



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Fakultät Life Sciences
Studiengang Ökotropologie

*Aroma- und Geruchsprofile der Mangosorte „Mahachanok“ in
verschiedenen Reifegraden*

Bachelorarbeit

Tag der Abgabe:
18.06.2019

Vorgelegt von:
Merle Gorke
Matrikelnummer:
[REDACTED]

Betreuende Prüfer:
Prof. Dr. vet. Katharina Riehn
Zweite Prüferin:
M.Sc. Khanitta Ratprakhon

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	IV
1. Einleitung	1
2. Projekt	2
3. Theoretischer Hintergrund	2
3.1. Mahachanok Mango	2
3.2. Begriffserklärungen	3
3.2.1. Qualität	4
3.2.2. Schulung	5
3.2.3. Sensorik	5
3.2.4. Sinne	6
3.2.5. Panel	7
3.3. Gaschromatographie	8
3.3.1. Headspace und Festphasenmirkoextraktion	8
3.3.2. Gaschromatographie-Olfaktometrie und Massenspektroskopie	9
4. Versuch	11
4.1. Versuchsaufbau	11
4.2. Materialien	13
4.2.1. Proben	13
4.2.2. Substanzen	13
4.2.3. Geräte	15
5. Methoden	17
5.1. Durchführungsmethoden	17
5.1.1. Erkennungs- und Schwellenprüfungen	18
5.1.2. Angewendete Prüfungen	19
5.1.3. Durchführung am GC-O	21
5.2. Analysemethoden	21
5.2.1. Profilprüfung	21
5.2.2. Flavor Score Konzept	23
5.2.3. Hauptkomponentenanalyse	23
6. Ergebnisse/Auswertung	25
6.1. Geschmack	25

6.2. Geruch	28
6.2.1. Auswertung Profilanalyse.....	28
6.2.2. Auswertung der GC-O Daten mittels Flavor Score.....	32
6.2.3. Auswertung der GC-O Daten mittels Hauptkomponentenanalyse	37
7. Diskussion	39
8. Fazit	41
Zusammenfassung / Abstract	42
Literaturverzeichnis	43
Eidesstattliche Erklärung	45
Anhang.....	46

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Nachreifung Mangos	13
Tabelle 2: Substanzen	14
Tabelle 3: Konzentrationen der Standardsubstanzen für die Panelschulung.....	14
Tabelle 4: Elektronische Geräte.....	15
Tabelle 5: Hilfsmittel.....	16
Tabelle 6: Intensitätsskala (Szymanski, 2013)	21
Tabelle 7: Übersicht signifikante Unterschiede nach dem Tukey und Fisher LSD Tests ..	27
Tabelle 8: Signifikante Unterschiede des Geruchs nach dem Tukey und Fisher LSD Tests (Daten der Profilanalyse)	30
Tabelle 9: Aromaaktive Substanzen mit $DF \geq 3$	32

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: „Mahachanok“ (Dinnagan Garden Organic Farm, 2018).....	3
Abbildung 2: Beteiligte der Mangoexportkette und ihre Qualitätsparameter (Zúñiga-Arias, G. et al., 2008, S. 403).....	5
Abbildung 3: HS-SPME (eigene Darstellung).....	9
Abbildung 4: Schematische Darstellung eines Gaschromatographen (Otto, 2006, S. 454)	9
Abbildung 5: Versuchsablauf (eigene Darstellung).....	12
Abbildung 6: Anordnung Schwellen auf einer Intensitätsskala (Normenausschuss Lebensmittel und landwirtschaftliche Produkte, DIN 10950: Sensorische Prüfung – Allgemeine Grundlagen, 2012)	19
Abbildung 7: Verkostung bei Duo-Trio Test (Vgl. (Busch-Stockfisch, 2015, S. 175)	20
Abbildung 8: Mittelwerte Geschmack	26
Abbildung 9: Mittelwerte Geruch (Daten der Profilprüfung)	29
Abbildung 10: Flavor Score MHC 0, 1, 2.....	36
Abbildung 11: Flavor Score MHC 3, 4, 5, 6	36
Abbildung 12: Biplot mit relevanten Substanzen	38
Abbildung 13: Biplot mit allen Substanzen	38

Abkürzungsverzeichnis

DF	–	detection frequency
DIN	–	Deutsches Institut für Normung
FI	–	mittlere Geruchsintensität
FS	–	Flavour Score
GC	–	Gaschromatograph
HKA	–	Hauptkomponentenanalyse
HS	–	Headspace
MHC	–	<i>Mahachanok</i> Mango
MS	–	Massenspektrometrie
O	–	Olfaktometrie
PCA	–	Principal Component Analysis (Hauptkomponentenanalyse)
RG	–	Reifegrad(e)
SPME	–	Festphasenmikroextraktion

1. Einleitung

Die Nachfrage an tropischen Früchten steigt stetig. In den letzten Jahren ist der Import nach Deutschland von Guaven und Mangos über 40% gewachsen, von ~52 Tonnen (2012) auf ~85 Tonnen (2017) (Statistisches Bundesamt, 2019).

Der Export findet hauptsächlich in die westlichen Länder, von Europa oder Nordamerika, statt. Thailand ist der dritt größte Mango Produzent mit 7,1% (Stand 2010) (Singh, Z. et al., 2013).

Mangos sind klimakterische Früchte, welche im unreifen Zustand geerntet werden und bei richtigen Umgebungsbedingungen schnell nachreifen. Hierbei spielen die Bedingungen während der Lagerung und dem Transport eine entscheidende Rolle. (Singh, Z. et al., 2013).

Die Bachelorarbeit wird im Rahmen des sogenannten „Mangoprojektes“ durchgeführt, welches das Ziel verfolgt, dass durch relevante Qualitätsparameter ein optimaler Erntezeitpunkt und die bestmögliche Nacherntebehandlung bestimmt werden sollen. Insbesondere wird eine Verbesserung der Qualität der Mangos, während der Nachreifung angestrebt.

Die im Vorfeld durchgeführte Masterarbeit „Analyse leichtflüchtiger Aromakomponenten der Mangosorte „*Mahachanok*“ während der Nachreife mittels HS-SPME-GC-MS/O“ hat bereits eine Methodenoptimierungen der Analysemethode (HS-SPME-GC-MS), sowie die Identifizierung interner Standards vorgenommen.

Durch die Anwendung der optimierten Analysemethode werden in dieser Bachelorarbeit „Aroma- und Geruchsprofile der Mangosorte „*Mahachanok*“ in verschiedenen Reifegraden“ mit Hilfe der Gaschromatographie-Massenspektroskopie (GC-MS) und der Olfaktometrie (O) sowie eines deskriptiven Panel erstellt. Hierzu wird eine Kombination von menschlicher Sensorik und Maschine herangezogen, um die Mango zu charakterisieren. Des Weiteren werden die Schulungen des Panels sowie die Durchführung und Analyse der gustatorischen und olfaktometrischen Untersuchungen behandelt. Die innerhalb dieser Bachelorarbeit gewonnen Daten und deren Analyse dienen als elementarer Bestandteil der mit dem „Mangoprojekt“ einhergehenden Dissertation.

Zunächst wird ein kurzer Einblick in das „Mangoprojekt“ gegeben, um anschließend die theoretischen Grundlagen und angewendeten Methoden vorzustellen. Nachfolgend werden die Durchführung, Auswertung und Ergebnisse der sensorischen Analysen veranschaulicht und ein Ausblick für mögliche weitere Untersuchungen gegeben.

2. Projekt

Die Bachelorarbeit unterstützt die Dissertation von Khanitta Ratprakhon „Einfluss der Nacherntebehandlung auf chemische Qualitätsparameter bei der thailändischen Mango (*Mangifera indica* L. cv. *Nam Dokmai* und cv. *Mahachanok*)“. Das Projekt beschäftigt sich mit der Prozessoptimierung des Nachreifeprozesses bis zum Verkauf der Mangos.

Die Mangos der Sorten „*Nam Dokmai*“ und „*Mahachanok*“ werden im unreifen Zustand geerntet und reifen anschließend nach.

Das Aroma der Mango wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst: der Sorte, der Frucht-reife bei der Ernte, den Reifungsmethoden, der Nachreifung, der Lagerung und der Temperatur (Singh, Z. et al., 2013).

Bei der Analytik des Aromas ist die Geschmacks- und Aromaentwicklung während der Reifedauer wesentlich. Dieses wird durch die gustatorische Bewertung mittels Profilprüfung und der olfaktometrischen Bestimmung mittels HS-SPME-GC-MS/O beobachtet und analysiert. Letztendlich soll durch relevante Qualitätsparameter ein optimaler Erntezeitpunkt und die bestmögliche Nacherntebehandlung bestimmt werden, um die Qualität der Mangos, besonders während der Nachreifung zu verbessern.

3. Theoretischer Hintergrund

In diesem Abschnitt wird ein Überblick über die Mangos im Allgemeinen, sowie die *Mahachanok im Speziellen* gegeben. Auf die Mangosorte *Nam Dokmai* wird nicht näher eingegangen, da diese, im Rahmen dieser Bachelorarbeit, nicht untersucht wird. Des Weiteren werden die wichtigsten Begriffe erklärt.

3.1. Mahachanok Mango

Der Mangobaum (*Mangifera indica* L.) wächst in 87 Ländern der tropischen und süd-tropischen Regionen und gehört zu der Familie der *Anacardiaceae* (Chauhan, Raju, & Bawa, 2010, S. 319). Die Mango ist eine der nahrhaftesten Früchte bezüglich Kohlenhydraten, Proteinen, Fetten, Mineralien und Vitamine. Während des Reifeprozesses der Mango, steigt die Konzentrationen von Glukose, Fruktose und Saccharose an, während die Vitamin C-Konzentration abnimmt (Izneid, B. et al., 2012, S. 3244-3245).

Die Mehrheit der Mangosorten wachsen in Thailand, Pakistan, Indien, China, Mexiko und Brasilien. Sie unterscheiden sich in Form, Größe, Farbe, Aroma, Geschmack und der Struktur des Fruchtfleisches. Obwohl es eine große Vielfalt an Sorten gibt, sind nur wenige von wirtschaftlicher Bedeutung (z.B. Keith, Irwin, Haden) (Zúñiga-Arias, G. et al., 2008).

Der Erntezeitpunkt geht einher mit der Reife der Früchte und trägt somit zur Qualität bei (Hai, 2012, S. 5-11). Normalerweise werden mehrere Ernteindizes verwendet, um die Erfassungszeitpunkte zu bestimmen. Dabei werden Faktoren wie Größe, Haut- und Fruchtfleischfarbe, Säuregehalt, Zuckergehalt, Fleischfestigkeit und Kalendertag von der Blüte bis zur Ernte berücksichtigt (Crane, J.H. et al., 2009).

Thailändische Mangos sind in den Monaten März bis Juni erhältlich (Laohaprasit, Kukreja, & Arunrat, 2012, S. 1445). Die Besonderheit, der in dieser Arbeit untersuchten, *Mahachanok* Mango (Abbildung 1) liegt in ihrer bunten Schale. Sie kann reif nur in den Monaten April und Mai, einmal im Jahr, geerntet werden (Sasathorn, 2017).



Abbildung 1: „Mahachanok“ (Dinnagan Garden Organic Farm, 2018)

3.2. Begriffserklärungen

Bei den folgenden Begriffserklärungen, werden zunächst die allgemeinen Begriffe Qualität und Schulung erklärt. Des Weiteren wird darauf eingegangen, was Sensorik im Rahmen dieser Arbeit bedeutet, um anschließend auf die Sinne des Menschen einzugehen. Außerdem wird der Begriff Panel definiert.

3.2.1. Qualität

Die Reifung ist ein irreversibler Prozess, da mit ihr eine Menge physiologischer, biochemischer und organoleptische Veränderungen verbunden sind (Hai, 2012, S. 5-11).

Der Marktwert von Mangos steht im engen Zusammenhang mit den Transport- und Lagerbedingungen. Die Qualität von Früchten wird grundlegend in zwei Faktoren aufgeteilt, die äußerlichen und inneren Faktoren. Innerliche Qualitätsparameter beziehen sich auf die Textur, den Geschmack und die Nährwerte. Wohingegen die äußerlichen Faktoren die Größe, Form und Farbe bewerten (Izneid, B. et al., 2012, S. 3244-3245). Die Faktoren haben bei der Behandlung der Mangos während der Reifung am Baum, sowie den Praktiken nach der Ernte und innerhalb der Liefersysteme einen erheblichen Einfluss auf die Qualitätsmerkmale (Zúñiga-Arias, G. et al., 2008, S. 400-409).

Je nach Akteur, liegt das Hauptaugenmerk bei der Qualitätsbewertung auf unterschiedlichen Attributen. Es gibt verschiedene Hauptakteure, die an der Bewertung von Lebensmitteln teilnehmen. Akteure bezüglich der Qualität für den Exportmarkt sind Hersteller, Verarbeiter, Exporteure, Importeure, Großhändler, Einzelhändler und Verbraucher. Großhändler und Einzelhändler legen beispielsweise Wert auf visuelle Attribute wie Größe, Form, Farbe und Haltbarkeit, da sie die Präferenzen der Verbraucher berücksichtigen. Die Verbraucher sind jedoch auch interessiert an anderen Aspekten im Zusammenhang mit der Lebensmittelqualität wie Geschmack, Frische, Aussehen, Nährwerte und der Lebensmittelsicherheit (Zúñiga-Arias, G. et al., 2008, S. 400-409).

Produzenten und Verarbeiter interessieren sich gewöhnlich für die Eigenschaften, mit denen sie ihre Gewinne maximieren. Hierzu zählen zum Beispiel höherer Erträge bei der Ernte, Resistenzen gegen Krankheiten sowie die Eignung für die mechanische Ernte und die Industrie (Zúñiga-Arias, G. et al., 2008, S. 400-409). In Abbildung 2 ist ein Überblick über die verschiedenen Akteure und ihre Qualitätsmerkmale.

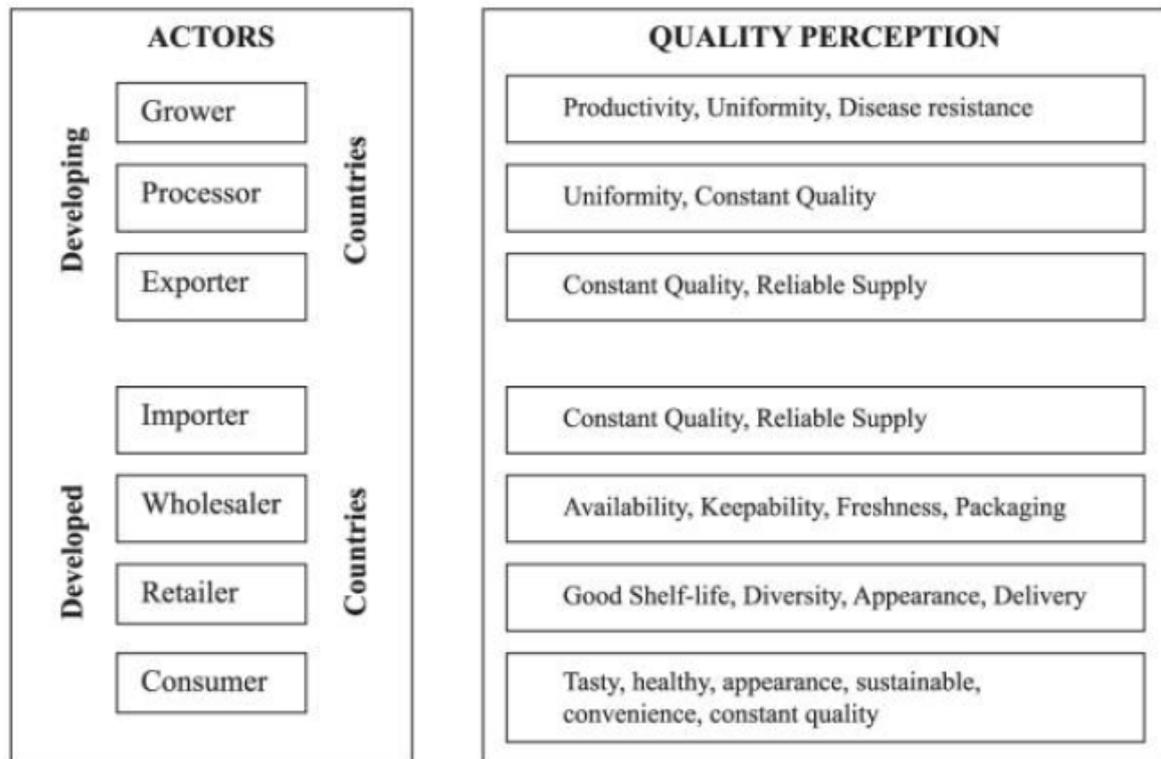


Abbildung 2: Beteiligte der Mangoexportkette und ihre Qualitätsparameter (Zúñiga-Arias, G. et al., 2008, S. 403)

3.2.2. Schulung

Schulungen von Prüfpersonen werden durchgeführt, um „die Prüfpersonen mit grundlegendem Wissen zu den in der sensorischen Analyse verwendeten Vorgehensweisen auszustatten und deren Fähigkeit zu entwickeln, sensorische Reize wahrzunehmen, zu erkennen, zu beschreiben und zu unterscheiden. Die Prüfpersonen in der Anwendung dieser Fachkenntnis zu schulen, sodass sie hinsichtlich bestimmter Produkte in der Anwendung solcher Verfahren geübt sind“ (Vgl. Normenausschuss Lebensmittel und landwirtschaftliche Produkte, 2014, S. 15).

3.2.3. Sensorik

„Der Begriff Sensorik leitet sich von dem lateinischen Wort *senus* ab und bedeutet Wahrnehmung, Gefühl, Sinn oder Bewusstsein. Heute versteht man unter Sensorik einerseits die Gesamtheit der im Rahmen von Sinneswahrnehmung ablaufenden physiologischen Prozesse und zum anderen verbirgt sich hinter diesem Begriff die Bezeichnung für eine wissenschaftliche Disziplin, die sich mit der Bewertung von Lebensmitteln auf Grund von Sinneseindrücken befasst.“ (Vgl. Matthäus, Brühl, & Fiebig, 2013, S. 96)

Sensorische Analysen nutzen den Menschen als Messinstrument und sind nach der DIN 10950 Teil 2 eine wissenschaftliche Disziplin. Da das Messinstrument der Mensch und keine Maschine ist, ist eine hohe Variabilität möglich. Dieser Variabilität wird mit Hilfe von

guter Planung, Schulungen, Anwendung geeigneter Methoden und statistischer Auswertungen entgegengewirkt (Busch-Stockfisch, 2015, S. 33).

3.2.4. Sinne

Der Mensch verfügt über fünf verschiedene Sinne:

- Gesichtssinn (Sehen)
- Gehörsinn
- Geruchssinn
- Geschmackssinn
- Tastsinn (Busch-Stockfisch, 2015, S. 3,4) / (Deutsches Institut für Normung e. V., 2012, S. 5)

Die verschiedenen Sinnesorgane besitzen eine Vielzahl von Rezeptoren, die es uns ermöglichen Eindrücke wahrzunehmen und auf sie zu reagieren. Für olfaktorische (geruchliche) Wahrnehmungen sind flüchtige und lösliche chemische Verbindungen verantwortlich, die durch das Riechepitel an der oberen Nasenschleimhaut aufgenommen werden. Für eine bessere olfaktorische Aufnahme können die Prüfer „schnüffeln“. „Schnüffeln“ bedeutet, dass mehrmals schnell hintereinander eingeatmet wird, hierdurch kommt die mit dem Aromastoff angereicherte Atemluft häufiger am Riechepitel vorbei und kann besser aufgenommen und entsprechend bewertet werden (Matthäus, Brühl, & Fiebig, 2013, S. 97-98).

Die gustatorischen (geschmacklichen) Sinneseindrücke werden durch die Geschmacksknospen und Geschmackspapillen auf der Zunge, im Rachenraum und Rachen wahrgenommen (Matthäus, Brühl, & Fiebig, 2013, S. 97-98).

Die aufgenommenen Reize werden über die Nervenbahnen an das Gehirn weitergeleitet, sodass das Gehirn uns mitteilt, was wir gerade schmecken, riechen, sehen, tasten oder hören. Je häufiger ein bestimmter Reiz an das Gehirn weitergeleitet und dort verarbeitet wird, umso schneller kann dieser Reiz, mit Hilfe des sensorischen Gedächtnisses, verstanden und identifiziert werden. Da es für Prüfer einfacher ist, bestimmte Geschmäcker oder Gerüche zu beschreiben, je besser das sensorische Gedächtnis auf diese Reize trainiert ist, ist es wichtig das sensorische Gedächtnis durch Schulungen aufzubauen bzw. zu erweitern (Matthäus, Brühl, & Fiebig, 2013, S. 97-98).

Damit die Reizwahrnehmung bei Prüfungen, durch die Verkostung mehrerer Proben nicht reduziert wird, sollte zwischen den einzelnen Proben immer neutralisiert werden, wodurch

die Rezeptoren in Mund und Nase Zeit haben, zu regenerieren. Das Neutralisieren der Rezeptoren ist ausschlaggebend für das Ergebnis, da dieses aufgrund von reduziert wahrgenommen Reizen verfälscht werden könnte. Aus diesem Grund muss immer mit genügend Matzen (bei Geschmacksprüfungen) oder Kaffeebohnen (Geruch) neutralisiert werden (Buchecker, 2008, S. 69-70).

3.2.5. Panel

Ein Panel besteht aus mehreren Prüfpersonen. Als Prüfpersonen werden nach der DIN 10950, die Personen bezeichnet, die an einer sensorischen Prüfung teilnehmen.

Neben den durchschnittlichen Fähigkeiten des Riechens und Schmeckens, sollte die Prüfperson ein gutes Ausdrucksvermögen haben, insbesondere wenn es an beschreibende Prüfungen geht. Des Weiteren sollten die Prüfpersonen dem Produkt gegenüber neutral eingestellt sein, damit eine möglichst unvoreingenommene Messung erfolgt. Je nachdem welche Art von Prüfer (z.B. hochsensibel oder durchschnittliche sensorische Fähigkeiten) für die Prüfung benötigt wird, sollte die Schulung des Panels gestaltet werden (Busch-Stockfisch, 2015, S. 48-53).

Im Allgemeinen sollten Prüfpersonen gesund sein bzw. keine Krankheiten haben, die die Sinneswahrnehmungen beeinflussen können. Sind die Beeinträchtigung wie z.B. bei einer Erkältung nur temporär, muss die Prüfperson für diese Zeit pausieren (Buchecker, 2008, S. 47-48).

„Persönliche Fähigkeiten nach DIN 10961, die für die Mitarbeiter in einem Panel wichtig sind:

- Urteilsfähigkeit [...]
- Konzentrationsfähigkeit [...]
- Zuverlässigkeit [...]
- Sensorisches Gedächtnis

Prüfpersonen müssen in der Lage sein die Sinneseindrücke, die aufgenommen wurden bewusst zu machen und zu merken.

- Bereitschaft zur Zusammenarbeit

Insbesondere in Gruppendiskussionen bei Profilprüfungen u.a. dürfen Prüfer kein Dominanzstreben zeigen sondern andere Meinungen akzeptieren und bereit sein zu lernen“ (Vgl. Busch-Stockfisch, 2015, S. 50).

3.3. Gaschromatographie

In diesem Abschnitt wird auf die angewendete Methode der Gaschromatographie eingegangen. Zunächst wird die Injektionstechnik der Headspace-Festphasenmikroextraktion erklärt. Anschließend wird der Ablauf im Gaschromatographen erläutert, sowie das Zusammenspiel zwischen Gaschromatographen, Olfaktometrie und Massenspektroskopie beleuchtet.

3.3.1. Headspace und Festphasenmikroextraktion

Headspace-Festphasenmikroextraktion (HS-SPME) ist eine Injektionstechnik, bei der die gasförmige Probe aus dem Kopfraum des Probengefäßes (Vial) entnommen wird (Abbildung 3). Hierzu befindet sich die Probe in einem festverschlossenen Gefäß. Die Probe wird auf eine vorher festgelegte Temperatur erwärmt, bis sich ein Gleichgewicht zwischen dem Kopfraum (Gas) und der Probe (flüssig) eingestellt hat (Matthäus & Fiebig, 2013, S. 116-117). Bei der Erwärmung der Probe lösen sich die Analyten¹ aus der schwerflüchtigen Probe und gelangen in die Gasphase. Durch die SPME-Vorrichtung ist es möglich, zuerst das Septum des Vials zu durchstechen und anschließend die Kanüle, zur Probennahme, auszufahren (Gey, 2015, S. 69-70). Bei der Anreicherungsphase adsorbiert die Kanüle die Analyten und desorbiert diese anschließend in den Gaschromatographen. Hier werden die Analyten gaschromatographisch aufgetrennt und bestimmt (Matthäus & Fiebig, 2013, S. 116-118).

Die Konzentrationen der einzelnen flüchtigen Verbindungen können olfaktometrisch, mittels Riechprotokoll, Sniffingport und einem Massenspektrometer bestimmt werden (Matthäus & Fiebig, 2013, S. 116-117)

¹ Ein Analyt ist der zu bestimmende Stoff einer Probe (Bibliographisches Institut GmbH, 2018)

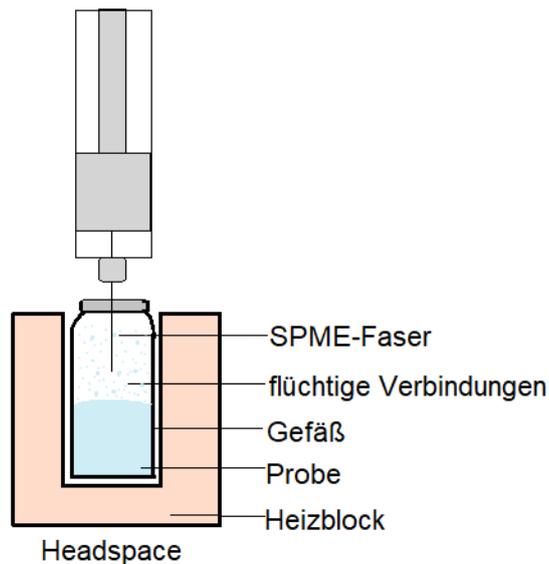


Abbildung 3: HS-SPME (eigene Darstellung)

3.3.2. Gaschromatographie-Olfaktometrie und Massenspektroskopie

Die Gaschromatographie (GC) ist ein Verfahren zur Trennung flüchtiger Verbindungen (Matissek, Steiner, & Fischer, 2014). Hierzu wird das Probengemisch in einer Säule zwischen zwei Phasen (stationäre und mobile) verteilt und somit getrennt. Die mobile Phase besteht aus einem Trägergas (z.B. Wasserstoff (H_2)), welches für den Transport des Analyten zuständig ist. Als stationäre Phase dienen inzwischen fast ausschließlich Kapillarsäulen, in denen die Trennung des Gases stattfindet (Gey, 2015, S. 186-190) (Abbildung 4).

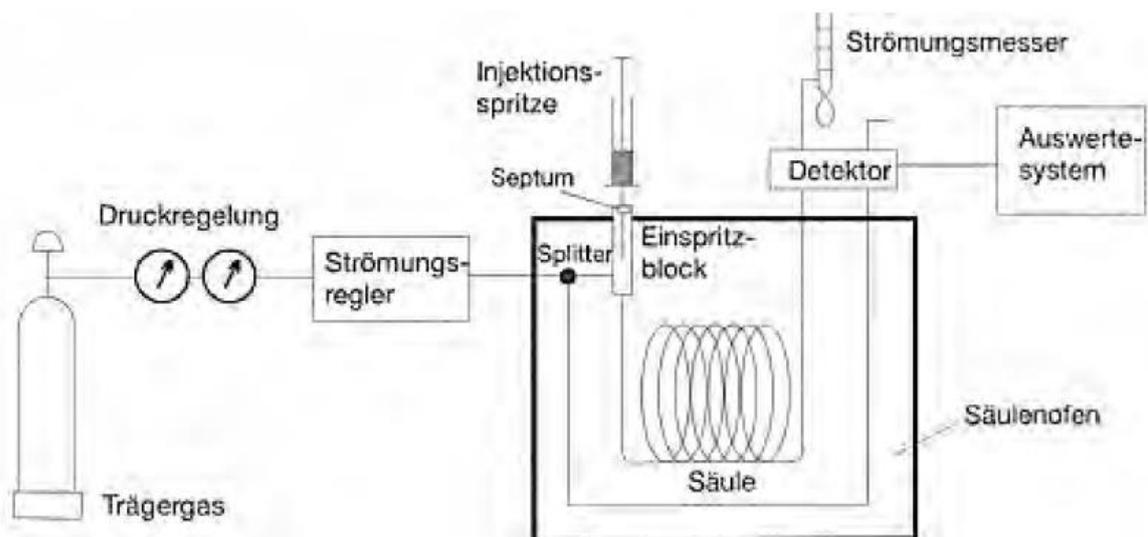


Abbildung 4: Schematische Darstellung eines Gaschromatographen (Otto, 2006, S. 454)

Die Komponenten eines Gemisches lassen sich mit der Gaschromatographie nach ihrer Retentionszeit ermitteln. Die Retentionszeit ist der Zeitpunkt, an dem sich der Stoff von der

Säule abtrennt. Bei der Kombination mit einem Massenspektrometer, erhält man zusätzlich zur Retentionszeit, das passende Massenspektrum (Gross, 2013, S. 695-696).

Die Kopplung eines GC mit Kapillarsäulen und einem massenspektrometrischen Detektor ist möglich, da ein geringer Trägergasfluss herrscht und somit das Hochvakuum im Massenspektrometer (MS) aufrechterhalten werden kann. Bei der Kopplung GC-MS werden alle gasförmigen Substanzen ionisiert und im Massenspektrometer detektiert (Gey, 2015, S. 193). Sollte ein MS als Detektor verwendet werden, wird das Eluat in der Regel in zwei gleichgroße Portionen aufgeteilt. Die eine Hälfte geht zur Analyse in den MS und die andere wird zum Sniffing-Port geleitet (Delhunty, Eyres, & Dufour, 2006).

Massenspektrometrie analysiert die Strukturen von organischen Molekülen unterschiedlicher Massen in der Gasphase (Matissek, Steiner, & Fischer, 2014, S. 76). „In der Massenspektrometrie werden die Probemoleküle mit Hilfe einer Ionenquelle in positiv und negativ geladene gasförmige Ionen überführt. Diese werden in einem Analysator nach ihrem Masse-zu-Ladungsverhältnis (m/z) getrennt und mit einem Detektor registriert. Zur Vermeidung von Kollisionen zwischen den ionisierten Teilchen wird mit Hilfe von Pumpen ein Hochvakuum im Massenspektrometer erzeugt.“ (Vgl. Gey, 2015, S. 315)

Durch die Analyse mit dem GC lassen sich viele flüchtige Verbindungen finden, doch nicht alle sind Aromarelevant. Zur Bestimmung der Aromarelevanz, wird die Olfaktometrie genutzt. Die flüchtigen Verbindungen werden aufgetrennt und olfaktorisch untersucht, dazu wird das Eluat über eine beheizte Transferlinie zum Sniffing-Port geleitet und dort direkt abgerochen. Damit die Nasenschleimhaut nicht austrocknet, wird gleichzeitig mit dem Eluat befeuchtete Luft zugeführt. Des Weiteren wird ein Geruchsprotokoll (Anhang 13) geführt (Matthäus & Fiebig, 2013, S. 115-118). Nur Substanzen, die von dem Prüfer erkannt werden, sind aromarelevant (Lawless & Heymann, 2010, S. 140-141). Die GC-Olfaktometrie (GC-O) nutzt menschliche Nasen, um flüchtige Verbindungen zu erfassen und evaluieren. Es ist umfassend dokumentiert, dass die menschliche Nase häufig sensitiver gegenüber Geruchsaktiven Substanzen ist, als technische Detektoren (Delhunty, Eyres, & Dufour, 2006). Daher wird in dieser Bachelorarbeit die HS-SPME-GC-MS Methode angewandt.

4. Versuch

4.1. Versuchsaufbau

Die Mangosorte *Mahachanok* soll bezüglich ihrer leichtflüchtigen Verbindungen und ihrem geschmacklichen Aroma charakterisiert und zwischen den Reifegraden verglichen werden. Dafür wurde der Chromatograph der Hochschule für Angewandte Wissenschaften (HAW) Hamburg genutzt. In Abbildung 5 ist der Ablauf des Versuches (farblicher Verlauf) dargestellt. Der Versuch ist in drei Abschnitte unterteilt. In der ersten Phase wurde das Panel rekrutiert, die mehrere, durch die Autorin geleitete, Grundschulungen absolvierten. Anschließend wurden spezifische Geschmacks- und Geruchsschulungen zur Vorbereitung auf die angewandten Experimente und Untersuchung durchgeführt. In der dritten Phase werden Analysen durchgeführt, um die Aroma- und Geruchsprofile zu erstellen.

Es konnten 12 Panellisten rekrutiert werden, wobei eine Panellistin im Laufe der Schulung ausschied. Das Panel bestand schlussendlich aus 10 Frauen und einem Mann und hatte eine Altersspanne von 22 bis 45 Jahren. Die Panellisten wiesen unterschiedliche Vorkenntnisse auf, einige hatten bereits Erfahrung im Bereich der Sensorik gesammelt, andere hatten vorher noch keine Berührungspunkte mit diesem Thema. Damit alle Panellisten dieselben Grundvoraussetzungen erfüllen, musste jeder an den Grundschulungen und den ergänzenden Schulungen teilnehmen (Punkt 5.1. und 5.2.). Der Schulungszeitraum erstreckte sich über zwei Monate, wobei jeder Panellist mindestens zwei Mal wöchentlich an einer Schulungseinheit teilnehmen musste.

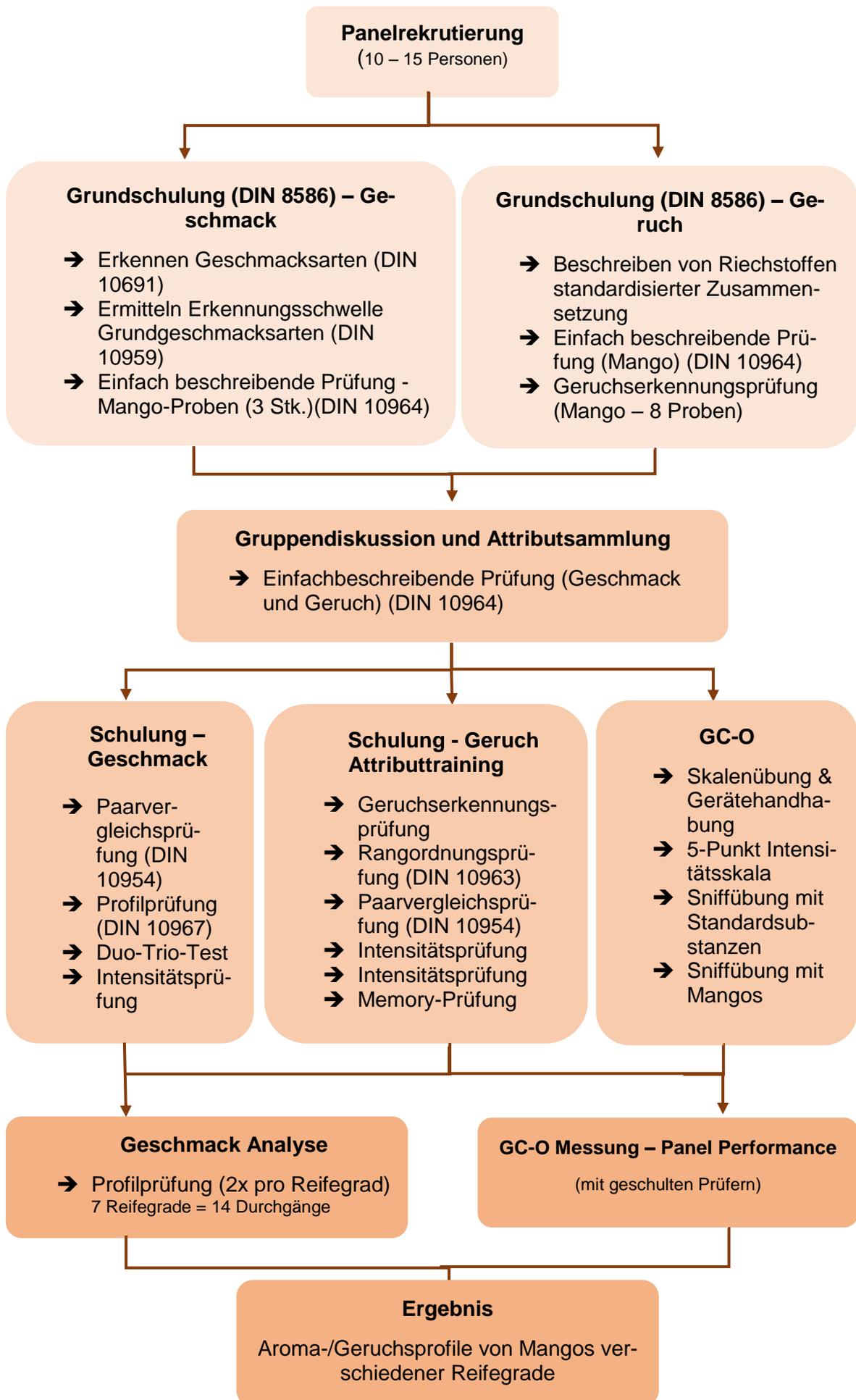


Abbildung 5: Versuchsablauf (eigene Darstellung)

4.2. Materialien

4.2.1. Proben

Die Mangoprobe von der Sorte *Mahachanok* (MHC) wurden in verschiedenen Reifegraden untersucht. Die Mangos wurden im Februar 2018 unreif gepflückt und per Flugzeug nach Hamburg transportiert. Hier wurden die unbehandelten Mangos in einem Reifeschrank bei einer Temperatur von 30°C, einer relativen Luftfeuchte von 90% und 20 ppm Ethylen nachgereift. Die Mangos wurden, nach der in Tabelle 1 aufgeführten Zeiten, der Reifekammer entnommen. Nach der Entnahme wurde die Mango geschält und das Fruchtfleisch zu einem Püree verarbeitet. Anschließend wurde das Püree in beschrifteten Laborgewindeflaschen im Gefrierschrank bei -22°C gelagert. Ein Teil des Fruchtfleisches wurde in 1x1 cm große Würfel geschnitten und in kleine Glasgefäße (5 Mangostückchen pro Verkostungsglas) gefüllt, beschriftet und ebenfalls bei -22°C im Gefrierschrank gelagert.

Tabelle 1: Nachreifung Mangos

Reifegrad	Reifungsentwicklung
MHC 0	0 h
MHC1	12 h
MHC 2	24 h
MHC 3	36 h
MHC 4	48 h
MHC 5	60 h
MHC 6	70 h

Zur Vorbereitung der Proben für die Analyse am GC-O, wurden die pürierten Proben aus dem Gefrierschrank geholt und bei Zimmertemperatur aufgetaut. Anschließend wurde 4,5 Gramm mit einer Pipette in beschriftete Vials eingewogen und mit einer Dichtscheibe und magnetischen Bördelkappen, mittels eines Crimper, dicht verschlossen.

4.2.2. Substanzen

Die Substanzen wurden aufgrund ihrer Relevanz ausgesucht. Die Relevanz wurde im Vorfeld dieser Bachelorarbeit, von einer Studentin im Rahmen einer Masterarbeit, anhand von Messungen am GC-O ausgewählt (Tabelle 2).

Tabelle 2: Substanzen

Substanzname	CAS-Nummer	Angaben
1R- α -Pinene	7785-70-8	$\geq 98\%$ (GC), Sigma-Aldrich
β -Citronellene	10281-55-7	$\geq 98,5\%$, analytical standard, Sigma-Aldrich
Toluene	108-88-3	$\geq 99,99\%$, analytical standard, Sigma-Aldrich
Hexanal	66-25-1	98% (GC), Sigma-Aldrich
3-Carene	13466-78-9	90%, Sigma-Aldrich
α -Phellandrene	99-83-2	$\geq 85\%$, natural, FG, Sigma-Aldrich
β -Myrcene	123-35-3	technical grade, contain 1000ppm BHT as inhibitor, Aldrich
β -Ocimene	13877-91-3	$\geq 90\%$, Mixure of isomere (α/β), Sigma-Aldrich
γ -Terpinene	99-85-4	97%, Sigma-Aldrich
m-Cymene	535-77-3	$\geq 99\%$, analytical standard, Sigma-Aldrich
Terpinolene	586-62-9	$\geq 90\%$, Sigma-Aldrich
1-Hexanol	111-27-3	$\geq 99,5\%$ (GC), Sigma-Aldrich
Nonanal	124-19-6	95% (GC), Sigma-Aldrich
cis-3-Hexen-1-ol	928-96-1	98% (GC), J&K Scientific
α,p -Dimethylstyrene	1195-32-0	$\geq 98\%$, stabilized, Sigma-Aldrich
β -Caryophyllene	87-44-5	$\geq 80\%$, FCC, FG, Sigma-Aldrich
α -Caryophyllene	6753-98-6	$\geq 96\%$ (GC), Sigma-Aldrich
Propylenglykol / 1,2-Propanediol	57-55-6	$\geq 99,5\%$ (GC), Sigma-Aldrich

Die Probenvorbereitung wurde nach Busch-Stockfisch (2015) durchgeführt. Hierfür wurden die Substanzen mit Propylenglykol verdünnt und in beschrifteten Rollrandgläsern aufbewahrt. Die Konzentration der Verdünnung ist in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3: Konzentrationen der Standardsubstanzen für die Panelschulung

Prüfung	Konzentration der Substanzen (in %)
Einfach beschreibende Prüfung	10
Geruchserkennungsprüfung	10
Rangordnungsprüfung	1, 10, 20, 30, 50
Paarvergleich	10, 30

Vor der Prüfung wurde mit Hilfe einer Micropipette 20 µl der Substanzen auf die Riechstreifen pipettiert. Die Riechstreifen wurden anschließend in, mit dreistelligen Zufallszahlen beschrifteten, verschließbaren Röhrchen gegeben. Die Probenaufstellung erfolgt nach dem Latin square design. Zur Neutralisation werden Röhrchen mit Kaffeebohnen bereitgestellt. Die Ergebnisse der Prüfungen wurden in Einzelprotokollen festgehalten.

4.2.3. Geräte

In den folgenden Tabellen 4 und 5 werden die Geräte und Hilfsmittel aufgeführt, die für die Schulung und die analytischen Untersuchungen der MHC genutzt wurden.

Tabelle 4: Elektronische Geräte

Geräte	Angaben
Gefrierschrank	-22°C, Froster-Lab. Kirsch
Kühlschrank	5°C, Labex-720, Kirsch
Analysenwaage	Sartorius, QUINTIX224-1S, 0029505792
Oberschalenwaage	Sartorius, Ax623, 27891025
Regelbarer Vortexer	Phoenix Instrument, RS-VA 10, VB6C035350
GC/MS ChemStation Software	MSD ChemStation E.02.02.1431 NIST 08 MS Library and MS Search Program v.2.0f
Autosampler	Entwicklung- und Technologie Gesellschaft, Typ SAM 2.6
Heizblock	Vertex VT4826
MS (Mass Selective Detector)	Agilent Technologies, 5975C, VL MSD with Triple-Axis Detector, G3170A, Serial # US11348701
GC	Agilent Technologies, 6890N, Network GC System. G1530N, Serial # CN10642082
GC-Säule	DB-WAX, 30 m x 0,25 mm x 0,25 µm, Agilent Technologies 222-7033LTM, 250°C Max
GC-Sniffport	JAS UNIS (joint analytical systems, Universal Injection System)
GC-Regler	JAS UNIS (joint analytical systems, Universal Injection System)

Tabelle 5: Hilfsmittel

Hilfsmittel	Angaben
Mikroliterpipette 10 µL	eppendorf Research plus, 0,5 - 10 µL, mittelgrau, Eppendorf
Pipettenspitzen	0,5 - 20µL, BRAND
Mikroliterpipette 100 µL	eppendorf Research plus, 10 - 100 µL, gelb, Eppendorf
Pipettenspitzen	1 - 200 µL, Gelb, ratiolab
Mikroliterpipette 1000 µL	Transferpipette S, D-1000 (100 - 1000 µL), blau, BRAND
Pipettenspitzen	100 - 1000 µL, Blau, ratiolab
Mikroliterpipette 5 mL	Transferpipette S, D-5000 (500 - 5000 µL), rot, BRAND
Pipettenspitzen	0,5 - 5 mL, BRAND
Rollrandgläser	10 mL, 50 x 21 mm, Kalk-Soda-Glas, k.A.
Schnappdeckel	PE, 21 mm, k.A.
Gewindeflaschen	ND10, 1,5 mL, 32 x 11,6 mm, Klarglas, flacher Boden, mit Beschriftungsfeld, Th. Geyer
PP-Schraubverschluss	ND8, Silikon weiß/PTFE rot, UltraClean, geschl. Kappe, Th. Geyer
Messkolben	10 mL
Rotilabo-Normschliff-Stopfen	10/19, Carl Roth
Verschlussfolie	Parafilm M, Bemis Flexible Packaging
Rotilabo-Riechstreifen	Filterkarton 240 g/m ² , L 135 x B 6 mm, Artikel, 1679.1, Carl Roth
Röhrchen	Röhre, 13 ml, 95 x 16,8 mm, Rundboden, PS, mit montiertem Stopfen, steril, SARSTEDT
Einwegpipette	Pasteurpipetten, PE, 3 mL, 150 mm, unsteril, Th. Geyer
Headspace Vial	20 mL, Klarglas, DIN-Rollrand, abgerundeter Boden, langer Hals, Th. Geyer

Dichtscheiben/Septa N19	Butyl beige // PTFE grau/grey, 1.3 mm, Macherey-Nagel
Magn. Bördelkappen	Magnetic Crimp Caps, N20, silber/silver, Loch/center hole, Macherey-Nagel
Crimper	Tools and Accessories
SPME Fiber Assembly	50/30um DVB/CAR/PDMS, Stableflex, 23Ga, Autosampler, 3pk, (Gray), 57298-U, Supelco
De-Crimper	Tools and Accessories
Desinfektionsmittel	1000 mL, Ch.-B.: 373339, Sterillium classic pure

5. Methoden

Im Abschnitt der Methoden werden erst einmal die Durchführungsmethoden dargestellt. Die Durchführungsprotokolle befinden sich im Anhang 1-12 dieser Bachelorarbeit. Nachfolgend werden die Methoden beschrieben, die zur Analyse der Daten herangezogen wurden.

5.1. Durchführungsmethoden

Zunächst werden die Prüfungen vorgestellt, die für die Panelschulung genutzt wurden. Hierbei werden zunächst Schwellenprüfungen dargestellt, anhand derer die generelle Eignung der Panellisten überprüft wird. Anschließend werden die Schulungsmethoden (siehe Phase 2 in Abbildung 5) erläutert. Die verschiedenen Prüfungsmethoden wurden für die Schulung genutzt, da sie auf verschiedene Weise das sensorische Gedächtnis schulen und unterschiedliche Kompetenzen fördern. Des Weiteren können die Schulungen so abwechslungsreicher für die Panellisten gestaltet werden. Anschließend wird das Vorgehen bei der olfaktometrischen Analyse am GC-O erklärt.

Prüfmethoden

Im Allgemeinen werden Prüfmethoden in hedonische und analytische Verfahren differenziert. Analytische Prüfungen sind Prüfungen, bei denen die Probe objektiv von den geschulten Panellisten beurteilt werden soll. Die Proben werden nach bestimmten Vorgaben untersucht (Busch-Stockfisch, 2015, S. 35-36).

Für die hedonischen Prüfungen werden Konsumenten benötigt, das bedeutet ungeschulte Personen. Die Konsumenten geben ihre subjektive Meinung zu dem Produkt ab. Hier wird die Einstellung des Konsumenten gegenüber dem Produkt gemessen. Bei hedonischen

Tests benötigt man eine große Anzahl an Prüfpersonen, um ein aussagekräftiges Ergebnis zu bekommen (Busch-Stockfisch, 2015, S. 37-39).

Bei allen Prüfmethoden werden die Proben mit dreistelligen Zufallszahlen gekennzeichnet und falls die Prüfung dies erfordert nach dem Latin square-Design (Zufallsprinzip) angeordnet (Busch-Stockfisch, 2015, S. 35-36).

5.1.1. Erkennungs- und Schwellenprüfungen

Um das Können und die Eignung der Panellisten zu überprüfen, erfolgte am Anfang eine Erkennungs- und Schwellenprüfung. Diese Prüfungen sind zur Untersuchung der Empfindlichkeit des Geschmacks, sowie des Geruchs geeignet (Busch-Stockfisch, 2015, S. 62-92).

Geschmacksempfindlichkeit

Bei der Prüfung zur Erkennung der Grundgeschmacksarten (sauer, bitter, süß, salzig, umami und metallisch) werden den Prüfern Lösungen mit den Grundgeschmacksarten gereicht. Die Prüfer müssen durch schmecken den Prüfgefäßen eine Grundgeschmacksart zuordnen.

Eine weitere Prüfung ist die Ermittlung der Geschmacksempfindlichkeit. Bei dieser Prüfung muss nicht nur der Geschmack richtig erkannt werden, es wird gleichzeitig die Empfindlichkeit der Prüfperson ermittelt. Hierzu werden neun unterschiedliche Konzentrationen eines Geschmackes hergestellt und in steigender Reihenfolge (von links nach rechts) vor den Prüfer platziert, woei die erste Probe Wasser enthält. Der Prüfer muss die Proben von links nach rechts verkosten und auf seinem Prüfbogen festhalten, ob und was er geschmeckt hat. Aus dem Prüfprotokoll können im Anschluss für jeden Prüfer die verschiedenen Schwellen ermittelt werden. Es sind vier verschiedene Arten von Schwellen bekannt:

- Die Reizschwelle: Die niedrigste Konzentration/Intensität zur neutralen Probe, die wahrgenommen wird, die Merkmalseigenschaften werden noch nicht erkannt („Noch-nicht-erkannt-Effekt“)
- Erkennungsschwelle: Konzentration, bei der die Merkmalseigenschaft erstmals erkannt wird („Erkannt-Effekt“)
- Unterschiedsschwelle: Der kleinste noch wahrnehmbare Unterschied in bestimmten Konzentrationsbereichen („Gerade-noch-Effekt“)
- Sättigungsschwelle: Konzentration, die keinen weiteren sensorischen Effekt hervorruft („Null-Effekt“)

Die Schwellen können sich durch Schulungen verschieben, da die Sensibilität der Panellisten steigt. Der Versuch kann am Ende einer Schulung erneut durchgeführt werden, um zu

testen, ob sich die Schwellen der Prüfer verschoben haben (Busch-Stockfisch, 2015, S. 74-92, 120, 129-136).

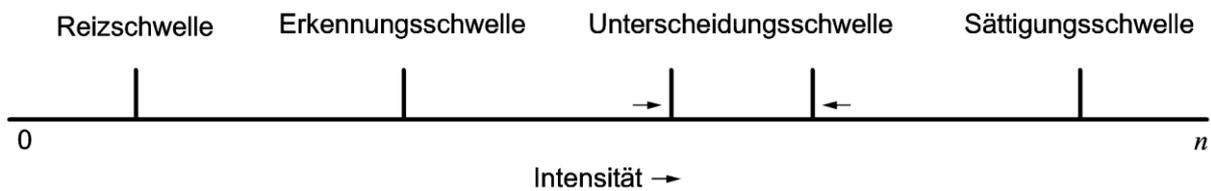


Abbildung 6: Anordnung Schwellen auf einer Intensitätsskala (Normenausschuss Lebensmittel und landwirtschaftliche Produkte, DIN 10950: Sensorische Prüfung – Allgemeine Grundlagen, 2012)

Geruchsempfindlichkeit

Bei der Geruchserkennungsprüfung werden Standardsubstanzen abgerochen. Die Prüfer entnehmen die Riechstreifen den Röhrchen und „schnüffeln“. Anschließend soll dem Geruch einer der vorgegebenen Begriffe zugeordnet werden (Busch-Stockfisch, 2015, S. 62 - 74).

5.1.2. Angewendete Prüfungen

Die verschiedenen Prüfungen trainieren in unterschiedlicher Art und Weise das sensorische Gedächtnis. Die verschiedenen Prüfungsdesigns ermöglichen es dem Leiter eine gewisse Vielfältigkeit in die Schulungen einzubauen. Des Weiteren dienen die Prüfungen dazu Gerüche / Geschmäcker schneller und besser zu erkennen und sich an die Arbeit mit Skalen, wie z.B. bei der Intensitätsprüfung zu gewöhnen und sich mit dem Umgang vertraut zu machen. Die Prüfformulare der verschiedenen Prüfungen sind in den Anhängen 1-12 aufgeführt.

Paarvergleichs Prüfung

Bei der Paarvergleichs-Prüfung wird ein Probenpaar hinsichtlich eines bestimmten Differenzierungsmerkmals miteinander verglichen, z.B. welche Probe intensiver riecht (Derndorfer, 2012, S. 75-76).

Duo-Trio Test

Der Duo-Trio Test ist eine analytische Prüfung auf Unterschiede. Bei diesem Test bekommt der Prüfer drei Proben zur Verkostung gereicht. Wobei die erste Probe die Referenzprobe ist, die mit den anderen beiden Proben verglichen wird. Das Ziel ist es die Probe zu identifizieren, die der Referenzprobe gleicht (Knoblich, Scharf, & Schubert, 1996, S. 141).

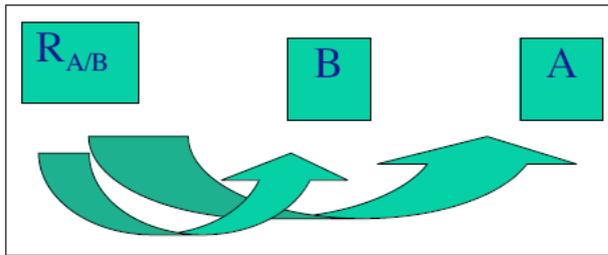


Abbildung 7: Verkostung bei Duo-Trio Test (Vgl. (Busch-Stockfisch, 2015, S. 175)

Rangordnungsprüfung

Die Rangordnungsprüfung „dient zur Einordnung von Produkten nach Art, Ausprägung bzw. Intensität oder Beliebtheit“ (Vgl. Busch-Stockfisch, 2015, S. 209). Bei dieser Prüfung werden mind. drei Proben auf eine bestimmte Merkmalseigenschaft miteinander verglichen und in eine Reihenfolge gebracht (z.B. aufsteigend nach ihrer Süße) (Buchecker, 2008, S. 23-24).

Einfach beschreibende Prüfung

Beschreibende Prüfungen werden genutzt, um quantitative und qualitative Unterschiede herauszufinden. Deswegen sind beschreibende Prüfungen in zwei Phasen gegliedert. Die Quantitative und die Qualitative.

Bei der qualitativen Phase werden die Attribute Geruch, Geschmack, Textur, Aussehen und Nachgeschmack vom Panel betrachtet. Das Panel soll möglichst genau die Charakteristika des Produktes mit Begriffen beschreiben.

In der zweiten Phasen, der quantitativen Phase sollen die gefunden Begriffe ihrer Intensität nach sortiert werden. Auf diese Weise ist es möglich, trotz ähnlicher Produkte, konkrete Charaktereigenschaften zu identifizieren (Busch-Stockfisch, 2015, S. 231-233).

Für die einfach beschreibende Prüfung sollen die Panellisten verschiedene Gerüche aus Standardsubstanzen, die charakteristisch für die Mango sind, in eigenen Worten beschreiben. Ebenfalls wurde der Geschmack in eigenen Worten dargestellt. Anschließend wurden die Ergebnisse zusammen diskutiert, mit der Literatur verglichen und nach Priorität sortiert. Dieses Verfahren wird angewendet, um einen gemeinsamen Wortschatz des Panels aufzubauen. Diese Übung kann wiederholt werden, sodass der Wortschatz von jedem Prüfer zur Beschreibung der Produkte verwendet werden kann (Buchecker, 2008, S. 29-30).

Die einfach beschreibende Prüfung dient als Vorbereitung auf die Profilprüfung.

Intensitätsprüfung

Die Intensitätsprüfung dient ebenfalls zur Vorbereitung auf die Profilprüfung. Die Prüfer sollen üben, wie die Intensitäten eingeschätzt werden. Hierzu werden Proben ausgewählt, die sich deutlich unterscheiden, damit die Prüfer deutliche Unterschiede erkennen und diese auf der Skala üben können (Busch-Stockfisch, 2015, S. 239, 247).

Für die Analyse der Mangos wurde eine 10 Punkte Skala ausgewählt. Mit dieser Skala sollen die Panellisten die Geruchs- und Geschmackseigenschaften nach ihrer Intensität bewerten (von 0 (keine) bis 10 (stark)).

5.1.3. Durchführung am GC-O

Bei der olfaktometrischen Analyse der verschiedenen Reifegrade (MHC 0,1,2,3,4,5 und 6) mit dem GC-O, erfolgen pro Reifegrad sechs Wiederholungen. Jede Wiederholung wird von zwei Panellisten begleitet. Der Erste snifft am Sniffingport im Zeitraum 0-13 Minuten und der zweite Prüfer Minute 13-27. Sobald der Prüfer einen Geruch wahrnimmt, sagt er die Intensität und schildert seine Wahrnehmung. Gleichzeitig wird der Regler des GC-O's betätigt. Der Partner dokumentiert die Intensität, Beschreibung und die Retentionszeit im jeweiligen Protokoll (Anhang 13). Eine genaue Beschreibung der Substanzen hilft die aromatischen Substanzen zu identifizieren.

Während der Prüfung liegt eine Intensitätsskala (Tabelle 6) neben dem GC-O, um dem Prüfer eine kleine Hilfe zu geben. Die Intensität geht von 0 (Schwach) bis 5 (sehr stark).

Tabelle 6: Intensitätsskala (Szymanski, 2013)

Skalapunkte	1	2	3	4	5
Intensität	Schwach	Etwas	Mittel	Ziemlich	Sehr
Wahrnehmung	Schwer		Klar		eindeutig

5.2. Analysemethoden

5.2.1. Profilprüfung

Die Profilprüfung gehört zu den deskriptiven Verfahren. „Ziel dieser Verfahren ist, die Produkte genau zu beschreiben – also die Produkteigenschaften zu identifizieren – und die erkannten Produkteigenschaften zu quantifizieren.“ (Vgl. Busch-Stockfisch, 2015, S. 235). Hierfür wird die Intensität des Geruchs und des Geschmacks bestimmt. Hieraus können

anschließend die charakteristischen Eigenschaften und Produktprofile erstellt werden (Busch-Stockfisch, 2015, S. 235).

Der Ablauf der Methode erfolgt nach DIN 10967-1 „Sensorische Prüfverfahren – Teil 1: Konventionelles Profil“ mit mindestens 6 geschulten Panellisten. Nach dem das Panel geschult wurde, werden die sieben MHC Proben (Reifegrad 0 bis 6) mit dreistelligen Zufallszahlen codiert und in mehreren Sitzungen miteinander verglichen. Dabei wird jede Probe zwei Mal pro Prüfer, nach standardisierten Bedingungen verkostet. Die Panellisten müssen die verschiedenen Attribute auf einer Intensitätsskala von 0 (schwach) bis 10 (stark) bewerten. Die Attribute wurden im Vorfeld auf Basis der „Beschreibenden Prüfung“ erarbeitet.

Die Profilprüfung wurden mit dem Sensorik-Programm FIZZ durchgeführt. Mit dem Ergebnis lässt sich ein sensorisches Profil darstellen. Unter zu Hilfenahme von XLSTAT lassen sich die Ergebnisse graphisch darstellen, z.B. mittels eines Spiderwebs (Buchecker, 2008, S. 27-31). Des Weiteren wird mittels der Varianzanalyse (ANOVA) getestet, ob zwischen den Produkten ein signifikanter Unterschied besteht. Sobald eine Signifikanz festgestellt wurde, kann mit multiplen Paarvergleichen (Post-Hoc-Tests) getestet werden, welche Produkte sich bei welchen Attributen signifikant unterscheiden. Um einen Überblick bei vielen Produkten und Attributen zu behalten, wurde eine Hauptkomponentenanalyse durchgeführt (Derndorfer, 2012, S. 96).

Nachdem festgestellt wurde, dass ein signifikantes Ergebnis vorliegt, kann man einen Post-Hoc-Test durchführen. Mit einem Post-Hoc-Test wird ein Wert ermittelt, mit dem die jeweilige Differenz zweier Mittelwerte verglichen wird. Sollte die Mittelwertdifferenz größer sein, als der Testwert, so besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den Produkten (Quadt, Schönberger, & Schwarz, 2009, S. 57-60).

Es gibt fünf verschiedene Arten des Post-Hoc-Tests, zwischen denen man wählen kann:

- Scheffé Test
- Tukey HSD Test
- Newman-Keuls Test
- Duncan-Multiple-Range Test
- Fisher LSD Test

(Quadt, Schönberger, & Schwarz, 2009, S. 57-60)

Für die Analysen dieser Arbeit werden der Tukey HSD Test, sowie der Fisher LSD Test angewendet (siehe 6.1.)

5.2.2. Flavor Score Konzept

Um die Relevanz des Geruchseindrucks einer Substanz einschätzen zu können, wurde die Methode des detection frequency (DF) entwickelt. Bei dieser Methode wird die Anzahl von Panellisten, die zur gleichen Retentionszeit einen Geruchseindruck wahrnehmen, als Maß für die Relevanz einer Substanz angesehen. Je häufiger die eine Substanz detektiert wurde, umso größer wird die sensorische Relevanz eingeschätzt (Petersen, 2013).

Das „noise level“ beschreibt die festgelegte Anzahl von Panellisten, die den Geruch zur Retentionszeit erkannt haben müssen, damit dieser als relevant eingestuft werden kann (Petersen, 2013). Das „noise level“ liegt bei dieser Auswertung bei 50% (3 Panellisten von insgesamt 6).

Die DF-Methode erfasst nur, die Anzahl der Panellisten einer Geruchswahrnehmung, aber nicht wie intensiv diese wahrgenommen wird. Aus diesem Grund wird die Intensität (mit Hilfe einer Intensitätsskala) und die Geruchswahrnehmung auf einem Protokoll festgehalten. Durch diese zusätzlichen Angaben ist es möglich das Flavour Score Konzept anzuwenden. Der Flavor Score (FS) ist das Produkt aus dem DF und der mittleren wahrgenommenen Geruchsintensität (FI) der entsprechenden Substanz (i) (Petersen, 2013).

$$FS_i = DF_i * FI_i$$

Mit dem ermittelten FS lassen sich die Geruchsintensitäten mittels der Hauptkomponentenanalyse und einer ANOVA analysieren und sensorische Unterschiede zwischen den verschiedenen Reifegraden der Mango darstellen.

5.2.3. Hauptkomponentenanalyse

„Hauptkomponenten sind lineare Kombinationen von Attributen und dienen der Reduktion auf wenige Variablen, die sogenannten Hauptkomponenten“ (Vgl. Derndorfer, 2012, S. 155)

Diese dient zur Visualisierung von Produktunterschieden und -ähnlichkeiten. Im ersten Schritt werden die Daten standardisiert, sodass alle Attribute einen Mittelwert von 0 und eine Standardabweichung von 1 haben. Diese Standardisierung soll die Berechnung und Interpretation vereinfachen. Im zweiten Schritt wird eine Korrelationsmatrix der einzelnen Attribute berechnet, um die Beziehung der einzelnen Attribute zu ermitteln. Die Faktorladungen geben an, wie stark ein Attribut und ein Faktor miteinander korrelieren. Es werden nur die Attribute berücksichtigt, die einen Faktor >1 aufweisen. (Quadt, Schönberger, & Schwarz, 2009, S. 99 - 103)

Die HKA ist eine Faktoranalyse, wobei der erste Faktor möglichst viel der Gesamtvarianz (-streuung) bindet. Der zweite Faktor und alle nachfolgenden binden möglichst viele weitere Varianzen (die noch nicht gebunden sind) (Busch-Stockfisch, 2015, S. 307-108).

„Das wichtigste Ergebnis einer Hauptkomponentenanalyse ist die grafische Darstellung der sensorischen Ähnlichkeit bzw. Unterschiedlichkeit der untersuchten Produkte. Die Berechnung einer HKA lässt sich in drei Stufen einteilen“ (Vgl. Busch-Stockfisch, 2002, S. 15-22)

1. Schritt: Auswahl HKA Typs

2. Schritt: Festlegung der Faktorenzahl

Der Scree Plot ist die grafische Umsetzung der Eigenwertetabelle und unterstützt bei der Entscheidung, in Bezug auf die Anzahl zu extrahierenden Faktoren. Hierzu werden die Balken von links beginnend verbunden. Ab dem Punkt, wo die Linie einen klaren Knick macht, sind keine verwertbaren Informationen mehr vorhanden. Die entscheidenden Faktoren liegen links von dem Knick.

3. Schritt: Inhaltliche Bedeutung und Benennung der Faktoren

Die Erkennung der inhaltlichen Bedeutung der Faktoren ist die schwierigste Aufgabe. Ein Faktor repräsentiert viele korrelierende sensorische Wahrnehmungen miteinander. Es ist jedoch nicht möglich die Attributbezeichnungen als Bezeichnung des Faktors zu nutzen.

Einen ersten Überblick über die inhaltliche Bedeutung der Faktoren bekommt man, wenn man die Tabelle mit den Faktorladungen nach Größe (absteigend) sortiert. Begonnen wird mit dem ersten Faktor. Es werden alle Attribute mit einer Ladung $\geq |0,7|$ markiert, da diese den Faktor charakterisieren. Die Empfehlung für diesen Grenzwert beruht auf den Überlegungen, dass Ladungen kleiner $|0,7|$ weniger als 50% auf diesen Faktor ausmachen und diese Attribute damit kaum einen Beitrag zum Erkennen der inhaltlichen Bedeutung leisten. Attribute, die bei mehreren Faktoren hohe Ladungen aufweisen sind ebenfalls wenig hilfreich. Alle Attribute, die bei keinem Faktor markiert wurden, sind für die folgenden Betrachtungen irrelevant (Busch-Stockfisch, 2002, S. 17-22).

Die Ergebnisse der HKA werden auch grafisch dargestellt. Aus den Grafiken lassen sich einige Aussagen ableiten:

- Umso dichter Produkte in die Richtung von Attributen positioniert sind, desto ausgeprägter sind die Produkte hinsichtlich dieser Attribute.
- Produkte, die nahe bei einander sind weisen ähnliche Eigenschaften auf
- Sind Attribute in unmittelbarer Nähe zueinander positioniert, korrelieren sie stark

- Bei entgegengesetzten Richtungen von Attributen, liegt eine negative Korrelation vor.
- Keine Korrelation weisen Attribute aus, die rechtwinklig zueinanderstehen

(Quadt, Schönberger, & Schwarz, 2009, S. 105).

Wenn die Variablen nahe am Zentrum des Diagramms liegen, sind einige Informationen auf anderen Achsen aufgetragen und jede Interpretation riskant. Um feststellen zu können, ob eine Variable stark an eine Achse gebunden ist, müssen die quadrierten Cosinuswerte betrachtet werden. Je größer der quadrierte Cosinuswert ist, umso stärker ist die Variable an die Achse gebunden. Je kleiner der quadrierte Cosinuswert ist, desto vorsichtiger sollte interpretiert werden (XLSTAT, 2017).

6. Ergebnisse/Auswertung

6.1. Geschmack

Für die Analyse des Geschmacks wurde mit den Daten der Profilprüfung eine ANOVA durchgeführt. Vorausgehend können die Mittelwerte betrachtet werden, da durch diese bereits Neigungen, ob es signifikante Unterschiede gibt, erkennbar sind (Abbildung 8).

Bei der Betrachtung der Mittelwerte ist zu beobachten, dass der fruchtige Geschmack bei den Reifegraden (RG) 5 und 6 abnimmt. Ähnlich ist es beim süßlichen Geschmack, hier nimmt der Geschmack ebenfalls bei den RG 5 und 6 ab, steigt aber vorher jedoch stark zwischen den RG 1 und 2 von 3,3 auf 6,3 (bei einer 10 Punkte Skala) an. Der saure, sowie der citrus Geschmack fällt mit den Reifegraden. Mit der Ausnahme zwischen den RG 2 und 3 – gibt es einen Anstieg. Die Abnahme dieser Geschmäcker ist am größten zwischen RG 1 und 2. Der fade Geschmack steigt ebenfalls mit den Reifegraden, mit Ausnahme des RG 3, der wie RG 1 eingestuft wurde (2,0). Zwischen den RG 1 und 2, des überreifen Geschmacks, gibt es einen starken Anstieg (1,5 auf 5,2). Anschließend sinkt die Bewertung bei RG 3 auf 4,0 um dann wieder anzusteigen bis zum RG 6. Einen konstanten Anstieg weist der aromatische Geschmack bis zum RG 3 auf (6,1), um bei RG 4 auf 5,4 zu sinken, anschließend wieder auf 6,1 anzusteigen und beim RG 6 auf 4,4 abzufallen.

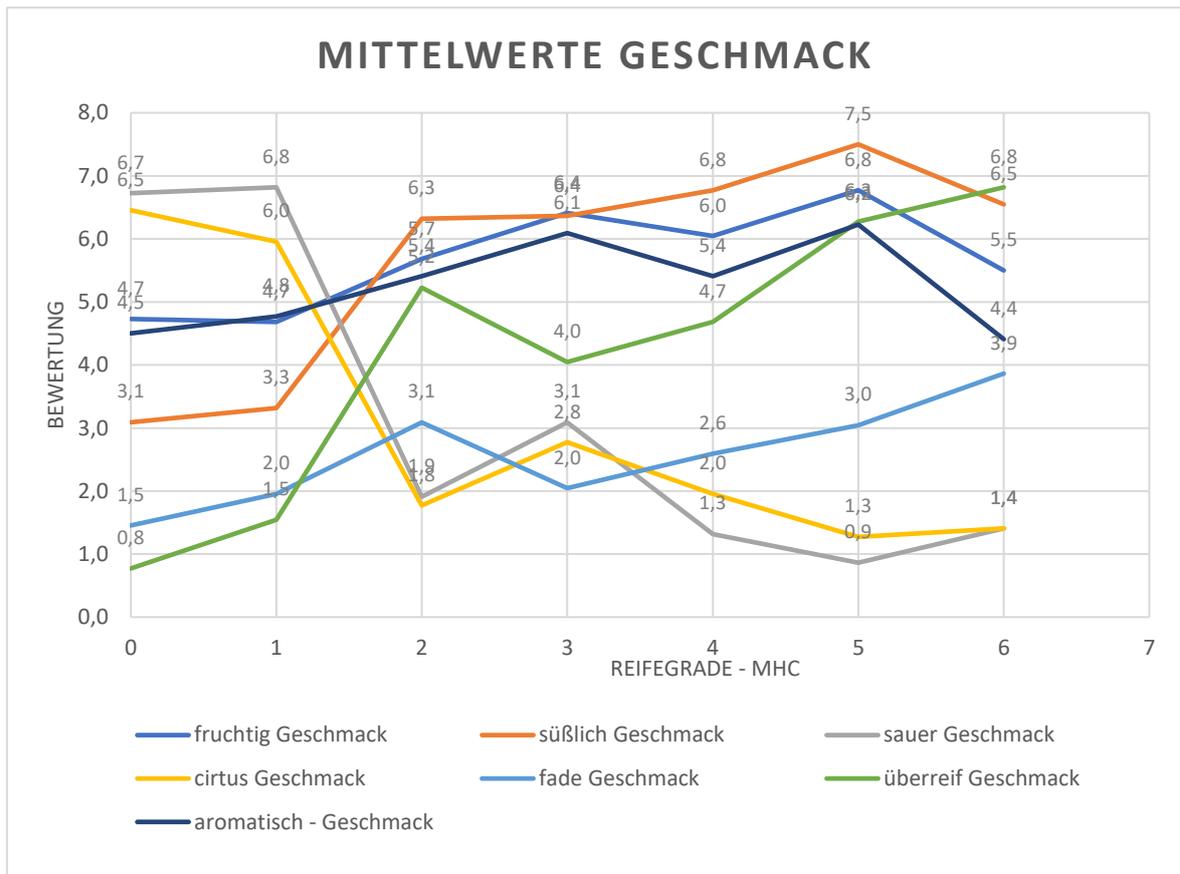


Abbildung 8: Mittelwerte Geschmack

Wie bereits unter dem Punkt 5.1.3 beschrieben, signalisiert das Ergebnis einer ANOVA aus, ob ein Unterschied zwischen den Produkten vorliegt, aber nicht zwischen welchen. Bei den Werten dieser Analyse ist der p-Wert kleiner als das Signifikanzniveau von 5%. Dementsprechend liegt ein Unterschied zwischen den Produkten vor. Aus diesem Grund wurden die Post-hoc Test Fisher-LSD Test, sowie der Tukey HSD Test angewandt. Bei diesen Tests wird untersucht, ob signifikante Unterschiede zwischen den Reifegraden hinsichtlich einzelner Attributen vorliegen. Der Tukey Test gilt als konservativ und der Fisher Test als liberal. Konservativer bedeutet, dass beim Tukey Test weniger Unterschiede festgestellt werden. Er eignet sich für einfache und komplexere Vergleiche. Allerdings besteht die Gefahr gewisse Unterschiede zu übersehen. Aus diesem Grund wird der Fisher LSD Test zusätzlich angewandt. Beide Tests wurden mit einem 95% Konfidenzintervall durchgeführt. Dies bedeutet, dass es eine 5% Irrtumswahrscheinlichkeit gibt, dass einen Fehler Typ 1 zu machen (die Nullhypothese abzulehnen, dass es keine Unterschiede gibt) (Rumsey, 2013, S. 197-201).

Das Ergebnis der ANOVA ist, dass Unterschiede zwischen den Reifegraden vorliegen. Eine Übersicht über die signifikanten Unterschiede in den verschiedenen Reifegraden wird in Tabelle 7 dargestellt.

Tabella 7: Übersicht signifikante Unterschiede nach dem Tukey und Fisher LSD Tests

Beschreibung	MHC	MHC 0	MHC 1	MHC 2	MHC 3	MHC 4	MHC 5	MHC 6
Fruchtiger Geschmack	MHC 0							
	MHC 1							
	MHC 2							
	MHC 3	F	F					
	MHC 4	F	F					
	MHC 5	T/F	T/F					F
	MHC 6							
Süßlich Geschmack	MHC 0							
	MHC 1							
	MHC 2	T/F	T/F					
	MHC 3	T/F	T/F					
	MHC 4	T/F	T/F					
	MHC 5	T/F	T/F					
	MHC 6	T/F	T/F					
Saurer Geschmack	MHC 0			T/F	T/F	T/F	T/F	T/F
	MHC 1	T		T/F	T/F	T/F	T/F	T/F
	MHC 2						F	
	MHC 3			F		T/F	T/F	T/F
	MHC 4							
	MHC 5							
	MHC 6							
Citrus Geschmack	MHC 0			T/F	T/F	T/F	T/F	T/F
	MHC 1			T/F	T/F	T/F	T/F	T/F
	MHC 2							
	MHC 3						F	F
	MHC 4							
	MHC 5							
	MHC 6							

Fader Ge- schmack	MHC 0							
	MHC 1							
	MHC 2	F						
	MHC 3							
	MHC 4							
	MHC 5	F						
	MHC 6	T / F	F	F				
Überreifer Geschmack	MHC 0							
	MHC 1							
	MHC 2	T / F	T / F					
	MHC 3	T / F	T / F					
	MHC 4	T / F	T / F					
	MHC 5	T / F	T / F		F	F		
	MHC 6	T / F	T / F	T / F	F			
Aromatischer Geschmack	MHC 0							
	MHC 1							
	MHC 2							
	MHC 3	F	F					F
	MHC 4							
	MHC 5	F	F					F
	MHC 6							

T = Tukey Test F = Fisher LSD Test

6.2. Geruch

Zunächst werden die Ergebnisse der Geruchsbewertung aus der Profilprüfung und anschließend die Auswertung der GC-O Daten betrachtet.

6.2.1. Auswertung Profilanalyse

Bei den Mittelwerten der Geruchsbewertung durch die Profilprüfung ist eine grobe Tendenz identifizierbar (Abbildung 9). Der fruchtige Geruch steigt bis RG 4 (7,2). Anschließend bleibt der Geruch relativ konstant. Einen signifikanten Anstieg gibt es zwischen RG 1 und 2 (3,5 auf 6,0) beim süßlichen Geruch. Der frische Geruch nimmt zwischen den RG 1 und 2 ab, um sich bis RG 4 zu erhöhen. Zum RG 5 flaut der Geruch wieder ab, um beim RG 6 wieder

etwas zu steigen. Nachdem der saure / citrus Geruch signifikant von 5,5 auf 2,5 (RF 1 auf 2) gesunken ist, steigt er bei RG 3 wieder an und bleibt anschließend relativ konstant. Einen konstanten Anstieg gibt es beim aromatischen Geruch bis RG 4 (6,5). Alsdann bei den RG 5 und 6 (5,5 und 6,0) geringer bewertet worden zu sein. Der grüne Geruch nimmt ab. Einen signifikanten Unterschied gibt es beim reifen Geruch unter anderem zwischen RG 1 und 2 (3,0 / 6,8). Nachfolgend fällt der Mittelwert kurz auf 5,8, um ab RG 4 (7,5) konstant zu bleiben. Der exotische Geruch der Mango wächst bis RG 4 (7,0) an und senkt sich auf 6,2 bzw. 6,7 bei den RG 5 und 6.

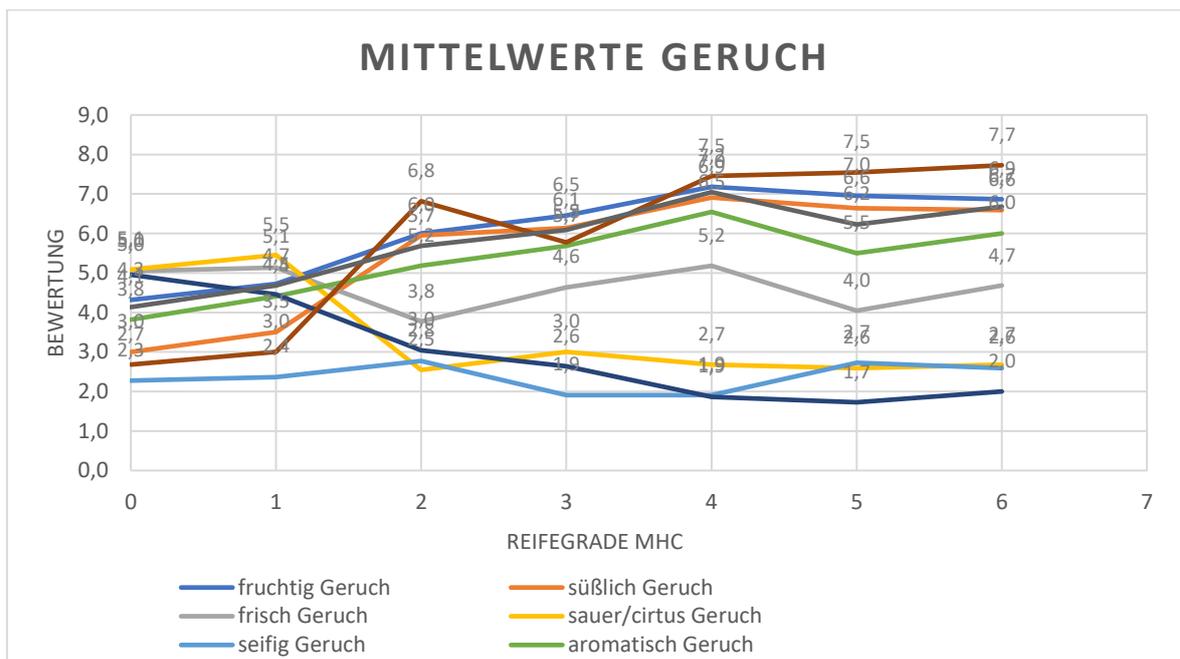


Abbildung 9: Mittelwerte Geruch (Daten der Profilprüfung)

Eine Übersicht über die signifikanten Unterschiede in den verschiedenen Reifegraden ist in Tabelle 8 abzulesen. Das Attribut seifiger Geruch weist keine signifikanten Unterschiede auf und wird daher nicht weiter betrachtet und gesondert aufgeführt.

Tabelle 8: Signifikante Unterschiede des Geruchs nach dem Tukey und Fisher LSD Tests (Daten der Profilanalyse)

Beschreibung	MHC	MHC 0	MHC 1	MHC 2	MHC 3	MHC 4	MHC 5	MHC 6
Fruchtiger Geruch	MHC 0							
	MHC 1							
	MHC 2	F						
	MHC 3	T / F	F					
	MHC 4	T / F	T / F					
	MHC 5	T / F	T / F					
	MHC 6	T / F	T / F					
Süßlicher Geruch	MHC 0							
	MHC 1							
	MHC 2	T / F	T / F					
	MHC 3	T / F	T / F					
	MHC 4	T / F	T / F					
	MHC 5	T / F	T / F					
	MHC 6	T / F	T / F					
Frischer Geruch	MHC 0			F				
	MHC 1			F				
	MHC 2							
	MHC 3							
	MHC 4			F				
	MHC 5							
	MHC 6							
Sauer / citrus Geruch	MHC 0			T / F	T / F	T / F	T / F	T / F
	MHC 1			T / F	T / F	T / F	T / F	T / F
	MHC 2							
	MHC 3							
	MHC 4							
	MHC 5							
	MHC 6							

Aromatischer Geruch	MHC 0							
	MHC 1							
	MHC 2	F						
	MHC 3	F	F					
	MHC 4	T/F	T/F	F				
	MHC 5	F						
	MHC 6	T/F	F					
Grüner Geruch	MHC 0			F	T/F	T/F	T/F	T/F
	MHC 1				F	T/F	T/F	T/F
	MHC 2							
	MHC 3							
	MHC 4							
	MHC 5							
	MHC 6							
Reifer Geruch	MHC 0							
	MHC 1							
	MHC 2	T/F	T/F					
	MHC 3	T/F	F					
	MHC 4	T/F	T/F		F			
	MHC 5	T/F	T/F		F			
	MHC 6	T/F	T/F		T/F			
Exotischer Geruch	MHC 0							
	MHC 1							
	MHC 2	F						
	MHC 3	T/F	F					
	MHC 4	T/F	T/F	F				
	MHC 5	T/F	F					
	MHC 6	T/F	T/F					

T = Tukey Test

F = Fisher LSD Test

6.2.2. Auswertung der GC-O Daten mittels Flavor Score

Insgesamt wurden 44 leichtflüchtige Substanzen in der *Mahachanok* als bedeutend wahrgenommen. Die relevanten aromaaktiven Substanzen werden mit römischen Zahlen (I bis XVIII) gekennzeichnet. Die nicht identifizierbaren Substanzen (n.i.) werden mit den Buchstaben A bis Z gekennzeichnet.

Der erste Schritt bei der Analyse der Sniff-Daten des GC-O's war es, anhand des festgelegten „noise levels“ von 3 und des Flavor Score Konzeptes (siehe 5.2.2.) die aromarelevanten Substanzen herauszufinden. Alle Substanzen, die ein „noise level“ von mindestens 3 erreicht haben, sind in Tabelle 9 aufgeführt.

Im Anhang 15 wird das Chromatogramm von der unreifen (RG 0) und der reifen (RG 6) MHC gegenübergestellt sowie im Anhang 16 das Chromatogramm der Reifegrade 1 und 5. In beiden Chromatogrammen wird der DF mit den Retentionszeiten der Peaks der Substanzen verknüpft.

Im Anhang 13 sind die qualitativen und quantitativen Beschreibungen der MHC aufgeführt. Hier sind die Häufigkeiten der Geruchswahrnehmung der einzelnen Panellisten dokumentiert. Die Mittelwerte der Intensitäten und der Flavor Score werden zusammen mit der Beschreibung den Substanzen zugeordnet. Des Weiteren sind im Anhang 14 die Geruchsbeschreibungen und Beschreibungen aus der Literatur bezüglich der achtzehn relevanten Substanzen von der GC-O gelistet.

Die aromarelevanten Substanzen sind: Ethanal (I), Dimethylsulfide (II), Aceton (III), 3-Pentanone (IV), trans-p-Methane (V), trans-Carene (VI), 2-Butenoicacid methylester (VII), Hexanal (VIII), Citronellylformate (IX), (6Z)-2,6-Dimethyl-2,6-octadiene (X), α -Pinene (XI), β -Ocimene (XII), α -Phellandrene (XIII), 9-Eicosyne (XIV), Oxetane (XV), 3-Hexen-1-ol (XVI), Selinan (XVII), 2-Butenal, 2-methyl-4-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl) (XVIII).

Tabelle 9: Aromaaktive Substanzen mit $DF \geq 3$

Nr.	Substanzname	Retentionszeit (in Minuten)	Wahrscheinlichkeit (in %)	DF ≥ 3						
				MHC						
				0	1	2	3	4	5	6
I	Ethanal	0,81	39,50				X		X	X
II	Dimethylsulfide	0,85	79,20	X	X			X		X
III	Aceton	1,04	85,80		X					

IV	3-Pentanone	1,96	39,80	X						
V	p-Menthane, trans-	2,63		X						
VI	Carane, trans-	2,75	8,38	X	X					
VII	2-Butenoic acid, methyl ester, (Z)-	2,84	74,00			X				X
VIII	Hexanal	3,35	74,10	X	X					
IX	Citronellyl formate	3,39	20,5	X		X	X	X	X	X
X	(6Z)-2,6-Dimethyl-2,6-octadiene	3,78	46,10		X	X				
XI	α -Pinene	4,36		X	X	X	X			X
XII	β -Ocimene	4,48	10,40	X	X					
XIII	α -Phellandrene	4,68	46,60	X						
A	n.i.	4,89		X	X	X		X	X	X
XIV	9-Eicosyne	6,67	4,62				X	X		
XV	Oxetane	7,76	54,30		X					
XV I	3-Hexen-1-ol, (Z)	11,52	44,10	X	X					
XV II	Selinan	18,43	27,10		X					

XV III	2-Butenal, 2-mehtyl- 4-(2,6,6- trimethyl- 1-cyclo- hexen-1- yl)	21,04	18,60								X	X			X	X
B	n.i.	25,93		X												

Einige der Substanzen sind hauptsächlich für die unreiferen Mangos (RG 0-2) relevant, da diese Substanzen bei anderen Reifegraden nur schwach oder gar nicht wahrgenommen werden. Zu den Substanzen zählen trans-Carene, Hexanal, (6Z)-2,6-Die-methyl-2,6-octadiene, β -Ocimene und 3-Hexen-1-ol. 3-Petanone, trans- ρ -Methane und α -Phellandrene beschreiben ausschließlich den Reifegrad 0. Wohingegen Aceton, Oxetane und Selinan nur den Reifegrad 1 beschreiben.

Vier der aromaaktiven Substanzen sind für alle Reifegrade relevant (Dimethylsulfide, Citronellylformate, α -Pinene und 2-Butenal, 2-mehtyl-4-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)). 9-Eicosyne ist ausschließlich relevant für die Reifegrade 3 und 4 (Tabelle 9 / Anhang 13).

Durch den ermittelten Flavor Score aus der detection frequency (DF) und der Mittleren Geruchsintensität (FI) wird die sensorische Relevanz der einzelnen Substanzen ermittelt. Je höher der Flavor Score, umso relevanter ist die Substanz für den jeweiligen Reifegrad. Der maximal höchste Flavor Score liegt bei 30 Punkten. Verglichen werden die Reifegrade 0 bis 6 der MHC. Es werden ausschließlich der relevanten aromaaktiven Substanzen (I – XVIII) betrachtet. Aus den Abbildungen 10 und 11 zu entnehmen ist, dass bei der Substanz Ethanal (I) der höchste FS 9 bei den Reifegraden 3, 5 und 6 liegt. Einen Punkt darunter, bei 8 Punkten, liegt der Reifegrad 2. Dimethylsulfide (II) hat bei Reifegrad 4 einen FS von 20 Punkten, gefolgt von Reifegrad 0 (15 Punkte), Reifegrad 6 (9 Punkte) und Reifegrade 1 und 5 mit jeweils 6 Punkten. Für Reifegrad 0 ist der FS von 15 Punkten der höchste Punktwert bei den Substanzen Dimethylsulfide und 3-Hexen-1-ol. Aceton (III) starten bei 12 Punkten (Reifegrad 1) nachgefolgt von 8 Punkten (Reifegrade 5 und 2) und 6 Punkten bei Reifegrad 4. 3-Petanone (IV) hat bei Reifegrad 0 einen FS von 8 Punkten und bei allen anderen 2 Punkten oder weniger. Einen FS von 6 Punkten bei Reifegrad 0 hat trans- ρ -Methane (V). Bei den anderen Reifegraden liegt der FS bei 3 Punkten oder weniger. Trans-Carene (VI) besitzt einen FS von 15 (Reifegrad 1), dies ist der größte FS Punktzahl für den Reifegrad 1. Bei den Reifegraden 0 und 2 weist Trans-Carene einen FS von 6

Punkten vor. Mit 9 Punkten hat der Reifegrad 2 bei 2-Butenoicacid methylester (VII) den höchsten FS, gefolgt von Reifegrad 1 (6 Punkte). Hexanal (VIII) hat bis auf bei Reifegrad 1 (12 Punkte) und Reifegrad 0 (6 Punkte) nur FS unter 3. Citronellylformate (IX) zeigt bei allen Reifegraden einen FS ≥ 8 auf: 24 Punkte (Reifegrad 4), 20 Punkte (Reifegrad 6), 18 Punkte (Reifegrad 2), 12 Punkte bei den Reifegraden 5 und 3, 9 Punkte (Reifegrad 0) und 8 Punkte beim Reifegrad 1. Für die Reifegrade 2 bis 6 sind die Werte für Citronellylformate die höchsten FS der Reifegrade. Die Reifegrade 1 (8 Punkte) und 2 (6 Punkte) beschreiben (6Z)-2,6-Dimethyl-2,6-octadiene (X). Die Reifegrade 0 bis 2 weisen bei α -Pinene (XI) 12 Punkte auf. Gefolgt von Reifegrad 3 und 6 mit jeweils 9 Punkten und 8 Punkten bei Reifegrad 4. Bei β -Ocimene (XII) haben Reifegrad 0 und 1 9 Punkte dicht gefolgt von Reifegrad 5 mit 6 Punkten. Dreimal 6 Punkte hat α -Phellandrene (XIII) bei den Reifegraden 0, 2 und 4. 9-Eicosyne (XIV) besitzt zweimal 9 Punkte (Reifegrade 3, 4) und einmal 6 Punkte (Reifegrad 1). Einen FS von 6 (Reifegrad 1) und ansonsten 4 oder weniger zeigt Oxetane (XV). Einen FS kleiner als 3 Punkten hat 3-Hexen-1-ol (XVI) bei allen Reifegraden, außer bei Reifegrad 0 (15 Punkte) und Reifegrad 1 (8 Punkte). Selinan (XVII) hat bis auf bei Reifegrad 1 mit 6 Punkten eine FS kleiner als 2. Den höchsten FS bei der Substanz 2-Butenal, 2-methyl-4-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl) (XVIII) hat Reifegrad 6 mit 16 Punkten, anschließend kommen 12 Punkte von Reifegrad 2, 9 Punkte bei den Reifegraden 0 und 5, sowie 8 Punkte beim Reifegrad 3. Die Abbildungen 10 und 11 stellen die Flavour Scores dar. Aufgrund der besseren Übersichtlichkeit werden diese in zwei Abbildungen dargestellt. Eine Darstellung mit allen Reifegraden befindet sich im Anhang 17.

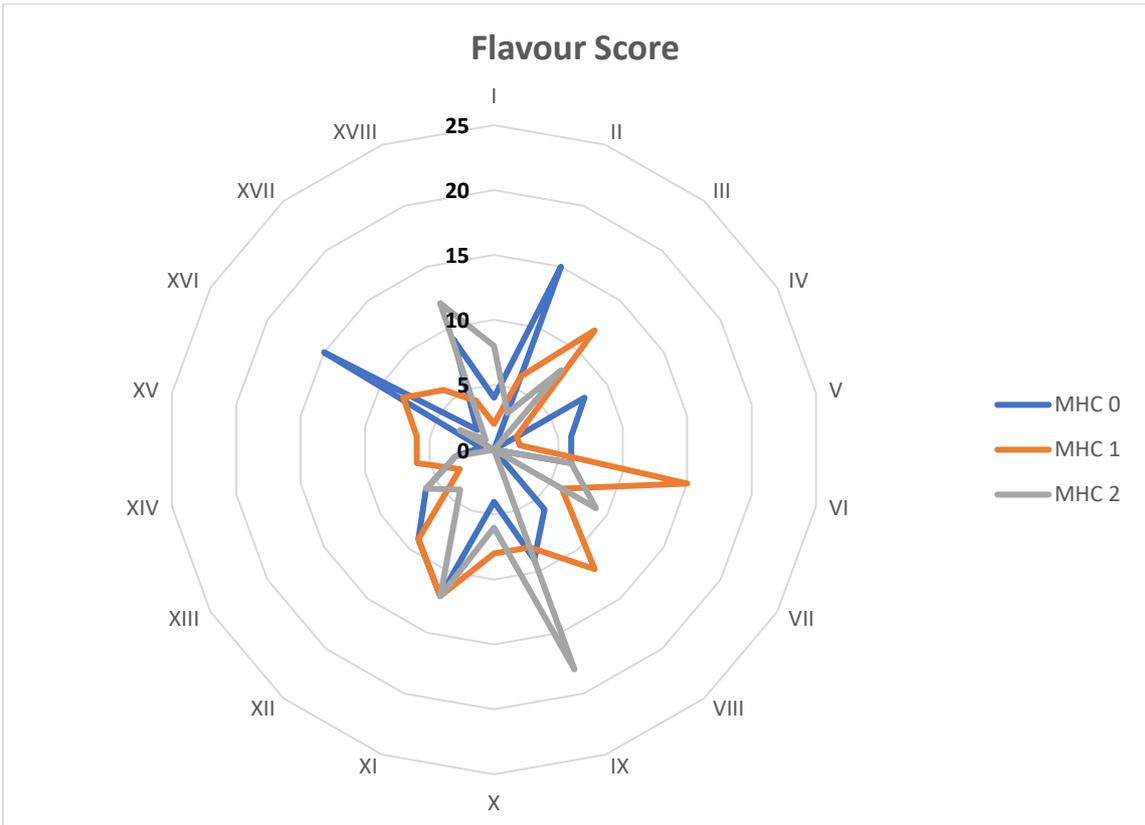


Abbildung 10: Flavor Score MHC 0, 1, 2



Abbildung 11: Flavor Score MHC 3, 4, 5, 6

6.2.3. Auswertung der GC-O Daten mittels Hauptkomponentenanalyse

Die Ergebnisse des Scree Plots verdeutlichen, dass die ersten zwei zwei Faktoren relevante für die HKA sind. Nach den Faktorladungen der Hauptkomponentenanalyse sind für den Faktor 1 die Substanzen I, VI, IX, X, XII, XVI, XVII, VIII und für den Faktor 2 die Substanzen III, IV und VII relevant. Die anderen (II, V, XI, XIII, XIV, XV, XVIII) sind für die beiden Faktoren irrelevant, wie unter 5.2.3. beschrieben.

Die Ergebnisse der HKA werden zudem grafisch dargestellt. Aus den Grafiken lassen sich die folgenden Aussagen ableiten:

- Umso dichter Produkte in die Richtung von Attributen positioniert sind, desto ausgeprägter sind die Produkte hinsichtlich dieser Attribute.
- Produkte, die nahe bei einander sind weisen ähnliche Eigenschaften auf
- Sind Attribute in unmittelbarer Nähe zueinander positioniert, korrelieren sie stark
- Bei entgegengesetzten Richtungen von Attributen, liegt eine negative Korrelation vor.
- Keine Korrelation weisen Attribute aus, die rechtwinklig zueinanderstehen

(Quadt, Schönberger, & Schwarz, 2009, S. 105).

Bei der Interpretation des Biplots (Abbildung 12 und 13), fallen die Substanzen, welche nah am Zentrum liegen, weniger ins Gewicht. Dies liegt daran, dass Attribute welches nahe am Zentrum liegen, potenziell mit anderen Faktoren korrelieren – also an das Ergebnis eines anderen Faktors gebunden sind. Die Substanzen, die Aussagekräftig für MHC 0 sind, sind XVI, IV. Für MHC 1 sind beschreibend VI, X, XVII, VIII und XII. MHC 3 und 4 ähnelt sich sehr. Für die Reifegrade 2 bis 6 sind die beiden Substanzen IX und I beschreibend. In der Konsequenz folgt, dass sich MHC 3,4 und 6, sowie MHC 2 und 5 ähnelt.

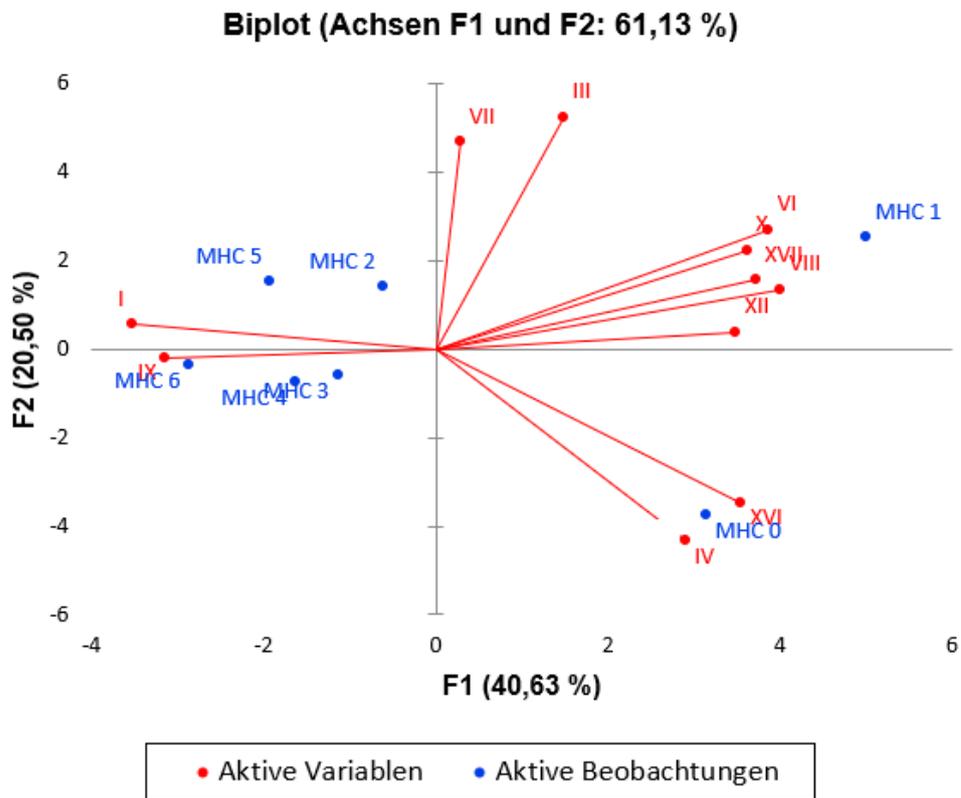


Abbildung 12: Biplot mit relevanten Substanzen

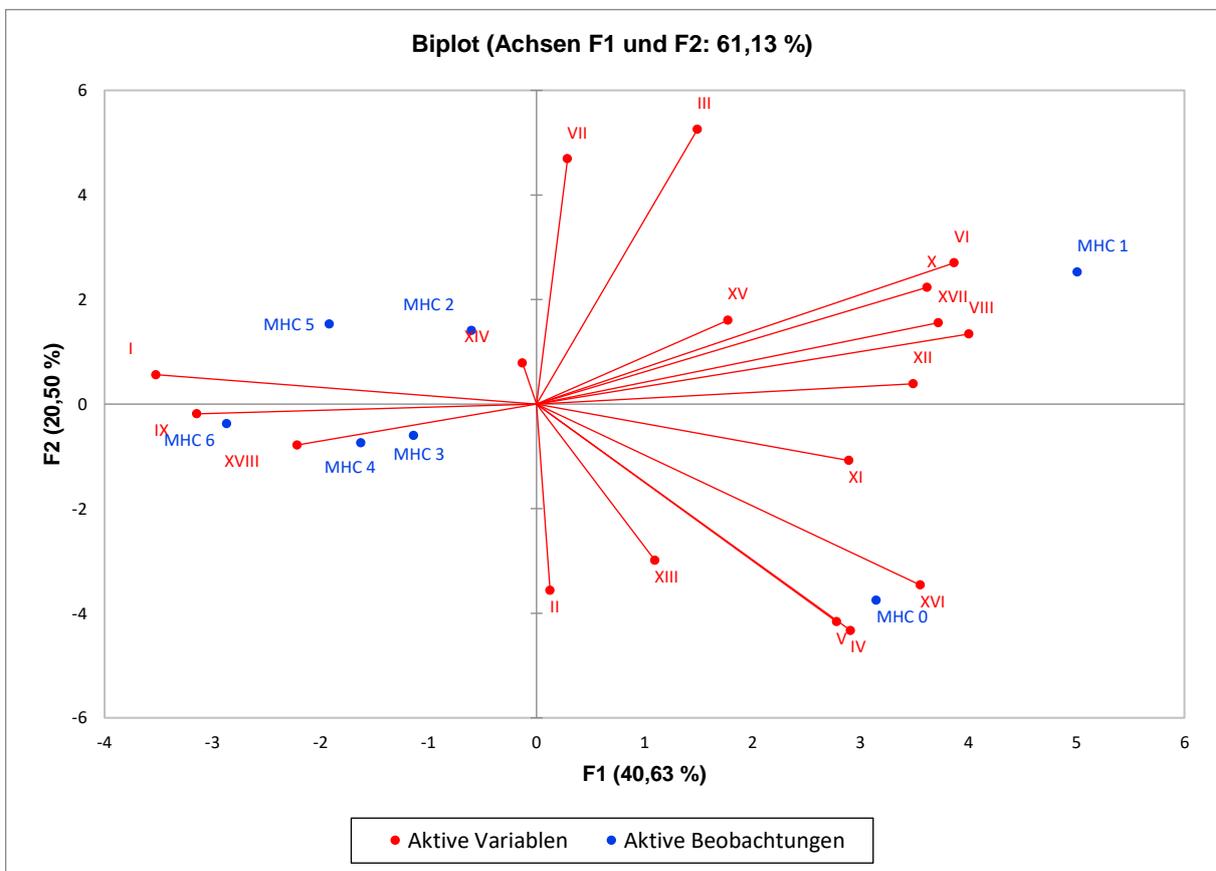


Abbildung 13: Biplot mit allen Substanzen

7. Diskussion

Die Reifegrade der MHC unterscheiden sich im Geschmack. Beim Reifegrad 0 sind die Geschmäcker sauer und citrus im oberen Drittel der Intensitätsskala (0 bis 10), im mittleren Bereich sind die Geschmäcker fruchtig und aromatisch und im unteren Drittel süßlich, fade und überreif. Ähnlich ist es beim Reifegrad 1, hier rückt nur der citrus Geschmack in das Mittelfeld. Die Geschmäcker fade, citrus und sauer sind im unterem Drittel der Reifegrade 2 und 3 positionieren. Im mittleren Bereich liegen die Geschmäcker süßlich, fruchtig, aromatisch, überreif. Süßlich liegt im oberen Drittel des Reifegrades 4, gefolgt vom mittleren Bereich mit den Geschmäckern fruchtig, aromatisch und überreif. Im unteren Drittel liegen citrus, sauer und fade. Beim Reifegrad 5 ist es beinahe identisch, außer dass der Geschmack fruchtig im oberen Drittel der Intensitätsskala angesiedelt ist. Der 6. Reifegrad hat im oberen Drittel der Intensitätsskala die Geschmäcker überreif und süßlich, im Mittelfeld fruchtig, aromatisch und fade, sowie im unteren Drittel sauer und citrus.

Aus dieser Analyse lässt sich die Geschmacksentwicklung, durch die verschiedenen Reifegrade gut nachvollziehen. Allerdings sollte berücksichtigt werden, dass die Profilanalyse, auf denen die Daten basieren mit einem geschulten Panel durchgeführt wurde. Die Panellisten wurden vorher geschult, sodass sie die Unterschiede z.B. zwischen sauer und citrus erkennen. Dies wäre für ungeschulte Personen ohne Vorkenntnisse auf dem Niveau nicht zu leisten. Des Weiteren geben die Ergebnisse nur erste Anhaltspunkte, welcher Reifegrad die Vorlieben der Konsumenten trifft. Sollte dieser Aspekt betrachtet werden, bietet es sich an einen Konsumententest durchzuführen. Ein solcher Konsumententest sollte die Reifegrade 2 bis 5 näher in Betracht ziehen, da diese im oberen Drittel der Intensitätsskala weder als sauer, citrus oder überreif bewertet wurden.

Bei der Identifizierung der aromaaktiven Substanzen, mit dem GC-O, wurden einzelne Peaks zusammengefasst. Ursache hierfür ist, dass die Panellisten den Schieberegler unterschiedlich lange geschoben haben. Anhand der Chromatogramme (Retentionszeiten der Peaks) und dem geführten Geruchsprotokoll konnten die Signale des Reglers den Peaks zugeordnet werden. Hierzu unterstützend war die MS-Bibliothek, wo die Substanzen erkannt wurden. Anschließend wurden die Literaturbeschreibungen, mit denen der Panellisten verglichen. Die Beschreibungen der Substanzen ähneln sich, was für die Panellisten die Differenzierung erschwert. Des Weiteren ist die Wahrnehmung und Geruchsaktivität einerseits von der Konzentration, andererseits von der Geruchsschwelle abhängig. Die Geruchsschwellen variieren je nach Substanz. Aus diesem Grund kommt es dazu, dass Sub-

stanzen mit einer geringen Konzentration sehr intensiv wahrgenommen werden und Substanzen mit einer hohen Konzentration weniger wahrnehmbar sind. (Mayer, Breuer, & Sedlbauer, 2009, S. 180-181)

Zur Abschätzung der Relevanz bieten die Flavor Scores eine geeignete Grundlage. So liegt der höchste Flavor Score bei 24 Punkten von maximal erreichbaren 30 Punkten. Vor diesem Hintergrund ist die regelmäßige Schulung der Panellisten nicht zu vernachlässigen. Denn je präziser und genauer eine Geruchsbeschreibung ist, desto besser kann die Identifizierung und Trennung von Substanzen mit der MS-Datenbank unterstützt werden.

Die Mangoprobe wurden im Allgemeinen mit einer geringen Intensität bewertet. Meist mit 1 (schwach) bis 3 (mittel) auf einer 5-Punkte-Intensitätsskala. Die Bewertung der Substanzen muss innerhalb weniger Sekunden erfolgen und dabei benötigt der Panellist ein ausgeprägtes Geruchsgedächtnis und eine hohe Konzentration.

Durch die Identifizierung und Charakterisierung der Mango war es möglich ein Flavor-Score Profil zu erstellen, sodass erkennbar wird welche Substanz welchen Reifegrad charakterisiert. Hierdurch ist ein Vergleich und die letztliche Bewertung realisierbar. Substanzen wie 3-Pentanone und trans-p-Methane beschreiben ausschließlich den Reifegrad 0. Wohingegen Aceton, Oxetane und Selinan den Reifegrad 1 beschreiben. Substanzen die außerdem unreife Mangos (Reifegrade 0-2) beschreiben sind trans-Carene, Hexanal, (6Z)-2,6-Dimethyl-2,6-octadiene und 3-Hexen-1-ol. Vier der aromaaktiven Substanzen sind für alle Reifegrade relevant (Dimethylsulfide, Citronellylformate, α -Pinene und 2-Butenal, 2-methyl-4-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)). 9-Eicosyne ist relevant für die Reifegrade 3 und 4.

Mit Hilfe der Hauptkomponentenanalyse konnten einige Substanzen als relevant (I, III, IV, VI, VII, IX, X, XII, XVI, XVII, VIII) relevant. Die anderen Substanzen (II, V, XI, XIII, XIV, XV, XVIII) sind vernachlässigbar, da diese nicht an die Faktoren gebunden sind.

Des Weiteren weist der Vergleich zwischen der Hauptkomponentenanalyse und dem Flavor Score Konzept ähnliche Ergebnisse auf. Beim Flavor Score werden jedoch die Substanzen, die mittels der Hauptkomponentenanalyse als irrelevant eingestuft wurden, berücksichtigt, dies könnte zu Fehlinterpretationen führen.

Die Messungen wurden insgesamt 6-mal pro Reifegrad durchgeführt. Es gab dementsprechend 6 Wiederholungen der Messungen. Messungen mit der angewendete Methode HS-SPME-GC-MC wurden bei den Reifegraden 0,2,4 und 6 bereits im Vorfeld einmalig durchgeführt. Mit diesen Vergleichswerten wurden die Ergebnisse dieser Bachelorarbeit verglichen. Für die anderen Reifegrade 1,2,3 sollten erneut Messungen durchgeführt, um die

Reliabilität und Objektivität der Ergebnisse zu bekräftigen. Die Ergebnisse erlauben Rückschlüsse darauf, welche Substanzen welchen Reifegrad charakterisieren und Indikatoren für diesen sind.

8. Fazit

Die Ergebnisse dieser Bachelorarbeit „Aroma- und Geruchsprofile der Mangosorte „*Mahachanok*“ in verschiedenen Reifegraden“ können dem „Mangoprojekt“ als Grundlage für die Prozessoptimierung während der Nacherntebehandlung der MHC dienen.

Die angewendete Methode HS-SPME-GC-MC eignet sich zur sensorischen und instrumentellen Analyse der flüchtigen Aromakomponenten. Die Profilanalyse eignet sich ebenfalls zur Analyse der Geschmackskomponenten. Die Ergebnisse sind zudem reproduzierbar und damit für nachfolgende und weitergehende Forschungen in dem Feld geeignet.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden qualitative und quantitative Ergebnisse zu den *Mahachanok* der Reifegrade 0 bis 6 gewonnen. Dies wurde durch die Verknüpfung eines deskriptiven Panels und der Gaschromatographie-Massenspektroskopie und der Olfaktrometrie erzielt. Auf Basis des Flavor Score Konzept wurde die Bedeutung der folgenden Substanzen als Indikatoren für den Reifungsprozess identifiziert: Ethanal, Dimethylsulfide, Aceton, 3-Pentanone, trans-p-Methane, trans-Carene, 2-Butenoicacis methylester, Hexanal, Citronellylformate, (6Z)-2,6-Die-methyl-2,6-octadiene, α -Pinene, β -Ocimene, α -Phellandrene, 9-Eicosyne, Oxetane, 3-Hexen-1-ol, Selinan, 2-Butenal, 2-mehtyl-4-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl). Aroma- und Geruchsprofile konnten erstellt werden.

Mit Hilfe der Hauptkomponentenanalyse wurden Ethanal (I), Aceton (III), 3-Pentanone (IV), trans-Carene (VI), 2-Butenoicacis methylester (VII), Hexanal (VIII), Citronellylformate (IX), (6Z)-2,6-Die-methyl-2,6-octadiene (X), β -Ocimene (XII), 3-Hexen-1-ol (XVI) und Selinan (XVII) als relevante Indikatoren eingestuft. Die weiteren Substanzen sind, aufgrund ihrer Ungebundenheit an die relevanten Faktoren zu vernachlässigen.

Letztlich ist festzuhalten, dass sowohl der Geschmack als auch der Geruch einen Einfluss auf die gesamte sensorische Bewertung der Mangoproben hat.

Zusammenfassung / Abstract

Diese Bachelorarbeit zeigt die Aroma- und Geruchsprofile von thailändischen Mangos der Sorte „*Mahachanok*“ in unterschiedlichen Reifegraden. Zur instrumentellen und sensorischen Analyse der Komponenten wurde eine Profilanalyse und die HS-SPME-GC-MS/O-Methode angewendet. Ziel der in dieser Bachelorarbeit durchgeführten Analysen ist es zur Prozessoptimierung des Nachreifeprozesses bei Qualitätsparametern beizutragen. Die Daten wurden anhand des Flavor Score Konzept, sowie Hauptkomponenten- und Varianzanalysen ausgewertet, wodurch schließlich die Reifegrade untereinander verglichen und beschrieben werden konnten.

This bachelor thesis deals with the aroma and odor profiles of Thai mangos of the variety "*Mahachanok*" at different maturity levels. A profile analyses and the HS-SPME-GC-MS/O-methode were used for instrumental and sensory analyses of the components. The aim of the analyses carried out in this thesis is to contribute to the process of the ripening process in quality parameters. The data were evaluated using the Flavor Score concept, as well as principal component and variance analyzes. Which allowed the levels of maturity to be compared and described.

Literaturverzeichnis

- Acree, T., & Arn, H. (o.J.). *Flavornet*. Abgerufen am 15. 04 2019 von <http://www.flavornet.org/index.html>
- Bibliographisches Institut GmbH. (2018). *Analyt.* Abgerufen am 15. 02 2019 von <https://www.duden.de/rechtschreibung/Analyt>
- Buchecker, K. (2008). *Fragen & Antworten Sensorik*. Hamburg: Behr's Verlag.
- Busch-Stockfisch, M. (2002). *Praxishandbuch Sensorik : in der Produktentwicklung und Qualitätssicherung*. Hamburg: Behr's Verlag.
- Busch-Stockfisch, M. (2015). *Praxishandbuch: Sensorik kompakt in der Produktentwicklung und Qualitätssicherung*. Bayreuth: Behr's Verlag.
- Chauhan, O., Raju, P., & Bawa, A. (2010). *Mango Flavor*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Crane, J.H., Salazar-García, S., Lin, T-S., de Queiroz Pinto, A., Shü, Z-H. (2009). Crop Production: Management. In R. E. Litz, & S. Ram, *The Mango: Botany, Production and Uses* (2. Ausg., S. 432-483). CAB International.
- Delhunty, C., Eyres, G., & Dufour, J. (2006). Gas chromatography-olfactometry. *Journal of Separation Science*, S. 2107-2125.
- Derndorfer, E. (2012). *Lebensmittelsensorik*. Wien: Facultas Verlag- und Buchhandels AG.
- Deutsches Institut für Normung e. V. (2012). *DIN 10950: Sensorische Prüfung-Allgemeine Grundlagen*. Berlin: Beuth Verlag GmbH.
- Dinnagan Garden Organic Farm. (2018). *Mahachanok*. Abgerufen am 06.01.2019 von <http://dinnaganorganic.com/product/organic-mahachanok-thailand/>
- Gey, M. (2015). *Instrumentelle Analytik und Bioanalytik. Biosubstanzen, Trennmethoden, Strukturanalytik, Applikationen*. Berlin: Springer Verlag.
- Gross, J. (2013). *Massenspektrometrie. Ein Lehrbuch*. Berlin: Springer Verlag.
- Hai, V. T. (2012). *The effect of picking time and postharvest treatments on fruit quality of mango (Mangifera indica L.)*.
- Izneid, B., Fadhel, M., A-kharazi, T., Ali, M., Miloud, S. (11 2012). Design and develop a nondestructive infrared spectroscopy. *Association of Food Scientists & Technologists*, S. 3244-3252.
- Knoblich, H., Scharf, A., & Schubert, B. (1996). *Geschmacksforschung und Sensorik für Nahrungs- und Genußmittel*. München: Oldenbourg Verlag.
- Laohaprasit, N., Kukreja, R., & Arunrat, A. (2012). Extraction of volatile from 'Nam Dok Mai' and 'Maha Chanol' mangoes. *International Food Research Journal*, S. 1445 - 1448.
- Lawless, H., & Heymann, H. (2010). *Sensory Evaluation of Food. Principles and Practices*. New York: Springer-Verlag.
- Matissek, R., Steiner, G., & Fischer, M. (2014). *Lebensmittelanalytik*. Berlin: Springer-Verlag.

- Matthäus, B., & Fiebig, H. (2013). *Speiseöle und -fette. Recht, Sensorik, Analytik*. Europäischen Union: Erling Verlag.
- Matthäus, B., Brühl, L., & Fiebig, H. (2013). *Speiseöle und -Fette: Recht, Sensorik, Analytik*. Europäische Union: Erling Verlag.
- Mayer, F., Breuer, K., & Sedlbauer, K. (2009). Material and Indoor Odors and Odorants. In T. Salthammer, & E. Uhde, *rganic Indoor Air Pollutants: Occurrence, Measurement, Evaluation* (2. Ausg., S. 165-188). Weinheim: Wiley-VCH Verlag.
- Normenausschuss Lebensmittel und landwirtschaftliche Produkte, D. (2012). *DIN 10950: Sensorische Prüfung – Allgemeine Grundlagen*. Berlin: Beuth Verlag.
- Normenausschuss Lebensmittel und landwirtschaftliche Produkte, D. (2014). *DIN EN ISO 8586 - Sensorische Analyse – Allgemeiner Leitfaden für die Auswahl, Schulung und Überprüfung ausgewählter Prüfer und Sensoriker*. Berlin: Beuth Verlag.
- Otto, M. (2006). *Analytische Chemie*. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Petersen, K. (2013). *Analytische Beurteilung des Erhitzungseinflusses auf die oxidative Stabilität von neuartigen Speiseölen*. Jena.
- Quadt, A., Schönberger, S., & Schwarz, M. (2009). *Statistische Auswertung in der Sensorik: Leitfaden für die Praxis*. Hamburg: Behr's Verlag.
- Rumsey, D. (2013). *Statistik II für Dummies*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag.
- Sasathorn. (01. 05 2017). *An Inspirin Mahachanok Mango*. Abgerufen am 20.01.2019 von <http://www.sabai-arom.com/journey/inspiringly-delicious-mango/>
- Singh, Z., Singh, R., Sane, V., Nath, P. (2013). Mango - Postharvest Biology and Biotechnology. *Plant Sciences*, S. 217-236.
- Statistisches Bundesamt. (02. 07 2019). *STATISTA: Import von Südfrüchten nach Deutschland nach Art in den Jahren 2012 bis 2017 (in Tonnen)*. Abgerufen am 06.01.2019 von <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/29136/umfrage/importmenge-von-suedfruechten-nach-deutschland/>
- Szymanski, N. (2013). Einfluss des Paneltrainings auf die Panel Performance in der Gaschromatographie-Olfaktometrie von Mayonnaisen. *FSMI*. Abgerufen am 20.01.2019 von http://www.hsfs.org/de/network/vortraege_2013/Szymanski.php.
- The Good Scents Company. (2018). *The Good Scents Company*. Abgerufen am 15. 04 2019 von <http://www.thegoodscentscompany.com/misc/contact.html>
- XLSTAT. (20. 10 2017). Hauptkomponentenanalyse (HKA) in Excel - Anleitung. Abgerufen am 19. 03 2019 von https://help.xlstat.com/customer/de/portal/articles/2062222-hauptkomponentenanalyse-hka-in-excel---anleitung?b_id=9283
- Zúñiga-Arias, G., Ruben, R., Verkerk, R., van Boekel, M. (2008). Economic incentives for improving mango quality in Costa Rica. *International Journal of Quality & Reliability Management*, S. 400-422.

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich vorliegende Bachelorarbeit „Aroma- und Geruchsprofile der Mangosorte „*Mahachanok*“ in verschiedenen Reifegraden “ ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Hamburg, den 18. Juni 2019

Merle Gorke

Anhang

Anhang 1: Erkennen der Grundgeschmacksarten.....	47
Anhang 2: Bestimmung der Geschmacksempfindlichkeit – Schwellenprüfung.....	48
Anhang 3: Einfachbeschreibende Prüfung - Geschmack	49
Anhang 4: Intensitätsprüfung - Mangostücke	50
Anhang 5: Duo-Trio-Test	52
Anhang 6: Rangordnungsprüfung - Geschmack	53
Anhang 7: Einfachbeschreibende Prüfung - Geruch	54
Anhang 8: Geruchserkennungsprüfung	55
Anhang 9: Paarvergleich - Prüfung	56
Anhang 10: Geruchsmemory	57
Anhang 11: Rangordnungsprüfung - Geruch	58
Anhang 12: Intensitätsprüfung - Geruch	59
Anhang 13: Geruchsprotokoll GC	60
Anhang 14: Qualitative und quantitative Beschreibung der Mangos an der GC-O	61
Anhang 15: Beschreibung Panellisten und Literatur.....	63
Anhang 16: Chromatogramm der Mahachanok: Reifegrade 1 und 5.....	67
Anhang 17: Chromatogramm der Mahachanok: Reifegrade 0 und 6.....	68
Anhang 18: Flavour Score alle Reifegrade.....	69

Anhang 1: Erkennen der Grundgeschmacksarten

Name:

Datum:

Platznummer:

Prüfanleitung:

Auf dem Prüfplatz stehen Wasser und wässrige Lösungen, die Saccharose (süß), Natriumchlorid (salzig), Coffein (bitter), Citronensäure (sauer), Umami (brühig) in geringer Konzentration enthalten. Die vorgelegten Proben sind durch „schmecken“ von links nach rechts zu prüfen und in der entsprechenden Spalte durch ein Kreuz zu kennzeichnen.

Rückkosten ist nicht erlaubt!

Pro- bennr.	Nicht zu er- kennen	Süß	Salzig	Sauer	Bitter	umami	Auswertung	
							Rich- tig	Falsch
347								
815								
268								
929								
796								
774								
693								
758								
855								
658								
038								

Anhang 2: Bestimmung der Geschmacksempfindlichkeit – Schwellenprüfung

Name:

Datum:

Platznummer:

Prüfanleitung:

Mit dieser Prüfung wird herausgefunden, ab welcher Konzentration Sie die Grundgeschmacksarten süß, sauer, bitter, salzig, umami erkennen können.

Sie erhalten eine Konzentrationsreihe mit Proben einer der Grundgeschmacksarten. Die Proben sind in steigender Konzentration angeordnet.

Beginnen Sie bitte mit Probe 0 (Wasser) und setzen Sie die Prüfung in der vorgegebenen Reihenfolge von links nach rechts fort.

Rückkosten oder Vorkosten ist nicht erlaubt!

Benutzen Sie folgende Symbole:

0 → Sie haben keinen Geschmackseindruck, die Probe schmeckt wie Wasser

? → Sie stellen eine Veränderung zu Probe 0 fest, können den Geschmack aber nicht definieren

X → Sie haben den Geschmack erkannt (bitte Geschmacksart notieren)

XX → Der Geschmack ist im Vergleich zur vorhergehenden Probe stärker geworden

XXX → Fügen Sie bitte bei jedem stärker werden der Konzentration ein Kreuz hinzu

Reihenfolge	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Antwort bzw. Zahl der Kreuze	Was-ser								

Reihenfolge	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Antwort bzw. Zahl der Kreuze	Was-ser								

Reihenfolge	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Antwort bzw. Zahl der Kreuze	Was-ser								

Anhang 3: Einfachbeschreibende Prüfung - Geschmack

Name:

Datum:

Platznummer:

Prüfanleitung:

Prüfen Sie die vorgelegten Prüfproben zunächst auf den Geruch und anschließend durch Verkosten auf den Geschmack.

Beschreiben Sie die Prüfproben.

Zur Neutralisation stehen Matzen und Wasser bereit.

Probennummer	Geruchsbeschreibung	Geschmacksbeschreibung
536		

Probennummer	Geruchsbeschreibung	Geschmacksbeschreibung
871		

Anhang 4: Intensitätsprüfung - Mangostücke

Name:

Datum:

Platznummer:

Prüfanleitung:

Auf dem Prüfplatz befinden sich Mango-Proben in geschlossenen Glasdosen. Beurteilen Sie zuerst den Geruch und anschließend den Geschmack.

Bewerten Sie die Intensitäten anhand der vorgegebenen Kriterien für die unterschiedlichen Prüfproben und kreuzen Sie die entsprechende Intensität von 0 (keine) bis 10 (stark) an.

Zur Neutralisation liegen Matzen Brot und Kaffeebohnen bereit.

Beurteilung des Geruchs:

Bewertungskriterien	schwach			mittel						stark	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
fruchtig	<input type="checkbox"/>										
süßlich	<input type="checkbox"/>										
frisch	<input type="checkbox"/>										
citrus	<input type="checkbox"/>										
seifig	<input type="checkbox"/>										
aromatisch	<input type="checkbox"/>										
sauer	<input type="checkbox"/>										
reif	<input type="checkbox"/>										
Exotisch	<input type="checkbox"/>										

Beurteilung des Geschmacks:

Bewertungs- kriterien	schwach			mittel						stark	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
fruchtig	<input type="checkbox"/>										
süßlich	<input type="checkbox"/>										
sauer	<input type="checkbox"/>										
citrus	<input type="checkbox"/>										
fade	<input type="checkbox"/>										
überreif	<input type="checkbox"/>										
aromatisch	<input type="checkbox"/>										

Anhang 5: Duo-Trio-Test

Name:

Datum:

Platznummer:

Prüfanleitung:

Vor Ihnen stehen 3 Proben.

R ist die Referenzprobe, die zwei anderen sind die Analyseproben. Prüfen Sie zuerst die Referenzprobe (R) und anschließend die beiden Analyseproben.

Finden Sie die Probe, die der Referenzprobe entspricht und kennzeichnen Sie diese auf dem Prüfbogen.

Rückkosten ist erlaubt. Wenn Sie den Unterschied nicht sicher erkennen, müssen Sie raten.

R	871		632	
536		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

Bemerkungen:

--	--	--

R	810		242	
704		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

Bemerkungen:

--	--	--

R	631		103	
214		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

Bemerkungen:

--	--	--

Anhang 6: Rangordnungsprüfung - Geschmack

Name:

Datum:

Platznummer:

Prüfanleitung:

Auf dem Prüfplatz sind 4 Proben mit unterschiedlichen Intensitäten. Ordnen Sie die Proben ihrer Intensität nach und beschreiben Sie Ihren Geschmacks- und Geruchseindruck. Zur Neutralisation stehen Matzen und Wasser bereit.

Probenreihe 1: Bitte ordne die Proben nach ihrer süße

Geschmacksbeschreibung:

Intensitäts- skala	1 sehr schwach	2 schwach	3 mittelstark	4 stark
Proben Nr.
richtig/falsch				

Probenreihe 2: Bitte ordne die Proben nach ihrem saurem Geschmack

Geschmacksbeschreibung:

Intensitäts- skala	1 sehr schwach	2 schwach	3 mittelstark	4 stark
Proben Nr.
richtig/falsch				

Anhang 7: Einfachbeschreibende Prüfung - Geruch

Name:

Datum:

Prüfanleitung:

Platznummer:

Prüfen Sie die vorgelegten Prüfproben durch Riechen und beschreiben Sie den Geruch.
Benennen Sie gegebenenfalls die erkannte Prüfprobe.

Probe-Nr.	Beschreibung des Geruchs	Auswertung richtig/falsch
131		
668		
726		
142		
517		

Anhang 8: Geruchserkennungsprüfung

Name:

Datum:

Prüfplatz:

Prüfanleitung:

Prüfen Sie die vorgelegten Prüfproben durch Riechen und Versuchen Sie den Geruch zu erkennen und dem dazugehörigen Attribut zuzuordnen. Zur Neutralisation stehen Kaffeebohnen bereit.

Beschreibung des Geruchs		Prüfprobe Nr.	Substanzen
1	Kräuter, Lösungsmittel, grün, frisch, minzig, citrus, ätherisch		γ -Terpinene
2	grün, krautig, pilzig, metallisch, citrus, blumig		Cis-3-Hexen-1-ol
3	medizinisch, Kräuter, minzig, frisch, alkoholisch, würzig, ätherisch		3-Carene
4	minzig, grün, frisch, erdig, citrus, Kräuter		α -Phellandrene
5	holzig, Benzin, streng, alt, gummiartig (Autoreifen), moosig		α ,p-Dimethylstyrene
6	pilzig, medizinisch, metallisch, grasig, Kräuter, citrus		β -Myrcene

Anhang 9: Paarvergleich - Prüfung

Name:

Datum:

Platznummer:

Prüfanleitung:

Ihnen liegen Probensätze mit jeweils fünf Probenpaaren vor. Vergleichen Sie die Probenpaare durch sniffen und finden Sie die intensivere Probe. Die dreistellige Zufallszahl der entsprechenden Probe ist in die Spalte "Antworten" mit Geruchsbeschreibung einzutragen. Zur Neutralisation stehen Kaffeebohnen bereit.

Frage: Welche Probe riecht intensiver?

Prüfnr.	Probenpaar	Antwort Probe	Beschreibung
1	349/774	
2	503/051	
3	778/205	
4	223/490	
5	931/174	

Anhang 10: Geruchsmemory



Name:

Datum:

Platznummer:

Prüfanleitung:

Auf dem Prüfplatz befinden sich 12 Röhrchen mit unterschiedlichen Riechstreifen.

Darunter befinden sich 6 Paare.

Versuchen Sie die zueinander gehörenden Paare zu erkennen, zuzuordnen und zu beschreiben.

Zur Neutralisation stehen Kaffeebohnen bereit.

Proben Nr.	Proben Nr.	Geruchsbeschreibung	Richtig / falsch

Anhang 11: Rangordnungsprüfung - Geruch

Name:

Datum:

Platznummer:

Prüfanleitung:

Auf dem Prüfplatz sind 5 Proben mit unterschiedlichen Intensitäten. Ordnen Sie die Proben ihrer Intensität nach und beschreiben Sie Ihren Geruchseindruck. Zur Neutralisation stehen Kaffeebohnen bereit.

Probenreihe 1: 061, 047, 937, 900, 691

Geruchsbeschreibung:

Intensitäts-skala	1 sehr schwach	2 schwach	3 mittelstark	4 stark	5 Sehr stark
Proben Nr.
richtig/falsch					

Probenreihe 2: 002, 114, 475, 356, 673

Geruchsbeschreibung:

Intensitäts-skala	1 sehr schwach	2 schwach	3 mittelstark	4 stark	5 Sehr stark
Proben Nr.
richtig/falsch					

Probenreihe 3: 824, 466, 667, 578, 591

Geruchsbeschreibung:

Intensitäts-skala	1 sehr schwach	2 schwach	3 mittelstark	4 stark	5 Sehr stark
Proben Nr.
richtig/falsch					

Anhang 12: Intensitätsprüfung - Geruch

Name:

Datum:

Platznummer:

Prüfanleitung:

Auf dem Prüfplatz befinden sich Mango-Proben in geschlossenen Glasdosen. Beurteilen Sie zuerst den Geruch und anschließend den Geschmack.

Bewerten Sie die Intensitäten anhand der vorgegebenen Kriterien für die unterschiedlichen Prüfproben und kreuzen Sie die entsprechende Intensität von 0 (keine) bis 10 (stark) an.

Zur Neutralisation liegen Kaffeebohnen bereit.

Beurteilung des Geruchs:

Bewertungs kriterien	schwach			mittel						stark	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
fruchtig	<input type="checkbox"/>										
süßlich	<input type="checkbox"/>										
frisch	<input type="checkbox"/>										
citrus	<input type="checkbox"/>										
seifig	<input type="checkbox"/>										
aromatisch	<input type="checkbox"/>										
sauer	<input type="checkbox"/>										
reif	<input type="checkbox"/>										
Exotisch	<input type="checkbox"/>										

Anhang 14: Qualitative und quantitative Beschreibung der Mangos an der GC-O

Nr.		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	A	XIV	XV	XVI	X V II	XVIII	B
Substanz- name		Ethanal	Dimethyl- sulfide	Aceton	3-Pentanone	p-Methane, trans-	Carane, trans-	2-Butenoic acid,me- thyl ester, (Z)-	Hexanal	Citronellyl formate	(6Z)-2,6-Die-methyl- 2,6-octadiene	α-Pinene	β-Ocimene	α-Phellandrene	n.i.	9-Eicosyne	Oxetane	3-Hexen-1-ol,(Z)	Selinan	2-Butenal, 2-mehtyl- 4-(2,6,6-trimethyl-1- cyclohexen-1-yl)	n.i.
MHC 0	DF	2	5	0	4	3	3	0	3	3	2	4	3	3	5	1	1	5	1	3	3
	FI	2	3	0	2	2	2	0	2	3	2	3	3	2	3	3	1	3	2	3	3
	FS	4	15	0	8	6	6	0	6	9	4	12	9	6	15	3	1	15	2	9	3
MHC 1	DF	1	3	3	1	1	5	2	3	2	4	4	3	1	3	2	3	4	3	2	1
	FI	2	2	4	2	2	3	3	4	4	2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3
	FS	2	6	12	2	2	15	6	12	8	8	12	9	3	9	6	6	8	6	4	6
MHC 2	DF	2	1	2	0	0	2	3	0	6	3	4	1	2	3	1	0	1	1	3	0
	FI	4	3	4	0	0	3	3	0	3	2	3	4	3	3	3	0	3	1	3	0
	FS	8	3	8	0	0	6	9	0	18	6	12	4	6	9	3	0	3	1	12	3
MHC 3	DF	3	1	1	1	1	2	0	0	3	1	3	0	1	1	3	0	1	2	2	1
	FI	3	2	3	1	3	2	0	0	4	2	3	0	4	4	3	0	3	1	4	2
	FS	9	2	3	1	3	4	0	0	12	2	9	0	4	4	9	0	3	2	8	9
MHC 4	DF	2	5	2	0	0	0	1	0	6	0	2	0	2	4	3	1	1	1	1	0
	FI	2	4	3	0	0	0	1	0	4	0	4	0	3	4	3	3	2	2	4	0

	FS	4	20	6	0	0	0	1	0	24	0	8	0	6	16	9	3	2	2	4	9		
MHC 5	DF	3	2	2	0	0	2	2	1	4	1	2	2	0	3	2	0	0	0	3	2		
	FI	3	3	4	0	0	2	2	3	3	1	2	3	0	3	3	0	0	0	3	3		
	FS	9	6	8	0	0	4	4	3	12	1	4	6	0	9	6	0	0	0	9	6		
MHC 6	DF	3	3	0	0	0	2	4	0	5	0	3	1	1	3	1	2	1	0	4	1		
	FI	3	3	0	0	0	0	2	0	4	0	3	2	2	2	1	2	2	0	4	4		
	FS	9	9	0	0	0	0	4	0	20	0	9	2	2	6	1	4	2	0	16	4		
Ge- ruchsbe- schrei- bung (Panellis- ten)																							
		Gemüse-artig, stinkig, faulig, muffig																					
		Abwasser, stechend, grün, krautig, muffig ranzig, vergoren																					
		Fruchtig, stinkig, grün, faulig																					
		Vanille, frisch, blumig, fruchtig, krautig																					
		Knoblauch, süßlich, leicht blumig																					
		Gummibärchen, muffig, schokoladig, fruchtig, blumig, süßlich, citrus																					
		Süßlich, fruchtig,																					
		Grün, grasig, faulig, muffig, frisch																					
		Grasig, grün, alkoholisch, süßlich																					
		Süßlich, fruchtig, blumig																					
		Leicht, grün, süßlich, erdig, grasig, schweißig, muffig, krautig																					
		Frisch, grasig, grün, leicht metallisch, blumig, krautig																					
	Knoblauch, muffig, holzig																						
	Muffig, ranzig, ölig, würzig, faulig, erdig																						
	Grün, krautig, würzig, buttrig																						
	Lösungsmittel, minzig, frisch, fruchtig																						
	Leicht blumig, grün, Gummi, pilzig, krautig, metallisch, holzig, leicht muffig, süßlich																						
	Stinkig, krautig, modrig, frisch, ölig, süßlich																						
	Citrus, grün, blumig, Gurke, fruchtig, frisch, citrus																						
	Süßlich, Chili, holzig																						

Anhang 15: Beschreibung Panellisten und Literatur

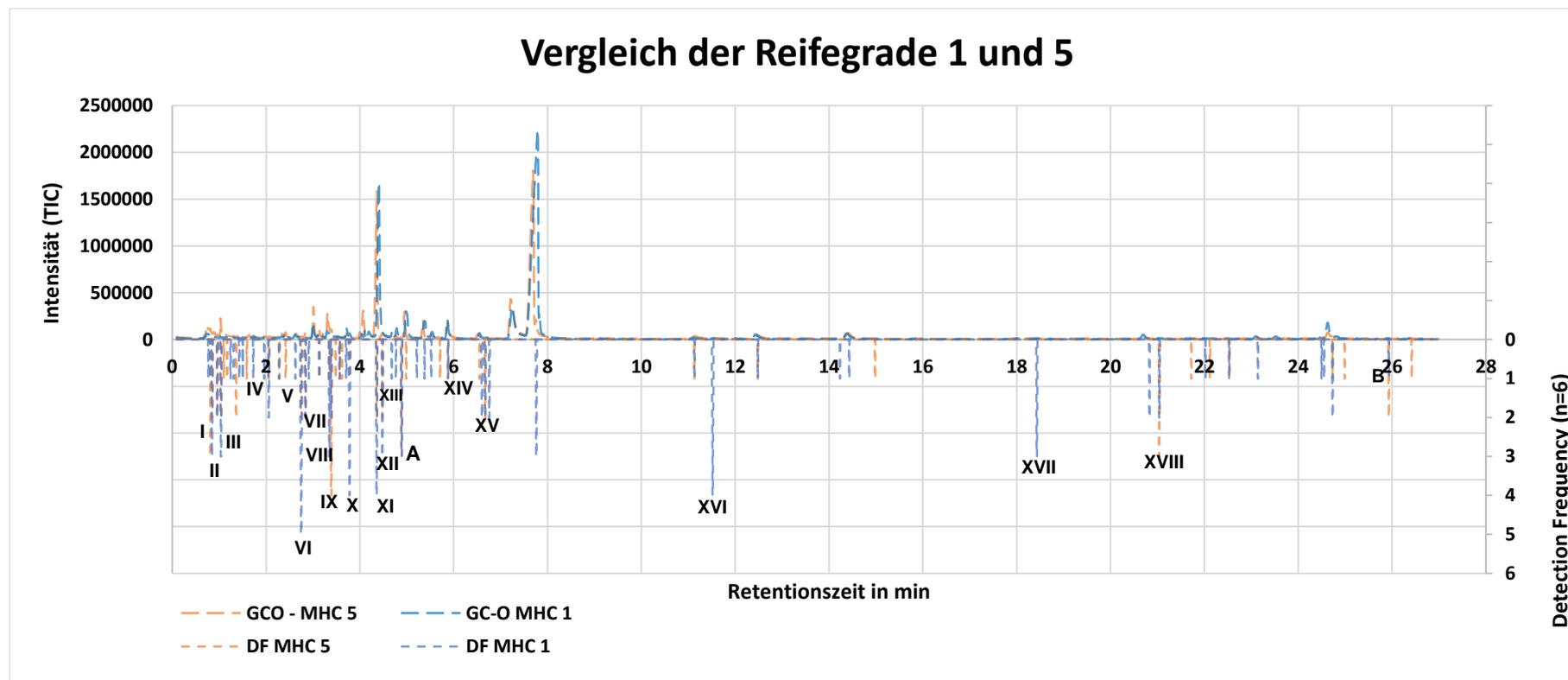
Nr.	Substanzname	Retentionszeit (in Minuten)	Wahrscheinlich- keit (in %)	Beschreibungen GC-O	Beschreibung Literatur (Acree & Arn, o.J.)	The good scents company (The Good Scents Company, 2018)
I	Ethanal	0,81	39,50	Gemüseartig, stinkig, faulig, muffig	Stechend, Ether	stechend, Ether, frisch, fruchtig, muffig
II	Dimethylsulfide	0,85	79,20	Abwasser, ste- chend, grün, krautig, muffig ranzig, vergoren	Kohl, Schwefel, Benzin	Schwefel, Zwie- bel, Gemüse, Kohl, Tomaten, grün
III	Aceton	1,04	85,80	Fruchtig, stinkig, grün, faulig		Lösungsmittel, ätherisch, Apfel, Birne
IV	3-Pentanone	1,96	39,80	Vanille, frisch, blumig, fruchtig, krautig	ätherisch, fruchtig	Ätherisch, Aceton
V	p-Methane, trans-	2,63		Knoblauch, süß- lich, leicht blumig		Knoblauch, Schwefel
VI	Carene, trans-	2,75	8,38	Gummibärchen, muffig, schokola-	Orangenschale	

				dig, fruchtig, blumig, süßlich, citrus		
VII	2-Butenoic acid,methyl ester, (Z)-	2,84	74,00	Süßlich, fruchtig,	blumig, süßlich	
VIII	Hexanal	3,35	74,10	Grün, grasig, faulig, muffig, frisch	Gras, Talg, Fett	Grün, fettig, Aldehyd, Gras, blättrig, fruchtig, verschwitzt
IX	Citronellyl formate	3,39	20,5	Grasig, grün, alkoholisch, süßlich		Bergamotte, Gurke, Rose, Aprikose, Pfirsich, Pflaume
X	(6Z)-2,6-Dimethyl-2,6-octadiene	3,78	46,10	Süßlich, fruchtig, blumig		Citrus, blumig, süßlich, Rose, Holz
XI	α -Pinene	4,36		Leicht, grün, süßlich, erdig, grasig, schweißig, muffig, krautig	Kiefer, Terpentin	Frisch, Kampfer, süßlich, Kiefer, erdig, holzig

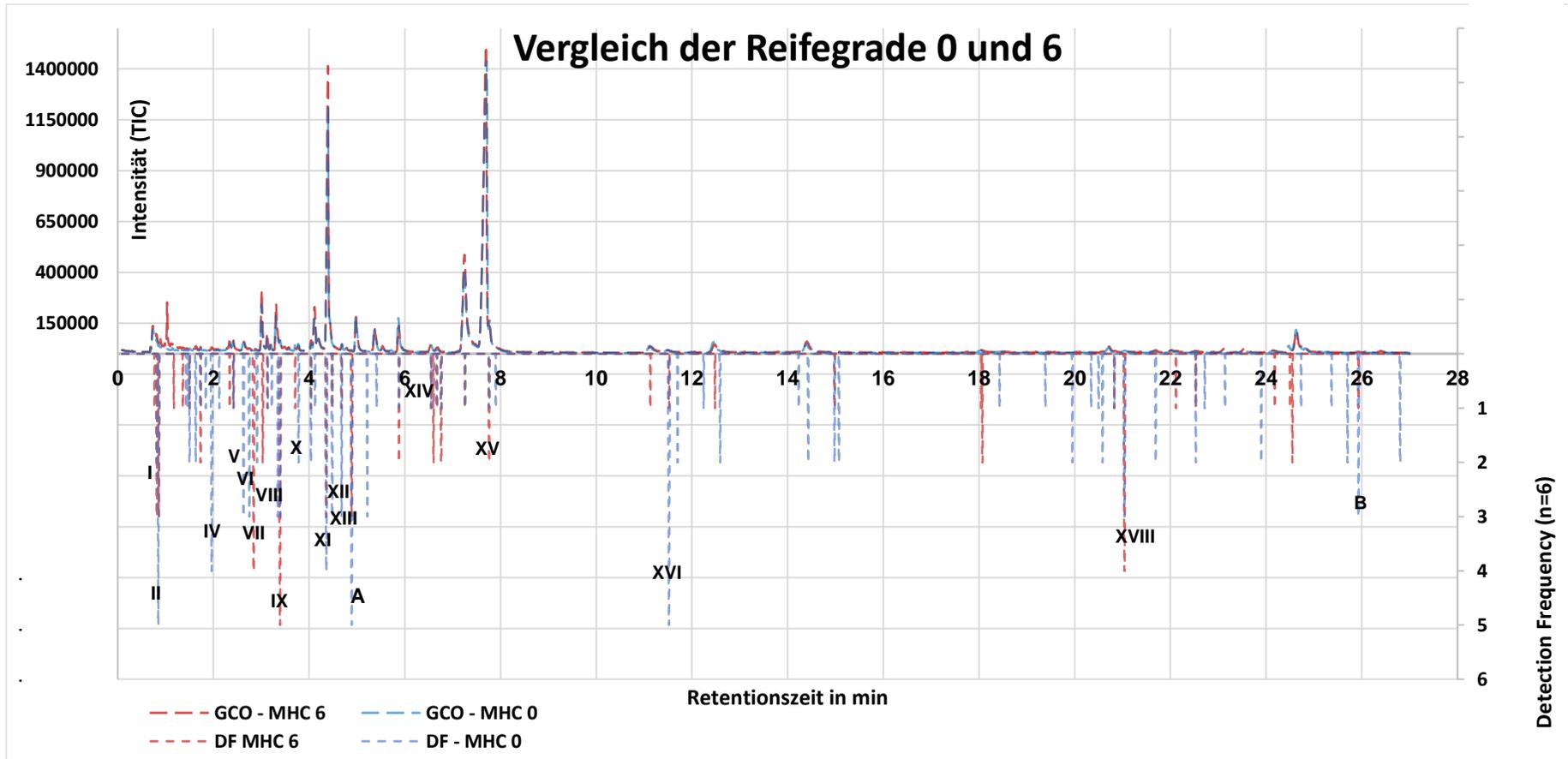
XII	β -Ocimene	4,48	10,40	Frisch, grasig, grün, leicht me- tallisch, blumig, krautig	Süßlich, Kräuter	Citrus, tropisch, grün, Terpentin, holzige, grün
XIII	α -Phellandrene	4,68	46,60	Knoblauch, muffig, holzige	Terpentin, Minze, Gewürz	Citrus, Kräuter, Terpentin, grün, holzige, Pfeffer
A	n.i.	4,89		Muffig, ranzig, ölig, würzig, fau- lig, erdig		
XIV	9-Eicosyne	6,67	4,62	Grün, krautig, würzig, buttrig		
XV	Oxetane	7,76	54,30	Lösungsmittel, minzig, frisch, fruchtig	Alkane	
XVI	3-Hexen-1-ol,(Z)	11,52	44,10	Leicht blumig, grün, Gummi, pil- zig, krautig, me- tallisch, holzig, leicht muffig, süß- lich	Grasig, moosig, frisch	Frisch, grün, ge- schnittenes Gras, Laub, Gemüse, Kräuter, ölig

XVII	Selinan	18,43	27,10	Stinkig, krautig, modrig, frisch, ölig, süßlich	Holzige, krautig	
XVIII	2-Butenal, 2-methyl-4-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)	21,04	18,60	Citrus, grün, blumig, Gurke, fruchtig, frisch, citrus	Grün, fruchtig	Trocken, süß, Tabak, nussig, trockene Blätter, Heu, Holz, Eicheln
B	n.i.	25,93		Süßlich, Chili, holzig		

Anhang 16: Chromatogramm der *Mahachanok*: Reifegrade 1 und 5



Anhang 17: Chromatogramm der *Mahachanok*: Reifegrade 0 und 6



Anhang 18: Flavour Score alle Reifegrade

