI, 2012, pp. 1-13.
- [10] B. Pickersgill, „The archaeological record of chili peppers (*Capsicum spp.*) and the sequence of plant domestication in Peru“, *American Antiquity*, Bd. 34, Nr. 1, pp. 54-61, 1969.
- [11] B. Pickersgill, „Domestication of plants in the Americas: Insights from medelian and molecular genetics“, *Ann Bot*, Bd. 100, pp. 925-940, 2007.
- [12] Sociedad Peruana de Gastronomía (APEGA), Programa Hortalizas-Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Instituto de Investigaciones en Hotelería y Turismo-Universidad San Martín de Porres (USMP), Ajíes peruanos. Sazón para el mundo, Lima: El Comercio, 2009.
- [13] Deutsches Institut für Normung e.V., „DIN EN ISO 5492:2009-12 Sensorische Analyse – Vokabular (ISO 5492:2008); Mehrsprachige Fassung EN ISO 5492:2009“, Beuth Verlag, Berlin, 2009.
- [14] M. Busch-Stockfisch, Praxishandbuch Sensorik, 29. Aktualisierungslieferung vom 30. März 2013, M. Busch-Stockfisch, Hrsg., Hamburg: Behr´s Verlag, 2013.
- [15] G. Hildebrandt, Geschmackswelten – Grundlagen der Lebensmittelsensorik, Frankfurt am Main: DLG-Verlags-GmbH, 2008.
- [16] H. Hatt, „Geschmack und Geruch“ in *Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie*, 30., neu bearbeitete und aktualisierte Auflage, R. F. Schmidt und F. Lang, Hrsg., Heidelberg, Springer Verlag, 2007, pp. 408-422.
- [17] H.-D. Belitz, W. Grosch und P. Schieberle, Lehrbuch der Lebensmittelchemie, 6. vollständig überarbeitete Auflage, Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2008.
- [18] F. Gründig und K. Juffa, „Lebensmittel für eine besondere Ernährung und Nahrungsergänzungsmittel“ in *Handbuch für Lebensmittelchemiker*, 3. Auflage, W. Frede, Hrsg., Berlin Heidelberg, Springer-Verlag, 2010.
- [19] C. Lang und S. Kulling, „Thieme RÖMPP Online“, Thieme Verlag KG, Stand: 18 Juli 2013. Available: <http://www.roempp.com/prod/>, Stichwort: Süßstoffe. [Online-Zugriff am 22. Juli 2013].
- [20] M. Busch-Stockfisch, „Grundlagen der Sensorik einschließlich Grundgeschmacksarten und

- Fehlaromen“ in *Handbuch Aromen und Gewürzen*, Bd. I, U. Salzer und F. Siewek, Hrsg., Hamburg, Behr's Verlag, 36. Aktualisierungslieferung von Februar 2010.
- [21] E. Derndorfer, *Lebensmittelsensorik*, 3. überarbeitete Auflage, Wien: facultas.wuv Universitätsverlag, 2010.
- [22] S. W. Meckelmann, D. W. Riegel, M. J. van Zonneveld, L. Ríos, K. Peña, R. Ugas, L. Quinonez, E. Mueller-Seitz und M. Petz, „Compositional characterization of native peruvian chili peppers (*Capsicum spp.*)“, *J Agr Food Chem*, Bd. 61, pp. 2530-2537, 2013.
- [23] W. L. Scoville, „Note on *capsicum*“, *J Am Pharm Assoc*, Bd. 1, pp. 453-454, 1912.
- [24] P. H. Todd, M. G. Bensinger und T. Bigtu, „Determination of pungency due to *capsicum* by gas liquid chromatography“, *J Food Sci*, Bd. 42, Nr. 3, pp. 660-665, 1977.
- [25] P. W. Bosland und J. B. Baral, „'Bhut Jolokia' - The world's hottest known chile pepper is a putative naturally occurring interspecific hybrid“, *Hort Science*, Bd. 42, Nr. 2, pp. 222-224, 2007.
- [26] J. Bannister, „The Chile Pepper Institute,“ The New Mexico State University News Center, Stand: 13. Februar 2012. Available: The NMSU's Chile Pepper Institute names Trinidad Moruga Scorpion hottest pepper on earth. [Online-Zugriff am 26. Juli 2013].
<http://www.chilepepperinstitute.org/content/files/Chile%20Pepper%20Institute%20Names%20Trinidad%20Moruga%20Scorpion%20Hottest%20Pepper%202-16-12%281%29.pdf>.
- [27] K. J. Dowell, E. Chambers, G. A. Milliken und D. H. Chambers, „Predicting interstimulus intervals between samples for capsaicin-containing salsa with a range of heat levels“, *J Sens Stud*, Bd. 20, pp. 187-199, 2005.
- [28] E. Derndorfer, „Sensorische Analyse von Gewürzen“ in *Praxishandbuch Sensorik*, Bd. V, M. Busch-Stockfisch, Hrsg., Hamburg, Behr's Verlag, 29. Aktualisierungslieferung vom 30. März 2013.
- [29] B. G. Green und J. E. Hayes, „Individual differences in perception of bitterness from capsaicin, piperine and zingerone“, *Chem Senses*, Bd. 29, Nr. 1, pp. 53-60, 2004.
- [30] B. G. Green und M. T. Schullery, „Stimulation of bitterness by capsaicin and menthol: Differences between lingual areas innervated by the glossopharyngeal and chorda tympani nerves“, *Chem Senses*, Bd. 28, pp. 45-55, 2003.
- [31] C. T. Simons, M. O'Mahony und E. Carstens, „Taste suppression following lingual capsaicin pre-treatment in humans“, *Chem Senses*, Bd. 27, pp. 353-365, 2002.
- [32] K. Herrmann, „Inhaltsstoffe des Gemüsepaprikas“, *Die industrielle Obst- und Gemüseverwertung*, Bd. 80, Nr. 11/12, pp. 418-424, 1995.
- [33] K. Herrmann, „Inhaltsstoffe von Gewürzpaprika und Chillies“, *Die industrielle Obst- und Gemüseverwertung*, Bd. 84, Nr. 5, pp. 145-149, 1999.
- [34] F. Tarrach und K. Hermann, „Organische Säuren der Gemüsearten IV – Die Veränderung der Säuren sowie der Zucker in Tomaten, Gemüsepaprika und Gurken während der Reifung“, *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, Bd. 183, pp. 410-415, 1986.
- [35] M. Polacsek-Rácz, M. P. Pauli, H. György und L. Vámos-Vigyázó, „Enzymatic determination of the sugars in red pepper“, *Z. Lebensm. Untersuch. Forsch.*, Bd. 172, pp. 115-117, 1981.
- [36] P. A. Luning, R. van der Vuurst de Vries, D. Yuksel, T. Ebbenhorst-Seller, H. J. Wichers und J. P. Roozen, „Combined instrumental and sensory evaluation of flavor of fresh bell peppers (*Capsicum annuum*) harvested at three maturation stages“, *J Agric Food Chem*, Bd. 42, pp. 2855-2861, 1994.
- [37] H. Matsufuji, K. Ishikawa, O. Nunomura, M. Chino und M. Takeda, „Anti-oxidant content of different coloured sweet peppers, white, green, yellow, orange and red (*Capsicum annuum L.*)“, *Int J Food Sci Tech*, Bd. 42, pp. 1482-1488, 2007.
- [38] R. L. Jarret, E. Baldwin, B. Perkins, R. Bushway und K. Guthrie, „Diversity of fruit quality characteristics in *Capsicum frutescens*“, *Hortscience*, Bd. 42, Nr. 1, pp. 16-19, 2007.
- [39] R. L. Jarret, T. Berke, E. A. Baldwin und G. F. Antonious, „Variability for free sugars and organic acids in *Capsicum chinense*“, *Chem. Biodivers.*, Bd. 6, pp. 138-145, 2009.

- [40] P. A. Luning, T. Ebbenhorst-Seller, T. de Rijk und J. P. Roozen, „Effect of hot-air drying on flavour compounds of fresh bell peppers“, *J Sci Food Agric*, Bd. 68, pp. 355-365, 1995.
- [41] L. Vámos-Vigyázó, M. Polacsek-Rácz, K. Schmidt, I. Joó-Farkas, M. P. Pauli, G. Horváth, K. Kiss und L. Horváth, „Relationship between pigment content, peroxidase activity and sugar composition of red pepper (*Capsicum annuum* L.). I. Influence of cultivar, drying method and a ripening accelerator“, *Acta Aliment Hung*, Bd. 14, Nr. 2, pp. 173-189, 1985.
- [42] J. López-Hernández, M. J. Oruña-Concha, J. Simal-Lozano, M. E. Vázquez-Blanco und M. J. González-Castro, „Chemical composition of Padron peppers (*Capsicum annuum* L.) grown in Galicia (N.W. Spain)“, *Food Chem*, Bd. 57, Nr. 4, pp. 557-559, 1996.
- [43] G. E. Mitchell und R. L. McLauchlan, „Effect of low dose irradiation on composition of tropical fruits and vegetables“, *J Food Compos Anal*, Bd. 5, pp. 291-311, 1992.
- [44] „The National Agricultural Library (NAL)“, U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 25., 2012. Available: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3421>, Stichwort: Pepper, sweet, red, raw; <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3054>, Stichwort: Peppers, sweet, green, raw; <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3526>, Stichwort: Peppers, sweet, red, freeze-dried. [Online-Zugriff am 30. Juli 2013].
- [45] „The National Agricultural Library (NAL)“, U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 25., 2012. Available: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3419>, Stichwort: Peppers, hot chili, red, raw; <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3554>, Stichwort: Peppers, hot chile, sun-dried. [Online-Zugriff am 30. Juli 2013].
- [46] S. Martínez, A. Curros, J. Bermúdez, J. Carballo und I. Franco, „The composition of Arnoia peppers (*Capsicum annuum* L.) at different stages of maturity“, *Int J Food Sci Nutr*, Bd. 58, Nr. 2, pp. 150-161, 2007.
- [47] G. O. Sigge, C. F. Hansmann und E. Joubert, „Optimizing the dehydration conditions of green bell peppers (*Capsicum annuum* L.)“, *J Food Qual*, Bd. 22, pp. 439-452, 1999.
- [48] „The National Agricultural Library (NAL)“, U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 25., 2012. Available: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/248>, Stichwort: Spices, Paprika. [Online-Zugriff am 30. Juli 2013].
- [49] A. Bernardo, S. Martínez, M. Álvarez, A. Fernández und M. López, „The composition of two spanish pepper varieties (Fresno de la Vega and Benavente-Los Valles) in different ripening stages“, *J Food Qual*, Bd. 31, pp. 701-716, 2008.
- [50] N. N. Potter und J. H. Hotchkiss, „Food Dehydration and Concentration“ in *Food Science*, 5. Auflage, New York, Chapman & Hall, 1995, pp. 200-243.
- [51] P. Wirriya, T. Paiboon und S. Somchart, „Effect of drying air temperature and chemical pretreatments on quality of dried chili“, *Int Food Research J*, Bd. 16, pp. 441-454, 2009.
- [52] L. Vámos-Vigyázó, M. Polacsek-Rácz, A. Kamps, M. P. Pauli und G. Horváth, „Relationship between pigment content, peroxidase activity and sugar composition of red pepper (*Capsicum annuum* L.). II. Changes occurring during the industrial drying process“, *Acta Aliment Hung*, Bd. 14, Nr. 2, pp. 191-200, 1985.
- [53] „Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V.“ 2012. Available: <http://www.dge.de/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=4&page=11>, Stichwort: Vitamin C. [Online-Zugriff am 31. Juli 2013].
- [54] C.-R. Park, „A study on the influence of drying methods upon the chemical changes in red pepper. I. Changes in carotenoids, capsaicin and vitamin C“, *Korean J Nutr*, Bd. 8, Nr. 4, pp. 167-172 (27-32), 1975.
- [55] M. N. Ramesh, W. Wolf, D. Tevini und G. Jung, „Influence of processing parameters on the drying of spice paprika“, *J Food Eng*, Bd. 49, pp. 63-72, 2001.
- [56] J. N. BeMiller und R. L. Whistler, „Carbohydrates“ in *Food Chemistry*, 3.te Auflage, O. R.

- Fennema, Hrsg., New York, Marcel Dekker, Inc., 1996, pp. 157-225.
- [57] N. Toontom, M. Meenume, W. Posri und S. Lertsiri, „Effect of drying method on physical and chemical quality, and volatile flavour characteristics of dried chili“, *Int Food Res J*, Bd. 19, Nr. 3, pp. 1023-1031, 2012.
- [58] E. Fernández-García und A. Pérez-Gálvez, „Flavoring compounds in red pepper fruits (*Capsicum* genus) and processed products“ in *Handbook of Fruit and Vegetable Flavors*, Y. H. Hui, Hrsg., New Jersey, John Wiley & Sons, 2010, pp. 909-934.
- [59] U. Engelhardt, „Thieme RÖMPP Online“, Thieme Verlag KG, Stand: 18. Juli 2013. Available: <http://www.roempp.com/prod/>, Stichwort: Sniffing-GC, Sensorik. [Online-Zugriff am 7. August 2013].
- [60] P. A. Luning, D. Yuksel und J. P. Roozen, „Sensory attributes of bell peppers (*Capsicum annuum*) correlated with composition of volatile compounds“ in *Trends in Flavour Research*, Bd. 35, H. Maarse und D. G. van der Heij, Hrsg., Amsterdam, Elsevier Science Publishers, 1994, pp. 241-248.
- [61] P. A. Luning, D. Yuksel, R. van der Vuurst de Vries und J. P. Roozen, „Aroma changes in fresh bell peppers (*Capsicum annuum*) after hot-air drying“, *J Food Sci*, Bd. 60, Nr. 6, pp. 1269-1276, 1995.
- [62] S. van Ruth, E. Boscaini, D. Mayr, J. Pugh und M. Posthumus, „Evaluation of three gas chromatography and two direct mass spectrometry techniques for aroma analysis of dried red bell peppers“, *Int J Mass Spectrom*, Bd. 223-224, Nr. 1-3, pp. 55-65, 2003.
- [63] R. L. Chitwood, R. M. Pangborn und W. Jennings, „GC/MS and sensory analysis of volatiles from three cultivars of *capsicum*“, *Food Chem*, Bd. 11, pp. 201-216, 1983.
- [64] M. M. Mazida, M. M. Salleh und H. Osman, „Analysis of volatile aroma compounds of fresh chilli (*Capsicum annuum*) during stages of maturity using solid phase microextraction (SPME)“, *J Food Compost Anal*, Bd. 18, Nr. 5, pp. 427-437, 2005.
- [65] L. W. Haymon und L. W. Aurand, „Volatile constituents of tabasco peppers“, *Journal Agric Food Chem*, Bd. 19, Nr. 6, p. 1131-1134, 1971.
- [66] H. Kollmannsberger, A. Rodríguez-Burruezo, S. Nitz und F. Nuez, „Volatile and capsaicinoid composition of ají (*Capsicum baccatum*) and rocoto (*Capsicum pubescens*), two Andean species of chile peppers“, *J Sci Food Agric*, Bd. 91, pp. 1598-1611, 2011.
- [67] S. M. van Ruth und J. P. Roozen, „Gas chromatography/sniffing port analysis and sensory evaluation of commercially dried bell peppers (*Capsicum annuum*) after rehydration“, *Food Chem*, Bd. 51, pp. 165-170, 1994.
- [68] T. Acree und H. Arn, „Flavornet and human odor space“, DATU Inc., Stand: 25. Juni 2004. Available: <http://www.flavornet.org/flavornet.html>. [Online-Zugriff am 1. August 2013].
- [69] D. Yuksel, R. van de Vuurst de Vries, G. Ebbenhorst-Seller, H. J. Wichers und P. A. Luning, „Sensory attributes of bell peppers (*Capsicum annuum*) at different ripening stages correlated with the chemical composition of non-volatile compounds“ in *Trends in Flavour Research*, Bd. 35, H. Maarse und D. G. van der Heij, Hrsg., Amsterdam, Elsevier Science Publishers, 1994, pp. 293-298.
- [70] A. Kuzniar, J. A. Bowers und J. Craig, „Ascorbic acid and folic acid content and sensory characteristics of dehydrated green pepper“, *J Food Sci*, Bd. 48, pp. 1246-1249, 1983.
- [71] L. J. R. Lawless, A. Hottenstein und J. Ellingsworth, „The McCormich spice wheel: A systematic and visual approach to sensory lexicon development“, *J Sens Stud*, Bd. 27, pp. 37-47, 2012.
- [72] C. K. Wilkins, „Paprika: Relationships between aroma profile data and both GC und HPLC data“, *Lebensm.-Wiss. u. -Technol.*, Bd. 25, Nr. 1, pp. 212-218, 1992.
- [73] P. M. Eggink, C. Maliepaard, Y. Tikunov, J. P. W. Haanstra, A. G. Bovy und R. G. F. Visser, „A taste of sweet pepper: Volatile and non-volatile chemical composition of fresh sweet pepper (*Capsicum annuum*) in relation to sensory evaluation of taste“, *Food Chem*, Bd. 132, Nr. 1, pp. 301-310, 2012.

- [74] Deutsches Institut für Normung e.V., „DIN 10950:2012-10 Sensorische Prüfung – Allgemeine Grundlagen“, Beuth Verlag, Berlin, 2012.
- [75] K. Buchecker und I. Matullat, Hrsg., Sensorik-Lexikon, 1. Auflage, Hamburg: Behr's Verlag, 2012.
- [76] M. Oestreich und O. Romberg, Keine Panik vor Statistik!, 3., überarbeitete Auflage, Wiesbaden: Vieweg+Teubner Verlag, 2010.
- [77] Deutsches Institut für Normung e.V., „DIN 10974:2008-12 Sensorische Analyse – Verbrauchertests“, Beuth Verlag, Berlin, 2008.
- [78] J. Jacob, J. Oehlenschläger und B. Schneider-Häder, Grundlagenvokabular Sensorik, 1. Auflage, DLG e.V, Hrsg., Hamburg: Behr's Verlag, 2012.
- [79] A. Bongartz und B. Pfeiffer, „Sensorik-Panel (Teil 1): Panelaufbau und Einsatzbereiche“, *DLG-Lebensmittel*, Bd. DLG Expertenwissen Sensorik, Nr. 5, pp. 1-4, 2010.
- [80] Deutsches Institut für Normung e.V., „DIN 10961:1996-08 Schulung von Prüfpersonen für sensorische Prüfungen“, Beuth Verlag, Berlin, 1996.
- [81] Deutsches Institut für Normung e.V., „DIN 10967-4:2002-05 Sensorische Prüfverfahren – Profilprüfung – Teil 4: Prüfpläne“, Beuth Verlag, Berlin, 2002.
- [82] T. Naes, P. B. Brockhoff und O. Tomic, Statistics for sensory and consumer science, 1. Auflage, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex: Wiley, 2010.
- [83] A. Quadt, M. Schwarz und S. Schönberger, Statistische Auswertung in der Sensorik, 1. Auflage, Hamburg: Behr's Verlag, 2009.
- [84] O. Tomic, G. Luciano, A. Nilsen, G. Hyldig, K. Lorensen und T. Naes, „Analysing sensory panel performance in a proficiency test using PanelCheck software“, *Eur Food Res Technol*, Bd. 230, pp. 497-511, 2010.
- [85] A. Bongartz und B. Pfeiffer, „Sensorik-Panel (Teil 2): Methoden zur Prüferschulung, zum Panelmonitoring, zur Panelperformance und zur Panelmotivation“, *DLG-Lebensmittel*, Bd. DLG Expertenwissen Sensorik, Nr. 6, pp. 1-4, 2010.
- [86] Deutsches Institut für Normung e.V., „DIN EN ISO 8586-2:2008-11 Sensorische Analyse – Allgemeiner Leitfaden für die Auswahl, Schulung und Überprüfung von Prüfpersonen – Teil 2: Sensoriker (ISO 8586-2:2008); Deutsche Fassung EN ISO 8586-2:2008“, Beuth Verlag, Berlin, 2008.
- [87] G. Dijksterhuis, „Procrustes analysis sensory research“ in *Multivariate analysis of data in sensory science*, 1. Auflage, Amsterdam, Elsevier Science B. V., 1996, pp. 185-219.
- [88] Deutsches Institut für Normung e.V., „DIN 10967-1:1999-10 Sensorische Prüfverfahren – Profilprüfung – Teil 1: Konventionelles Profil“, Beuth Verlag, Berlin, 1999.
- [89] Deutsches Institut für Normung e.V., „DIN 10967-3:2001-08 Sensorische Prüfverfahren – Profilprüfung – Teil 3: Freies Auswahlprofil“, Beuth Verlag, Berlin, 2001.
- [90] H. Stone und J. L. Sidel, „Sensory evaluation by Quantitative Descriptive Analysis“, *Food Tech*, Bd. 11, pp. 24-34, 1974.
- [91] A. A. Williams und S. P. Langron, „The use of Free-choice Profiling for the evaluation of commercial ports“, *J Sci Food Agric*, Bd. 35, pp. 558-568, 1984.
- [92] H. T. Lawless und H. Heymann, Sensory evaluation of food: principles and practices, 2. Auflage, New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer Verlag, 2010.
- [93] J. -M. Sieffermann, „Le Profil Flash“, Laboratoire de perception sensorielle & sensométrie, Stand: 2. April 2003. Available: <http://www.perception-sensorielle.com/Profil%20flash.pdf>. [Online-Zugriff am 10. Februar 2012].
- [94] V. Dairou und H. M. Sieffermann, „Comparison of 14 jams characterized by conventional profile and a quick original method, the Flash Profile“, *J Food Sci*, Bd. 67, Nr. 2, pp. 826-834, 2002.
- [95] J. Delarue und J. -M. Sieffermann, „Sensory mapping using Flash Profile. Comparison with a conventional descriptive method for the evaluation of flavour of fruit and dairy products“, *Food Qual Preference*, Bd. 15, pp. 383-392, 2004.

- [96] G. Dijksterhuis, „Procrustes analysis in sensory research“ in *Multivariate analysis of data in sensory science*, 1. Auflage, T. Naes und E. Risvik, Hrsg., Amsterdam, Elsevier Science B. V., 1996, pp. 185-219.
- [97] J. C. Gower, „Generalized Procrustes Analysis“, *Psychometrik*, Bd. 40, Nr. 1, pp. 33-51, 1975.
- [98] G. Dijksterhuis und P. Punter, „Interpreting Generalized Procrustes Analysis "analysis of variance" tables“, *Food Qual Preference*, Bd. 2, pp. 255-265, 1990.
- [99] B. M. King und P. Arents, „A statistical test of consensus obtained from Generalized Procrustes Analysis of sensory data“, *J Sens Stud*, Bd. 6, pp. 37-48, 1991.
- [100] I. N. Wakeling, M. M. Raats und H. J. H. MacFie, „A new significance test for consensus in Generalized Procrustes Analysis“, *J Sens Stud*, Bd. 7, pp. 91-96, 1992.
- [101] Addinsoft SARL, *Handbuch XLSTAT 2013*, Paris: Version 2013.4.03, http://www.xlstat.com/uploads/files/manual/xlstat_hilfe.pdf, 2013. [Online-Zugriff am 31. Oktober 2013].
- [102] W. Wu, Q. Guo, S. de Jong und D. L. Massart, „Randomisation test for the number of dimensions of the group average space in Generalized Procrustes Analysis“, *Food Qual Preference*, Bd. 13, pp. 191-200, 2002.
- [103] G. Dijksterhuis, „Procrustes analysis in studying sensory-instrumental relations“, *Food Qual Prefer*, Bd. 5, pp. 115-120, 1994.
- [104] J. M. Navarro, P. Flores, C. Garrido und V. Martinez, „Changes in the contents of antioxidant compounds in pepper fruits at different ripening stages, as affected by salinity“, *J Food Chem*, Bd. 96, pp. 66-73, 2006.
- [105] M. Morvai und I. Molnár-Perl, „Simultaneous determination of organic acids and sugars in apples by gas-liquid chromatography“, *J Chromatography*, Bd. 520, pp. 201-207, 1990.
- [106] A. I. Ruiz-Matute, O. Hernández-Hernández, S. Rodríguez-Sánchez, M. L. Sanz und I. Martínez-Castro, „Derivatization of carbohydrates for GC and GC-MS analyses“, *J Chromatogr B*, Bd. 879, pp. 1226-1240, 2001.
- [107] E. Rojas-Escudero, A. L. Alarcón-Jiménez, P. Elizalbe-Galván und F. Rojo-Callejas, „Optimization of carbonate silylation for gas chromatography“, *J Chromatogr A*, Bd. 1027, pp. 117-120, 2004.
- [108] R. Bruckner, *Organic mechanism*, Berlin: Springer Verlag, 2010.
- [109] Sigma Aldrich Co., „BSTFA + TMCS - Product Specification“, 1997. Available: http://www.sigmaaldrich.com/etc/medialib/docs/Aldrich/General_Information/bstfa_tmcs.Par.0001.File.tmp/bstfa_tmcs.pdf. [Online-Zugriff am 3. September 2013].
- [110] D. R. Knapp, *Handbook of analytical derivatization reactions*, New York: John Wiley & Sons, 1979.
- [111] J. A. McEwan, „Preference Mapping for product optimization“ in *Multivariate analysis of data in sensory science*, T. Naes und E. Risvik, Hrsg., Amsterdam, Elsevier Science B. V., 1996, pp. 71-102.
- [112] *Unravelling the potential of neglected crop diversity for high-value product differentiation and income generation for the poor: The case of chili pepper in its centre of origin*, Revised Project Proposal Hrsg., A GTZ and BMZ financed Project (March 2010-February 2013), Bioversity International Rome, University of Wuppertal, University of Hannover, University of Hohenheim, Proinpa, CIFP and ITA (Bolivia), INIA (Peru), October 2009.
- [113] M. Petz, „Erhalt und Nutzung der Biodiversität: Eine Antwort auf den Klimawandel“, *BUW OUTPUT (Forschungsmagazin der Bergischen Universität Wuppertal)*, Nr. 7, pp. 12-17, Sommersemester 2012.
- [114] M. Nießen und S. Thölking, *Sensorische Prüfverfahren – Anpassung für mittelständische Betriebe*, 1. Auflage, Hamburg: Behr's Verlag, 2007.
- [115] J. Andrews, *The peppers cookbook: 200 recipes from the pepper lady's kitchen*, Denton: University of North Texas Press, 2005, p. 9.

- [116] P. Bosland und E. J. Votava, „The Chile Pepper Institute“, New Mexiko State University, Newsletter Band X, Nr. 2 Frühling 2000.
Available: <http://www.chilepepperinstitute.org/content/files/00%20spring.pdf>. [Online-Zugriff am 1. Oktober 2013].
- [117] M. C. Meilgaard, G. V. Civille und B. T. Carr, Sensory evaluation techniques, 4. Auflage, Boca Raton: CRC Press, 2006.
- [118] M. Lachnit, M. Busch-Stockfisch, J. Kunert und T. Krahl, „Suitability of Free Choice Profiling for assessment of orange-based carbonated soft-drinks“, *Food Qual Prefer*, Bd. 14, pp. 257-263, 2003.
- [119] H. J. Buckenhüskes, „Current requirements on paprika powder for food industry“ in *Capsicum - The genus Capsicum*, A. K. De, Hrsg., London, Taylor K- Francis Ltd, 2003, pp. 223-230.
- [120] Deutsches Institut für Normung e.V., „DIN EN ISO 7540:2010-05 Gemahlener (pulverisierter) Paprika (*Capsicum annuum L.*) – Spezifikation“, Beuth Verlag, Berlin, 2010.

7 Anhang

A.	Substanzen, Chemikalien, Laborbedarf und sonstige Materialien.....	226
	Anhang A-1: Verwendete Neutralisationsmittel zur sensorischen Analyse.....	226
	Anhang A-2: Verwendete Prüfmateriale zur sensorischen Analyse.....	226
	Anhang A-3: Verwendete Prüfmuster zur sensorischen Analyse.....	227
	Anhang A-4: Verwendete Chemikalien, Geräte und weitere Materialien zur Probenvorbereitung der gaschromatographischen Analyse....	231
	Anhang A-5: Fragebogen des gustatorischen Akzeptanztests.....	232
	Anhang A-6: Fragebogen des olfaktorischen Akzeptanztests.....	236
B.	Liste der sensorisch untersuchten Proben.....	237
	Anhang B-1: Marktproben und Projektproben.....	237
	Anhang B-2: Handelsproben.....	239
C.	Weiterführende Ergebnisse.....	240
	Anhang C-1: Instrumentell-analytische Ergebnisse des bolivianischen Sets A....	240
	Anhang C-2: Instrumentell-analytische Ergebnisse des peruanischen Sets B.....	242
	Anhang C-3: Instrumentell-analytische Ergebnisse des sensorischen Sets C.....	249
	Anhang C-4: Intensitätsmittelwerte der gustatorisch untersuchten Projektproben für die lineare Korrelation.....	250

A. Substanzen, Chemikalien, Laborbedarf und sonstige Materialien

Anhang A-1: Verwendete Neutralisationsmittel zur sensorischen Analyse

Folgende Lebensmittel und Lösungen wurden während des Paneltrainings und der Profilierung von Chili- und Paprikapulvern zur Neutralisation des Geruchs, Geschmacks und der Schärfe verwendet:

- Zitronensaftkonzentrat 98 % „Sizilia Express-Zitrone Plus“ 25 g/L Wasser (Sizilia Citrussäfte GmbH & Co. KG, Berlin)
- 1,2-Propylenglykol $\geq 99,5$ % FCC (Sigma-Aldrich GmbH, Taufkirchen)
- Wasser „Vitalisia still“ Urstromquelle-Wolfhagen (Netto Marken-Discount AG & Co. KG, Maxhütte-Haidhof)
- Knäckebrot „P. Heumann's Matzen“ (Aerzener Brot GmbH, Aerzen)
- Vollmilch "Gutes Land" haltbar, 3 % Fettanteil (Netto Marken-Discount AG & Co. KG, Maxhütte-Haidhof)

Anhang A-2: Verwendete Prüfmaterialien zur sensorischen Analyse

Abweichend von DIN 10956:2007-08 („Sensorische Untersuchungsgeräte – Universal-Prüfgläser und Deckel – Anforderungen und Anwendungshinweise“) wurde bei der Durchführung der Tests auf Glasmaterialien verzichtet, um eine leichtere Handhabung und Reinigung zu ermöglichen. Es wurden folgende geruchsfreie Einwegprodukte, vorwiegend aus Plastik, verwendet:

- Behälter Kova schwarz 6 cl, 50 × 50 × 45 mm (Erhard Rausch GmbH, Bad Breisig)
- Deckel klar - für Dressingbehälter 30 ml (Bunzl Verpackungen GmbH, Gelsenkirchen)
- Deckel transparent - für Dressingbehälter 75 ml (Bunzl Verpackungen GmbH, Gelsenkirchen)
- Deckel weiß für Dressingbehälter 30 ml (Bunzl Verpackungen GmbH, Gelsenkirchen)
- Dressingbehälter 30 ml klar (Bunzl Verpackungen GmbH, Gelsenkirchen)
- Dressingbehälter 30 ml weiß (Bunzl Verpackungen GmbH, Gelsenkirchen)
- Dressingbehälter 75 ml klar Polypropylen (Bunzl Verpackungen GmbH, Gelsenkirchen)
- Dressingbehälter weiß 100 ml (Bunzl Verpackungen GmbH, Gelsenkirchen)
- Eindrückstopfen neutral LD-PE - für 12 × 75 mm Röhrchen (Sarstedt AG & Co., Nümbrecht)
- Flavors and Fragrances test strips weiß 13 × 7,5 cm (Sigma-Aldrich GmbH, Taufkirchen)
- Kaffeelöffel 11,2 cm weiß (Bunzl Verpackungen GmbH, Gelsenkirchen)
- Kova Deckel transparent 6 cl, 50 × 50 mm (Erhard Rausch GmbH, Bad Breisig)
- Reagenzglasständer S-Monovette Rack D17 (Sarstedt AG & Co., Nümbrecht)
- Riechstreifen weiß (Silesia Gerhard Hanke GmbH & Co. KG, Neuss)
- Schnapsgläser 20 ml (Bunzl Verpackungen GmbH, Gelsenkirchen)
- Servietten 30 × 30 cm weiß (Bunzl Verpackungen GmbH, Gelsenkirchen)
- Tablett blau Polypropylen (Schum EuroShop GmbH & Co. KG, Dettelbach)
- Teller, Pappe "pure" eckig 8 cm x 21 cm weiß mit Anfasser (PAPSTAR GmbH, Kall)
- Trinkbecher Polypropylen 300 ml mit Eichstrich bei 0,3 L transparent (Bunzl Verpackungen GmbH, Gelsenkirchen)
- Zentrifugenröhrchen Polystyrol 5,0 ml 12 × 75 mm (Sarstedt AG & Co., Nümbrecht)

Anhang A-3: Verwendete Prüfmuster zur sensorischen Analyse

Im Rahmen der sensorischen Prüfungen wurde mit Prüfmustern der Kategorien wässrige Lösungen der Grundgeschmacksarten, standardisierte/nicht standardisierte Aromen und handelsübliche Lebensmittel gearbeitet.

a) **Wässrige Lösungen** zur Erzeugung der sauren (iii), bitteren (iv) Geschmacksarten wurden gemäß DIN 10961:1996-08 [80] angesetzt. Die süße (i), salzige (ii) und umami (v) Geschmacksart wurde nach Lit. [14] zubereitet. Hierfür wurden die folgenden Referenzsubstanzen/Lebensmittel verwendet:

- i. Raffinade Zucker (Ja!, REWE Markt GmbH, Köln)
- ii. Speisesalz (Ja!, REWE Markt GmbH, Köln)
- iii. Citronensäure Monohydrat p.a. 99,5-100,5 % (Merck KGaA, Darmstadt)
- iv. Coffein ReagentPlus ≥ 99 % für HPLC (Sigma-Aldrich GmbH, Taufkirchen)
- v. L-Glutaminsäure Mononatriumsalz Hydrat TLC ≥ 98 % (Sigma-Aldrich GmbH, Taufkirchen)

b) Als Schulungsaromen, Referenzbeispiele oder Referenzproben wurden **standardisierte Aromen** verwendet. Die Firma Silesia Gerhard Hanke GmbH & Co. KG (aus Neuss) stellte freundlicherweise die Stammlösung für folgende Aromastoffe kostenlos zur Verfügung. Die folgende Liste weist von links nach rechts den üblichen Deskriptor, den Name des Aromastoffes, die verwendeten Verdünnungen (v/v) und die interne Codierung auf.

- Anis, Lakritz: Anethol supra (0,1 %, 1 % in Ethanol, Nr. 60)
- Bittermandel, Marzipan: Benzaldehyd (1 % in 1,2-Propandiol, Nr. 70)
- Blumenerde: Borneol (0,1 %, 0,01 %, 1 % in 1,2-Propandiol, Nr. 6)
- Blumig: Linalool (0,1 %, 0,25 %, 0,5 %, 0,75 %, 1 % in 1,2-Propandiol, Nr. 22)
- Blumig, rosenartig, Geranium: Geraniumöl (0,1 %, 1 % in Ethanol, Nr. 21)
- Brühig: Sotolon (0,05 %, 0,0625 %, 0,125 %, 0,25 %, 5 % in 1,2-Propandiol, Nr. 11)
- Brühig: Liebstockblätteröl (0,25 %, 0,5 %, 0,75 %, 1 % in Ethanol, Nr. 48)
- Butter: Diacetyl (0,25 %, 0,5 %, 0,75 %, 1 % in 1,2-Propandiol, Nr. 34)
- Champignon: Oct-1-en-3-ol (0,005 %, 0,01 %, 0,05 %, 0,1 %, 0,5 % in 1,2-Propandiol, Nr. 34)
- Eisbonbon/Banane: iso-Amylacetat (0,1 %, 1 % in 1,2-Propandiol, Nr. 29)
- Eukalyptus: Eukalyptusöl (0,1 %, 0,5 %, 1 % in 1,2-Propandiol, Nr. 61)
- Fruchtig: Ethylbutyrat, Ethylbutanoat (0,5 %, 0,1 %, 1 % in 1,2-Propandiol, Nr. 25)
- Gewürznelke: Eugenol (1 % in 1,2-Propandiol, Nr. 62)
- Grüne Gurke: 2,6-Nonadienal (0,1 %, 0,25 %, 0,5 % in 1,2-Propandiol, Nr. 10)
- Grüne Paprika: 2-Methoxy-3-isobutylpyrazin (0,001 %, 0,1 % in 1,2-Propandiol, Nr. 12)
- Grün-fruchtig, grüne Bananenschale: cis-3-Hexenylacetat (0,05 %, 0,5 %, 1 % in 1,2-Propandiol, Nr. 8)
- Grün-grasig: 3-cis-Hexenol (0,1 %, 1 % in 1,2-Propandiol, Nr. 9)
- Karamellig: Furaneol (0,25%, 0,5 %, 1 %, 2 % in 1,2-Propandiol, Nr. 16)
- Karottig/holzlig: alpha-Pinen (0,01 %, 1 % in Ethanol, Nr. 30)
- Käsig, schweißig: Buttersäure (0,01 %, 0,1 %, 1 % in Ethanol, Nr. 37)
- Kokos: delta-Nonalacton (1 % in 1,2-Propandiol, Nr. 63)
- Mandarine: Mandarinöl (0,05 %, 0,75 %, 5 % in Ethanol, Nr. 64)
- Menthol, Pfefferminz: L-Menthol (0,5 %, 2 % in Ethanol, Nr. 65)

- Muffig (nussig, erdig): 2,3,5-Trimethylpyrazin (0,01 %, 0,025 %, 0,1 % in 1,2-Propandiol, Nr. 4)
- Muffig (pilzig, schwefelig): 2-Pentylthiophen (0,25 %, 0,5 % in 1,2-Propandiol, Nr. 2)
- Orange, fruchtig-saftig: Orangenöl Florida (0,1 %, 2,5 %, 5 %, 7,5 %, 10 % in Ethanol, Nr. 28)
- Rauch: Guajakol (0,0025 %, 0,0050 %, 0,05 %, 0,1 %, 0,25 %, 0,375 %, 0,5 % in 1,2-Propandiol, Nr. 38)
- Rose: Rosenöl-Grundstoff (0,1 %, 1 % in Ethanol, Nr. 66)
- Schwefelig: Thiomenthon (0,01 % in 1,2-Propandiol, Nr. 69)
- Schwefelig/Zwiebel: Allylpropyldisulfid (0,0025 %, 0,01 %, 0,01 % in Ethanol, Nr. 14)
- Vanille: Vanillin (0,25 %, 2 % in 1,2-Propandiol, Nr. 15)
- Veilchen: alpha-Ionon (0,05 %, 0,1 % in 1,2-Propandiol, Nr. 23)
- Zimt: Zimtaldehyd (5 % in 1,2-Propandiol, Nr. 67)
- Zitrone: Zitronenöl Melissa (1 %, 10 % in Ethanol, Nr. 24)

Zudem wurden folgende Aromastoffe der Firma Sigma-Aldrich GmbH für die sensorischen Prüfungen in den aufgeführten Lösungsansätzen (v/v) verwendet.

- Brühtig: Sotolon (4,5-dimethyl-3-hydroxy-2,5-dihydrofuran-2-on) 10 % wt. (0,05 %, 0,0625 %, 0,125 %, 0,25 %, 0,5 %, 5 % in 1,2-Propandiol, Nr. 11)
- Fettig: 2-Pentylpyridin ≥ 97 % (0,485 % in 1,2-Propandiol, Nr. 68)
- Frittierte Kartoffel: trans, trans-2,4-Decadienal FG Kosher (1 % in Ethanol, Nr. 35)
- Fruchtig: Ethyl-2-Methylbutyrat 99 % (0,1 %, 0,01 %, 1 % in Ethanol, Nr. 49)
- Fruchtig: Ethyl-butyrat ≥ 98 % FCC, FG (0,5 %, 0,1 %, 1 % in 1,2-Propandiol, Nr. 25)
- Fruchtig, fettig, Apfel: Ethyloctanoat ReagentPlus® ≥ 99 % (4,95 % in Ethanol, Nr. 42)
- Fruchtig, honigartig, Apfel: β -Damascenon ≥ 90 % GC (5 % in Ethanol, Nr. 40)
- Grün, Laub, fruchtig: trans-2-Hexenol ≥ 95 % FG (0,01 %, 0,495 %, 4,95 % in Ethanol, Nr. 44)
- Grün, talgig: Hexanal 98 % (4,9 % in Ethanol, Nr. 43)
- Holzig, Streichholz: 1,4-Dithiothreitol 99 % (0,5 % in Wasser, Nr. 31)
- Karamellig: Furaneol (4-Hydroxy-2,5dimethyl-3-(2H)-furanone) 98 % FG FCC (0,1 %, 0,2 %, 0,25 %, 0,5 %, 1 %, 2 %, 4 %, 5 %, 10 % in 1,2-Propandiol, Nr. 16)
- Karamellig, süß: Maltol ≥ 99 % FCC FG (85 % in Wasser, Nr. 18)
- Kartoffel: Methional (3-(Methylthio)-propionaldehyd) ≥ 97 % FG (0,00001 %, 0,001 %, 0,1 %, 1 % in 1,2-Propandiol, Nr. 36)
- Modrig, alt, erdig: 3-Octanon ≥ 98 % FG (0,85 % in Ethanol, Nr. 20)
- Muffig: 2,4,6-Trichloranisol 99 % (0,01 %, 1 % in Ethanol, Nr. 3)
- Muffig: Isoborneol > 95 % FCC (0,34 % in Ethanol, Nr. 45)
- Muffig, holzig: Myrcen 95 % (0,95 % in Ethanol, Nr. 1)
- Muffig-erdig: 3-Methoxy-2-isopropylpyrazin 97 % (0,001 %, 0,01 %, 0,0625 %, 0,125 %, 0,25 %, 0,5 %, 1 % in 1,2-Propandiol, Nr. 46)
- Rauchig-medizinisch: 4-Vinylguajakol ≥ 98 % (2,8 mg/ml in 1,2-Propandiol, Nr. 39)
- Süß, fruchtig, blumig: gamma-Dodecalacton ≥ 98 % FG (5 % in Ethanol, Nr. 41)

Es wurden auch folgende Aromen des Lieferanten 123Liquids.de (aus Nackenheim) den Prüfpersonen als Referenzen angeboten:

- Dunkles Schokoladen Aroma (Perfumers Apprentice, California-USA, Nr. 54)
- Gebrannte Mandeln Aroma (Perfumers Apprentice, California-USA, Nr. 56)
- Haselnuss Aroma (Perfumers Apprentice, California-USA, Nr. 58)
- Hot Spices Aroma (Inawera, Polen, Nr. 59)
- Jalapeño Aroma (Perfumers Apprentice, California-USA, Nr. 60)
- Kaffee Aroma (Inawera, Polen, Nr. 55)
- Rotwein Aroma (Nr. 61)
- Schwarzer Tee Aroma (Nr. 62)
- Weißwein Aroma (Nr. 57)
- Wintergreen/Teebeeren Aroma (Perfumers Apprentice, California-USA Nr. 63)

c) Zu den verwendeten **nicht standardisierten Aromen** gehören Gewürze (getrocknet und gemahlen), Lebensmittel, u. a.

Gewürze:

- Basilikum gerebelt (Carat/Netto Marken-Discount AG & Co. KG, Maxhütte-Haidhof)
- Cayennepfeffer gemahlen (Ostmann Gewürze GmbH, Dissen, Nr. 59)
- Chilischoten getrocknet, ganz (Ostmann Gewürze GmbH, Dissen)
- Curry gemahlen (Ostmann Gewürze GmbH, Dissen)
- Ingwer gemahlen (Ostmann Gewürze GmbH, Dissen)
- Knoblauch granuliert (Ostmann Gewürze GmbH, Dissen)
- Koriander gemahlen (Ostmann Gewürze GmbH, Dissen)
- Kümmel gemahlen (Ostmann Gewürze GmbH, Dissen)
- Kurkuma gemahlen (Ostmann Gewürze GmbH, Dissen)
- Muskatnuss gemahlen (Ostmann Gewürze GmbH, Dissen)
- Oregano gerebelt (Carat/Netto Marken-Discount AG & Co. KG, Maxhütte-Haidhof)
- Paprika, edelsüß gemahlen (Ostmann Gewürze GmbH, Dissen)
- Paprika edelsüß „93“ (Van Hees GmbH, Walluf,)
- Petersilie gerebelt (Netto Marken-Discount AG & Co. KG, Maxhütte-Haidhof)
- Rosenpaprika gemahlen (Ostmann Gewürze GmbH, Dissen)
- Rosmarin gemahlen (Ostmann Gewürze GmbH, Dissen)
- Schwarzer Pfeffer gemahlen (Ostmann Gewürze GmbH, Dissen)
- Thymian gerebelt (Ostmann Gewürze GmbH, Dissen)
- Weißer Pfeffer gemahlen (Ostmann Gewürze GmbH, Dissen)
- Zimt gemahlen (Ostmann Gewürze GmbH, Dissen)
- Zwiebel granuliert (Ostmann Gewürze GmbH, Dissen)

Lebensmittel und Pflanzen:

- Bergwiesenheu „100 %Heu fit+fun“ (Multifit Tiernahrung GmbH, USA, Nr. 32)
- Bio Paprika rot (agroasesores s.l., Spanien)
- Blumenerde „FloraSelf“ (Hornbach-Baumarkt-AG, Bornheim, Nr. 7)

- Edelbitter Schokolade, extra dunkel, Kakao: 81 % mindestens „Choco Edition“ (Netto Marken-Discount AG & Co. KG, Maxhütte-Haidhof)
- Früchtetee “Steppkes” nicht aromatisiert (Tee Gschwendner GmbH, Meckenheim)
- Gelbe Habaneros (akzenta GmbH & Co. KG, Wuppertal)
- Gewürznelke (Ostmann Gewürze GmbH, Dissen)
- Grüner Tee „Marani“ aromatisiert (TeeGschwendner GmbH, Meckenheim)
- Grün-Schwarztee „Arabische Nacht“ aromatisiert (TeeGschwendner GmbH, Meckenheim)
- Kaffee „Dallmayr“ (Alois Dallmayr KG, München)
- Kamillentee (TeeGschwendner GmbH, Meckenheim)
- Paprika edelsüß 100 Asta „87“ (Van Hees GmbH, Walluf, Nr. 13)
- Paprika grün “San Lucar” frisch (SanLucar Deutschland GmbH, Ettlingen)
- Paprika rot, “San Lucar” frisch (SanLucar Deutschland GmbH, Ettlingen)
- Pepperoncini „Feinkost Dittmann“ eingelegt, extra mild (Reichhold Feinkost GmbH, Taunusstein)
- Pepperoni rot - gefriergetrocknet und gemahlen im Arbeitskreis der Lebensmittelchemie (akzenta GmbH & Co. KG, Wuppertal)
- Pfefferminztee (TeeGschwendner GmbH, Meckenheim)
- Schwarzer Tee Darjeeling (TeeGschwendner GmbH, Meckenheim)
- Stroh (Nr. 33)
- Tafelessig aus Branntwein 5 % Säure „Venega“ (Netto Marken-Discount AG & Co. KG, Maxhütte-Haidhof)
- Vollmilchschokolade „Goutier Alpen“ mit mind. 30 % Kakao und mind. 18 % Milchbestandteile (Netto Marken-Discount AG & Co. KG, Maxhütte-Haidhof, Nr. 17)

Anhang A-4: Verwendete Chemikalien, Geräte und weitere Materialien zur Probenvorbereitung der gaschromatographischen Analyse

Standardsubstanzen und Lösungsmitteln:

- Bis(trimethylsilyl)trifluoacetamid/Trimethylchlorsilan (BSTFA/TMCS) 99:1 (Sigma-Aldrich GmbH, Taufkirchen)
- Citronensäure wasserfrei gepulvert reinst, 99,5 %-100,5 % (Merck KGaA, Darmstadt)
- DL-Äpfelsäure > 99 % (Fluka analytical, Sigma-Aldrich GmbH, Taufkirchen)
- D(-)-Arabinose \geq 98 % (Sigma-Aldrich GmbH, Taufkirchen)
- D(-)-Fructose > 99,5 % (Carl Roth GmbH & Co. KG, Karlsruhe)
- D(+)-Glucose wasserfrei, < 0,2 % (Merck KGaA, Darmstadt)
- Hydroxylamin-Hydrochlorid p.a \geq 99 % (Fluka analytical, Sigma-Aldrich GmbH, Taufkirchen)
- D(+)-Maltose Monohydrat Wasser 2-4 % (Fluka analytical, Sigma-Aldrich GmbH, Taufkirchen)
- Saccharose reinst (Merck KGaA, Darmstadt)
- L(+)-Weinsäure > 99,5 % (Carl Roth GmbH & Co. KG, Karlsruhe)
- Hexan (Sigma-Aldrich GmbH, Taufkirchen)
- Methanol HPLC-Grade (Acros Organics, Geel-Belgien)
- Pyridin wasserfrei, für Analyse (Acros Organics, Geel-Belgien)
- Reinstwasser MilliQ (Millipore GmbH, Schwalbach)

Elektronische Geräte:

- Elektronische Analysenwaage Typ 1702 (Sartorius AG, Göttingen)
- Kolbenhubpipetten 0,5-10 μ l, 20-200 μ l, 100-1000 μ l (Eppendorf AG, Hamburg)
- Magnet-Rühr- und Heizplatte Typ IKAMAG RCT (Janke & Kunkel GmbH, Staufen)
- Reinstwassersystem Milli-Q Gradient A 10 - System (Millipore GmbH, Schwalbach)
- Schüttler SM 25 Typ B Nr. 3956 (Edmund Bühler GmbH, Hechingen)
- Trockenschrank Typ T 12 (Heraeus Instruments GmbH, Hanau)
- Ultraschall SONOREX Typ RK 31 (Bandelin electronic GmbH & Co. KG, Berlin)
- Vortex-Mischer Vibrofix VF1 (Janke & Kunkel GmbH, Staufen)
- Zentrifuge Kryo Typ AS 4.7 Centrikon H-401 (Kontron Instruments, Milan-Italien)

Glasgeräte und sonstige Utensilien:

- Bechergläser 400 (VWR International GmbH, Darmstadt)
- Einmalspritzen 100 μ l, 1000 μ l (Carl Roth GmbH & Co. KG, Karlsruhe)
- Enzymtestpipette 1 ml (Brand GmbH & Co. KG, Wertheim)
- GC-Gewindeflaschen 1,5 ml N 9, Septen und Schraubkappen N 9 PP (Macherey-Nagel GmbH & Co. KG, Düren)
- Messkolben 10, 25, 50 ml (VWR International GmbH, Darmstadt)
- Messzylinder 10 ml (VWR International GmbH, Darmstadt)
- Zentrifugengläser 100 ml (Gebr. Rettberg GmbH, Göttingen)

Anhang A-5: Fragebogen des gustatorischen Akzeptanztests

Nr.:

Datum:

ALLGEMEINES

Bevor Sie mit der Verkostung anfangen, benötigen wir einige Informationen von Ihnen und Ihren Ess- und Kaufgewohnheiten. Bitte lesen Sie die Fragen sorgfältig. Kreuzen Sie bei jeder Frage die zutreffende Antwort an und lassen Sie keine Frage aus ☒.

1. Geschlecht: männlich weiblich
2. Alter: _____ Jahre
3. Beruf: Schüler Student Angestellter Andere:

4. Wie häufig verwenden Sie Chilis (gemeint sind Chilischoten, Chilipulver, Chilisoßen)?

- mehrmals pro Woche
 etwa einmal die Woche
 mehr als einmal im Monat, aber weniger als einmal die Woche
 etwa einmal im Monat
 seltener

5. Welche von den aufgeführten Chiliprodukten verwenden Sie am häufigsten? Einmal einkreuzen!

- (getrocknetes und gemahlenes) Chilipulver
 getrocknete Chilischote
 eingelegte Chilischote
 frische Chilischote
 Chilisoße
 keines

6. Auf einer Skala von 1 bis 5: Wie scharf mögen Sie essen? Einmal einkreuzen!

- 5 = sehr scharf
 4 = scharf
 3 = mittelscharf
 2 = wenig scharf
 1 = überhaupt nicht scharf

7. Sie kaufen zum wiederholten Mal ein CHILIPULVER. Das Produkt ist in einem guten Zustand, mit einer Angabe des Schärfegrades versehen und in einer transparenten Tüte verpackt. Welche Kriterien motivieren Sie, ein bestimmtes Chilipulver erneut zu kaufen (nach einem früheren ersten Gebrauch)?

Wenn sie nur eine Option wählen, kreuzen Sie sie an. Wenn Sie mehr als 1 Option wählen, ordnen Sie alle Kriterien nach abnehmender Priorität, indem Sie die Zahl von 1 bis 9 in die Kästchen schreiben (1 = sehr wichtig und 9 = überhaupt nicht wichtig). Bitte vergeben Sie keine Nummer doppelt.

- | | |
|------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Preis | <input type="checkbox"/> Herkunftsland |
| <input type="checkbox"/> Schärfe | <input type="checkbox"/> Bioprodukt |
| <input type="checkbox"/> Geruch | <input type="checkbox"/> FAIRTRADE Produkt |
| <input type="checkbox"/> Geschmack | <input type="checkbox"/> Ernährungsphysiologische Eigenschaften (Vitamin C, Antioxidantien, usw.) |
| <input type="checkbox"/> Farbe | <input type="checkbox"/> Weiß nicht/ keine Option trifft zu |

Anhang A-5: Fragebogen des gustatorischen Akzeptanztests (Fortsetzung 1)

Bitte erläutern Sie kurz Ihre Entscheidung. Nutzen Sie hierzu folgendes Textfeld:

8. Welche Eindrücke bezüglich Geruch und Geschmack (+ Schärfe) erhoffen Sie sich bzw. wünschen Sie sich beim Kauf eines CHILIPULVERS?

Geruch:

Geschmack (+ Schärfe):

9. Sie kaufen zum wiederholten Mal eine CHILISCHOTE. Das Produkt ist in einem guten Zustand, mit einer Angabe des Schärfegrades versehen und in einer transparenten Tüte verpackt. Welche Kriterien motivieren Sie eine bestimmte frische Chilischote erneut zu kaufen (nach einem früheren ersten Gebrauch)?

Wenn sie nur eine Option wählen, kreuzen Sie sie an. Wenn Sie mehr als 1 Option wählen, ordnen Sie alle Kriterien nach abnehmender Priorität, indem Sie die Zahl von 1 bis 10 in die Kästchen schreiben (1 = sehr wichtig und 10 = überhaupt nicht wichtig). Bitte vergeben Sie keine Nummer doppelt.

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Preis | <input type="checkbox"/> Herkunftsland |
| <input type="checkbox"/> Schärfe | <input type="checkbox"/> Bioprodukt |
| <input type="checkbox"/> Geruch | <input type="checkbox"/> FAIRTRADE Produkt |
| <input type="checkbox"/> Geschmack | <input type="checkbox"/> Ernährungsphysiologische Eigenschaften (Vitamin C, Antioxidantien, usw.) |
| <input type="checkbox"/> Farbe | <input type="checkbox"/> Weiß nicht/ keine Option trifft zu |
| <input type="checkbox"/> Fruchtgröße, -form | |

Bitte erläutern Sie kurz Ihre Entscheidung. Nutzen Sie hierzu folgendes Textfeld:

10. Welche Eindrücke bezüglich Geruch und Geschmack (+ Schärfe) erhoffen Sie sich bzw. wünschen Sie sich beim Kauf einer frischen CHILISCHOTE?

Geruch:

Geschmack (+ Schärfe):

Anhang A-5: Fragebogen des gustatorischen Akzeptanztests (Fortsetzung 2)

TEST - ANLEITUNG:

Bitte lesen Sie diese Anleitung sorgfältig durch bevor Sie mit dem Test anfangen!

- Vor Ihnen liegen 4 codierte Proben, die Sie in der vorgegebenen Reihenfolge (von links nach rechts) verkosten und beurteilen sollen. Die Probenmenge muss nicht aufgegessen werden. Sie dürfen auch das Pulver in den weißen Behälter spucken.
- Aufgaben:
 - a. Verkosten Sie die erste Probe.
 - b. Bewerten Sie anhand der unten stehenden Skala, wie Ihnen der Geschmack der jeweiligen Probe gefallen hat. Kreuzen Sie die passende Bewertung an .
 - c. Neutralisieren Sie die Schärfe mit Milch und anschließend mit Wasser und Knäckebrot.
 - d. Bitte geben Sie an, was Ihnen an dieser Probe gefällt und nicht gefällt bzgl. Geschmack und Schärfe. Benutzen Sie bitte Stichwörter und keine Sätze.
 - e. Dann fahren Sie mit der nächsten Probe fort. Folgen Sie den Schritten a – e.

Probe: _____

Prüffrage: **Wie gefällt Ihnen der Geschmack des Chilipulvers?**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
gefällt überhaupt nicht	gefällt gar nicht	gefällt nicht	gefällt wenig	weder noch	gefällt etwas	gefällt gut	gefällt sehr gut	gefällt extrem gut

Bitte erläutern Sie kurz Ihre Entscheidung. Nutzen Sie hierzu folgendes Textfeld:

Probe: _____

Prüffrage: **Wie gefällt Ihnen der Geschmack des Chilipulvers?**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
gefällt überhaupt nicht	gefällt gar nicht	gefällt nicht	gefällt wenig	weder noch	gefällt etwas	gefällt gut	gefällt sehr gut	gefällt extrem gut

Bitte erläutern Sie kurz Ihre Entscheidung. Nutzen Sie hierzu folgendes Textfeld:

Probe: _____

Prüffrage: **Wie gefällt Ihnen der Geschmack des Chilipulvers?**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
gefällt überhaupt nicht	gefällt gar nicht	gefällt nicht	gefällt wenig	weder noch	gefällt etwas	gefällt gut	gefällt sehr gut	gefällt extrem gut

Bitte erläutern Sie kurz Ihre Entscheidung. Nutzen Sie hierzu folgendes Textfeld:

Anhang A-5: Fragebogen des gustatorischen Akzeptanztests (Fortsetzung 3)

Probe: _____

Prüffrage: **Wie gefällt Ihnen der Geschmack des Chilipulvers?**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
gefällt überhaupt nicht	gefällt gar nicht	gefällt nicht	gefällt wenig	weder noch	gefällt etwas	gefällt gut	gefällt sehr gut	gefällt extrem gut

Bitte erläutern Sie kurz Ihre Entscheidung. Nutzen Sie hierzu folgendes Textfeld:

BELIEBTHEITSPRÜFUNG:

- Ohne die Proben erneut zu verkosten, erbitten wir noch eine letzte Bewertung. Einmal einkreuzen!

Prüffrage: Wenn Sie die Auswahl nur aus diesen 4 Proben treffen müssten, welches Pulver würden Sie kaufen?

156 211 320 401

Bitte erläutern Sie kurz Ihre Entscheidung. Nutzen Sie hierzu folgendes Textfeld:

Anhang A-6: Fragebogen des olfaktorischen Akzeptanztests

Datum:

Nr.:

- Geschlecht?
 - weiblich
 - männlich

- Zu welcher Altersgruppe gehören Sie?
 - 19-34
 - 35-50
 - 51-66

- Wie häufig verwenden Sie scharfe Chiliprodukte (frisch oder getrocknet, als Frucht oder Gewürz)?
 - mehrmals pro Woche ^(a)
 - mehr als einmal im Monat, aber weniger als jede Woche ^(b)
 - etwa einmal die Woche ^(c)
 - etwa einmal im Monat ^(d)
 - seltener ^(e)

Produktcode: _____

Riechen Sie jetzt an der Probe und beantworten sie dann die folgende Frage.

- **Wie gefällt Ihnen der Geruch des Chilipulvers?**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
gefällt überhaupt nicht	gefällt gar nicht	gefällt nicht	gefällt wenig	weder noch	gefällt etwas	gefällt gut	gefällt sehr gut	gefällt extrem gut

- Kommentare: Geben Sie bitte an, was Ihnen an dieser Probe gefällt oder nicht gefällt. Benutzen Sie bitte Stichwörter, keine Sätze.

gefällt	nicht gefällt

B. Liste der sensorisch untersuchten Proben

Anhang B-1: Marktproben und Projektproben

Die folgende Tabelle zeigt alle Marktproben (M1-M6) und Projektproben (P1-P31), die im Rahmen dieser Arbeit sensorisch untersucht wurden. Die mit * gekennzeichneten Proben wurden als „promising material“ seitens der Projektpartner betrachtet. Die verwendeten Profilierungsmethoden waren: Konventionelles Profil (M1-M6, P26, P28, P30, P31), Flash Profiling (M1, M3, M4) und Free Choice Profiling (P1-P31). Die aufgelisteten Gesamtcapsaicinoidgehalte wurden von Sven Meckelmann nach Literatur [22] bestimmt. Die Daten dienen als Richtwert für die Probenauswahl in der sensorischen Analyse und wurden für die Korrelation zwischen sensorischen und instrumentell-analytischen Werten verwendet.

Sensorik-Nr.	Set-Nr.	Land	Organisation	Akzessions-Nr.	Spezies	Sortenname	Gehalt an Capsaicinoiden [mg/100 g TG]
M1	1	Peru	INIA	M-Ají Mirasol	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	Ají Mirasol	5
M2	1	Peru	INIA	M-Ají Panca	<i>C. chinense</i>	Ají Panca	14
M3	1	Peru	INIA	M-2	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	Ají Amarillo	55
M4	-	Peru	INIA	M-ROCOTO.M	<i>C. pubescens</i>	Rocoto	185
M5	-	Peru	INIA	M-1	<i>C. chinense</i>	Ají Limo	372
M6	-	Peru	INIA	M-6 Ají Charapita	<i>C. chinense</i>	Ají Charapita	455
P1*	5	Bolivien	CIFP	319-1	<i>C. annuum</i>	Pimentón Colorado	0,0
P2*	5	Bolivien	CIFP	485	<i>C. annuum</i>	Keine Angabe	11,7
P3*	5	Bolivien	CIFP	637	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	Keine Angabe	0,7
P4*	5	Bolivien	PROINPA	108 (764)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	Ají Rojo	14,1
P5*	5	Bolivien	PROINPA	P1 (765)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	Plomadita Amarillo	4,2
P6*	5	Bolivien	PROINPA	P3 (769)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	Huacareteño Duraznal 2	3,7
P7*	5	Bolivien	PROINPA	P6 (772)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	Paprika	0,0
P8*	6	Bolivien	PROINPA	P9 (776)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	Cola de Ratón Amarillo	0,0
P9*	6	Bolivien	PROINPA	P10 (777)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	Huacareteño Naranja	0,0
P10*	6	Bolivien	PROINPA	P14 (785)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	Huacareteño Ancho Dulce Duraznal	1,3
P11*	6	Bolivien	PROINPA	3 (793)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	Asta de Buay Amarillo	6,8
P12*	6	Bolivien	PROINPA	P18 (794)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	Cola de Ratón Naranja	12,9

Anhang B-1: Marktproben und Projektproben (Fortsetzung)

Sensorik-Nr.	Set-Nr.	Land	Organisation	Akzessions-Nr.	Spezies	Sortenname	Gehalt an Capsaicinoiden [mg/100 g TG]
P13*	6	Bolivien	PROINPA	P19 (795)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	Punta de Lanza Rojo con antocianina	1,9
P14*	6	Bolivien	CIFP	339 A (885)	<i>C. baccatum</i> var. <i>baccatum</i>	Ají	32,8
P15*	7	Peru	INIA	PER006984 (43)	<i>C. chinense</i>	Keine Angabe	4,0
P16	7	Peru	CIDRA	AMS-AD	<i>C. chinense</i>	Ají dulce	4,9
P17	7	Peru	CIDRA	AMS-RC	<i>C. chinense</i>	Rocotito	0,4
P18*	7	Bolivien	PROINPA	268 (759)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	Ají Rojo	0,0
P19*	7	Bolivien	CIFP	543	<i>C. chinense</i>	Keine Angabe	0,3
P20*	8	Bolivien	CIFP	319-2	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	Pimentón Colorado	1,3
P21	8	Peru	INIA	PER006979 (038)	<i>C. chinense</i>	Keine Angabe	1,2
P22	8	Peru	INIA	PER017623 (133)	<i>C. annuum</i>	Keine Angabe	0,6
P23	8	Costa Rica	CATIE	CAT 009186	<i>C. annuum</i>	Keine Angabe	65,6
P24	8	Costa Rica	CATIE	CAT 009115	<i>C. annuum</i>	Keine Angabe	171,0
P25	8	Costa Rica	CATIE	CAT 009269	<i>C. annuum</i>	Keine Angabe	211,4
P26	9 + 9a	Bolivien	PROINPA	13 (773)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	Ancho dulce de Huacareta	29,0
P27	9	Bolivien	PROINPA	9 (767)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	Locotito Rojo	14,0
P28	9 + 9a	Bolivien	PROINPA	P8 (775)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	Ají Picante Rojo	7,8
P29	9	Peru	UNALM	153 (11)	<i>C. chinense</i>	Dulce	0,0
P30	9 + 9a	Peru	UNALM	85 (16)	<i>C. chinense</i>	Miscucho	12,3
P31	9 + 9a	Peru	UNALM	252 (24)	<i>C. chinense</i>	Panca	32,4

Anhang B-2: Handelsproben

Die folgende Tabelle zeigt alle Handelsproben (V1, S1-S8), die im Rahmen dieser Arbeit sensorisch untersucht wurden. Die verwendeten Profilierungsmethoden waren: Flash Profiling (V1) und Free Choice Profiling (S1-S8).

Sensorik-Nr.	Set-Nr.	Ursprung	Organisation	Sortenname	Spezies
V1	2	Import (n. b.)	Van Hees GmbH	Paprika edelsüß (Interne Nr. 93)	<i>C. annuum</i>
S1	3	Import (Spanien)	Schuhbeck Internet GmbH	Paprika grün	<i>C. annuum</i>
S2	3	Import (Spanien)	Schuhbeck Internet GmbH	Piment La Vera pikante, geräucherter Paprika	<i>C. annuum</i>
S3	3	Import (Spanien)	Schuhbeck Internet GmbH	Paprika ungarisch, edelsüß	<i>C. annuum</i>
S4	3	Import (n. b.)	Schuhbeck Internet GmbH	Paprika scharf	<i>C. annuum</i>
S5	4	Import (n. b.)	Schuhbeck Internet GmbH	Chili gemahlen (Cayennepfeffer)	<i>C. annuum</i>
S6	4	Import (Mexiko)	Schuhbeck Internet GmbH	Chili Chipotle	<i>C. annuum</i>
S7	4	Import (n. b.)	Schuhbeck Internet GmbH	Chili Guajillo	<i>C. annuum</i>
S8	4	Import (Mexiko)	Schuhbeck Internet GmbH	Chili Habanero	<i>C. chinense</i>

n. b. = nicht bekannt

C. Weiterführende Ergebnisse

Anhang C-1: Instrumentell-analytische Ergebnisse des bolivianischen Sets A

Die folgende Tabelle zeigt die mittels GC-FID ermittelten Zucker- und Säuregehalte von bolivianischen *Capsicum*-Proben (Set A), sortiert nach aufsteigendem Gesamtzuckergehalt. Die aufgeführten Mittelwerte wurden aus den Gehalten einer zweifachen Bestimmung berechnet. Der Gesamtzuckergehalt entspricht der Summe aus Fructose, Glucose und Saccharose in g pro 100 g Trockengewicht (TG). Der Gesamtsäuregehalt entspricht den summierten Gehalten an Citronensäure und Äpfelsäure in g/100 g Trockengewicht.

Akzessions-Nr.	Spezies	Organisation	Fructose [g/100 g TG]	Glucose [g/100 g TG]	Saccharose [g/100 g TG]	Gesamt- zucker [g/100 g TG]	Citronen- säure [g/100 g TG]	Äpfel- säure [g/100 g TG]	Gesamt- säure [g/100 g TG]
Proinpa 31	<i>C. baccatum</i> var. <i>baccatum</i>	CIFP	0,90	0,74	0,01	1,64	2,75	0,35	3,10
384	<i>C. baccatum</i> var. <i>baccatum</i>	CIFP	1,02	0,57	0,66	2,24	2,23	0,21	2,44
Proinpa 35	<i>C. eximium</i>	CIFP	1,63	0,65	0,40	2,68	3,31	0,64	3,95
MA 1631	<i>C. baccatum</i> var. <i>baccatum</i>	CIFP	2,10	1,48	0,53	4,11	1,52	0,04	1,56
Proinpa 34	<i>C. eximium</i>	CIFP	3,64	1,44	0,10	5,17	3,14	0,57	3,71
MA 1664	<i>C. baccatum</i> var. <i>baccatum</i>	CIFP	3,26	3,52	0,84	7,62	4,13	0,47	4,60
MA 1628	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	CIFP	3,17	2,70	1,98	7,85	1,80	0,32	2,12
339 A	<i>C. baccatum</i> var. <i>baccatum</i>	CIFP	4,88	1,96	1,22	8,06	2,34	0,66	3,00
542	<i>C. chinense</i>	CIFP	5,07	2,11	1,43	8,61	1,76	0,83	2,59
517	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	CIFP	3,88	2,47	2,38	8,73	3,34	0,41	3,75
321	<i>C. chinense</i>	CIFP	4,20	2,12	2,72	9,04	2,27	1,02	3,28
Nueva Colecta	<i>C. eximium</i>	CIFP	5,59	3,36	0,21	9,16	3,87	0,35	4,23
162	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	CIFP	5,40	2,38	2,47	10,25	1,49	0,53	2,02
109 R	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	CIFP	4,15	3,14	3,75	11,05	2,54	0,73	3,27
T.M.	<i>C. pubescens</i>	CIFP	6,06	1,93	4,76	12,75	1,81	0,67	2,47
543	<i>C. chinense</i>	CIFP	5,89	6,39	1,75	14,03	2,87	0,52	3,39
108	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	PROINPA	9,16	4,06	1,68	14,89	2,49	0,68	3,17

Anhang C-1: Set A (Fortsetzung)

Akzessions-Nr.	Taxonomie	Organisation	Fructose [g/100 g TG]	Glucose [g/100 g TG]	Saccharose [g/100 g TG]	Gesamt- zucker [g/100 g TG]	Citronen- säure [g/100 g TG]	Äpfel- säure [g/100 g TG]	Gesamt- säure [g/100 g TG]
P1	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	PROINPA	9,38	4,87	1,09	15,34	2,27	0,48	2,74
268	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	PROINPA	10,55	4,12	0,71	15,39	1,81	0,35	2,16
253	<i>Capsicum</i> spp.	PROINPA	10,19	3,68	1,52	15,39	3,06	0,63	3,69
637	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	CIFP	6,81	6,87	1,97	15,65	2,75	0,48	3,23
86	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	PROINPA	9,40	4,15	2,76	16,32	2,66	0,55	3,21
S	<i>C. pubescens</i>	CIFP	10,45	3,94	2,78	17,17	2,08	0,41	2,49
P9	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	PROINPA	10,76	5,82	1,46	18,04	2,14	0,71	2,85
320	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	CIFP	8,95	8,84	1,98	19,76	2,94	0,87	3,81
9	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	PROINPA	11,92	7,07	1,28	20,27	3,10	0,52	3,62
P10	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	PROINPA	13,19	5,08	2,85	21,12	2,72	0,29	3,02
485	<i>C. annuum</i>	CIFP	10,65	9,65	1,87	22,17	3,14	0,47	3,61
P3	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	PROINPA	12,68	7,31	2,67	22,65	0,59	2,14	2,73
P6	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	PROINPA	14,14	7,55	1,28	22,97	3,01	0,33	3,33
582	<i>C. chinense</i>	CIFP	14,48	6,60	2,18	23,26	1,70	0,82	2,52
P18	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	PROINPA	13,02	8,66	2,15	23,83	2,79	0,38	3,17
3	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	PROINPA	14,12	8,37	1,62	24,11	1,95	0,70	2,64
P8	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	PROINPA	15,38	7,94	2,17	25,49	3,15	0,54	3,68
341	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	CIFP	12,16	6,50	7,00	25,66	1,92	1,65	3,57
P19	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	PROINPA	15,10	9,06	2,73	26,89	2,60	0,77	3,37
13	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	PROINPA	16,07	10,39	1,60	28,06	2,04	0,52	2,56
319-2	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	CIFP	16,01	9,50	3,19	28,71	3,25	0,76	4,01
319-1	<i>C. annuum</i>	CIFP	17,81	9,24	2,94	29,99	3,50	0,71	4,21
P14	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	PROINPA	18,17	11,75	1,34	31,25	2,28	0,41	2,69

Anhang C-2: Instrumentell-analytische Ergebnisse des peruanischen Sets B

Die folgende Tabelle zeigt die mittels GC-FID ermittelten Zucker- und Säuregehalte von peruanischen *Capsicum*-Proben (Set A), sortiert nach aufsteigendem Gesamtzuckergehalt. Die aufgeführten Mittelwerte wurden aus den Gehalten einer zweifachen Bestimmung berechnet. Der Gesamtzuckergehalt entspricht der Summe aus Fructose, Glucose und Saccharose in g pro 100 g Trockengewicht (TG). Der Gesamtsäuregehalt entspricht den summierten Gehalten an Citronensäure und Äpfelsäure in g/100 g Trockengewicht.

Akzessions-Nr.	Spezies	Organisation	Fructose [g/100 g TG]	Glucose [g/100 g TG]	Saccharose [g/100 g TG]	Gesamt- zucker [g/100 g TG]	Citronen- säure [g/100 g TG]	Äpfel- säure [g/100 g TG]	Gesamt- säure [g/100 g TG]
PER017682	<i>C. chinense</i>	INIA	1,40	0,79	0,14	2,34	0,73	0,07	0,80
PER017654	<i>C. annuum</i>	INIA	1,46	1,57	0,01	3,03	0,38	0,22	0,60
PER006984	<i>C. chinense</i>	INIA	2,12	0,79	0,39	3,30	0,45	0,29	0,74
PER006995	<i>C. chinense</i>	INIA	3,64	0,67	0,13	4,45	1,93	1,12	3,05
PER006952	<i>C. chinense</i>	INIA	3,62	1,62	0,00	5,24	3,48	1,63	5,11
175	<i>C. chinense</i>	UNALM	3,35	1,17	0,73	5,25	4,53	4,25	8,78
PER007023	<i>C. chinense</i>	INIA	3,47	1,64	0,21	5,32	3,40	0,28	3,67
PER006958	<i>C. chinense</i>	INIA	4,31	1,62	0,00	5,93	2,67	1,36	4,03
SIT-PM	<i>C. frutescens</i>	CIDRA	3,76	1,97	1,06	6,78	0,92	2,36	3,29
PER017707	<i>C. chinense</i>	INIA	6,55	0,90	0,43	7,88	2,96	2,16	5,12
PER017668	<i>C. annuum</i>	INIA	5,42	2,01	0,54	7,98	4,65	0,36	5,01
PER017826	<i>C. annuum</i>	INIA	5,24	2,39	0,60	8,23	3,27	0,58	3,86
PER017675	<i>C. annuum</i>	INIA	5,53	1,89	0,85	8,27	2,60	0,26	2,87
PER017672	<i>C. baccatum</i>	INIA	5,64	2,06	0,68	8,38	5,80	0,88	6,68
PER017633	<i>C. annuum</i>	INIA	5,14	2,73	0,54	8,41	4,64	0,54	5,18
PER006988	<i>C. chinense</i>	INIA	5,66	2,53	0,29	8,48	2,18	1,87	4,05
PER017664	<i>C. annuum</i>	INIA	5,84	2,77	0,54	9,15	4,60	0,84	5,44
EHA-CHAR	<i>C. chinense</i>	CIDRA	6,69	2,06	0,52	9,27	1,56	1,17	2,73
AMS-CHI	<i>C. frutescens</i>	CIDRA	7,21	2,53	0,23	9,97	0,24	2,07	2,31
PER006957	<i>C. chinense</i>	INIA	6,94	2,79	0,49	10,22	2,37	0,81	3,18

Anhang C-2: Set B (Fortsetzung 1)

Akzessions-Nr.	Spezies	Organisation	Fructose [g/100 g TG]	Glucose [g/100 g TG]	Saccharose [g/100 g TG]	Gesamt- zucker [g/100 g TG]	Citronen- säure [g/100 g TG]	Äpfel- säure [g/100 g TG]	Gesamt- säure [g/100 g TG]
3	<i>C. annuum</i>	UNALM	8,31	1,87	0,31	10,49	4,18	0,79	4,97
AMS-NN-4	<i>C. chinense</i>	CIDRA	7,18	2,94	0,59	10,71	1,40	1,82	3,23
PER017784	<i>C. chinense</i>	INIA	7,23	3,53	0,14	10,90	1,99	1,06	3,05
PER017787	<i>C. chinense</i>	INIA	7,46	3,20	0,32	10,99	2,44	1,72	4,16
LPI-PUC	<i>C. chinense</i>	CIDRA	7,29	3,30	0,59	11,18	0,58	1,75	2,33
AMS-CHAA	<i>C. chinense</i>	CIDRA	7,08	3,70	0,44	11,22	2,16	1,98	4,14
PER017635	<i>C. annuum</i>	INIA	7,20	3,37	0,70	11,28	4,94	0,33	5,27
PER017665	<i>C. annuum</i>	INIA	7,55	3,50	0,40	11,45	5,08	0,51	5,60
187	<i>C. chinense</i>	UNALM	9,38	2,59	0,00	11,97	4,84	2,33	7,17
PER007013	<i>C. chinense</i>	INIA	8,00	3,58	0,49	12,07	4,34	2,65	6,99
72	<i>C. baccatum</i>	UNALM	7,82	4,45	0,02	12,28	1,74	1,11	2,85
PER007008	<i>C. chinense</i>	INIA	7,95	4,18	0,49	12,62	1,36	1,51	2,86
LPI-CHAA	<i>C. chinense</i>	CIDRA	9,14	3,81	0,00	12,95	4,09	2,31	6,40
PER007025	<i>C. chinense</i>	INIA	8,87	4,14	0,00	13,01	3,22	0,24	3,46
PER06963	<i>C. baccatum</i>	INIA	9,80	3,22	0,00	13,02	6,18	1,47	7,65
PER007004	<i>C. chinense</i>	INIA	7,45	4,61	0,97	13,03	2,61	2,56	5,17
PER006951	<i>C. baccatum</i>	INIA	2,61	4,14	6,29	13,03	2,07	1,33	3,40
PER006991	<i>C. chinense</i>	INIA	9,49	3,61	0,17	13,28	1,43	0,63	2,05
252	<i>C. chinense</i>	UNALM	10,74	2,22	0,56	13,51	8,12	1,09	9,20
PER007046	<i>C. chinense</i>	INIA	7,89	5,77	0,00	13,66	3,79	1,35	5,14
157	<i>C. baccatum</i>	UNALM	9,96	3,69	0,12	13,77	3,61	0,39	4,00
PER017653	<i>C. annuum</i>	INIA	8,40	5,00	0,45	13,85	4,28	0,56	4,84
4	<i>C. annuum</i>	UNALM	10,07	4,03	0,28	14,38	3,58	0,61	4,19

Anhang C-2: Set B (Fortsetzung 2)

Akzessions-Nr.	Spezies	Organisation	Fructose [g/100 g TG]	Glucose [g/100 g TG]	Saccharose [g/100 g TG]	Gesamt- zucker [g/100 g TG]	Citronen- säure [g/100 g TG]	Äpfel- säure [g/100 g TG]	Gesamt- säure [g/100 g TG]
PER017728	<i>C. frutescens</i>	INIA	9,65	4,77	0,10	14,51	2,17	0,46	2,63
PER017698	<i>C. chinense</i>	INIA	10,19	4,39	0,08	14,65	3,03	1,02	4,05
PER007005	<i>C. chinense</i>	INIA	9,32	5,12	0,22	14,66	2,04	0,65	2,69
PER006942	<i>C. chinense</i>	INIA	10,76	3,72	0,30	14,78	2,28	1,52	3,80
LPI-CHAR	<i>C. chinense</i>	CIDRA	10,55	3,86	0,54	14,94	2,77	1,63	4,40
5	<i>C. baccatum</i>	UNALM	9,67	4,12	1,25	15,05	4,41	1,47	5,88
PER006990	<i>C. chinense</i>	INIA	9,68	5,16	0,21	15,06	1,63	1,06	2,69
PER007044	<i>C. baccatum</i>	INIA	8,53	4,62	2,00	15,14	2,67	1,85	4,52
EHA-UU	<i>C. chinense</i>	CIDRA	9,23	5,35	0,56	15,14	1,58	0,81	2,39
PER017738	<i>C. baccatum</i>	INIA	8,95	5,80	0,60	15,35	2,77	1,40	4,17
AMS-NN-1	<i>C. chinense</i>	CIDRA	9,57	5,31	0,72	15,60	1,66	2,47	4,13
PER007020	<i>C. frutescens</i>	INIA	9,91	5,83	0,00	15,74	3,01	0,63	3,64
PER07026	<i>C. baccatum</i>	INIA	11,27	4,58	0,00	15,85	6,08	1,60	7,68
69	<i>C. chinense</i>	UNALM	12,28	2,99	0,78	16,05	6,54	0,67	7,21
60	<i>C. chinense</i>	UNALM	11,42	3,86	0,92	16,20	5,43	1,67	7,10
42	<i>C. baccatum</i>	UNALM	10,29	5,26	0,65	16,21	2,75	0,79	3,54
LPI-TROA	<i>C. chinense</i>	CIDRA	11,13	5,07	0,21	16,41	1,91	1,19	3,10
PER017660	<i>C. annuum</i>	INIA	10,71	5,14	0,68	16,54	2,77	0,32	3,10
PER006948	<i>C. baccatum</i>	INIA	10,51	5,79	0,29	16,59	5,34	2,44	7,78
PER017667	<i>C. annuum</i>	INIA	10,70	5,89	0,38	16,96	3,74	0,39	4,13
5	<i>C. baccatum</i>	UNALM	9,94	6,94	0,12	16,99	2,77	0,67	3,43
113	<i>C. chinense</i>	UNALM	9,48	5,81	1,91	17,20	1,34	3,30	4,64
2	<i>C. baccatum</i>	UNALM	11,28	5,54	0,41	17,22	5,66	1,46	7,12

Anhang C-2: Set B (Fortsetzung 3)

Akzessions-Nr.	Spezies	Organisation	Fructose [g/100 g TG]	Glucose [g/100 g TG]	Saccharose [g/100 g TG]	Gesamt- zucker [g/100 g TG]	Citronen- säure [g/100 g TG]	Äpfel- säure [g/100 g TG]	Gesamt- säure [g/100 g TG]
AMS-M	<i>C. frutescens</i>	CIDRA	11,87	5,55	0,28	17,70	1,84	0,70	2,54
PER017692	<i>C. baccatum</i>	INIA	10,03	5,33	2,39	17,75	2,72	0,71	3,43
238	<i>C. chinense</i>	UNALM	13,01	4,56	0,18	17,76	2,87	0,61	3,49
222	<i>C. chinense</i>	UNALM	15,14	2,65	0,00	17,79	5,07	1,42	6,49
PER017833	<i>C. baccatum</i>	INIA	12,02	4,62	1,33	17,98	8,34	1,45	9,79
PER017732	<i>C. chinense</i>	INIA	14,12	3,93	0,00	18,05	2,09	1,50	3,59
6	<i>C. chinense</i>	UNALM	14,28	3,28	0,49	18,05	6,45	1,41	7,86
PER017701	<i>C. baccatum</i>	INIA	10,98	5,81	1,75	18,55	4,51	1,00	5,50
PER06959	<i>C. chinense</i>	INIA	14,82	3,88	0,31	19,01	4,67	1,29	5,96
PER017711	<i>C. chinense</i>	INIA	12,77	6,19	0,08	19,04	4,03	1,83	5,85
123	<i>C. chinense</i>	UNALM	14,51	4,68	0,06	19,24	1,07	2,55	3,62
202	<i>C. chinense</i>	UNALM	15,45	3,63	0,49	19,57	6,00	1,34	7,34
153	<i>C. chinense</i>	UNALM	16,16	4,06	0,10	20,32	4,72	1,70	6,42
LPI-NN-3	<i>C. chinense</i>	CIDRA	12,18	7,45	0,85	20,48	3,12	2,36	5,48
LPI-A	<i>C. baccatum</i>	CIDRA	11,64	5,64	3,29	20,57	5,19	0,58	5,76
PER017661	<i>C. baccatum</i>	INIA	12,27	8,57	0,47	21,31	2,39	1,00	3,38
202	<i>C. chinense</i>	UNALM	18,93	1,54	0,85	21,32	2,59	0,48	3,07
88	<i>C. chinense</i>	UNALM	17,52	2,40	1,42	21,34	1,89	0,38	2,27
85	<i>C. chinense</i>	UNALM	16,47	3,27	1,62	21,36	4,34	0,46	4,79
10	<i>C. chinense</i>	UNALM	12,73	6,94	1,83	21,50	3,90	0,57	4,47
69	<i>C. chinense</i>	UNALM	15,53	5,14	0,84	21,51	2,91	0,46	3,37
42	<i>C. baccatum</i>	UNALM	15,17	6,34	0,52	22,04	7,46	1,10	8,56
LCC-TROR	<i>C. chinense</i>	CIDRA	15,61	5,07	1,36	22,04	2,57	0,95	3,51

Anhang C-2: Set B (Fortsetzung 4)

Akzessions-Nr.	Spezies	Organisation	Fructose [g/100 g TG]	Glucose [g/100 g TG]	Saccharose [g/100 g TG]	Gesamt- zucker [g/100 g TG]	Citronen- säure [g/100 g TG]	Äpfel- säure [g/100 g TG]	Gesamt- säure [g/100 g TG]
75	<i>C. chinense</i>	UNALM	14,85	6,21	1,18	22,24	2,46	0,58	3,04
LCC-CHALL	<i>C. baccatum</i>	CIDRA	13,79	7,42	1,14	22,35	4,26	0,75	5,01
PER017679	<i>C. baccatum</i>	INIA	15,50	6,67	0,18	22,35	4,69	2,41	7,10
8	<i>C. chinense</i>	UNALM	15,87	5,97	0,58	22,41	4,92	1,41	6,33
PER017662	<i>C. annuum</i>	INIA	15,20	6,94	0,28	22,43	5,35	0,74	6,09
201	<i>C. baccatum</i>	UNALM	15,66	6,26	1,04	22,97	2,72	0,49	3,20
157	<i>C. chinense</i>	UNALM	15,30	7,58	0,42	23,30	4,27	0,86	5,13
PER007009	<i>C. chinense</i>	INIA	13,31	9,96	0,26	23,53	2,39	1,05	3,44
PER017710	<i>C. chinense</i>	INIA	15,44	8,33	0,23	24,00	2,15	1,07	3,22
PER007026	<i>C. baccatum</i>	INIA	14,36	9,91	0,09	24,36	5,00	0,91	5,90
PER017621	<i>C. baccatum</i>	INIA	15,45	8,82	0,28	24,55	4,00	0,91	4,91
7	<i>C. chinense</i>	UNALM	18,81	5,16	0,68	24,66	4,62	1,00	5,62
PER017849	<i>C. baccatum</i>	INIA	14,88	9,33	0,47	24,69	3,21	0,77	3,98
PER006954	<i>C. baccatum</i>	INIA	15,37	8,98	0,50	24,85	7,17	1,08	8,25
PER007040	<i>C. chinense</i>	INIA	16,16	9,54	0,14	25,84	2,35	0,94	3,30
EHA-CA	<i>C. chinense</i>	CIDRA	16,63	8,81	0,57	26,01	3,16	1,86	5,02
PER007035	<i>C. chinense</i>	INIA	16,80	9,29	0,00	26,09	1,55	4,99	6,54
PER017661	<i>C. baccatum</i>	INIA	16,97	5,58	3,56	26,11	4,72	3,26	7,97
AMS-RC	<i>C. chinense</i>	CIDRA	18,02	6,98	1,13	26,13	2,82	0,88	3,69
PER007021	<i>C. chinense</i>	INIA	15,94	10,44	0,00	26,39	6,06	1,35	7,41
AMS-CR	<i>C. chinense</i>	CIDRA	15,80	10,09	0,91	26,80	2,57	2,67	5,24
PER017875	<i>C. baccatum</i>	INIA	17,67	6,60	2,65	26,92	4,77	1,46	6,23
PER017683	<i>C. baccatum</i>	INIA	18,85	7,81	0,27	26,93	5,54	0,83	6,38

Anhang C-2: Set B (Fortsetzung 5)

Akzessions-Nr.	Spezies	Organisation	Fructose [g/100 g TG]	Glucose [g/100 g TG]	Saccharose [g/100 g TG]	Gesamt- zucker [g/100 g TG]	Citronen- säure [g/100 g TG]	Äpfel- säure [g/100 g TG]	Gesamt- säure [g/100 g TG]
132	<i>C. chinense</i>	UNALM	18,99	7,75	0,53	27,27	2,56	0,63	3,18
PER017610	<i>C. baccatum</i>	INIA	16,32	10,66	0,39	27,37	2,73	0,97	3,69
44	<i>C. chinense</i>	UNALM	19,33	8,09	0,00	27,42	7,57	1,37	8,94
PER017608	<i>C. baccatum</i>	INIA	16,49	10,96	0,00	27,46	3,50	1,29	4,79
PER006964	<i>C. baccatum</i>	INIA	16,57	10,67	0,32	27,56	3,68	0,84	4,52
PER017893	<i>C. baccatum</i>	INIA	16,16	11,09	0,40	27,65	3,05	1,26	4,31
PER006965	<i>C. chinense</i>	INIA	18,43	9,53	0,18	28,13	2,77	2,85	5,63
132	<i>C. chinense</i>	UNALM	20,14	8,41	0,23	28,78	3,35	0,57	3,92
PER017618	<i>C. baccatum</i>	INIA	19,34	9,28	0,31	28,93	4,75	1,14	5,88
200	<i>C. chinense</i>	UNALM	17,93	10,73	0,32	28,98	5,73	1,58	7,31
PER017725	<i>na</i>	INIA	21,25	8,08	0,32	29,65	1,67	1,43	3,10
PER017671	<i>C. annuum</i>	INIA	19,00	10,20	0,59	29,79	3,32	1,45	4,77
AMS-AD	<i>C. chinense</i>	CIDRA	18,69	10,47	0,75	29,90	2,09	1,20	3,28
PER017736	<i>C. chinense</i>	INIA	19,63	10,35	0,02	30,00	2,59	1,55	4,13
PER017605	<i>C. baccatum</i>	INIA	18,40	10,99	0,83	30,22	3,89	1,40	5,29
PER006992	<i>C. chinense</i>	INIA	16,93	8,33	5,01	30,27	2,42	1,26	3,68
PER017626	<i>C. annuum</i>	INIA	21,18	8,20	1,10	30,48	3,70	0,85	4,55
PER017705	<i>C. chinense</i>	INIA	21,88	9,10	0,17	31,15	2,32	0,81	3,13
PER006959	<i>C. chinense</i>	INIA	18,47	12,23	0,65	31,35	3,89	0,93	4,82
85	<i>C. chinense</i>	UNALM	22,00	8,97	0,79	31,75	2,18	0,62	2,80
PER006985	<i>C. chinense</i>	INIA	19,33	12,72	0,00	32,05	4,65	3,10	7,75
PER017721	<i>C. chinense</i>	INIA	23,87	7,72	0,50	32,09	4,30	1,40	5,70
PER017712	<i>C. chinense</i>	INIA	23,19	9,34	0,00	32,53	3,39	1,79	5,17

Anhang C-2: Set B (Fortsetzung 6)

Akzessions-Nr.	Spezies	Organisation	Fructose [g/100 g TG]	Glucose [g/100 g TG]	Saccharose [g/100 g TG]	Gesamt- zucker [g/100 g TG]	Citronen- säure [g/100 g TG]	Äpfel- säure [g/100 g TG]	Gesamt- säure [g/100 g TG]
PER017648	<i>C. baccatum</i>	INIA	20,34	12,03	0,36	32,73	4,45	1,63	6,08
PER006979	<i>C. chinense</i>	INIA	22,97	9,57	0,33	32,87	3,24	1,76	5,00
PER017708	<i>C. chinense</i>	INIA	22,23	10,68	0,20	33,11	3,68	2,09	5,76
PER017908	<i>C. annuum</i>	INIA	24,65	9,03	1,28	34,97	2,26	0,46	2,72
PER017601	<i>C. baccatum</i>	INIA	20,66	14,24	0,52	35,42	3,58	1,27	4,85
153	<i>C. chinense</i>	UNALM	23,11	13,03	0,06	36,20	2,56	1,52	4,08
PER017625	<i>C. baccatum</i>	INIA	23,12	13,95	0,24	37,32	2,30	0,89	3,20
PER017719	<i>C. chinense</i>	INIA	27,99	11,31	0,05	39,35	3,17	1,94	5,11
PER017691	<i>C. chinense</i>	INIA	25,22	14,33	0,00	39,54	3,20	0,70	3,91
PER017910	<i>C. annuum</i>	INIA	26,18	13,52	0,00	39,70	2,24	0,39	2,63
PER017623	<i>C. annuum</i>	INIA	27,84	14,88	0,02	42,74	2,13	0,44	2,57
PER017704	<i>C. chinense</i>	INIA	31,00	12,46	0,00	43,46	3,36	1,32	4,67
PER017735	<i>C. chinense</i>	INIA	32,84	11,43	0,03	44,29	2,15	0,93	3,08
PER017699	<i>C. chinense</i>	INIA	33,59	11,18	0,04	44,81	4,07	0,78	4,85
PER017612	<i>C. annuum</i>	INIA	28,34	17,83	0,00	46,17	1,49	0,41	1,90
PER017909	<i>C. annuum</i>	INIA	30,20	16,16	0,00	46,36	2,47	0,50	2,97

Anhang C-3: Instrumentell-analytische Ergebnisse des sensorischen Sets C

Die folgende Tabelle zeigt die mittels GC-FID ermittelten Zucker- und Säuregehalte von den *Capsicum*-Proben, die im Rahmen dieser Arbeit sowohl instrumentell-analytisch als auch sensorisch bzw. gustatorisch untersucht wurden (Set C), aber nicht in den anderen Sets (A und B) aufgeführt wurden. Zum Set C gehören Marktproben (M1-M3), Handelsproben (S1-S4) und mexikanische Proben der Organisation CATIE (P23-P24). Die aufgeführten Mittelwerte wurden aus den Gehalten einer zweifachen Bestimmung berechnet. Der Gesamtzuckergehalt entspricht der Summe aus Fructose, Glucose und Saccharose in g pro 100 g Trockengewicht (TG). Der Gesamtsäuregehalt entspricht den summierten Gehalten an Citronensäure und Äpfelsäure in g/100 g Trockengewicht.

Sensorik-Nr. (Probenset-Nr.)/ Akzessions-Nr.	Spezies	Organisation	Fructose [g/100 g TG]	Glucose [g/100 g TG]	Saccharose [g/100 g TG]	Gesamt- zucker [g/100 g TG]	Citronen- säure [g/100 g TG]	Äpfel- säure [g/100 g TG]	Gesamt- säure [g/100 g TG]
M1 (Set 1)/ M-Ají Mirasol(Sensorik)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	INIA	19,15	14,24	1,45	34,84	4,20	1,59	5,78
M2 (Set 1)/ M-Ají Panca(Sensorik)	<i>C. chinense</i>	INIA	19,40	5,25	0,67	25,32	7,95	0,20	8,15
M3 (Set 1)/M-2 (Sensorik)	<i>C. baccatum</i> var. <i>pendulum</i>	INIA	8,48	5,79	0,70	14,97	1,96	0,24	2,20
S1 (Set 3)	<i>C. annuum</i>	Schuhbecks Gewürze	16,84	11,50	2,67	31,01	1,26	1,30	2,55
S2 (Set 3)	<i>C. annuum</i>	Schuhbecks Gewürze	8,36	2,53	0,98	11,87	5,43	0,96	6,40
S3 (Set 3)	<i>C. annuum</i>	Schuhbecks Gewürze	11,07	3,32	2,28	16,67	3,24	0,86	4,10
S4 (Set 3)	<i>C. annuum</i>	Schuhbecks Gewürze	4,04	0,57	1,44	6,05	1,69	0,50	2,20
P23 (Set 8)/CAT 009186	<i>C. annuum</i>	CATIE	1,76	0,21	1,90	3,86	2,87	0,57	3,44
P24 (Set 8)/CAT 009115	<i>C. annuum</i>	CATIE	7,83	3,39	1,05	12,26	0,93	0,45	1,39
P25 (Set 8)/CAT 009269	<i>C. annuum</i>	CATIE	1,35	0,37	2,80	4,52	3,77	0,63	4,40

Anhang C-4: Intensitätsmittelwerte der gustatorisch untersuchten Projektproben für die lineare Korrelation

Die folgende Tabelle zeigt für jede Projektprobe (P1-P31) den Intensitätsmittelwert aus einer Doppelbestimmung mit der sensorischen Methode Free Choice Profiling. Die Intensitäten für jedes Attribut wurden anhand einer 0 bis 7 Skala ermittelt und abhängig von der Teilnehmeranzahl bei jedem Probenstet berechnet. Süß, bitter, sauer, salzig und umami sind Geschmacksarten. Die Attribute scharf, brennend, adstringierend und kratzig beschreiben eine trigeminale Empfindung.

Sensorik-Nr.	Akzessions-Nr.	süß	bitter	sauer	salzig	umami	scharf	brennend	adstringierend	kratzig
P1	319-1	2,9	0,5	2,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
P2	485	3,0	0,9	0,8	0,0	0,0	1,8	0,5	0,0	0,1
P3	637	1,6	1,3	1,3	0,0	0,0	0,7	0,1	0,0	0,0
P4	108	1,0	2,7	0,4	0,1	0,0	3,8	1,8	0,1	0,3
P5	P1	1,0	2,6	0,2	0,0	0,1	2,0	0,4	0,1	0,0
P6	P3	2,5	1,7	0,3	0,0	0,0	1,4	0,3	0,0	0,0
P7	P6	3,0	1,2	1,1	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
P8	P9	2,0	2,3	0,4	0,1	0,0	0,4	0,0	0,2	0,0
P9	P10	2,5	1,7	0,3	0,2	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0
P10	P14	3,8	1,8	0,5	0,0	0,0	0,9	0,2	0,1	0,0
P11	3	3,0	1,4	0,3	0,0	0,0	2,3	0,4	0,1	0,0
P12	P18	3,2	0,6	0,8	0,0	0,1	3,0	1,5	0,0	0,0
P13	P19	3,6	0,6	0,6	0,0	0,0	0,6	0,1	0,0	0,0
P14	339 A	0,9	2,0	0,1	0,3	0,1	4,7	2,8	0,0	0,0
P15	PER006984	0,1	3,2	0,3	0,2	0,0	2,8	0,7	0,2	0,2
P16	AMS-AD	2,5	0,4	0,3	0,0	0,0	2,5	0,6	0,0	0,1
P17	AMS-RC	2,4	0,3	1,7	0,3	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
P18	268	1,5	2,7	1,0	0,0	0,0	1,0	0,1	0,1	0,0
P19	543	1,5	2,1	0,7	0,0	0,0	0,8	0,1	0,1	0,0
P20	319-2	3,5	0,8	1,1	0,0	0,0	0,5	0,1	0,0	0,0

Anhang C-4: Intensitätsmittelwerte der gustatorisch untersuchten Projektproben für die lineare Korrelation (Fortsetzung 1)

Sensorik-Nr.	Akzessions-Nr.	süß	bitter	sauer	salzig	umami	scharf	brennend	adstringierend	kratzig
P20	319-2	3,5	0,8	1,1	0,0	0,0	0,5	0,1	0,0	0,0
P21	PER006979	3,0	1,0	1,4	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
P22	PER017623	4,2	0,1	1,6	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
P23	CAT 009186	0,3	3,0	0,3	0,3	0,3	3,5	2,0	0,0	0,0
P24	CAT 009115	0,1	3,0	0,2	0,1	0,0	4,9	3,1	0,0	0,0
P25	CAT 009269	0,1	1,8	0,3	0,3	0,1	5,5	3,9	0,0	0,0
P26	13	2,6	1,2	1,0	0,1	0,0	3,5	2,0	0,0	0,0
P27	9	1,8	1,8	1,0	0,1	0,0	3,3	1,7	0,0	0,0
P28	P8	3,0	1,5	0,9	0,0	0,0	2,3	1,0	0,0	0,0
P29	153	1,1	0,9	2,6	0,3	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
P30	85	2,0	0,8	0,7	0,3	0,0	3,7	2,2	0,0	0,0
P31	252	0,4	1,0	1,5	0,5	0,0	4,1	2,5	0,0	0,0