



---

Fakultät Gartenbau und Lebensmitteltechnologie

## **Bachelorarbeit**

# **Untersuchungen zur Stabilität von gebrauchtem Frittierfett unter verschiedenen Lagerungsbedingungen**

**Verfasser:** Lisa Maria Brugger

**15. März 2017**

**Betreuer:** Dr. Ute Braun  
Prof. Dr.-Ing. Vladimir Ilberg

# Erklärung

Name der Bachelor Kandidatin: Lisa Brugger  
Name des Betreuers: Prof. Dr.-Ing. Vladimir Ilberg  
Thema der Bachelorarbeit: Untersuchungen zur Stabilität von  
gebrauchtem Frittierfett unter verschiedenen  
Lagerungsbedingungen

1. Ich erkläre hiermit, dass ich die Bachelorarbeit gemäß § 21 Abs. 3 der Rahmenprüfungsordnung für die Fachhochschulen in Bayern (RaPO) selbstständig verfasst, noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt, keine anderen als die angegebenen Quellen oder Hilfsmittel benützt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet habe.

Weihenstephan, den .....  
(Datum) (Unterschrift Kandidatin)

2. Ich bin einverstanden, dass die von mir angefertigte Bachelorarbeit über die Fakultät Gartenbau und Lebensmitteltechnologie der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.

- Nein.
- Ja, nach Abschluss des Prüfungsverfahrens.
- Ja, nach Ablauf einer Sperrfrist von ..... Jahren.

Ich erkläre und stehe dafür ein, dass ich der alleinige Inhaber aller Rechte an der Bachelorarbeit bin und durch deren öffentliche Zugänglichmachung weder Rechte und Ansprüche Dritter noch gesetzliche Bestimmungen verletzt werden.

Weihenstephan, den .....  
(Datum) (Unterschrift Kandidatin)

# **Sperrvermerk**

Die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel: „Untersuchungen zur Stabilität von gebrauchtem Frittierfett unter verschiedenen Lagerungsbedingungen“ beinhaltet interne und vertrauliche Informationen des Unternehmens:

muva kempten GmbH  
Ignaz-Kiechle-Straße 20-22  
87437 Kempten / Allgäu

**Eine Einsicht in diese Bachelorarbeit ist nicht gestattet. Ausgenommen davon sind die betreuenden Dozenten sowie die befugten Mitglieder des Prüfungsausschusses. Eine Veröffentlichung und Vervielfältigung der Bachelorarbeit – auch in Auszügen – ist nicht gestattet.**

Ausnahmen von dieser Regelung bedürfen einer Genehmigung der *muva kempten GmbH*.

# Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Bachelorarbeit unterstützt haben.

Mein großer Dank geht an meine Betreuer der *muva kempten GmbH*, Frau Dr. Ute Braun, Frau Anita Schott und Frau Rebekka Wucher. Sie stellten mir das Thema zur Verfügung und unterstützten mich bei Fragen und Problemen tatkräftig.

Ein weiterer Dank geht an das Verkostungspanel, denn sie hatten kurzfristig für die Verkostungen Zeit und waren immer freundlich und engagiert, obwohl das Frittierfett oft nicht genießbar war. Ohne euch hätte ich die Versuche nicht durchführen können. Danke.

Außerdem bedanke ich mich bei allen weiteren Ansprechpartnern, Herrn Dr. Gertz für eine chemische Untersuchung des Frittierfettes und die Aushändigung neuer Forschungsergebnisse und bei Herrn Walser für die Bereitstellung des  $\alpha$ -Tocopherols.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Vladimir Ilberg für die Betreuung der Arbeit von der Seite der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf.

Ebenso bedanke ich mich bei meiner Familie und besonders bei meinem Freund für die Geduld und Motivation während der Prüfungszeiten und der Erstellung meiner Bachelorarbeit.

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	8
2	Aufgabenstellung.....	8
3	Theoretische Grundlagen .....	9
3.1	Frittierfette .....	9
3.1.1	Rapsöl .....	10
3.1.2	Palmöl .....	11
3.1.3	Veränderung des Frittierfettes beim Frittieren .....	11
3.1.3.1	Sensorischer Verderb .....	12
3.1.3.2	Totale polare Anteile.....	13
3.2	Fettverderb bei der Lagerung .....	14
3.2.1	Oxidativer Fettverderb .....	14
3.2.2	Hydrolytischer Fettverderb.....	16
3.3	Haltbarmachung und Lagerung .....	16
3.3.1	Antioxidantien.....	17
3.3.1.1	Natürliche Antioxidantien .....	18
3.3.1.2	Synthetische Antioxidantien.....	19
3.3.2	Verpackung .....	20
3.3.3	Kühlagerung .....	21
3.3.4	Gefrierlagerung.....	21
4	Material und Methoden .....	22
4.1	V1: gebrauchtes Frittierfett nach 9 Frittiervorgängen á 4 Minuten.....	22
4.1.1	Geräte und Materialien .....	22
4.1.1.1	Frittieren und Fetteinlagerung.....	23
4.1.1.2	Lagertestverkostungen .....	24
4.1.2	Reagenzien und Methoden.....	24
4.1.2.1	Frittieren und Fetteinlagerung.....	25

4.1.2.2	Lagertestverkostungen .....	26
4.1.3	Durchführung.....	26
4.1.3.1	Frittieren und Fetteinlagerung.....	26
4.1.3.2	Lagertestverkostungen .....	27
4.2	V2: gebrauchtes Frittierfett nach 24 Frittiervorgängen á 4 Minuten.....	29
4.2.1	Geräte und Materialien .....	29
4.2.1.1	Frittieren und Fetteinlagerung.....	29
4.2.1.2	Lagertestverkostungen .....	30
4.2.2	Reagenzien und Methoden.....	30
4.2.3	Durchführung.....	31
4.2.3.1	Frittieren und Fetteinlagerung.....	31
4.2.3.2	Lagertestverkostungen .....	31
4.3	V3: gebrauchtes Frittierfett nach 16 Frittiervorgängen á 40 Minuten.....	32
4.3.1	Geräte und Materialien .....	32
4.3.1.1	Frittieren und Fetteinlagerung.....	32
4.3.1.2	Lagertestverkostung .....	33
4.3.2	Reagenzien und Methoden.....	33
4.3.3	Durchführung.....	34
4.3.3.1	Frittieren und Fetteinlagerung.....	34
4.3.3.2	Lagertestverkostung .....	34
5	Ergebnisse und Diskussion .....	35
5.1	V1: gebrauchtes Frittierfett nach 9 Frittiervorgängen á 4 Minuten.....	35
5.1.1	Lagerbedingte sensorische Veränderungen der Frittierfettattribute V1 ....	36
5.1.2	Chemische Veränderung des Frittierfettes im Laufe der Lagerung V1 .....	48
5.2	V2: gebrauchtes Frittierfett nach 24 Frittiervorgängen á 4 Minuten.....	51
5.2.1	Lagerbedingte sensorische Veränderungen der Frittierfettattribute V2 ....	51
5.2.2	Chemische Veränderung des Frittierfettes im Laufe der Lagerung V2 .....	62
5.3	V3: gebrauchtes Frittierfett nach 16 Frittiervorgängen á 40 Minuten.....	64

5.3.1	Lagerbedingte sensorische Veränderungen der Frittierfettattribute V3 ....	64
5.3.2	Chemische Veränderung des Frittierfettes im Laufe der Lagerung V3 .....	71
5.3.3	Visuelle Veränderung des Frittierfettes im Laufe der Lagerung V3 .....	72
5.4	Gemeinsamkeiten und Unterschiede aller Versuche .....	74
6	Zusammenfassung und Summary .....	75
7	Quellenverzeichnis .....	77
8	Abkürzungsverzeichnis.....	80
9	Tabellen- und Abbildungsverzeichnis .....	81
Anhang	.....	85

# 1 Einleitung

Die *muva kempten GmbH* ist ein akkreditiertes Labor- und Dienstleistungszentrum. Sie bietet ein breites Untersuchungsspektrum im Milch- und Lebensmittelbereich. Zudem werden Eignungsprüfungen und Referenzmaterialien zur analytischen Qualitätssicherung weltweit angeboten [1]. Eignungsprüfungen sind Laborvergleichsuntersuchungen bei denen Informationen über die Effektivität und Genauigkeit der verwendeten Methoden und der Fähigkeit des Personals entstehen. Zudem werden Fehler und Probleme in der Analytik erkannt, somit kann die analytische Leistung eines Labors auf einem konstant hohen Niveau gehalten bzw. stetig verbessert werden [2].

Durch eine wachsende Nachfrage werden immer wieder neue Produkte für die Aufnahme in das Eignungsprüfungsprogramm entwickelt. Zurzeit wird an dem Produkt Frittierfett gearbeitet. Neben der Entwicklung von Probenmaterial, soll eine Referenzreihe aus vier bis fünf Proben von unterschiedlich oft gebrauchtem Frittierfett generiert werden. Es ist bereits eine Bachelorarbeit über die „Beurteilung von Frittierfett hinsichtlich der sensorischen Veränderung während dem Vorgang des Frittierens“ angefertigt worden. Aus dieser Arbeit entstand eine Basis für die Beurteilung von Frittierfett (BARETH 2016, S. 56). Diese Ergebnisse dienen als Grundlage für die vorliegende Bachelorarbeit.

## 2 Aufgabenstellung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, die richtige Lagerbedingung für den Erhalt der Eigenschaften von gebrauchtem Frittierfett heraus zu finden. Es soll gebrauchtes Frittierfett durch Frittierbelastung hergestellt werden. Das Fett wird dann von einem Verkostungsteam auf arteigene und artfremde Attribute sensorisch untersucht. Daraufhin wird das Frittierfett bei unterschiedlichen Bedingungen (Temperatur, Zusatz von Antioxidantien etc.) gelagert. Nach bestimmten Zeitabständen werden die Frittierfettproben erneut verkostet, und so soll erkannt werden, ob und wie sich das gebrauchte Fett bei der Lagerung verändert. Zur Unterstützung der sensorischen Aussage wird ein chemischer Fettverderbswert gemessen. Außerdem soll die



Wirkung und der Einfluss von unterschiedlichen Antioxidantien auf das gelagerte Fett untersucht werden.

### **3 Theoretische Grundlagen**

Zunächst werden einige theoretische Grundlagen aufgeführt, wie z. B. Eigenschaften des verwendeten Frittierfettes, mögliche chemische Veränderungen während des Frittierens und der Lagerung, sowie Theorien zur Lagerung, Haltbarmachung und Verpackung.

#### **3.1 Frittierfette**

Fette und Öle sind als Garmedien bei höheren Temperaturen besser geeignet als Wasser, da sie eine hohe Wärmekapazität haben und bei Temperaturen weit über dem Siedepunkt des Wassers Wärme auf Lebensmittel übertragen können. Eine hohe relative Frittierbeständigkeit, und damit eine hohe Stabilität gegen Hitze, haben Fette mit einem hohen Anteil an gesättigten Fettsäuren oder gehärtete Fette (DE GROOT 2011, S. 156 f.). Zudem sind Fette zum Frittieren besonders geeignet, wenn sie einen niedrigen Schmelzpunkt, einen hohen Rauchpunkt und gute Oxidationsstabilität haben (MATISSEK & BALTES 2015, S. 445).

Pflanzenöle können auf bis zu 190 °C erhitzt werden (DE GROOT 2011, S. 156), daher sind sie zum Frittieren geeignet. Sehr gut tauglich sind Pflanzenöle wie Rapsöl und Palmöl. Ein Gemisch aus diesen wurde für die Versuche der Bachelorarbeit verwendet und deshalb werden ihre Eigenschaften im Folgenden genauer beschrieben.

### 3.1.1 Rapsöl

Rapsöl hat einen Schmelzpunkt, der viel kleiner ist als 0 °C (BOCKFISCH 1993, S. 214). Im Kapitel 3.1 wurde bereits erläutert, dass niedrige Schmelzpunkte für Öle zum Frittieren vorteilhaft sind. Des Weiteren sind in 100 g Rapsöl 65 mg fettlösliches Vitamin E enthalten (DE GROOT 2011, S. 155). Die positive Wirkung von den E Vitaminen in Form von Tocopherolen wird im Kapitel 3.3.1.1 behandelt. In Rapsöl sind verschiedene Fettsäuren enthalten. Die Hauptfettsäure ist die einfach ungesättigte Ölsäure (ERBERSDOBLER & TRAUTWEIN 1998, S. 13). Diese hat einen Anteil von 53 % an der gesamten Fettsäureverteilung (VON KOERBER et al. 2004, S. 88). Außerdem haben pflanzliche Öle den höchsten Gehalt an essenziellen Fettsäuren. Dazu gehören vor allem Linolsäure und Linolensäure. Linolsäure ist mit einem sehr hohen Gehalt von 22,3 g in 100 g Rapsöl enthalten (BELITZ et al. 2012, S. 219) (DE GROOT 2011, S. 155). Sie kommt in den meisten pflanzlichen Fetten vor und ist zweifach ungesättigt (ERBERSDOBLER & TRAUTWEIN 1998, S. 15). Rapsöl gehört mit einem Linolensäureanteil von 9,2 g in 100 g Fett zu den Ölen mit den größten Linolensäuregehalten (DE GROOT 2011, S. 155).  $\alpha$ -Linolensäure ist dreifach ungesättigt. Daraus ergibt sich, dass Rapsöl einen sehr hohen Anteil an ungesättigten Fettsäuren und vor allem an der dreifach ungesättigten Linolensäure enthält. Dies ist aber ein großer Nachteil für die Verwendung als Frittieröl. Deshalb werden Rapssorten mit einem geringeren Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren gezüchtet. Somit haben die neuen Sorten eine bessere oxidative Stabilität und sind zum Frittieren besser geeignet (ERBERSDOBLER & TRAUTWEIN 1998, S. 16, 23).

### **3.1.2 Palmöl**

Als Frittierfett besonders geeignet ist ungehärtetes Palmöl. Dieses erfüllt die hohen Anforderungen der Hitzestabilität und hat einen Rauchpunkt von über 200 °C (TERNES 2008, S. 81 f.). Der Schmelzpunkt ist mit 30-37 °C etwas höher als der von Rapsöl, aber immer noch sehr niedrig (BOCKFISCH 1993, S. 169). Zudem hat Palmöl einen natürlichen Gesamttocopherolgehalt von 705 mg/kg (TERNES 2008, S. 71). Dieser Wert entspricht ungefähr dem Gehalt an Vitamin E in Rapsöl. Nach Untersuchungen von BELITZ et al., zitiert in DE GROOT (2011, S. 157), hat Palmöl eine gute relative Frittierbeständigkeit mit einem Wert von 1,5. Die Frittierbeständigkeit ist, wie bereits in Kapitel 3.1 erläutert wurde, hoch, wenn das Fett viele gesättigte Fettsäuren hat. Palmöl hat einen hohen Anteil an gesättigter Palmitinsäure und an einfach ungesättigter Ölsäure. Zusammen machen diese zwei Fettsäuren einen Gehalt von 80 % der Gesamtfettsäuren aus (BOCKFISCH 1993, S. 166). Der Linolsäureanteil beträgt nur 8-12 %. Dieser ist im Vergleich zu Sonnenblumenöl mit 70 % sehr niedrig (MATISSEK & BALTES 2015, S. 101). Wenn alle diese Eigenschaften zusammen betrachtet werden, kann gesagt werden, dass Palmöl als Frittieröl sehr gut geeignet ist.

### **3.1.3 Veränderung des Frittierfettes beim Frittieren**

Durch die hohe und andauernde Temperatur beim Frittieren verändert sich die Fettstruktur erheblich. Nicht nur durch die Anwesenheit von Hitze, sondern auch durch Feuchtigkeit und Luft altert das Frittierfett. Es laufen drei Alterungsprozesse ab. Die hohe Temperatur verursacht eine thermische Alterung, die Feuchtigkeit bringt eine hydrolytische Alterung mit sich und durch den Sauerstoff in der Luft oxidiert das Fett. Die Reaktionsprodukte aus den chemischen Reaktionen sind in Abb. 1 bildlich dargestellt.

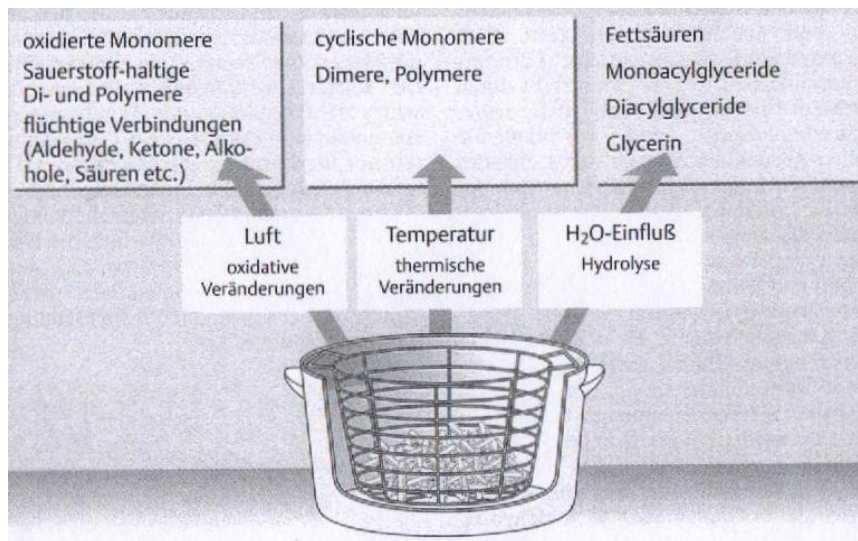


Abb. 1: Reaktionen und Reaktionsprodukte im Frittierfett während des Frittierens (SCHWEDT 2005, S. 25)

Nach TERNES (2008, S. 78) entstehen wahrnehmbare Anzeichen für fortgeschrittene Frittierfetzersetzung durch den Luftsauerstoff. Das Fett färbt sich durch ungesättigte Carbonylverbindungen und nichtpolare Verbindungen des Frittierguts dunkel. Nach GERTZ (2016) finden beim Frittieren durch die Einwirkung der hohen Temperatur vorwiegend Polymerisationsreaktionen statt. Durch diesen chemischen Prozess steigt die Viskosität. Wenn die Konzentration der flüchtigen Abbauprodukte hoch genug ist, sinkt nach MATISSEK & BALTES (2015, S. 446) der Rauchpunkt.

### 3.1.3.1 Sensorischer Verderb

Auch die meisten geruchlichen und geschmacklichen Veränderungen werden durch die oxidativen Reaktionen verursacht. Wahrnehmbar sind leicht flüchtige Aldehyde und Ketone (TERNES 2008, S. 78). Diese flüchtigen Produkte sind Abbauprodukte der Hydroperoxide und bereits in geringen Mengen sensorisch wahrnehmbar. 0,1 mg/kg bis 1 mg/kg reichen für eine geruchliche oder geschmackliche Veränderung aus (HEISS & EICHNER 2002, S. 43). Besonders intensiv sticht das Aldehyd Dexenal mit seinem fischigen Aroma hervor. Die meisten geruchlichen Reaktionsprodukte gehen aus Linol- und Linolensäure hervor (MATISSEK & BALTES 2015, S. 124).

Aber auch durch die Fetthydrolyse entstehen sensorische Veränderungen. Besonders die mittelkettigen freien Fettsäuren, die bei der Hydrolyse entstehen, treten geruchlich und geschmacklich unangenehm hervor. Es entsteht ein seifiger Geschmack bei nur 1 µg Caprylsäure oder 10 µg Caprinsäure pro Gramm Fett (MATISSEK & BALTES 2015, S. 126).

Nach Untersuchungen von WHITE, zitiert FREITAG (1999, S. 4), dass „[d]ie im Fett verbleibenden nichtflüchtigen Zersetzungsprodukte [...] die weitere Alterung [des Fettes forcieren]. Sie sind verantwortlich für die Änderung der physikalischen Eigenschaften [wie sie unter 3.1.3 genannt werden,] sowie für die vielfältigen analytischen Kennzahlen des Fetts.“

### **3.1.3.2 Totale polare Anteile**

Die Total Polar Compounds (TPC) sind die einzigen analytischen Kriterien, durch die der Punkt des Fettverderbs bestimmt werden kann (GERTZ et al. 2016, S. 3 f.). Daher wird die vorliegende Arbeit nur von diesem chemischen Wert gestützt. In der Literatur wird auch von Totalen Polaren Anteilen (TPA) gesprochen. Gebräuchlich ist daneben die Abkürzung TPM, welche für Total Polar Materials steht. Die Aussage von GERTZ wird unterstützt durch ein Versuchsergebnis der Universität Hohenheim, welches besagt, dass „[d]er Gehalt an polaren Substanzen [...] momentan als verlässlichster und reproduzierbarster Parameter [dient], um das Ausmaß des Fettverderbs beim Frittieren zu charakterisieren“ [3]. Die polaren Anteile sind alle nicht flüchtigen Zersetzungsprodukte außer den unveränderten Triglyceriden. Sie werden in der Einheit Prozent angegeben. Wie FREITAG (1999, S. 8 f.) ausführt, ist „[d]abei [...] ein Gehalt von 27 % polaren Anteilen äquivalent zu 1 % Petrolether-unlöslichen oxidierten Fettsäuren.“ Die Ermittlung der polaren Anteile soll nach der amtlichen DGF-Einheitmethode C-III 3b, welche laut § 64 LFGB gefordert ist, durchgeführt werden. Das Fett muss bei einem TPM-Wert von  $\geq 24$  % ausgetauscht werden [4].

## 3.2 Fettverderb bei der Lagerung

Fett kann nicht nur beim Frittieren verderben, sondern auch durch externe Einflüsse bei der Lagerung. Einflüsse können z. B. Luftsauerstoff oder Licht sein. Diese bewirken einen oxidativen Fettverderb. Feuchte Lagerung oder ein nur kleiner Wassergehalt im Fett lösen eine Hydrolyse aus. Diese zwei Verderbsmechanismen werden im Folgenden genauer beschrieben.

### 3.2.1 Oxidativer Fettverderb

Die Fettoxidation auch Peroxidation genannt, wird als Autoxidation bezeichnet (MATISSEK & BALTES 2015, S. 122), da sie autokatalytisch beschleunigt wird (HEISS & EICHNER 2002, S. 9). Es werden ungesättigte Fettsäuren vom Luftsauerstoff angegriffen, dabei entstehen zuerst Hydroperoxide. Diese sind instabil (MATISSEK & BALTES 2015, S. 122 f.), zerfallen sehr schnell und bilden Radikale. Nur ein Radikal kann bei Raumtemperatur die Bildung von 100 Hydroperoxiden starten. Diese Reaktion wird Radikalkettenreaktion genannt (BELITZ et al. 2012, S. 195). Da die Peroxide so schnell zerfallen, sind in stark verdorbenen Lebensmitteln nur geringe Peroxidgehalte zu finden, jedoch umso mehr Spaltprodukte wie Alkohole, Ketone, Aldehyde und Epoxide (MATISSEK & BALTES 2015, S. 123 f.). Der Ablauf der Autoxidation und seine Produkte werden bei Betrachtung von Abb. 2 deutlicher.

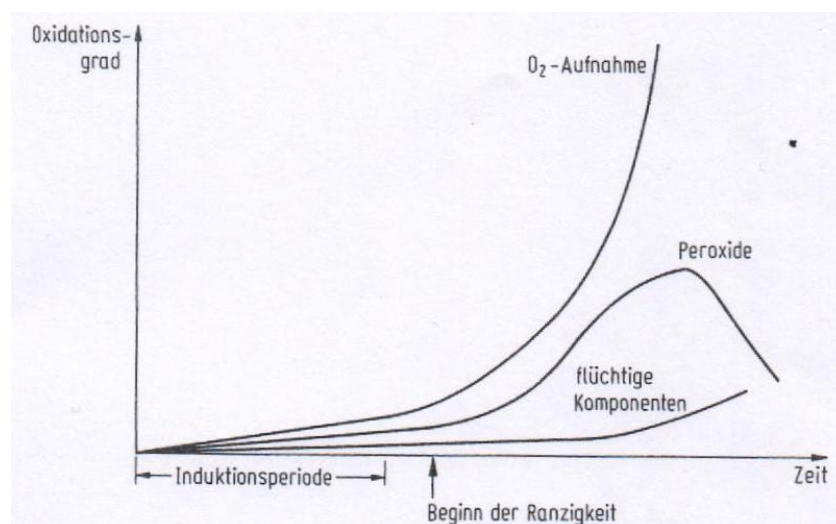


Abb. 2: zeitlicher Verlauf der Autoxidation mit Sauerstoffaufnahme, Bildung von Hydroperoxiden und flüchtigen Produkten (HEISS & EICHNER 2002, S. 9)

Die Oxidation kann aber auch durch Licht ausgelöst werden. Diese Reaktion wird Photooxidation genannt. Bei dieser Oxidation wird ein sensibilisiertes Molekül vom Licht angeregt. Dieses sorgt dafür, dass der Triplett-Sauerstoff in einen reaktiveren Singulett-Sauerstoff umgewandelt wird, wobei das sensibilisierte Molekül wieder in seinen Grundzustand zurück fällt. Der angeregte Sauerstoff bringt die Oxidation der Fettsäuren in Gang. Eine weitere Möglichkeit Sauerstoff auf Fette zu übertragen, geschieht durch Enzyme. Lipoxigenase heißt das Enzym, welches für die enzymatische Oxidation verantwortlich ist (MATISSEK & BALTES 2015, S. 122, 124). Diese Art der Oxidation ist für die Lagerung der Proben, die im Umfang dieser Arbeit eingelagert werden, nicht relevant, da das Frittierfett vor der Lagerung frittiert wird und die Lipoxigenase bei 80 °C denaturiert (BELITZ et al. 2012, S. 138).

Die Reaktionsgeschwindigkeit der Fettoxidation hängt von verschiedenen Faktoren ab. Je mehr Doppelbindungen in einem Fettsäure-Molekül enthalten sind, desto schneller läuft die Oxidation ab (MATISSEK & BALTES 2015, S. 122). Auch die Stellung der ungesättigten Fettsäure im Triglycerid ist relevant. Somit ist neben der Fettsäurezusammensetzung auch der Aufbau der Triglyceride im Fett für die Geschwindigkeit der Oxidation verantwortlich. Einen weiteren Einfluss auf die Reaktionsgeschwindigkeit hat der Sauerstoffpartialdruck der Oberfläche, die mit Sauerstoff in Berührung kommt. Daneben spielen die Konzentration und Wirksamkeit von Pro- und Antioxidantien sowie die Bedingungen der Lagerung eine wichtige Rolle. Aus der Summe resultieren die Lagereinflüsse Temperatur, Licht und Wasser (BELITZ et al. 2012, S. 194).

### **3.2.2 Hydrolytischer Fettverderb**

Beim hydrolytischen Fettverderb entstehen durch die hydrolytische Spaltung der Esterbindung im Triglycerid freie Fettsäuren und Glycerol. (RUTTLOFF et al. 1997, S. 187). Dies ist eine Hydrolyse, und daher ist Wasser als Reaktionspartner erforderlich. Das Wasser kann durch das Frittiergut während des Frittierens in das Fett eingebracht werden oder durch feuchte Lagerung. Das Fett kann eine gewisse Menge Wasser binden. Je größer die Wassermenge im Fett ist, desto höher ist der Gehalt an entstehenden freien Fettsäuren, da die Hydrolyse autokatalytisch abläuft. Die freien Fettsäuren führen zu sensorischem Verderb (MATISSEK & BALTES 2015, S. 126).

### **3.3 Haltbarmachung und Lagerung**

Rapsöl und Palmöl sind keine festen Fette, daher sind sie sehr anfällig für hydrolytische Spaltung oder Oxidation. Außerdem verfügen Öle über höhere Konzentrationen an essentiellen Fettsäuren und weisen zudem aufgrund der wiederholten Frittiervorgänge einen gewissen Wassergehalt auf. (DE GROOT 2011, S. 156). Das bereits benutzte Frittierfett ist durch das Frittieren belastet, deshalb muss auf geeignete Lagerbedingungen geachtet werden, damit der Verderb nicht weiter fortschreitet. Aber nicht nur die Wahl der geeigneten Lagerbedingungen, sondern auch der Zusatz von Antioxidantien und die richtige Verpackung können die Lagerdauer verlängern.



### 3.3.1 Antioxidantien

Laut MATISSEK & BALTES (2015, S. 126) empfiehlt es sich Antioxidantien dem Fett zu zusetzen, wenn das Fett längere Zeit gelagert werden soll. Der Zusatz ist allerdings nur sinnvoll, wenn die Antioxidantien vor Eintritt der Autoxidation zugegeben werden. Denn phenolische Antioxidantien hemmen die Lipidperoxidation, indem sie die entstehenden Radikale abfangen. So entstehen relativ stabile Produkte und das Wachstum von Radikalketten ist unterbrochen. Antioxidantien sind nicht nur Radikalfänger, sondern reduzieren auch einen Teil der Hydroperoxide (BELITZ et al. 2012, S. 218). Die Wirksamkeit ist hauptsächlich bei Raumtemperatur gegeben (KOCHHAR & GERTZ 2004, S. 726). Beachtet werden muss, dass Antioxidantien im Verlauf der Autoxidation verbraucht werden. Sie sollen in großen Mengen prooxidativ sein (MATISSEK & BALTES 2015, S. 240).

Um ihren Zweck erfüllen zu können, sind gewisse Anforderungen an Antioxidantien zu stellen. Sie dürfen nicht toxisch sein und müssen bereits in sehr geringen Konzentrationen von 100-500 ppm wirksam sein. Außerdem dürfen sie den Geruch und Geschmack des Lebensmittels nicht beeinflussen und sollten so weit fettlöslich sein, dass sie homogen in der Fettphase verteilt werden können (TERNES 2008, S. 69). Wasserlösliche Antioxidantien, wie z. B. Vitamin C (BIESALSKI et al. 2002, S. 51), sind für die Arbeit nicht interessant.

Es gibt viele verschiedene Antioxidationsmittel. Diese werden in zwei große Gruppen, die natürlichen und synthetischen Antioxidantien, eingeteilt.

### 3.3.1.1 Natürliche Antioxidantien

Natürlich vorkommende Antioxidantien sind z. B. Tocopherole. Sie kommen in den Chloroplasten der Pflanzen vor (TERNES 2008, S. 70) und werden bei der Gewinnung von Fetten aus Pflanzen isoliert. So wird die Stabilität des Fettes garantiert (BELITZ et al. 2012, S. 219). In Abb. 3 ist die chemische Strukturformel von Tocopherol dargestellt.

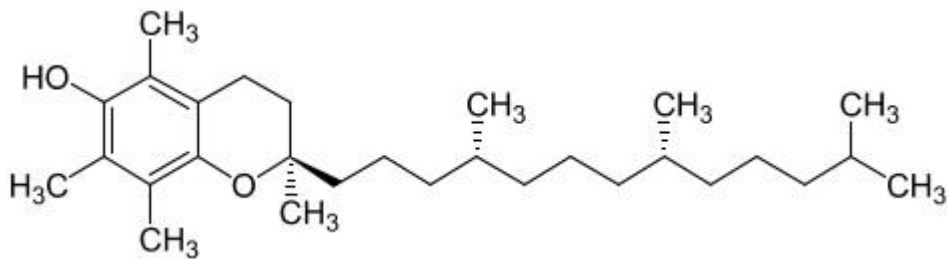


Abb. 3: Chemische Strukturformel Tocopherol [5]

Tocopherole sind E-Vitamine und lösen sich in Fett (BIESALSKI et al. 2002, S. 51). In Abb. 3 ist zu sehen, dass am aromatischen Ring eine Hydroxygruppe vorliegt. Diese bewirkt die Antioxidativität der Tocopherole. Der Unterschied der  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - und  $\delta$ -Tocopherole liegt in der Anzahl und Position der Methylgruppen, ausgehend von der Hydroxygruppe am aromatischen Ring. Bei  $\alpha$ -Tocopherolen sind beide ortho-Positionen besetzt, wie es in Abb. 3 zu sehen ist.  $\beta$ - und  $\gamma$ -Tocopherole haben nur eine Methylgruppe in ortho-Position und beim  $\delta$ -Tocopherol sind beide ortho-Positionen frei. Daraus lässt sich schließen, dass das  $\delta$ -Tocopherol bei einer Temperatur von ca. 60 °C am wirksamsten ist, wohingegen das  $\alpha$ -Tocopherol bei ca. 20 °C am besten wirkt. Allgemein sind Tocopherole thermostabil (TERNES 2008, S. 70). Ihre Wirksamkeit und Stabilität steigt aber generell von  $\alpha$  nach  $\delta$  (BELITZ et al. 2012, S. 219). Dagegen vertragen sie sich mit Sauerstoff nicht sehr gut (HEISS & EICHNER 2002, S. 43). Das  $\alpha$ -Tocopherol hat zudem die Eigenschaft, dass es am schnellsten reagiert, da es die bei der Autoxidation entstehenden Peroxylradikale schnell abfängt. Dabei abstrahiert das Peroxylradikal der Fettsäure das H-Atom der Hydroxygruppe aus dem  $\alpha$ -Tocopherol und es entsteht ein Alkylradikal. Aber dieses Radikal kann wiederum die Autoxidation starten. Deshalb ist es wichtig, die  $\alpha$ -Tocopherolkonzentration nicht zu hoch zu dosieren (BELITZ et al. 2012, S. 219). Nicht nur das  $\alpha$ -Tocopherol kann auf das Fett prooxidativ wirken, sondern auch alle anderen Tocopherole. Denn die gebildeten Tocopherolradikale

katalysieren die Zersetzung der Hydroperoxide und dadurch wird die Kettenreaktion gefördert. Die optimale Tocopherolkonzentration beträgt 0,03-0,1 %. Dabei werden nur so viele Peroxide zersetzt, wie von den freien Radikalen abgefangen werden können (TERNES 2008, S. 70). Natürlich vorkommende Tocopherole sind allgemein als Zusatzstoffe zugelassen (MATISSEK & BALTES 2015, S. 239).

### 3.3.1.2 Synthetische Antioxidantien

Es gibt verschiedene synthetische Antioxidantien. Zu den Antioxidationsmitteln mit guter Wirksamkeit zählen Butylhydroxytoluol BHT, Butylhydroxyanisol BHA und tert.-Butylhydroxychinon TBHQ. BHT ist toxikologisch problematisch und auch BHA zeigt Nebenwirkungen. Deshalb wird das Augenmerk auf TBHQ mit der E-Nummer E 319 gelegt (MATISSEK & BALTES 2015, S. 240 ff.). Die chemische Formel ist in Abb. 4 zu sehen.

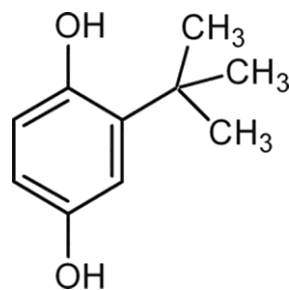


Abb. 4: Chemische Strukturformel TBHQ [6]

TBHQ ist bei Fetten und Ölen besonders aktiv, weil es sich an der Grenzfläche Fett/Luft anreichert. Zu beachten ist, dass es bei Anwesenheit von Wasserdampf und höheren Temperaturen flüchtig ist (BELITZ et al. 2012, S. 221 f.). Zur weiteren Charakterisierung von TBHQ kann gesagt werden, dass es ein weißes bis leicht bräunliches Pulver ist. Zudem erzeugt es keinen erkennbaren Geruch oder Geschmack, wenn es Speisefetten oder Speiseölen zugesetzt wird. Der ADI-Wert beträgt 0-0,7 mg/kg Körpergewicht [7]. ADI steht für Acceptable Daily Intake. Dieser Wert bezeichnet die Dosis eines Lebensmittelzusatzstoffs, die bei lebenslanger täglicher Einnahme als medizinisch unbedenklich betrachtet wird [8]. Die Höchstmenge ist in der Zusatzstoffzulassungsverordnung unter Anlage 5, Teil D, Antioxidationsmittel für bestimmte Lebensmittel, geregelt. Darin heißt es, dass E 319 mit einer Höchstmenge von 200 mg/kg für Bratöl und –fett zugelassen ist [9].

### 3.3.2 Verpackung

Neben den Antioxidantien spielt für die Stabilität des Frittierfettes auch die Wahl der richtigen Verpackung während der Lagerung eine wichtige Rolle. MATISSEK & BALTES (2015, S. 126) empfehlen eine niedrig sauerstoffdurchlässige Verpackung. Dafür eignet sich Glas sehr gut. Zudem wird in der Literatur eine gegen Licht geschützte Lagerung angeregt (DE GROOT 2011, S. 157). Dadurch soll die Geschwindigkeit der Autoxidation herabgesetzt werden (BELITZ et al. 2012, S. 218). Es ist auch zu bedenken, dass die Radikalkettenreaktion verstärkt durch kurzwelliges Licht katalysiert wird (HEISS & EICHNER 2002, S. 46). Deshalb soll zudem eine UV-Strahlung absorbierende Verpackung verwendet werden (MATISSEK & BALTES 2015, S. 126). Braunglas berücksichtigt größtenteils die genannten Aspekte. Wie in Abb. 5 gezeigt ist, transmittieren die kurzwelligen Wellenlängen von 300-400 nm im UV-A Bereich das Braunglas nicht, sondern werden absorbiert. Jedoch wird in anderen Quellen genannt, dass Braunglas das Licht erst ab 600 nm absorbiert (HEISS & EICHNER 2002, S. 46). Darum ist es von Vorteil, zusätzlich UV-Filter zu verwenden.

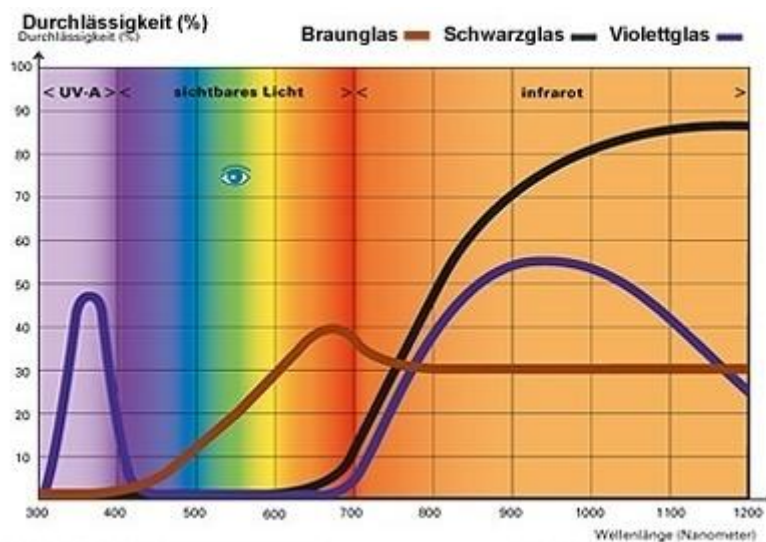


Abb. 5: Transmission von Braunglas [10]

### **3.3.3 Kühlung**

Ein weiterer wichtiger Punkt für die Lagerung des Frittierfettes ist die Lagertemperatur. Nach MATISSEK & BALTES (2015, S. 126, 211) soll Fett bei einer längeren Lagerung kühl gelagert werden. Kühlung ist definiert als die Aufbewahrung von Lebensmitteln bei Temperaturen von 0-6 °C. Chemische Reaktionen laufen bei diesem Temperaturbereich nur sehr langsam ab, sodass eine Lagerzeit von mehreren Monaten ohne Qualitätseinbußen möglich ist. Jedoch muss beim Abkühlvorgang beachtet werden, dass die angestrebte Temperatur möglichst rasch erreicht wird. Danach muss das herab gekühlte Gut bis zum Verbrauch unter möglichst konstanten Klimabedingungen in der Kühlkette verbleiben (HEISS & EICHNER 2002, S. 123, 128).

### **3.3.4 Gefrierlagerung**

Tiefgefrieren unterscheidet sich vom Kühlen dadurch, dass das Wasser der Lebensmittel vom flüssigen in den festen Aggregatzustand übergeht. Dabei ist der Qualitätserhalt optimal. Das Frittierfett hat nur einen sehr kleinen Wasseranteil, daher wird dieser Aspekt nicht weiter verfolgt. Es wird bei Temperaturen unter -18 °C gelagert (MATISSEK & BALTES 2015, S. 214 f.). Lipide verändern sich bei der Gefrierlagerung durch die nicht gehemmte Aktivität der Lipasen. Diese spalten auch noch bei -20 °C Phospholipide zu freien Fettsäuren. Jedoch werden die Lipasen vor dem Einfrieren während des Frittierens inaktiviert, so darf dieser Verderb bei gebrauchtem Frittierfett während der Gefrierlagerung nicht auftreten. Aber es muss beachtet werden, dass photochemische Veränderungen weitgehend temperaturunabhängig sind und deshalb der Lichteinfluss nicht vernachlässigt werden darf (HEISS & EICHNER 2002, S. 175 f.). Daher empfiehlt sich wiederum ein Braunglas, wie bereits unter 3.3.2 beschrieben.

Beim Auftauen sollte beachtet werden, dass das Temperaturintervall zwischen -5 °C und 0 °C möglichst schnell durchschritten wird. Die übrige Zeit bis zum Verzehr, in der das Gut Temperaturen über 0 °C hat, soll möglichst kurz sein (HEISS & EICHNER 2002, S. 185).

## **4 Material und Methoden**

Nach der Beschreibung der theoretischen Hintergründe beginnt in diesem Kapitel der praktische Teil der Bachelorarbeit. Dieser Teil ist in drei Versuche gegliedert. In den drei Versuchen werden verschieden belastete Frittierfette hergestellt. Das Frittierfett in V1 wird neunmal, in V2 wird es vierundzwanzigmal und in V3 wird gebrauchtes Fett weitere sechzehnmal frittiert. Diese Fette werden dann bei verschiedenen Lagerbedingungen gelagert und sensorisch verkostet. Folgend sind die Materialien und Methoden aufgelistet, welche für die verschiedenen Versuche verwendet werden. Zudem werden die Durchführungen der drei Versuche beschrieben.

### **4.1 V1: gebrauchtes Frittierfett nach 9 Frittiervorgängen á 4 Minuten**

Zunächst wird V1 aufgeführt. Es werden die Geräte und Materialien, Reagenzien und Methoden und schließlich die Durchführung separat behandelt.

#### **4.1.1 Geräte und Materialien**

Dieses Unterkapitel teilt sich in zwei weitere Unterkapitel auf. Zuerst werden die Geräte und Materialien, welche beim Frittieren und bei der Fetteinlagerung gebraucht werden, aufgelistet und danach die der Lagertestverkostungen.

#### **4.1.1.1 Frittieren und Fetteinlagerung**

- Fritteuse (Caterlite CD274 von Buffalo)
- Frittierfett (PHASE Goldflex Premium von Unilever Food Solutions)
- Frittieröltester testo 270
- Kalibrieröl (für den Frittieröltester)
- Käpt´ns Fischstäbchen (iglo)
- Laborstoppuhr
- Schöpflöffel
- Reagenzglasständer
- Reagenzgläser (l = 125 mm, d = 15 mm)
- 17,8 x 10 mm Wiederablösbare Universal-Etiketten (von AVERY Zweckform)
- Trichter (d = 100 mm)
- Glatte Faltenfilter (Munktell, Sorte 3hw, d 185 mm)
- 1 ml Pipette
- Topf
- 50 ml Braunglasfläschchen
- 38 x 21,2 mm Etiketten (von AVERY Zweckform)

#### **4.1.1.2 Lagertestverkostungen**

- Frittieröltester testo 270
- Kalibrieröl (für den Frittieröltester)
- 90 ml SIMAX Abdampfschalen
- 17,8 x 10 mm Wiederablösbare Universal-Etiketten (von AVERY Zweckform)
- Gelagertes Frittierfett
  - Raumtemperatur
  - Raumtemperatur mit Tocopherol
  - +6 °C
  - +6 °C mit Tocopherol
  - -20 °C
  - -20 °C mit Tocopherol
- Uhrgläser (d = 90 mm)
- Weiße Tablett (19 x 30 cm)
- Töpfe
- Wasserkocher
- Heißes Wasser
- Spuckbecher
- Plastiklöffel
- Ergebnisblätter
- Wasserglas
- Apfel

#### **4.1.2 Reagenzien und Methoden**

Hier werden zunächst das Reagenz und die Methode beschrieben, die für den ersten Teil von V1 gebraucht werden. Danach wird die Verkostungsmethode geschildert.



#### 4.1.2.1 Frittieren und Fetteinlagerung

In V1 wird das Antioxidans DL- $\alpha$ -Tocopherol zur Stabilisierung des gebrauchten Frittierfettes, welches eingelagert wird, verwendet. Es wird bewusst das  $\alpha$ -Tocopherol gewählt, da dieses bei niedrigeren Temperaturen wirksam ist (TERNES 2008, S. 70).

Der TPM-Wert des Frittierfettes wird mit dem Frittieröltester testo 270 gemessen. Dieser ist ein handliches Gerät, welches eine Aussage über die Alterung von Frittierfetten ermöglicht. Der Sensor arbeitet auf kapazitiver Basis und bestimmt den Gesamtanteil polarer Materialien in Prozent. Der Messbereich erstreckt sich von 0 % bis 40 % mit einer Genauigkeit von  $\pm 2$  %. Zudem ermittelt das Messgerät die Temperatur des Frittieröls in dem Messbereich von 40 °C bis 200 °C. Die Temperatur wird mit einer Messunsicherheit von  $\pm 1,5$  °C auf dem Display angezeigt [11]. Auf dem Foto in Abb. 6 ist das Messgerät zu sehen.



Abb. 6: testo 270 Frittieröltester

Das Frittiergut wird aus der Fritteuse genommen und es wird gewartet bis keine Bläschen mehr aufsteigen. Das Messgerät wird eingeschaltet und der Sensor in 40 °C bis 200 °C heißes Öl getaucht. Die Eintauchtiefe soll zwischen der Min- und Max-Markierung liegen. Der Sensor wird im Öl bewegt. Wenn das Display nicht mehr blinkt, werden die Endwerte der Temperatur und des TPM-Wertes angezeigt. Mit Hilfe des testo-Referenzöls kann das Messgerät kalibriert und justiert werden [12].

#### **4.1.2.2 Lagertestverkostungen**

Die Entwicklung der Verkostungsmethode für das Frittierfett wurde bereits in einer vorausgehenden Bachelorarbeit bearbeitet. Deshalb wird diese Methode hier nicht explizit erklärt. Das Verkostungspanel verkostet das Frittierfett nach den arteigenen Attributen zitronig, sautig/nussig, grün-grasig, holzig/strohig und röstig. Zudem werden die artfremden Attribute seifig, ranzig, kratzig, fischig, bitter, firnig und verbrannt sensorisch auf Anwesenheit und Stärke untersucht. Das Ergebnisblatt ist im Anhang 1 angefügt.

#### **4.1.3 Durchführung**

Auch in diesem Unterkapitel Durchführung wird zunächst das Frittieren und die Fetteinlagerung beschrieben und dann die Lagertestverkostungen.

##### **4.1.3.1 Frittieren und Fetteinlagerung**

Es werden 8 l Frittierfett in die Fritteuse gegeben und auf 180 °C erhitzt. Ist das Frittierfett flüssig, wird der TPM-Wert mit dem Frittieröltester ermittelt und ein Schöpflöffel Fett aus der Fritteuse genommen um ein Reagenzglas, das mit einer Zufallszahl etikettiert ist, befüllen zu können. Wenn das Frittierfett 180 °C erreicht hat, werden 15 Fischstäbchen für 4 min. frittiert [13]. Nach der Entnahme des Frittierguts wird wieder der TPM-Wert gemessen und ein weiteres etikettiertes Reagenzglas mit Frittierfett gefüllt. Es wird noch weitere fünfmal frittiert und nach jedem Frittiervorgang der TPM-Wert gemessen und ein Reagenzglas abgefüllt. Danach wird die Fritteuse ausgeschaltet und das Frittierfett bleibt über Nacht in der Fritteuse. Am nächsten Tag wird dreimal frittiert. Das Vorgehen ist wie am vorausgehenden Tag.

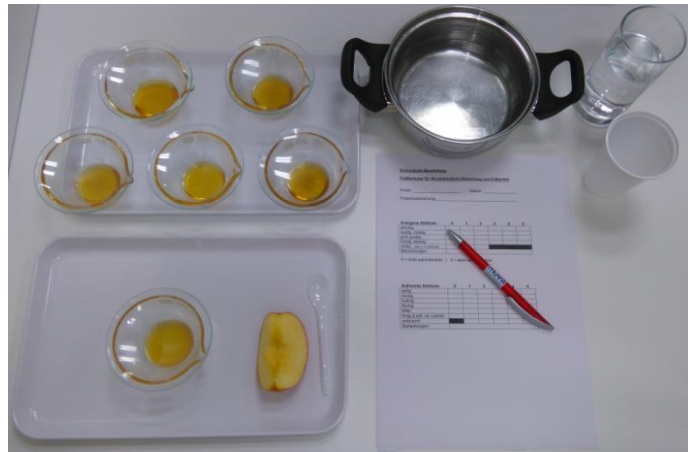
Bevor das Frittierfett abgefüllt und eingelagert werden kann, wird es filtriert und nach Erläuterung unter 4.1.2.2 verkostet.

Das gebrauchte Fett wird von den Bröseln getrennt, indem es über einen glatten Faltenfilter, der in einem Trichter steckt, gegossen wird. Mit einer 1 ml Pipette werden 0,6 ml DL- $\alpha$ -Tocopherol abgemessen und in 2 l filtriertes Fett gegeben.

Dieses Gemisch wird im Topf auf 40 °C erwärmt, damit sich das Tocopherol besser lösen kann. Dann werden diese 2 l in 50 ml Braunglasfläschchen abgefüllt. Die restlichen 5-6 l gebrauchtes Frittierfett werden nach der Filtration ebenso in 50 ml Braunglasfläschchen gefüllt. Die Fläschchen werden mit 38 x 21,2 mm Etiketten beklebt. Auf den Etiketten steht die Zufallsnummer, die Lagertemperatur und wenn zutreffend Tocopherol. Sind die Braunglasfläschchen abgekühlt, werden sie eingelagert. Ein Drittel der Fläschchen werden bei Raumtemperatur gelagert, das zweite Drittel bei +6 °C und das dritte Drittel bei -20 °C.

#### **4.1.3.2 Lagertestverkostungen**

Bei den Lagertestverkostungen wird wie im Folgenden geschildert vorgegangen. Je eines der sechs unterschiedlich gelagerten Proben wird ausgelagert und in einem 100 °C warmen Wasserbad verflüssigt. Dann wird mit dem Frittieröltester testo 270 der TPM-Wert der ersten Probe ermittelt. Anschließend wird das Frittieröl der ersten Probe, welches bei Raumtemperatur gelagert wurde, auf n mal 90 ml SIMAX Abdampfschalen verteilt. Das „n“ steht für die Anzahl der Verkoster. Die Schalen werden mit Zufallszahlen beschriftet und mit Uhrgläsern abgedeckt. Dieser Vorgang wird für die weiteren fünf Proben, welche bei Raumtemperatur mit Tocopherol, bei +6 °C mit und ohne Tocopherol, und bei -20 °C mit und ohne Tocopherol gelagert wurden, wiederholt. Dann werden die sechs Proben wie auf dem Foto in Abb. 7 gezeigt, angerichtet. Für jeden Prüfer des Verkostungspanels wird ein Platz mit eigenen Proben vorbereitet. Zu den sechs Proben kommen noch ein Plastiklöffel, ein Topf mit heißem Wasser, ein Spuckbecher und sechs Ergebnisblätter. Zur Neutralisation wird ein Wasserglas und ein Apfelschnitz gereicht. Dann verkostet das Panel mit einer durchschnittlichen Größe von sieben Personen die Lagerproben.



**Abb. 7: Probendarbietung der Lagertestverkostung**

Diese Lagertestverkostung wird ca. alle vier Wochen wiederholt. Die Proben von V1 werden fünf Monate gelagert.

## **4.2 V2: gebrauchtes Frittierfett nach 24 Frittiervorgängen á 4 Minuten**

Die Gliederung des Material- und Methodenteils von V2 ist genauso aufgebaut wie die von V1.

### **4.2.1 Geräte und Materialien**

Im Folgenden werden die verwendeten Geräte und Materialien von V2 aufgelistet.

#### **4.2.1.1 Frittieren und Fetteinlagerung**

- Fritteuse (Caterlite CD274 von Buffalo)
- Frittierfett (PHASE Goldflex Premium von Unilever Food Solutions)
- Frittieröltester testo 270
- Kalibrieröl (für den Frittieröltester)
- Käpt´ns Fischstäbchen (iglo)
- Laborstoppuhr
- Schöpflöffel
- Reagenzglasständer
- Reagenzgläser (l = 160 mm, d = 16 mm)
- 17,8 x 10 mm Wiederablösbare Universal-Etiketten (von AVERY Zweckform)
- Waage
- 50 ml Braunglasfläschchen
- 38 x 21,2 mm Etiketten (von AVERY Zweckform)

#### **4.2.1.2 Lagertestverkostungen**

- Frittieröltester testo 270
- Kalibrieröl (für den Frittieröltester)
- 90 ml SIMAX Abdampfschalen
- 17,8 x 10 mm Wiederablösbare Universal-Etiketten (von AVERY Zweckform)
- Gelagertes Frittierfett
  - Raumtemperatur
  - Raumtemperatur mit TBHQ
  - +6 °C
  - +6 °C mit TBHQ
  - -20 °C
  - -20 °C mit TBHQ
- Uhrgläser (d = 90 mm)
- Weiße Tablettts (19 x 30 cm)
- Töpfe
- Wasserkocher
- Heißes Wasser
- Spuckbecher
- Plastiklöffel
- Ergebnisblätter
- Wasserglas
- Apfel

#### **4.2.2 Reagenzien und Methoden**

Bei V2 wird zur Stabilisierung des gebrauchten Frittierfettes vor der Lagerung 97 % -iges tert-Buthylhydroquinone von SIGMA ALDRICH zugesetzt.

Die TPM-Messungen und die Lagertestverkostungen verlaufen nach den gleichen Methoden, wie bereits in V1 erläutert.

### **4.2.3 Durchführung**

Die Ausführung der Durchführung von V2 behandelt zuerst das Frittieren und die Fetteinlagerung und danach die Lagertestverkostungen.

#### **4.2.3.1 Frittieren und Fetteinlagerung**

Das Frittierfett wird nach demselben Vorgehen wie in V1 erhitzt. Die Fischstäbchen werden 4 min. frittiert und nach jedem Frittiervorgang wird ein Reagenzglas mit dem Fett abgefüllt und der TPM-Wert gemessen. In diesem Versuch wird insgesamt vierundzwanzigmal frittiert. Am ersten und zweiten Tag wird das Frittierfett einer Belastung von sechs Frittiervorgängen ausgesetzt. Über Nacht wird das Fett abgekühlt und in der Fritteuse stehen gelassen. Nach Tag zwei wird das Frittierfett für vier Tage stehen gelassen. Am Tag sieben und acht wird jeweils weitere sechsmal frittiert. Danach wird das Fett eine weitere Woche stehen gelassen. Nach insgesamt sechzehn Tagen findet eine Verkostung des gebrauchten Frittierfettes statt.

Bei diesem Versuch wird das Frittierfett vor der Einlagerung nicht filtriert, um evtl. den Anteil der braunen Partikel beurteilen zu können. Zur Vorbereitung der Einlagerung des Frittierfettes werden 0,41 g tert-Butylhydroquinone auf der Waage abgewogen und 2 l gebrauchtes Frittierfett homogen vermischt. Zu beachten ist, dass der Schmelzpunkt von TBHQ bei 127-129 °C liegt, daher muss das Frittierfett noch heiß sein. Ist ein homogenes Gemisch entstanden, werden diese 2 l in 50 ml Braunglasfläschchen abgefüllt. Dann wird auch das restliche Frittierfett in die Braunglasfläschchen gefüllt. Alle Fläschchen werden mit den beschrifteten 38 x 21,2 mm Etiketten beklebt. Wie bei V1 wird ein Drittel der Frittierfettproben bei Raumtemperatur gelagert, das Zweite bei +6 °C und das Dritte bei -20 °C.

#### **4.2.3.2 Lagertestverkostungen**

Die Lagertestverkostungen von V2 verlaufen identisch zu den Verkostungen in V1. Die Frittierfettproben werden zwölf Wochen gelagert und es finden drei Lagertestverkostungen statt.

### **4.3 V3: gebrauchtes Frittierfett nach 16 Frittiervorgängen á 40 Minuten**

Der Material- und Methodenteil von V3 gliedert sich wie die zwei vorausgegangenen Versuche.

#### **4.3.1 Geräte und Materialien**

Auflistung der benötigten Geräte und Materialien von V3.

##### **4.3.1.1 Frittieren und Fetteinlagerung**

- Fritteuse (Caterlite CD274 von Buffalo)
- Frittierfett (PHASE Goldflex Premium von Unilever Food Solutions) gebraucht mit einem TPM-Wert von 14-14,5 %
- Frittieröltester testo 270
- Kalibrieröl (für den Frittieröltester)
- Käpt´ns Fischstäbchen (iglo)
- Laborstoppuhr
- Schöpflöffel
- Reagenzglasständer
- Reagenzgläser (l = 160 mm, d = 16 mm)
- 17,8 x 10 mm Wiederablösbare Universal-Etiketten (von AVERY Zweckform)
- Waage
- 50 ml Braunglasfläschchen
- 38 x 21,2 mm Etiketten (von AVERY Zweckform)



#### **4.3.1.2 Lagertestverkostung**

- Frittieröltester testo 270
- Kalibrieröl (für den Frittieröltester)
- 90 ml SIMAX Abdampfschalen
- 17,8 x 10 mm Wiederablösbare Universal-Etiketten
- Gelagertes Frittierfett
  - Raumtemperatur
  - Raumtemperatur mit TBHQ
  - +6 °C
  - +6 °C mit TBHQ
  - -20 °C
  - -20 °C mit TBHQ
- Uhrgläser (d = 90 mm)
- Weiße Tablett (19 x 30 cm)
- Töpfe
- Wasserkocher
- Heißes Wasser
- Spuckbecher
- Plastiklöffel
- Ergebnisblätter
- Wasserglas
- Apfel

#### **4.3.2 Reagenzien und Methoden**

In V3 wird dem Frittierfett wie bei V2 vor der Lagerung 97 %-iges tert-Buthylhydroquinone zugegeben.

Die TPM-Messungen und die Lagertestverkostung verlaufen nach den gleichen Methoden wie bereits in V1 erläutert.

### **4.3.3 Durchführung**

Zunächst wird die Durchführung des Frittiervorgangs und der Fetteinlagerung von V3 beschrieben und danach der Ablauf der Lagertestverkostung.

#### **4.3.3.1 Frittieren und Fetteinlagerung**

In V3 wird ein bereits gebrauchtes Frittierfett mit einem TPM-Wert von 14-14,5 % verwendet. Der Versuchsablauf verläuft wie bei den vorherigen zwei Versuchen. Unterschiedlich ist, dass bei den einzelnen Frittiervorgängen die doppelte Menge an Fischstäbchen verwendet wird und die Frittierdauer auf 40 min. erhöht wird. Am ersten Tag wird dreimal á 40 min. frittiert und nach dem Frittieren jeweils ein Reagenzglas abgefüllt und der TPM-Wert gemessen. Danach wird die Fritteuse ausgeschaltet und das Fett bleibt fünf Tage stehen. Am Tag sechs wird weitere viermal frittiert und am Tag sieben fünfmal. Das Frittierfett wird am darauf folgenden Tag viermal mit frittieren belastet. Nach einer weiteren Woche Standzeit werden zum Abschluss zweimal á 4 min. je 30 Fischstäbchen frittiert. Dieses extrem belastete Fett wird vor der Einlagerung verkostet.

Auch bei diesem Versuch wird das Frittierfett nicht filtriert, damit der Anteil der braunen Partikel beurteilt werden kann. Wie bereits bei V2 werden 2 l des Frittierfettes mit dem Antioxidans TBHQ versetzt und in Braunglasfläschchen abgefüllt. Auch das restliche Fett wird wiederum in die Fläschchen abgefüllt und mit beschrifteten Etiketten beklebt. Auch diese Frittierfettproben werden bei Raumtemperatur, +6 °C oder -20 °C gelagert.

#### **4.3.3.2 Lagertestverkostung**

Die Lagertestverkostung von V3 wird wie bei V1 und V2 durchgeführt, jedoch werden zusätzlich die visuellen Veränderungen Farbe und Partikel bewertet. Hierfür wird ein neues Ergebnisblatt verwendet, welches in Anhang 2 zu finden ist. Die Lagerung der Frittierfettproben dauert vier Wochen. Daher findet nur eine Lagertestverkostung statt.

## **5 Ergebnisse und Diskussion**

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der einzelnen Versuche aufgeführt und diskutiert. Hierbei geht es vor allem um die sensorischen Veränderungen des Frittierfettes während der Lagerung. Dafür werden in Diagrammen die Durchschnittswerte der ermittelten Intensitäten von allen Panellisten als Ergebnisse dargestellt. Die Auswertung der sensorischen Analyseergebnisse zeigt, dass die Intensitäten gewissen Schwankungen unterworfen sind, die man als normale Streuungen bzw. Messunsicherheiten interpretieren kann. Denn der Mensch fungiert als Messinstrument, welches geschult aber nicht kalibriert werden kann. Die Streuungen entstehen z. B. durch die Tagesform der einzelnen Panellisten sowie durch eventuell auftretende äußere Einflüsse, wie Schwankungen in der Temperatur der Verkostungsprobe. Darüber hinaus kann beobachtet werden, dass die Streuungen der Ergebnisse für die Attribute verschieden stark ausgeprägt sind. Für die einzelnen Attribute scheinen daher die genannten Einflüsse von unterschiedlicher Bedeutung zu sein. Ausreißer bzw. Auffälligkeiten werden gesondert betrachtet.

In einem separaten Kapitel werden die chemischen Veränderungen aufgeführt. Erörtert wird auch die Auswahl der richtigen Lagertemperatur und damit verbunden der Zusatz von Antioxidantien.

### **5.1 V1: gebrauchtes Frittierfett nach 9 Frittiervorgängen á 4 Minuten**

Das Frittierfett aus V1 wurde innerhalb von zwei Tagen neunmal je 4 min. frittiert. Dabei ist der Anteil an Totalen Polaren Materialien auf 11,5 % angestiegen. Dieses Fett wurde verkostet. Die daraus resultierenden Ergebnisse dienen als Ausgangspunkt für die Auswertung der sensorischen und chemischen Veränderung während der Lagerzeit von neunzehn Wochen. Ein Teil des gebrauchten Frittierfettes wurde vor der Einlagerung mit dem Antioxidationsmittel Tocopherol versetzt.

## 5.1.1 Lagerbedingte sensorische Veränderungen der Frittierfettattribute V1

### Arteigene Attribute V1

Zuerst werden die Ergebnisse der sensorischen Veränderungen von den arteigenen Attributen des Frittierfettes vorgestellt. In Abb. 8 ist zu sehen, dass sich das **zitronige** Aroma des Frittierfettes innerhalb der ersten sechs Wochen Lagerzeit zurückbildet und bei der weiteren Lagerung auf der Intensität 0,0 bleibt. Dies ist unter allen Lagerbedingungen gleich.

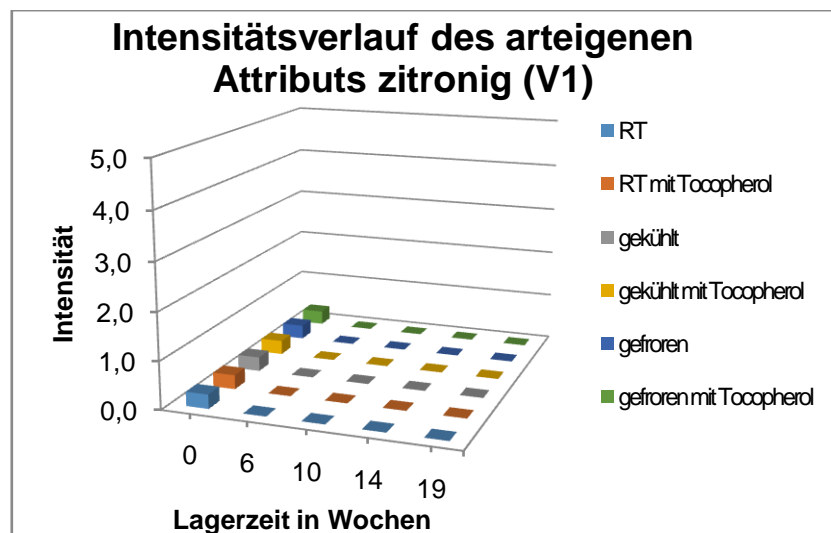


Abb. 8: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des arteigenen Attributs zitronig aus V1

Ein weiteres arteigenes Attribut ist **saatig/nussig**. Die Intensitätsveränderungen von diesem Attribut werden in Abb. 9 dargestellt. Auffällig ist der Rückgang der Intensitäten in allen Proben innerhalb der ersten sechs Wochen Lagerzeit. Die Intensitätsverläufe sind bei allen Lagerbedingungen unterschiedlich. Die Intensität des Attributs in den gekühlten und gefrorenen Proben geht im Laufe der Lagerung zurück und ist nach neunzehn Wochen Lagerzeit nicht mehr wahrnehmbar. Die erste Säulenreihe zeigt, dass sich die Intensität bei Raumtemperatur auf etwa 0,3-0,4 einpendelt. Die Proben mit dem Antioxidans halten das sensorische Attribut saatig/nussig besser. Die beste Lagerbedingung für den Erhalt von diesem Attribut ist bei Raumtemperatur mit Tocopherol, aber die Werte zeigen einen Ausreißer bei Woche vierzehn.

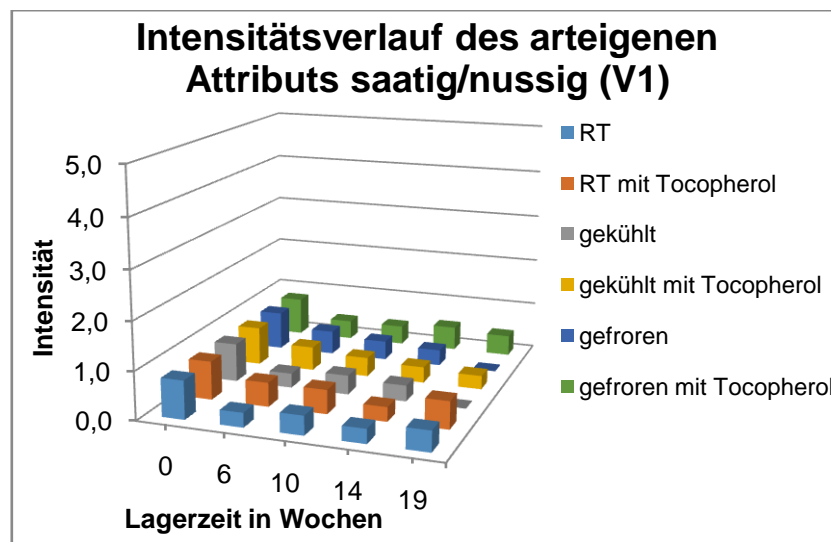


Abb. 9: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des arteigenen Attributs saatig/nussig aus V1

Vor der Lagerung ist mit einer Intensität von 0,3 noch eine Spur des Attributs **grün-grasig** zu erkennen. Innerhalb der ersten sechs Wochen Lagerzeit geht bei fast allen Lagerbedingungen die Intensität auf 0,0 zurück. Bei Raumtemperatur mit Tocopherol hingegen bleibt die Intensität mit 0,4 gleich. Der Anstieg von 0,1 kann nicht als Änderung gesehen werden und fällt unter die Messunsicherheit, da der Mensch als Messinstrument dient. Die grüne Säule der gefrorenen Probe mit Tocopherol bei vierzehn Wochen Lagerzeit wird als Ausreißer identifiziert. Die Ergebnisse sind aus Abb. 10 herausgelesen.

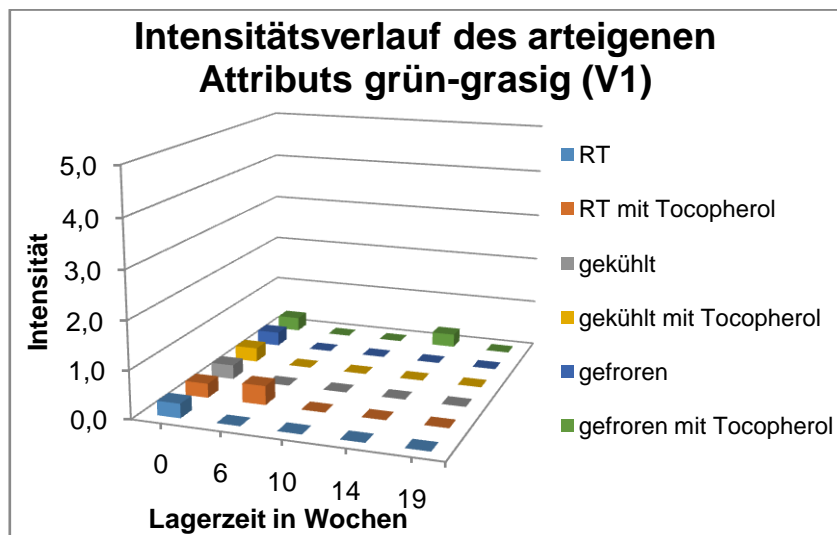


Abb. 10: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des arteigenen Attributs grün-grasig aus V1

**Holzig/strohig** ist ein weiteres sensorisches Aroma, welches ein frisches Frittierfett haben kann. Wird das Säulendiagramm in Abb. 11 betrachtet, sind bei Lagerzeit null relativ hohe Säulen mit einer Intensität von 0,9 im Vergleich zu den bisher vorgestellten arteigenen Attributen zu sehen. Daraus wird geschlossen, dass dieses Attribut stabiler gegen die Frittierinflüsse ist als die bisherigen arteigenen Attribute. Im Verlauf der Lagerung fällt die Intensität bei allen Lagerbedingungen. An dem Verlauf der Säulen ist zu sehen, dass die Proben mit Tocopherol die Ausgangsintensität am schlechtesten halten. Außerdem streuen die Werte für dieses Attribut sehr stark. Am besten hält sich das holzig/strohige Aroma bei Raumtemperatur und bei -20 °C ohne Antioxidans.

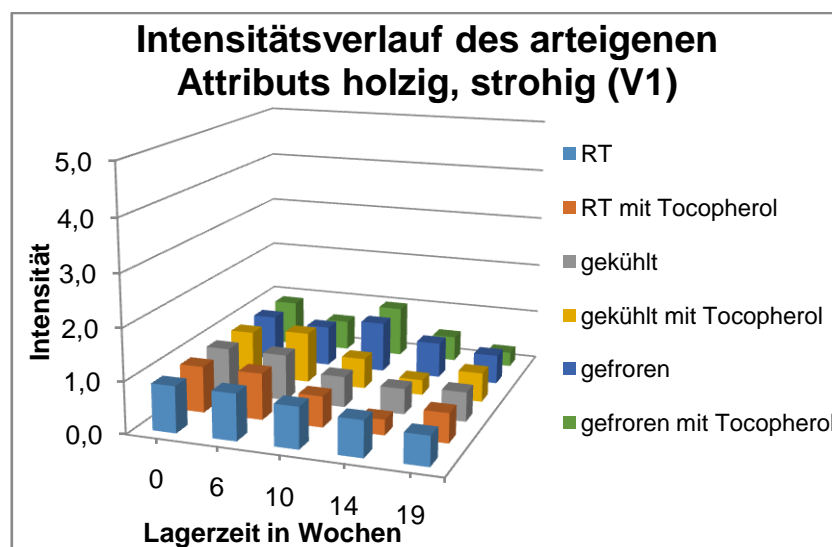


Abb. 11: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des arteigenen Attributs holzig/strohig aus V1

Das letzte zu bewertende arteigene Attribut, ist **röstig**. Zu dem dazugehörigen Säulendiagramm in Abb. 12 muss erklärt werden, dass ein Rückgang der röstigen Intensität mit einem Anstieg der Intensität des artfremden Attributs **verbrannt**, siehe Abb. 13, korreliert. In der vorangegangenen Bachelorarbeit wurde definiert, dass das röstige Aroma ab der Intensität von 2,0 zum Attribut verbrannt übergeht, siehe schwarze Balken in Anhang 1. Die Intensitäten des Attributs röstig schwanken im Laufe der Lagerung. Dies kann auch damit erklärt werden, dass es für die einzelnen Verkoster schwierig ist zwischen den Attributen röstig und verbrannt zu unterscheiden. Generell ist zu beobachten, dass das Röstaroma während der Lagerung ansteigt, beziehungsweise in verbrannten Fehlgeschmack übergeht. Die bei Raumtemperatur gelagerte Frittierfettprobe geht nach zehn Wochen Lagerung zu verbrannt über und zeigt daher einen Ausreißer, ansonsten hält sie den Anfangswert am besten.

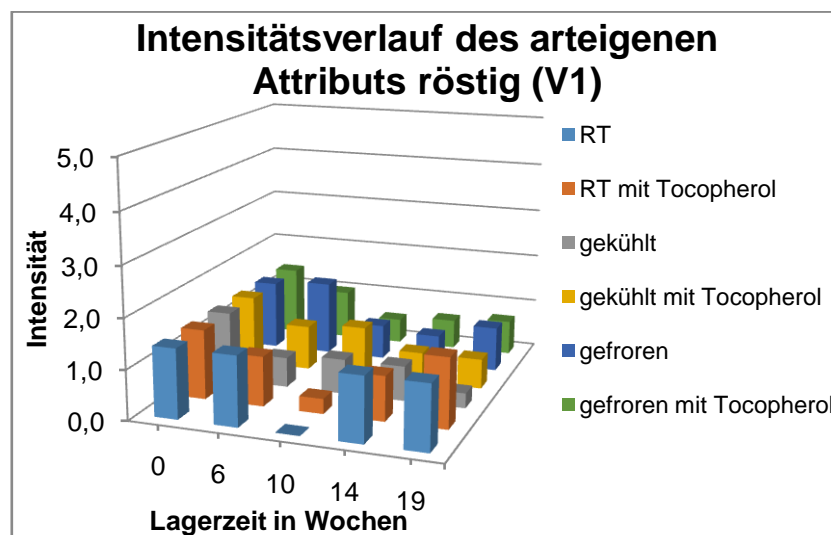


Abb. 12: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des arteigenen Attributs röstig aus V1

Über die arteigenen Attribute ist zusammenfassend zu sagen, dass sie im Laufe der Lagerung in ihrer Intensität zurück gehen. Ausgenommen ist das Attribut röstig, denn es verstärkt sich, indem es zu dem artfremden Attribut verbrannt übergeht.



## Artfremde Attribute V1

Die sensorischen Veränderungen der artfremden Attribute des Frittierfettes, welche beim Frittieren entstehen und sich möglicherweise bei der Lagerung verstärken, werden im Folgenden beschrieben. Das artfremde Attribut **verbrannt** wurde bereits erwähnt. Der Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung ist in Abb. 13 dargestellt. In diesem Säulendiagramm sind starke Schwankungen der Intensitäten zu sehen. Diese beruhen auf der Erklärung, die bereits bei dem arteigenen Attribut röstig genannt wurde. Den besten Intensitätsverlauf zeigt die gekühlte Probe mit Tocopherol bei einer Lagerzeit von neunzehn Wochen.

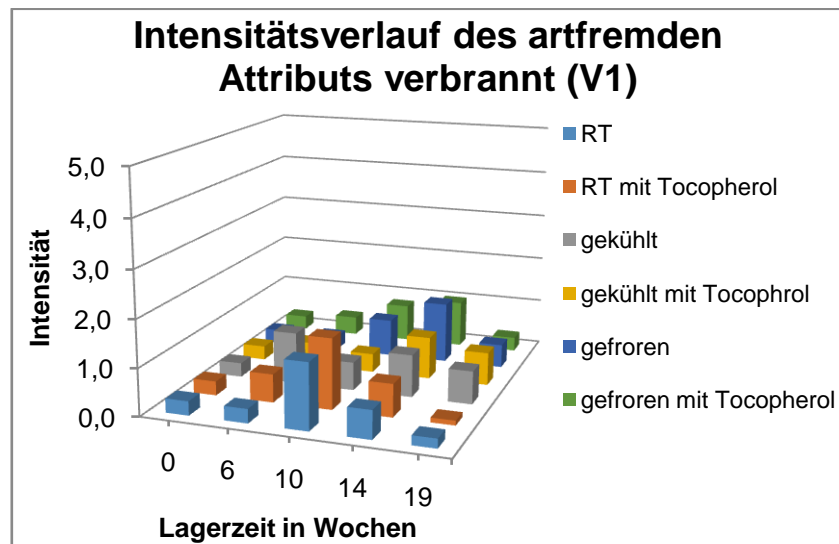


Abb. 13: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs verbrannt aus V1

**Seifig** ist ein weiteres artfremdes Attribut, das beim Frittieren und bei der Lagerung im Frittierfett entstehen kann. In Abb. 14 ist zu sehen, dass in V1 nicht beim Frittieren der seifige Geschmack entstanden ist, sondern im Laufe der Lagerung. Bei fast allen Lagerbedingungen tritt der seifige Geschmack nach vierzehn Wochen Lagerung auf. An den Säulen der gekühlten Probe mit Tocopherol ist zu sehen, dass diese Probe am Ende der Lagerzeit offenbar nicht mehr seifig schmeckt. Dieser Wert wird als Ausreißer betrachtet, denn vermutlich wird der seifige Geschmack von einem anderen dominanteren Aroma überdeckt und ist daher nicht mehr wahrnehmbar. Die gefrorene Probe entwickelt bereits nach sechs Wochen das seifige Attribut und zeigt bei zehn Wochen ebenfalls einen Ausreißer, daher ist diese Lagerbedingung für die Unterdrückung des artfremden Attributs seifig nicht geeignet. Bei den anderen Proben entwickelt sich innerhalb von zehn Wochen kein seifiger Geschmack. Bei weiterer Lagerung haben die Proben ohne Tocopherol niedrigere Säulen.

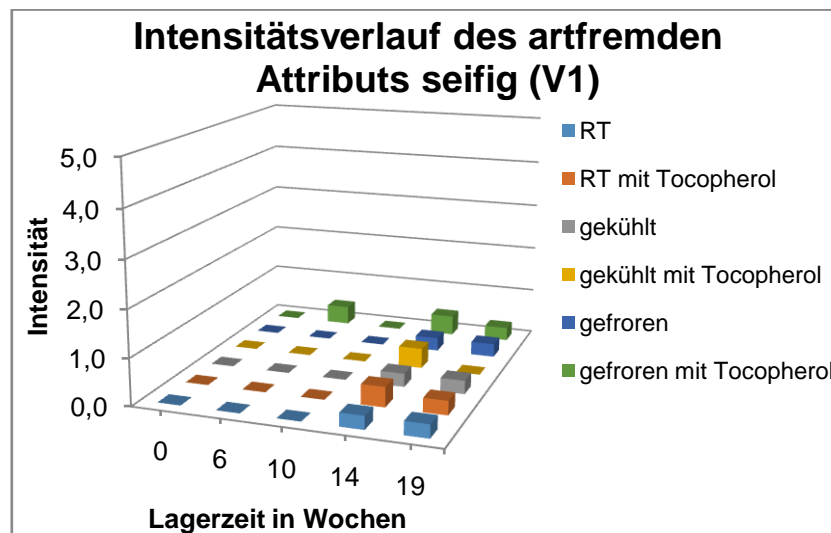


Abb. 14: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs seifig aus V1

Im Säulendiagramm in Abb. 15 ist der Intensitätsverlauf des artfremden Attributs **ranzig** dargestellt. Vor der Lagerung ist das Frittierfett nicht ranzig. Nach sechs Wochen ist der ranzige Geschmack stark angestiegen. Im weiteren Verlauf der Lagerzeit schwanken die Intensitätswerte leicht. Die Bildung und der Anstieg des ranzigen Fehlgeschmacks können durch keine Lagerbedingung bzw. den Zusatz von Tocopherol verhindert werden.

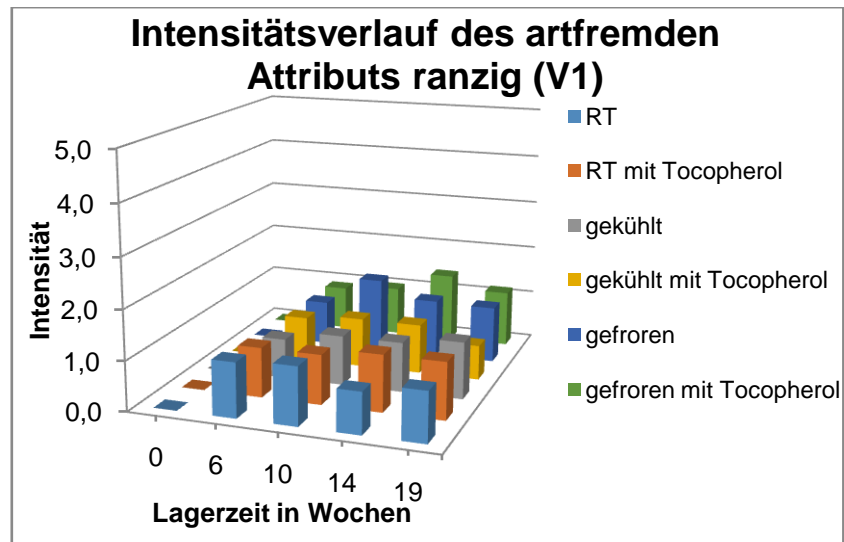


Abb. 15: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs ranzig aus V1

Abb. 16 zeigt den sensorischen Intensitätsverlauf des **kratzigen** Mundgefühls. Bei Betrachtung der Säulen werden große Schwankungen und Ausreißer innerhalb der einzelnen Lagerbedingungen sichtbar. Die bei Raumtemperatur gelagerte Probe mit Tocopherol hat die geringsten Schwankungen und hält die Anfangsintensität im Laufe von neunzehn Wochen Lagerzeit am besten.

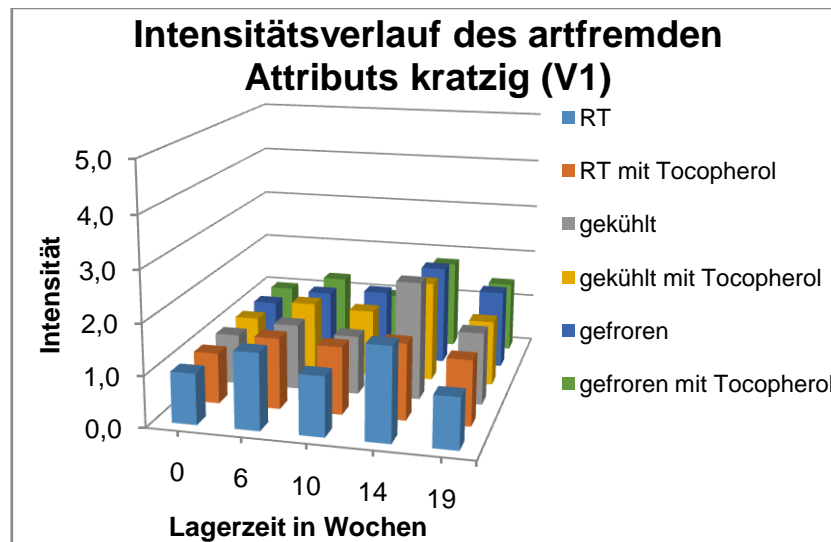


Abb. 16: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs kratzig aus V1

Die sensorischen Ergebnisse des artfremden Attributs **fischig** sind in Abb. 17 aufgeführt. Am Anfang der Lagerzeit steigt das Attribut bei den meisten Lagerbedingungen an und fällt bei längerer Lagerzeit wieder ab. Das Attribut fischig verändert sich bei -20 °C im Verlauf von neunzehn Wochen am wenigsten.

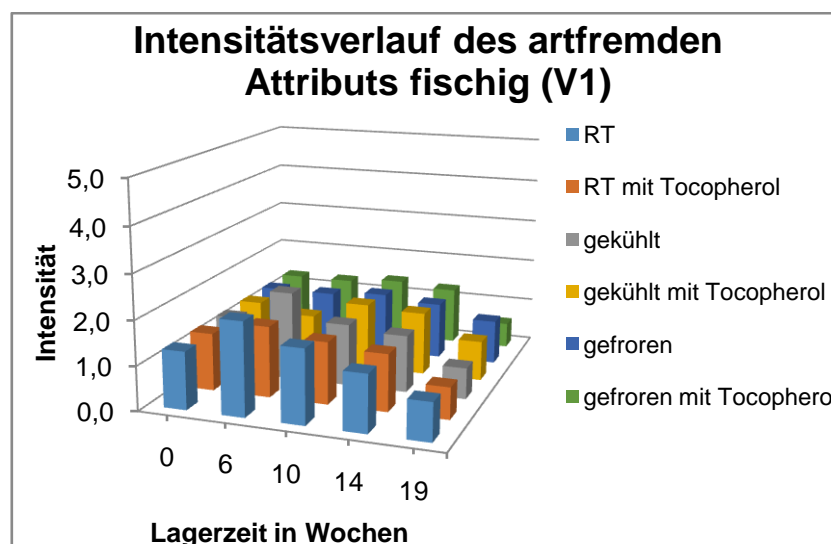


Abb. 17: : Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs fischig aus V1

Abb. 18 zeigt, dass das Attribut **bitter** während der Lagerung auf eine Intensität von 0,3-0,5 ansteigt. Bei der Verkostung nach sechs Lagerwochen haben die Proben mit Tocopherol eine sehr hohe Intensität im Vergleich zu den Ergebnissen der weiteren Verkostungen, daher wird vermutet, dass das Tocopherol am Anfang der Lagerung einen bitteren Eigengeschmack hat. Die geringsten Schwankungen innerhalb der Probe sind bei der gefrorenen Lagerbedingung zu sehen. Hier entwickelt sich das Attribut auch erst nach zehn Lagerwochen.

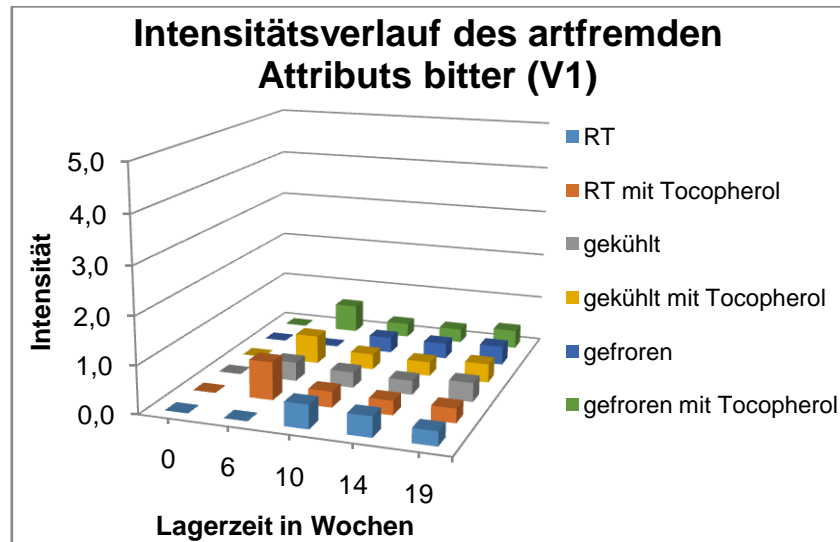


Abb. 18: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs bitter aus V1

Das letzte artfremde Attribut nach dem verkostet wurde, ist **firnig**. Dieses Attribut beschreibt den Geschmack nach Lack oder oxidiertem Leinöl. In Abb. 19 ist zu sehen, dass die Intensität bei allen Lagerbedingungen innerhalb der ersten sechs Wochen Lagerzeit stark ansteigt. Danach schwanken die Werte, außer bei der gefrorenen Probe, stark. Die gelben Säulen, welche die gekühlten Proben mit Tocopherol darstellen, sind dem Anfangswert am ähnlichsten.

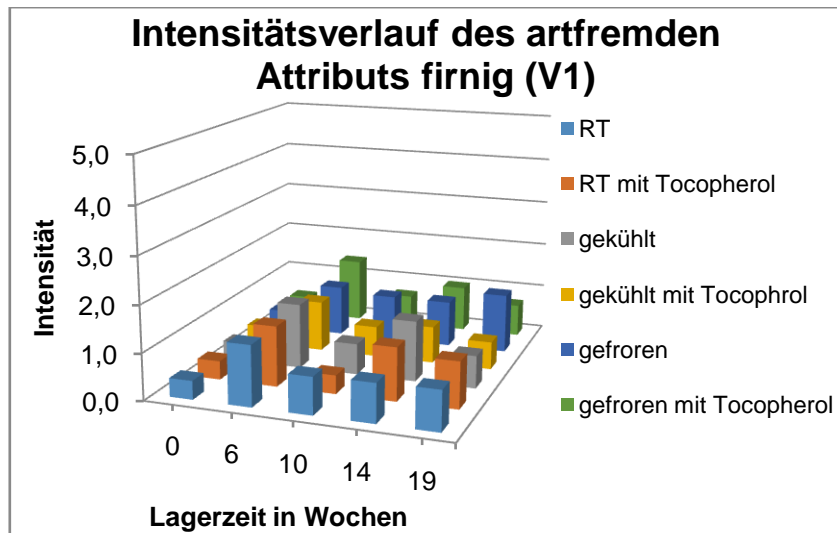


Abb. 19: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs firnig aus V1

In nachfolgender Tab. 1 sind die besten Lagerbedingungen für die einzelnen Frittierfettattribute tabellarisch dargestellt. In Summe konserviert die gefrorene Probe ohne Tocopherol die Intensitäten der meisten sensorischen Attribute am besten.

Tab. 1: Beste Lagerbedingungen für den Erhalt der einzelnen Frittierfettattribute V1. Bei der Lagerbedingung mit (X) wird das Attribut relativ stabil gehalten, X erhält das Attribut besser. Die Attribute in den roten Zeilen können von keiner Lagerbedingung stabil gehalten werden.

	RT	RT mit Tocopherol	gekühlt	gekühlt mit Tocopherol	gefroren	gefroren mit Tocopherol
<b>zitronig</b>						
saatig/nussig		X				
grün-grasig		X				
holzige/strohig	X				X	
röstig					X	
<b>Summe arteigen</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>
verbrannt				X		
seifig	X		X		X	
<b>ranzig</b>						
kratzig		X				
fischig					X	
bitter					X	
firnig				X		
<b>Summe artfremd</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>0</b>
<b>Summe gesamt</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>0</b>

In Tab. 1 ist auch zu sehen, dass die Proben mit dem Antioxidans bei Raumtemperatur und +6 °C mehr Kreuze haben, als die Proben ohne. Unter 3.3.1 wird beschrieben, dass es nur sinnvoll ist, Antioxidantien vor Eintritt der Autoxidation zuzugeben. Das Tocopherol wurde trotz diesem Wissen dem bereits gebrauchten Frittierfett zugefügt, um zu sehen, ob das Tocopherol tatsächlich keine Wirkung zeigt. Zu diesem Zeitpunkt müsste die Autoxidation schon eingesetzt haben. Auf Grund der Versuchsergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass Tocopherol, obwohl die Oxidation bereits begonnen hat, die Oxidation verlangsamt. Andererseits hat das Antioxidans bei der gefrorenen Probe keine Auswirkung. Bei -20 °C reichen die konservierenden Bedingungen für den Erhalt der meisten Attribute des Frittierfettes aus.

## 5.1.2 Chemische Veränderung des Frittierfettes im Laufe der Lagerung V1

Zur Untersuchung der chemischen Veränderung des gebrauchten Frittierfettes während der Lagerung werden die Totalen Polaren Materialien gemessen. Ein Messwert wird vor der Lagerung erstellt, dann werden die unterschiedlich gelagerten Proben nach zehn, vierzehn und neunzehn Wochen Lagerung gemessen. Diese Messwerte werden mit dem ersten Messwert verglichen. Tab. 2 zeigt den Messwert vor der Lagerung. Da das TPM-Messgerät eine Messunsicherheit von  $\pm 2$  % hat, wird auch diese in der Tabelle angegeben.

Tab. 2: TPM-Wert V1 vor der Lagerung

Probenbezeichnung	TPM in %	Messunsicherheit $\pm 2$ %
vor der Lagerung	11,5	9,5 – 13,5

In Tab. 3 sind die TPM-Werte der sechs verschieden, über einen Zeitraum von zehn Wochen gelagerten Proben tabellarisch aufgeführt. Die bei Raumtemperatur gelagerte Probe zeigt den gleichen Wert, wie die Probe vor der Lagerung. Wenn die Messunsicherheit der anderen Proben betrachtet wird, liegen auch diese im gleichen Messbereich. Somit kann gesagt werden, dass sich die Proben durch die verschiedenen Lagerbedingungen in der chemischen Veränderung nicht unterscheiden.

Tab. 3: TPM-Werte V1 nach 10 Wochen Lagerzeit

Probenbezeichnung	TPM in %	Messunsicherheit $\pm 2$ %
RT	11,5	9,5 – 13,5
RT mit Tocopherol	12,0	10,0 – 14,0
gekühlt	10,5	8,5 – 12,5
gekühlt mit Tocopherol	12,5	10,5 – 14,5
gefroren	10,5	8,5 – 12,5
gefroren mit Tocopherol	12,5	10,5 – 14,5



Die TPM-Werte der Lagerproben liegen nach vierzehn Wochen Lagerzeit innerhalb der 2 % Messunsicherheit ausgehend von dem Messwert vor der Lagerung. Dies wird in Tab. 4 deutlich.

Tab. 4: TPM-Werte V1 nach 14 Wochen Lagerzeit

Probenbezeichnung	TPM in %	Messunsicherheit $\pm 2$ %
RT	<b>11,5</b>	9,5 – 13,5
RT mit Tocopherol	11,0	9,0 – 13,0
gekühlt	10,5	8,5 – 12,5
gekühlt mit Tocophrol	<b>11,5</b>	9,5 – 13,5
gefroren	10,5	8,5 – 12,5
gefroren mit Tocopherol	<b>11,5</b>	9,5 – 13,5

Tab. 5 zeigt die chemischen Messwerte des ersten Versuchs nach neunzehn Wochen Lagerung. Bei drei Proben fällt auf, dass die Messwerte selbst unter Berücksichtigung der Messunsicherheit nicht innerhalb des Messwertes vor der Lagerung liegen. Wird jedoch berücksichtigt, dass bei der Kalibrierung des Messgerätes -1 % Abweichung festgestellt worden ist, kann der Messwert 1 % höher korrigiert werden. Somit liegen die Messwerte innerhalb der Messunsicherheit.

Tab. 5: TPM-Werte V1 nach 19 Wochen Lagerzeit. Nach Kalibrierergebnisse Korrektur der Messwerte um 1 % nach oben

Probenbezeichnung	TPM in %	Messunsicherheit $\pm 2$ %	TPM in % korrigiert	Messunsicherheit in % korrigiert
RT	9,0	7,0 – 11,0	10,0	8,0 – 13,0
RT mit Tocopherol	10,5	8,5 – 12,5	<b>11,5</b>	9,5 – 13,5
gekühlt	9,0	7,0 – 11,0	10,0	8,0 – 12,0
gekühlt mit Tocophrol	10,5	8,5 – 12,5	<b>11,5</b>	9,5 – 13,5
gefroren	9,0	7,0 – 11,0	10,0	8,0 – 13,0
gefroren mit Tocopherol	10,5	8,5 – 12,5	<b>11,5</b>	9,5 – 13,5

Werden die Messwerte der Tabellen 3, 4 und 5 verglichen, fällt auf, dass alle TPM-Werte der gelagerten Proben mit Tocopherol, abgesehen von einer Probe, höher sind als die Proben ohne Antioxidans. Es sind aber nur geringe Abweichungen, deshalb kann kein eindeutiger Schluss aus der Beobachtung gezogen werden. Da die Messwerte sehr nahe zusammen liegen, ist es auch schwierig zu sagen, welche Lagerbedingung für den Erhalt des TPM-Wertes am besten ist. In Tab. 6 ist aufgeführt, dass sich die Lagerung bei Raumtemperatur, gekühlt mit Tocopherol oder gefroren mit Tocopherol tendenziell am besten eignet.

**Tab. 6: Beste Lagerbedingungen für den Erhalt des TPM-Wertes V1**

Lagerzeit in Wochen	RT	RT mit Tocopherol	gekühlt	gekühlt mit Tocopherol	gefroren	gefroren mit Tocopherol
10	X					
14	X			X		X
19		X		X		X
<b>Summe</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>2</b>

## 5.2 V2: gebrauchtes Frittierfett nach 24 Frittiervorgängen á 4 Minuten

Für den zweiten Versuch wurde das frische Frittierfett innerhalb von sechzehn Tagen vierundzwanzigmal á 4 min. frittiert. Am letzten Tag wurde das Fett mit den Totalen Polaren Anteilen von 13,0 % verkostet. Diese Ergebnisse dienen als Anhaltspunkte für die sensorische und chemische Veränderung des Frittierfettes innerhalb von zwölf Wochen Lagerung. Bei diesem Versuch wurde das Antioxidans TBHQ verwendet.

### 5.2.1 Lagerbedingte sensorische Veränderungen der Frittierfettattribute V2

#### Arteigene Attribute V2

Die arteigenen Attribute **zitronig** und **grün-grasig** haben vor der Lagerung eine sensorische Intensität von 0,0. Alle Lagerbedingungen erhalten diese Intensität im Verlauf der gesamten Lagerzeit von zwölf Wochen. Die Säulendiagramme dieser zwei Attribute gleichen dem Diagramm in Abb. 20. Diese Abbildung zeigt das arteigene Attribut **röstig**. Die Säulen sind alle auf 0,0, aber die röstige Intensität ist über zwei und wird deshalb als Attribut verbrannt abgebildet. Auch bei diesem Attribut gibt es keine unterschiedlichen Ergebnisse bei den Lagerbedingungen.

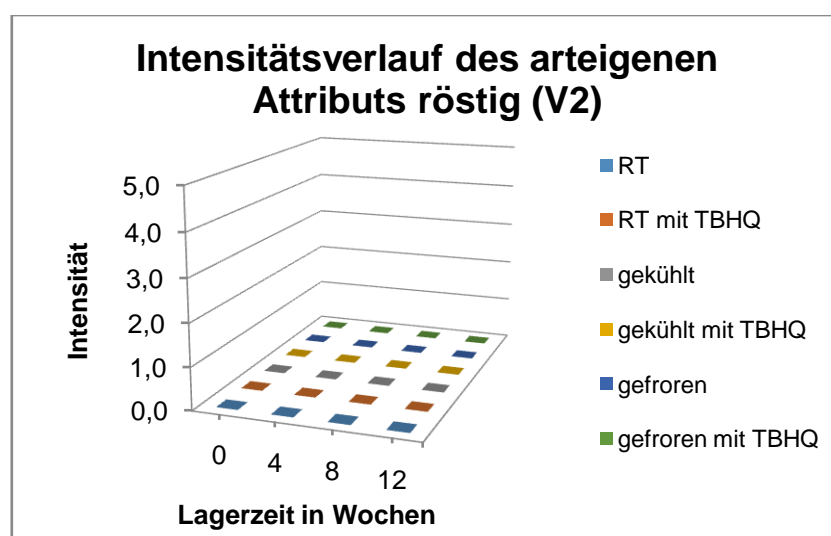


Abb. 20: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des arteigenen Attributs röstig aus V2

Das Säulendiagramm des arteigenen Attributs **saatig/nussig** ist in Abb. 21 zu sehen. Aus dem Diagramm kann abgelesen werden, dass die Intensität bei Raumtemperaturlagerung im Laufe der Zeit ansteigt. Aber vermutlich liegt dies an einer Verwechslung des Panels mit dem Attribut **holzig/strohig**, denn diese sind sich sehr ähnlich. Bei der gefrorenen Probe ist nach vier Wochen ein Ausreißer identifizierbar. Die restlichen Lagerbedingungen halten den sensorischen Intensitätswert stabil.

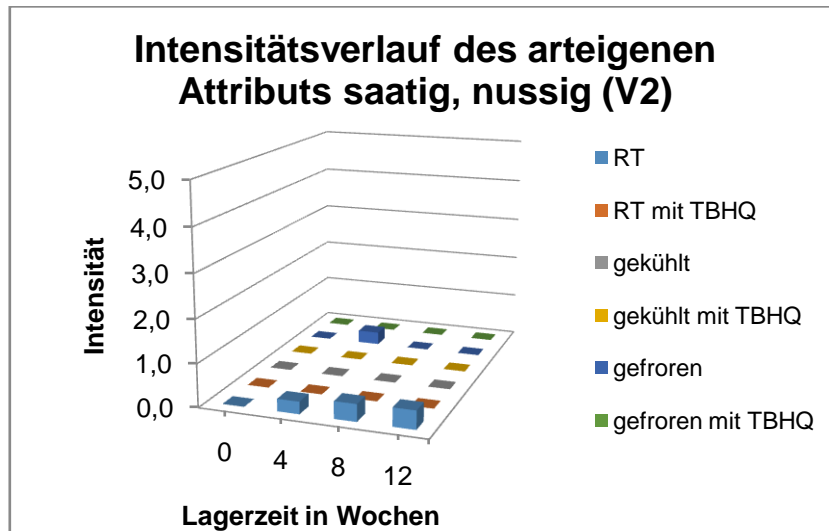


Abb. 21: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des arteigenen Attributs saatig/nussig aus V2

Abb. 22 zeigt das arteigene Attribut **holzlig/strohlig** aus V2. Bei Betrachtung des Säulendiagramms sind die zwei Ausreißer bei Woche vier in den Proben, welche bei Raumtemperatur gelagert wurden, zu erkennen. Die anderen Lagerbedingungen halten den Ausgangswert relativ stabil.

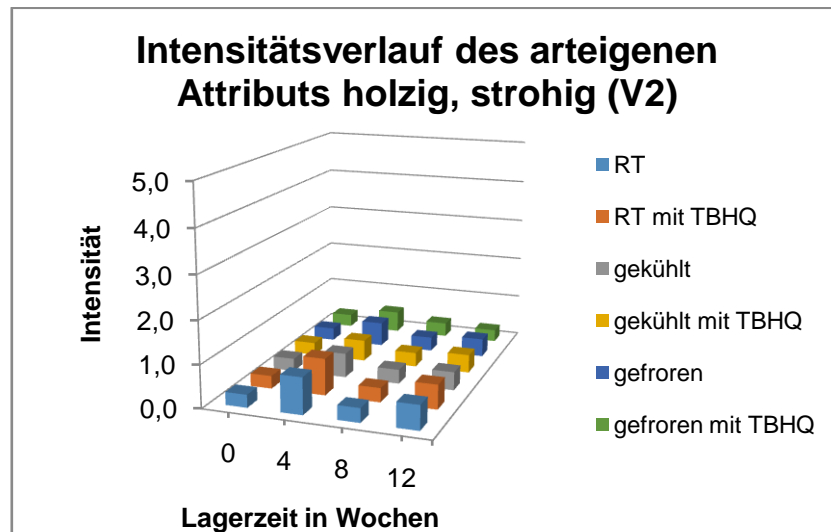


Abb. 22: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des arteigenen Attributs holzig/strohlig aus V2

Die Ergebnisse der arteigenen Attribute aus V2 können folgendermaßen zusammengefasst werden. Die Lagerung bei Raumtemperatur zur Konservierung ist nicht für alle Attribute geeignet. Der Zusatz von TBHQ kann bei Raumtemperatur ein weiteres Attribut stabil halten. Die anderen Lagerbedingungen unterscheiden sich nur sehr gering und halten die arteigenen Attribute stabil.

## Artfremde Attribute V2

Von den artfremden Attributen wurde in V2 zuerst der sensorische Intensitätsverlauf des **seifigen** Fremdgeschmackes untersucht. Zu Beginn der Lagerung ist das Attribut nicht wahrnehmbar. Konservieren kann dies die gekühlte Lagerbedingung am besten. Bei der gekühlten Probe mit TBHQ steigt der Wert nach acht Wochen Lagerung und bei der gefrorenen Probe nach zwölf Wochen. Die gefrorene Probe mit TBHQ zeigt bereits nach vier Wochen Lagerzeit einen Intensitätsanstieg. Desweiteren ist in Abb. 23 zu sehen, dass die bei Raumtemperatur gelagerten Proben größere Streuungen in den Intensitäten zeigen. Eine Lagerung ist daher unter diesen Bedingungen nicht empfehlenswert.

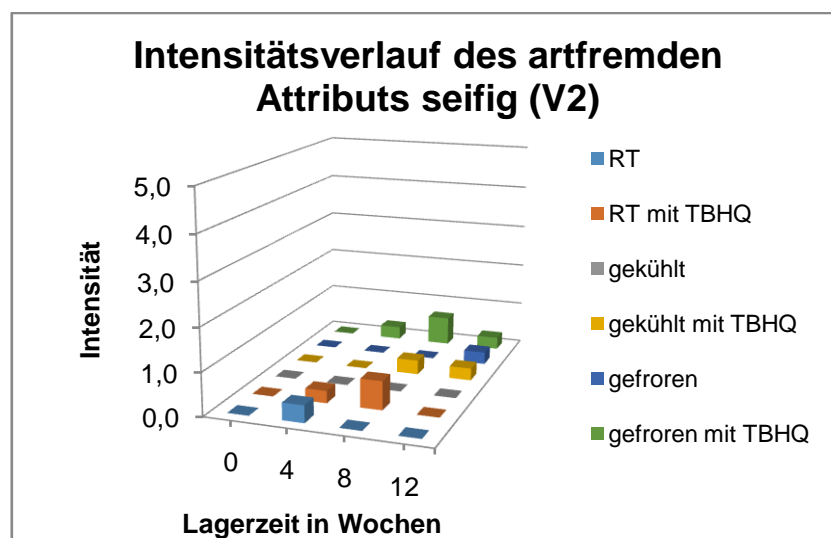


Abb. 23: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs seifig aus V2

Abb. 24 zeigt das Säulendiagramm des artfremden Attributs **ranzig**. Bei der ersten Verkostung hat das Frittierfett eine sensorische Intensität von 1,0, durch die dreidimensionale Darstellung sind die Säulen bei Lagerzeit null nicht auf der Intensitätslinie 1,0 ablesbar. Den Ausgangswert kann die gefrorene Probe gut halten. Die gefrorene Probe mit TBHQ steigt bei Woche acht sehr stark an. Unter den anderen Lagerbedingungen weisen die Intensitäten etwas größere Streuungen auf, die aber noch im Rahmen sind, d.h. das Attribut ist hier weitgehend stabil.

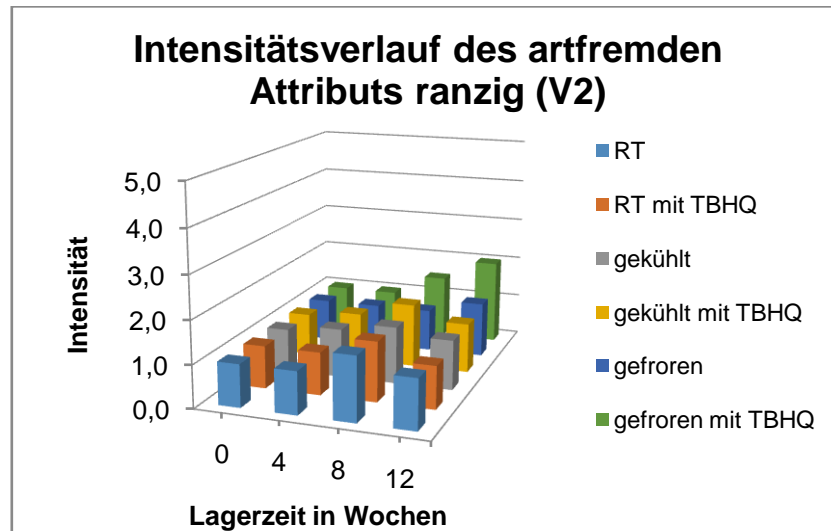


Abb. 24: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs ranzig aus V2

In Abb. 25 sind die sensorischen Intensitätsverläufe des artfremden Attributs **kratzig** abgebildet. Die Anfangsintensität von 2,0 hält die gekühlte Probe mit TBHQ am besten, was durch die gelben Säulen sichtbar wird. Bei Raumtemperlagerung fällt die sensorische Wahrnehmung in Lagerwoche acht. Ansteigende Intensität innerhalb der ersten acht Wochen ist in der gefrorenen Probe mit TBHQ zu beobachten, danach fällt sie auf den Ausgangswert zurück. Die anderen Lagerbedingungen zeigen einen Intensitätsabfall bei der letzten Lagerverkostung.

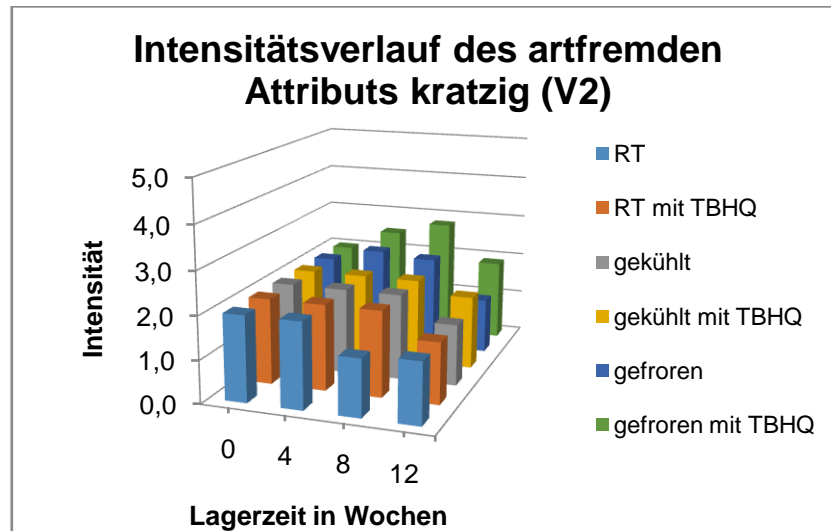


Abb. 25: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs kratzig aus V2



**Fischig** ist das nächste Attribut, von dem die Stabilität der Intensität untersucht worden ist. Vor der Lagerung hat das Frittierfett einen fischigen Geschmack mit der Intensität 2,1. Dies ist in Abb. 26 zu sehen. Evtl. führen die steigenden Intensitäten während der Lagerung der anderen Attribute zu einer Überlagerung, wodurch der fischige Geschmack nicht mehr so intensiv empfunden wird. Die Proben gekühlt mit TBHQ und gefroren mit TBHQ halten die Intensität bis Woche acht am besten.

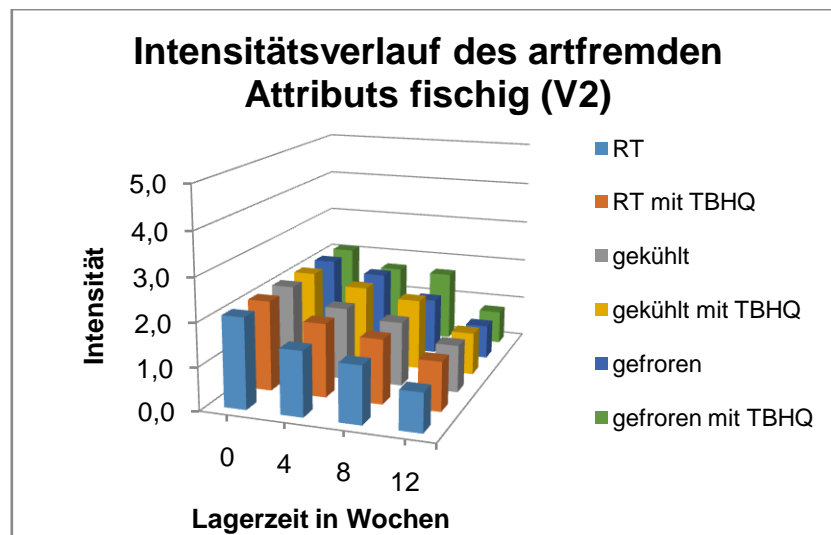


Abb. 26: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs fischig aus V2

Das Säulendiagramm in Abb. 27 zeigt die sensorischen Intensitätsverläufe des artfremden Attributs **bitter**. Bei Lagerzeit null hat das Frittierfett einen Intensitätswert von 0,5. Dieser Wert wird bei allen Lagerbedingungen, außer bei Raumtemperatur mit TBHQ, vier Wochen lang stabil gehalten. Danach steigt die Intensität. Den besten Intensitätsverlauf zeigt die Lagerung bei Raumtemperatur. Auch die Werte der gekühlten Probe sind akzeptabel.

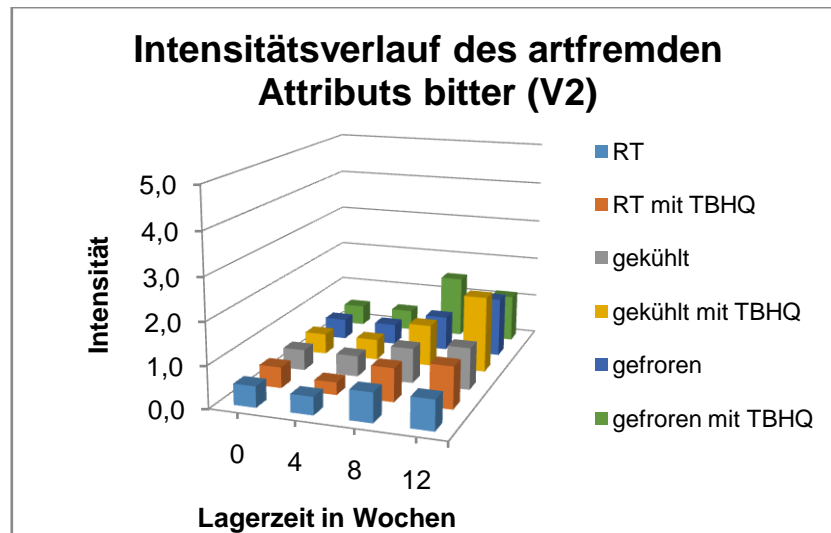


Abb. 27: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs bitter aus V2

Abb. 28 stellt die sensorischen Ergebnisse des artfremden Attributs **firnig** dar. Während der ersten acht Wochen Lagerzeit sind keine wesentlichen Unterschiede in den Lagerbedingungen zu erkennen. Nur die gefrorene Probe mit TBHQ steigt in der Intensität an. Ein Intensitätsrückgang bei Lagerzeit zwölf ist in den Proben gekühlt mit und ohne TBHQ zu sehen. Die gefrorene Probe und die Probe, welche mit TBHQ versetzt bei Raumtemperatur gelagert wurde, halten die Intensität am besten. Die Intensität der bei Raumtemperatur gelagerten Probe schwankt etwas stärker.

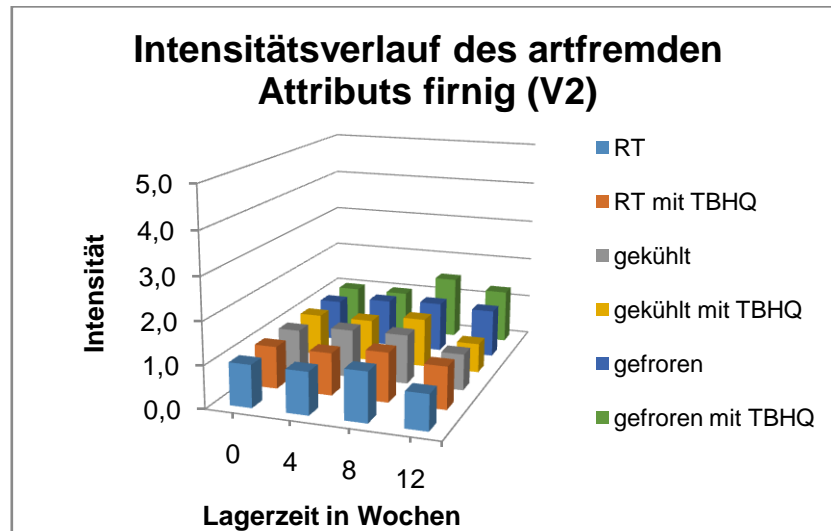


Abb. 28: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs firnig aus V2

Das letzte artfremde Attribut aus V2 ist **verbrannt**. In Abb. 29 werden die Ergebnisse aufgezeigt. Die Säulen bei Lagerzeit null sind mit einer Intensität von 3,1 sehr hoch. Lagerung bei Raumtemperatur und +6 °C führen zu einem Intensitätsabfall. Die Intensität der gefrorenen Probe mit TBHQ steigt bis Woche acht und fällt dann stark. Die Lagerung bei Raumtemperatur mit TBHQ führt zu größeren Streuungen. Den besten Intensitätsverlauf zeigt die Lagerung bei -20 °C. Die Intensitätsentwicklung der Probe gekühlt mit TBHQ zeigt einen akzeptablen Gesamtverlauf.

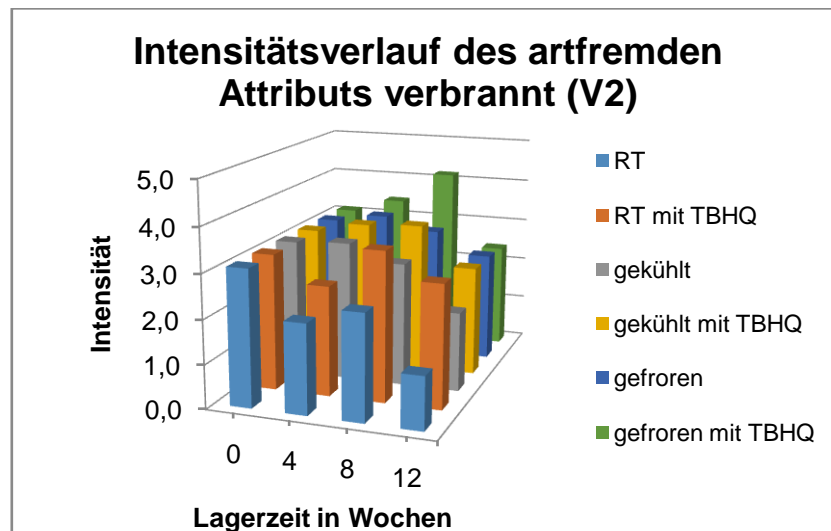


Abb. 29: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs verbrannt aus V2

Durch die längere Frittierdauer bei V2 haben die artfremden Attribute vor der Lagerung stärkere Intensitäten als in V1. Deshalb sind für die Stabilisierung der Attribute andere Lagerbedingungen erforderlich. In Tab. 7 sind die besten Lagerbedingungen für die einzelnen Attribute aus V2 dargestellt. Für die Konservierung der artfremden Attribute ist das Lagern bei -20 °C am besten. Werden alle Kreuze der artfremden und arteigenen Attribute zusammen gezählt, ist in der Summe die Lagerung bei +6 °C und -20 °C gleichermaßen geeignet.

Tab. 7: Beste Lagerbedingungen für den Erhalt der einzelnen Frittierfettattribute V2. Bei der Lagerbedingung mit (X) wird das Attribut relativ stabil gehalten, X erhält das Attribut besser. Das Attribut in der roten Zeile kann von keiner Lagerbedingung stabil gehalten werden.

	RT	RT mit TBHQ	gekühlt	gekühlt mit TBHQ	gefroren	gefroren mit TBHQ
zitronig	X	X	X	X	X	X
saatig/nussig		X	X	X		X
grün-grasig	X	X	X	X	X	X
holzige/strohig			X	X	X	X
röstig	X	X	X	X	X	X
<b>Summe arteigen</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
seifig			X			
ranzig					X	
kratzig		(X)	(X)	X	(X)	
<b>fischig</b>						
bitter	X		(X)			
firnig		X			X	
verbrannt				(X)	X	
<b>Summe artfremd</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>0</b>
<b>Summe gesamt</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>5</b>

In Tab. 7 ist auch zu sehen, dass die Proben mit dem Antioxidans bei Raumtemperatur mehr Kreuze haben, als die Proben ohne. Somit kann gesagt werden, dass der Einsatz von dem Antioxidationsmittel TBHQ bei Raumtemperatur sinnvoll ist, da es eine Wirkung zeigt. Hingegen ist der Zusatz bei Temperaturen wie +6 °C und -20 °C offensichtlich nicht wirksam.

## 5.2.2 Chemische Veränderung des Frittierfettes im Laufe der Lagerung V2

Auch in V2 werden für die Untersuchung der chemischen Veränderung die TPM-Werte gemessen. Der erste Wert wird vor der Lagerung gemessen, danach die unterschiedlich gelagerten Proben nach vier, acht und zwölf Wochen. Alle Messwerte werden miteinander verglichen, um eine eventuell auftretende chemische Änderung festzustellen. Tab. 8 zeigt den Messwert und die Messunsicherheit vor der Lagerung. Wird dieser Wert mit dem Wert aus V1 in Tab. 4 verglichen, ist 1,5 % höher.

Tab. 8: TPM-Wert V2 vor der Lagerung

Probenbezeichnung	TPM in %	Messunsicherheit $\pm 2$ %
vor der Lagerung	13,0	11,0 – 15,0

Die TPM-Werte der sechs verschieden gelagerten Proben sind in Tab. 9 dargestellt. Die Proben wurden vier Wochen gelagert. Keine Probe hat den gleichen TPM-Wert wie vor der Lagerung. Alle Messwerte liegen unterhalb des Ausgangswertes, aber innerhalb der Messunsicherheit des TPM-Wertes vor der Lagerung. Somit kann nicht gesagt werden, dass sich die Totalen Polaren Materialien innerhalb vier Wochen Lagerzeit verändert haben.

Tab. 9: TPM-Werte V2 nach vier Wochen Lagerzeit

Probenbezeichnung	TPM in %	Messunsicherheit $\pm 2$ %
RT	11,5	9,5 – 13,5
RT mit TBHQ	11,5	9,5 – 13,5
gekühlt	11,0	9,0 – 13,0
gekühlt mit TBHQ	11,5	9,5 – 13,5
gefroren	11,5	9,5 – 13,5
gefroren mit TBHQ	12,0	10,0 – 14,0

Nach acht Wochen Lagerzeit sind die TPM-Werte der Lagerproben noch kleiner als nach vier Wochen und liegen nicht mehr innerhalb der 2 % Messunsicherheit ausgehend von dem Messwert vor der Lagerung. Dies zeigt Tab. 10. Aber wenn die Werte um 1 % nach oben korrigiert werden, wie es durch die zuvor stattfindende Kalibrierung nötig ist, sind auch hier alle Werte innerhalb der Messunsicherheit.

Tab. 10: TPM-Werte V2 nach acht Wochen Lagerzeit. Nach Kallibrierergebnisse Korrektur der Messwerte um 1 % nach oben

Probenbezeichnung	TPM in %	Messunsicherheit $\pm 2$ %	TPM in % korrigiert	Messunsicherheit in % korrigiert
RT	10,0	8,0 – 12,0	11,0	9,0 – 13,0
RT mit TBHQ	10,5	8,5 – 12,5	11,5	9,5 – 13,5
gekühlt	10,5	8,5 – 12,5	11,5	9,5 – 13,5
gekühlt mit TBHQ	10,0	8,0 – 12,0	11,0	9,0 – 13,0
gefroren	10,0	8,0 – 12,0	11,0	9,0 – 13,0
gefroren mit TBHQ	10,5	8,5 – 12,5	11,5	9,5 – 13,5

Tab. 11 zeigt die chemischen Messwerte des zweiten Versuchs nach zwölf Wochen Lagerung. Auch diese Messwerte werden um 1 % nach oben korrigiert. Die Proben, welche bei Raumtemperatur und gekühlt gelagert wurden, sind unterhalb der Messunsicherheit des Ausgangswertes. Die Werte zeigen, dass diese zwei Lagerbedingungen den chemischen Wert nicht halten können und zur Konservierung nicht geeignet sind.

Tab. 11: TPM-Werte V2 nach zwölf Wochen Lagerzeit. Nach Kallibrierergebnisse Korrektur der Messwerte um 1 % nach oben

Probenbezeichnung	TPM in %	Messunsicherheit $\pm 2$ %	TPM in % korrigiert	Messunsicherheit in % korrigiert
RT	9,5	7,5 – 11,5	10,5	8,5 – 12,5
RT mit TBHQ	10,0	8,0 – 12,0	11,5	9,5 – 13,5
gekühlt	9,5	7,5 – 11,5	10,5	8,5 – 12,5
gekühlt mit TBHQ	10,0	8,0 – 12,0	11,5	9,5 – 13,5
gefroren	10,0	8,0 – 12,0	11,5	9,5 – 13,5
gefroren mit TBHQ	10,0	8,0 – 12,0	11,5	9,5 – 13,5

Werden die Tabellen 8 bis 11 verglichen, fällt auf, dass der TPM-Wert im Laufe der Lagerung sinkt. In Tab. 12 ist tabellarisch zusammengefasst, welche Lagerbedingung den TPM-Wert am besten hält. Dies ist bei der gefrorenen Probe mit TBHQ der Fall.

Tab. 12: Beste Lagerbedingungen für den Erhalt des TPM-Wertes

Lagerzeit in Wochen	RT	RT mit TBHQ	gekühlt	gekühlt mit TBHQ	gefroren	gefroren mit TBHQ
4						X
8		X	X			X
12	-	X	-	X	X	X
<b>Summe</b>	<b>-</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>

### 5.3 V3: gebrauchtes Frittierfett nach 16 Frittiervorgängen á 40 Minuten

In V3 wurde ein gebrauchtes Frittierfett mit einem TPM-Wert von 14-14,5 % verwendet. Dieses Fett wurde im Zeitraum von fünfzehn Tagen sechzehnmal je 40 min. mit der doppelten Frittiergutmenge frittiert. Ziel dieser Versuchsanordnung war, ein besonders belastetes Fett zu erhalten, das den TPM-Grenzwert von 24 % erreicht hat. Das extrem belastete Fett wird vor der Einlagerung verkostet. Diese sensorischen Ergebnisse sollen während der Lagerzeit erhalten werden. Zur Stabilisierung wird das Antioxidationsmittel TBHQ zugegeben. Das Frittierfett von diesem Versuch wurde vier Wochen gelagert. Die Auswertung der sensorischen Ergebnisse zeigt auf Grund der kurzen Lagerzeit nur Tendenzen. Es ist auch oft kein signifikanter Unterschied zu erkennen.

#### 5.3.1 Lagerbedingte sensorische Veränderungen der Frittierfettattribute V3

##### Arteigene Attribute V3

Die arteigenen Attribute **zitronig**, **grün-grasig** und **röstig** verhalten sich wie in V2. Abb. 30 zeigt das Säulendiagramm des zitronigen Attributs als Beispiel. Das röstige Aroma ist auch in diesem Versuch nicht erkennbar, da das Frittierfett verbrannt ist. Alle Lagerbedingungen erhalten die Intensitätswerte vor der Lagerung im Zeitraum von vier Wochen

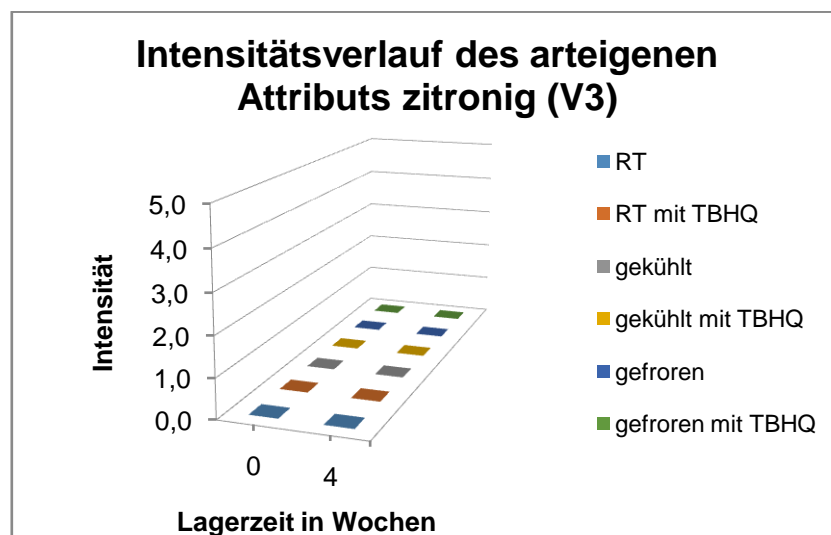


Abb. 30: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des arteigenen Attributs zitronig aus V3



Das Säulendiagramm des arteigenen Attributs **saatig/nussig** aus V3 ist in Abb. 31 zu sehen. Die Lagerbedingungen gekühlt und gefroren mit TBHQ halten die Intensität auf 0,0. Bei den anderen Proben steigt nach vierwöchiger Lagerung die sensorische Intensität leicht an. Es wird wie in V2 vermutet, dass dies mit einer Verwechslung des holzig/strohigen Attributs zusammenhängt.

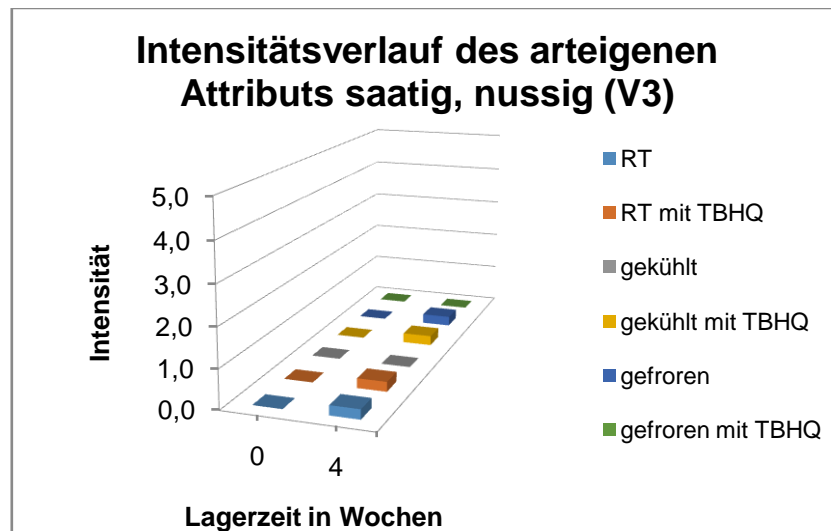


Abb. 31: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des arteigenen Attributs saatig/nussig aus V3

Abb. 32 zeigt das arteigene Attribut **holzig/strohig**. Bei Betrachtung des Säulendiagramms fällt auf, dass die gefrorenen Proben mit und ohne TBHQ die Ausgangsintensität 0,3 nicht halten können. Die anderen Proben hingegen konservieren das holzig/strohige Attribut innerhalb der ersten vier Wochen Lagerzeit recht gut.

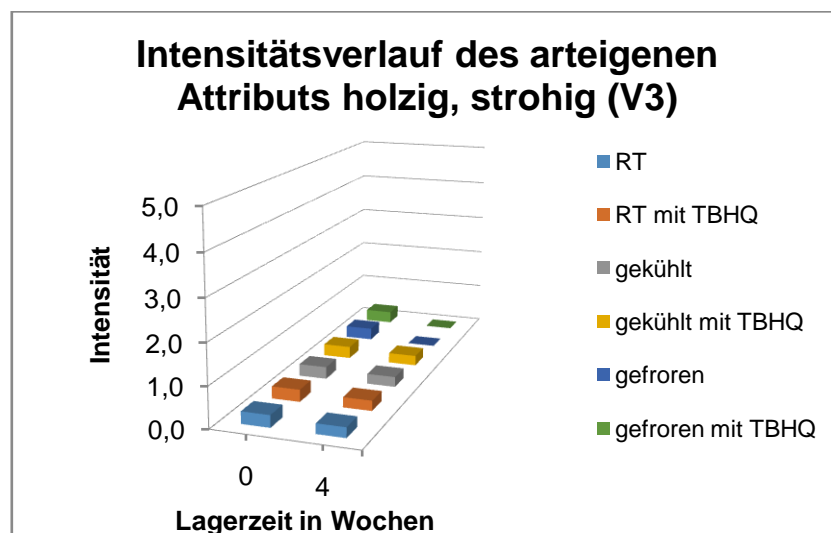


Abb. 32: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des arteigenen Attributs holzig/strohig aus V3

In V3 kann die gekühlte Probe im Zeitraum von vier Wochen alle arteigenen Attribute konservieren. Der Zusatz von TBHQ kann in der gefrorenen Probe ein Attribut mehr konservieren, ansonsten zeigt das Antioxidans für die arteigenen Attribute keine Wirkung. Dies wird in Tab. 13 verdeutlicht.

### Artfremde Attribute V3

Das Säulendiagramm des artfremden Attributs **seifig** ist in Abb. 33 zu sehen. Bei Lagerzeit null hat das Frittierfett einen seifigen Geschmack mit der Intensität 0,6. Dieser Wert wird von den Proben gekühlt, gefroren mit und ohne TBHQ gehalten. Bei den anderen Proben fällt die Intensität.

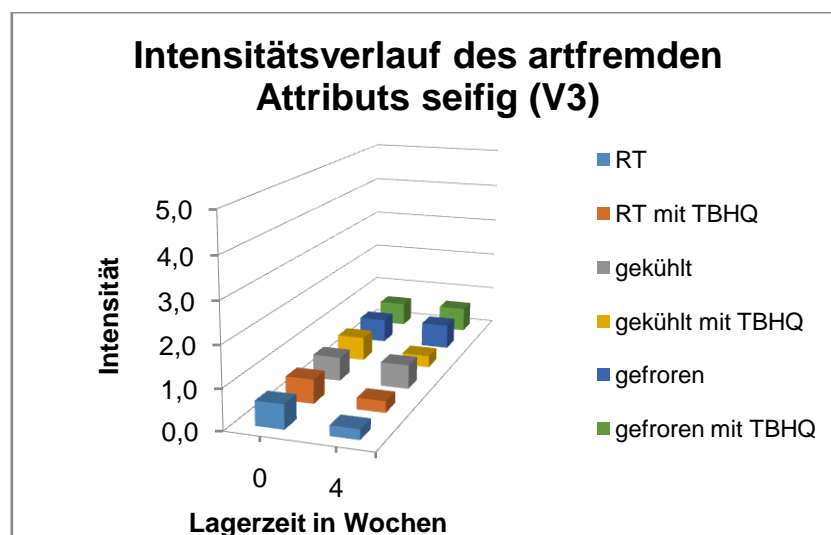


Abb. 33: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs seifig aus V3

Abb. 34 zeigt die Intensitätsentwicklung des **ranzig** Fehlgeschmackes innerhalb von vier Wochen. Vor der Lagerung hat das Fett eine Intensität von 1,8. Während der Lagerzeit lässt sich bei allen Lagerbedingungen ein Anstieg verzeichnen. Durch die kurze Lagerzeit kann kein signifikanter Unterschied erkannt werden.

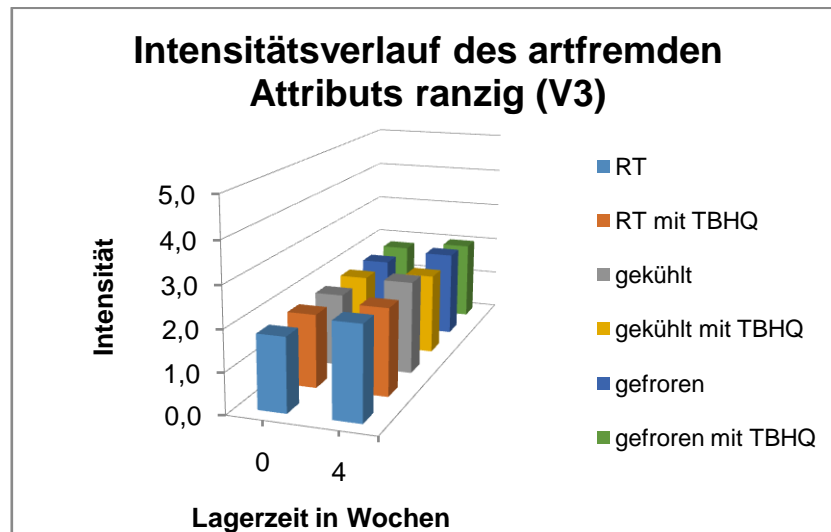


Abb. 34: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs ranzig aus V3

In Abb. 35 ist der sensorische Intensitätsverlauf des artfremden Attributs **kratzig** in den ersten vier Wochen Lagerzeit dargestellt. Zu Beginn der Lagerzeit kratzt das Frittierfett mit einer Intensität von 2,9 bei der Verkostung. Die Lagerbedingungen bei -20 °C mit und ohne TBHQ können diese Intensität vier Wochen lang am besten erhalten.

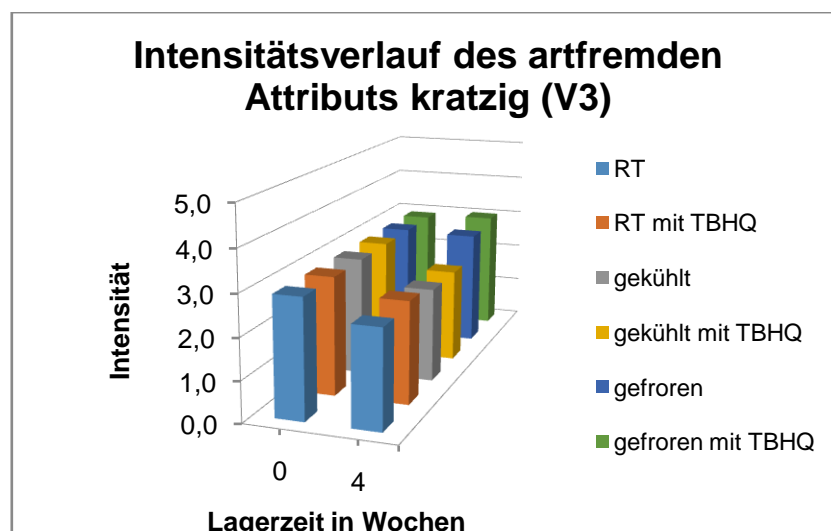


Abb. 35: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs kratzig aus V3

Das **fischige** Attribut wurde in V3 mit einer Intensität von 1,3 gelagert. Die gekühlte und gefrorene Probe und die Probe, welche bei Raumtemperatur mit TBHQ gelagert wurden, können die Ausgangsintensität halten. Unter den restlichen Lagerbedingungen fallen die Werte nach vierwöchiger Lagerung leicht ab. Diese Ergebnisse zeigt Abb. 36.

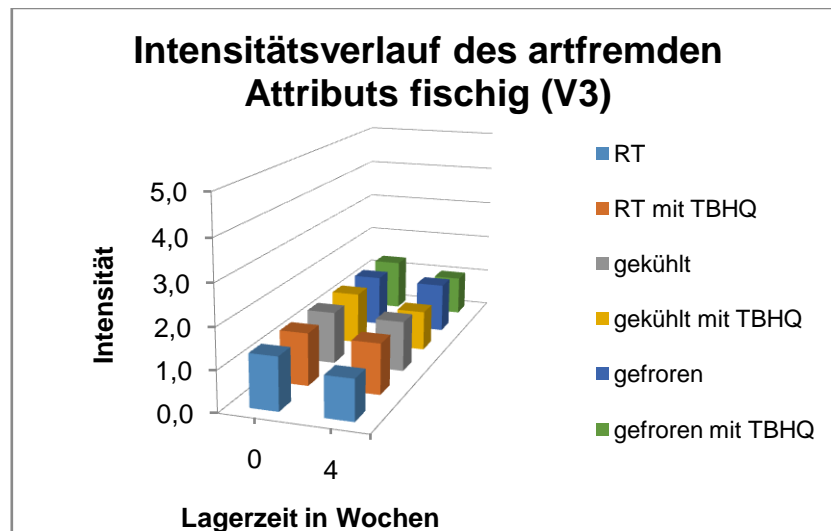


Abb. 36: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs fischig aus V3

Wird das Säulendiagramm in Abb. 37 betrachtet, fällt auf, dass das Frittierfett vor der Lagerung **bitter** ist und der Wert bei Raumtemperlagerung nicht gehalten wird. Bei den anderen Proben kann kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

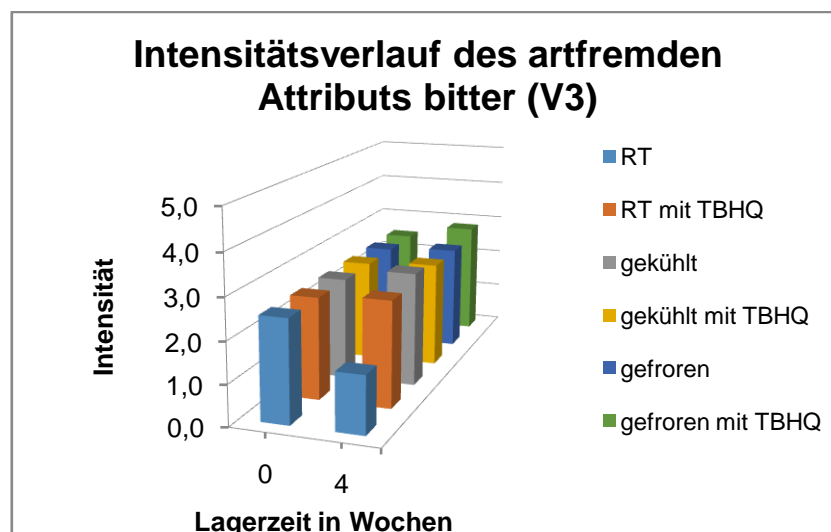


Abb. 37: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs bitter aus V3

Abb. 38 zeigt das artfremde Attribut **firnig** aus V3. Bei Lagerzeit null ist die Intensität 2,2. Nach vier Wochen fällt die Intensität in allen Proben.

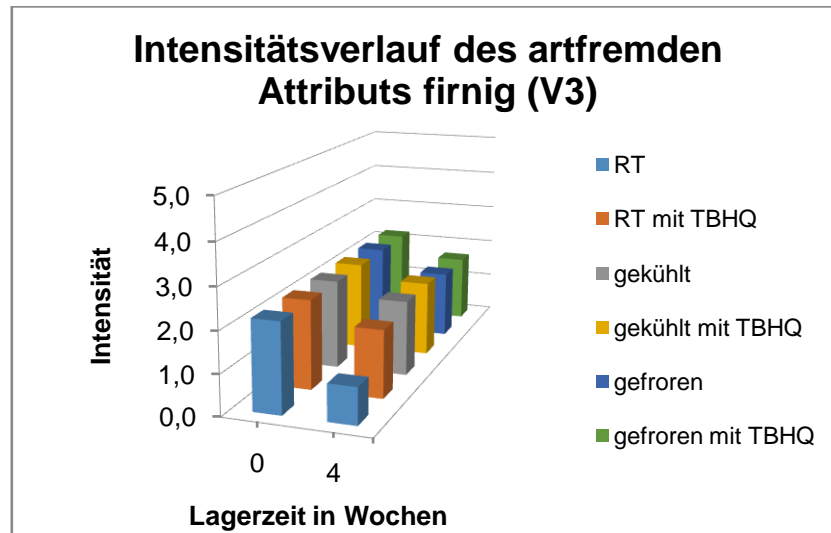


Abb. 38: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs firnig aus V3

In V3 schmeckt das Frittierfett sehr stark **verbrannt**. Diese hohe Intensität kann in vier Wochen Lagerzeit von keiner Lagerbedingung gehalten werden, siehe Abb. 39.

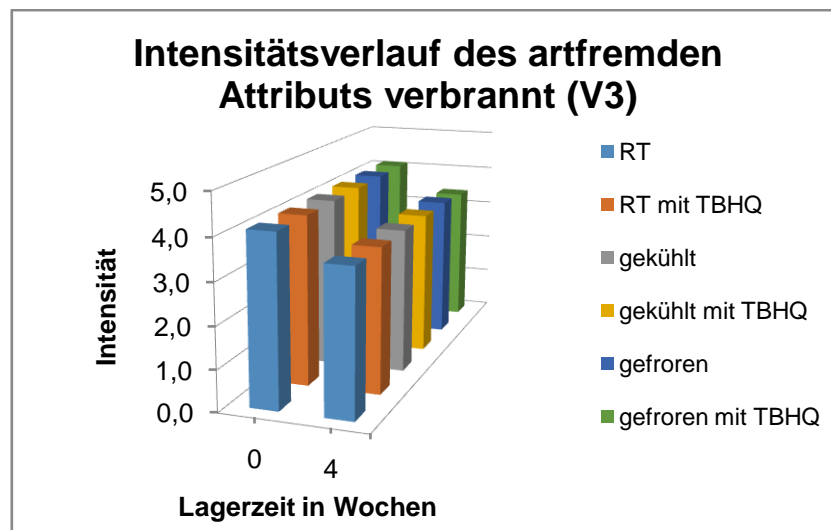


Abb. 39: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs verbrannt aus V3

Die artfremden Attribute sind in V3 vor der Lagerung stärker ausgeprägt als in V1 und V2. Es sind nur Tendenzen der Intensitätsveränderungen erkennbar, da die Frittierfettproben nur vier Wochen gelagert wurden. Aber auch die Ergebnisse von diesem Versuch zeigen in Tab. 13, dass die artfremden Attribute am besten durch Gefrieren konserviert werden. Sollen die Intensitäten aller Attribute stabil gehalten werden, ist die Lagerung bei +6 °C geeignet.

**Tab. 13 Beste Lagerbedingungen für den Erhalt der einzelnen Frittierfettattribute V3. Die Attribute in den roten Zeilen können von keiner Lagerbedingung stabil gehalten werden.**

	RT	RT mit TBHQ	gekühlt	gekühlt mit TBHQ	gefroren	gefroren mit TBHQ
zitronig	X	X	X	X	X	X
saatig/nussig			X			X
grün-grasig	X	X	X	X	X	X
holzig/strohig	X	X	X	X		
röstig	X	X	X	X	X	X
<b>Summe arteigen</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
seifig			X		X	X
ranzig	X	X	X	X	X	X
kratzig					X	X
fischig		X	X		X	
bitter		X	X	X	X	X
firmig						
verbrannt						
<b>Summe artfremd</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>4</b>
<b>Summe gesamt</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>8</b>

V3 bestätigt die Erkenntnisse, welche in V2 über die Wirkung des TBHQ gewonnen wurden. Das Antioxidationsmittel ist nur bei Raumtemperatur wirksam. Dies ist an der Anzahl der Kreuze in Tab. 13 zu sehen.

### 5.3.2 Chemische Veränderung des Frittierfettes im Laufe der Lagerung V3

Im Folgenden ist die chemische Veränderung des Frittierfettes von V3 während der Lagerung von vier Wochen mit dem TPM-Wert beschrieben. Tab. 14 zeigt den Messwert von 24,0 % und die Messunsicherheit vor der Lagerung.

Tab. 14: TPM-Wert V3 vor der Lagerung

Probenbezeichnung	TPM in %	Messunsicherheit $\pm 2$ %
vor der Lagerung	<b>24,0</b>	22,0 – 26,0

Die TPM-Werte der sechs verschiedenen gelagerten Proben sind in Tab. 15 dargestellt. Die Proben wurden vier Wochen gelagert. Keine Probe hat den gleichen TPM-Wert wie vor der Lagerung, sie liegen alle unterhalb des Ausgangswertes und nicht mehr innerhalb der 2 % Messunsicherheit des TPM-Wertes vor der Lagerung. Auch wenn die Messwerte nach dem Kalibrierergebnis 1 % nach oben korrigiert werden, liegen sie nicht innerhalb der Messunsicherheit. Somit kann gesagt werden, dass sich die Totalen Polaren Materialien innerhalb von vier Wochen Lagerzeit um ca. 4 % abgebaut haben und keine Lagerbedingung für den Erhalt eines hohen TPM-Wertes geeignet ist.

Tab. 15: TPM-Werte V3 nach vier Wochen Lagerzeit. Nach Kalibrierergebnisse Korrektur der Messwerte um 1 % nach oben

Probenbezeichnung	TPM in %	Messunsicherheit $\pm 2$ %	TPM in % korrigiert	Messunsicherheit in % korrigiert
RT	19,5	17,5 – 21,5	<b>20,5</b>	18,5 – 22,5
RT mit TBHQ	19,0	17,0 – 21,0	<b>20,0</b>	18,0 – 22,0
gekühlt	19,0	17,0 – 21,0	<b>20,0</b>	18,0 – 22,0
gekühlt mit TBHQ	19,0	17,0 – 21,0	<b>20,0</b>	18,0 – 22,0
gefroren	19,5	17,5 – 21,5	<b>20,5</b>	18,5 – 22,5
gefroren mit TBHQ	19,0	17,0 – 21,0	<b>20,0</b>	18,0 – 22,0

### 5.3.3 Visuelle Veränderung des Frittierfettes im Laufe der Lagerung V3

In V3 wurde zusätzlich die Veränderung der visuellen Attribute, Farbe und Partikel, untersucht. Da dieses Frittierfett mit einem TPM-Wert von 24,0 % so stark verdorben ist, dass es durch ein frisches Fett ersetzt werden muss, werden die Attribute Farbe und Partikel auf die höchste Intensität der Skala gesetzt. Bei der Farbe entspricht die Intensität 0,0 dem hellen gelb des frischen Frittierfettes und die Intensität 5,0 ist ein dunkelbraun verbranntes Fett. In Abb. 40 ist die Veränderung der **Farbe** nach vier Wochen Lagerzeit sichtbar. Die Intensität der Farbe nimmt bei allen Lagerbedingungen ab. Dies würde bedeuten, dass das Frittierfett heller wird. Das Ergebnis kann aber auch durch die Messunsicherheit des Auges beeinflusst werden, denn es gibt keine Referenzprobe, mit der die Farbe der gelagerten Proben verglichen werden kann. Somit wird das Ergebnis der Farbveränderung nicht gewertet.

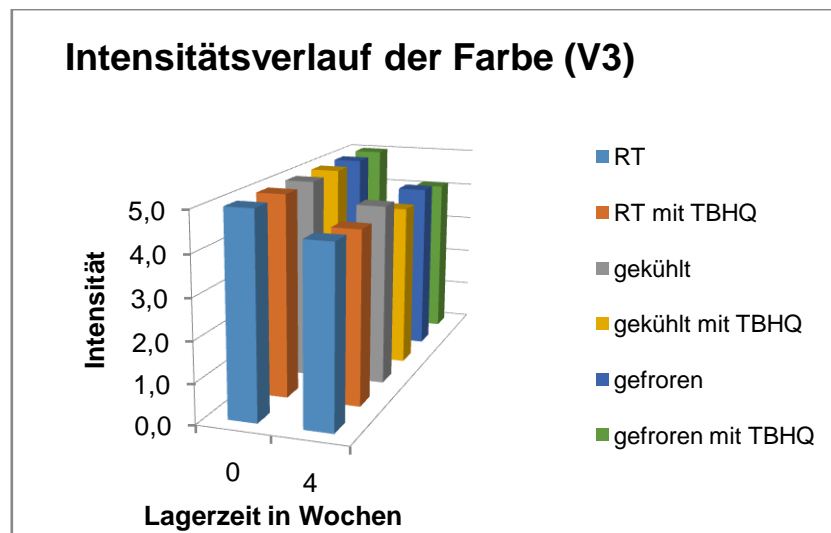


Abb. 40: Intensitätsverlauf des visuellen Attributs Farbe aus V3



Abb. 41 zeigt unterschiedlich starke Rückgänge der **Partikelanteile** in den verschiedenen Lagerproben nach vier Wochen. Dieses Ergebnis ist nicht schlüssig und deutet darauf hin, dass die Partikel beim Abfüllen der Braunglasfläschchen nicht homogen auf die Fläschchen verteilt wurden, denn die schweren Partikel setzten sich sehr schnell ab. Es ist daher schwierig die Verkostungsproben aufgrund dieser Problematik homogen vorzubereiten.

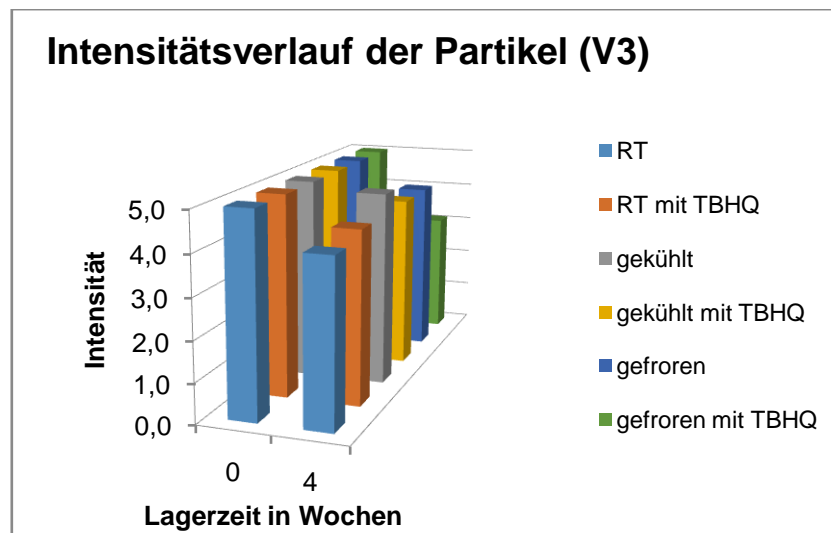


Abb. 41: Intensitätsverlauf des visuellen Attributs Partikel aus V3

Um repräsentierbare Ergebnisse für die visuellen Veränderungen während der Lagerung erhalten zu können, müssen geeignete Referenzproben angefertigt werden.

## 5.4 Gemeinsamkeiten und Unterschiede aller Versuche

Die arteigenen Attribute nehmen mit zunehmender Frittierbelastung in ihrer sensorischen Intensität ab. Nur das Attribut röstig wird stärker und geht zum Verbrannten über. Am robustesten gegen das Frittieren ist das holzig/strohige Aroma. Ist das Frittierfett nur wenig verdorben, lassen sich die arteigenen Attribute bei -20 °C am besten konservieren. Ist jedoch das Fett stärker belastet, ist die Lagerung bei +6 °C wirkungsvoller. Für die Beurteilung des gebrauchten Frittierfettes sind die artfremden Attribute ausschlaggebend. Die verschiedenen Versuchsreihen zeigen die erwartungsgemäße Zunahme der Intensitäten der artfremden Attribute mit zunehmender Belastung des Frittierfettes. Es hat sich gezeigt, dass die Lagerung bei -20 °C die Intensitäten dieser Attribute am besten stabil hält.

Werden die Tabellen 1, 7 und 13 verglichen, fällt bei den Ergebnissen von V1 auf, dass die Lagerung bei -20 °C die meisten Kreuze hat, d.h. offensichtlich am besten geeignet ist. Bei stärker belastetem Frittierfett wie V2 und V3 zeigen, differiert die Anzahl der stabilen Attribute nicht signifikant und daher wird der Lagerung bei -20 °C der Vorzug gegeben. In V1 ist das gelagerte Fett filtriert, dies beeinflusst die Stabilität der Attribute im Vergleich zu den unfiltrierten Fetten aus V2 und V3 nicht. Beim filtrierten Fett kann jedoch das visuelle Attribut Partikel nicht bewertet werden.

Die Versuchsergebnisse bestätigen die Aussage der Literatur, dass der Einsatz von den Antioxidantien Tocopherol und TBHQ nur bei Raumtemperatur wirkungsvoll ist (KOCHHAR & GERTZ 2004, S. 726). Und da die Lagerung bei tieferen Temperaturen geeigneter ist, ist der Zusatz von Antioxidantien nicht sinnvoll.

Je stärker das Frittierfett vor der Lagerung verdorben ist, desto größer ist der TPM-Wert. Aber je größer der Wert zu Beginn ist, desto schneller und weiter sinkt er im Verlauf der Lagerung. Keine der gewählten Lagerbedingung kann den Ausgangswert erhalten. Dies deutet zunächst darauf hin, dass die Totalen Polaren Anteile offenbar abgebaut werden. Jedoch sind die polaren Anteile definiert als alle nicht flüchtigen Zersetzungsprodukte außer den unveränderten Triglyceriden (FREITAG 1999, S. 9) und daher lässt sich diese Beobachtung zunächst nicht erklären. Hier wären weitere Versuchsreihen bzw. zusätzliche chemische Analysen hilfreich.

## 6 Zusammenfassung und Summary

### Zusammenfassung

In der *muva kempten GmbH* wird an der Einführung der Eignungsprüfung „Frittierfett“ gearbeitet. Dafür wurde bereits eine Bachelorarbeit, in der eine Basis für die Beurteilung von Frittierfett geschaffen wurde, erstellt. Das Ziel dieser Arbeit ist es, die optimale Lagerbedingung für gebrauchte Frittierfette zu ermitteln.

Es wird in drei Versuchen gebrauchtes Frittierfett durch verschiedene Frittierbelastungen hergestellt. Das Fett wird dann von einem Verkostungspanel auf arteigene und artfremde Attribute sensorisch untersucht. Danach wird ein Teil des Frittierfettes mit verschiedenen Antioxidationsmitteln versetzt. Das Frittierfett wird dann in Braunglasfläschchen abgefüllt und bei Raumtemperatur, +6 °C oder -20 °C gelagert. Während der Lagerung werden immer wieder Frittierfettproben entnommen und verkostet. So ist erkennbar, wie sich die sensorischen Attribute des gebrauchten Fettes während der Lagerung verändert haben. Zur Unterstützung der sensorischen Aussage werden die Totalen Polaren Anteile des Frittierfettes gemessen, denn sie geben Auskunft über die Alterung von Fett.

Die Ergebnisse dieser Arbeit sind, dass sich die arteigenen Attribute bei -20 °C am besten konservieren lassen. Ist jedoch das Fett stärker belastet, sind die arteigenen Attribute nur noch wenig ausgeprägt. In diesem Fall ist die Lagerung bei +6 °C wirkungsvoller. Allerdings besitzen die artfremden Attribute für den Verderb von Frittierfett eine größere Bedeutung. Sie bleiben bei der Gefrierlagerung am stabilsten. Bei genauer Betrachtung der Ergebnisse aus allen drei Versuchen wird deutlich, dass die meisten arteigenen und artfremden Attribute bei -20 °C in ihrer Intensität stabil bleiben und diese Lagerungsbedingung daher am besten geeignet ist. Der Einsatz der Antioxidantien Tocopherol und TBHQ ist nur bei Raumtemperatur sinnvoll. Da die Ergebnisse darauf hinweisen, dass die Lagerung bei tieferen Temperaturen geeigneter ist, ist der Zusatz nicht sinnvoll. Der für den Fettverderb definierte chemische Wert nimmt während der Lagerung ab. Der Hintergrund dieses Phänomens sollte in weiteren Arbeiten geklärt werden.

Um die Eignungsprüfung „Frittierfett“ einführen zu können, müssen noch diverse Versuche bezüglich der Farb- sowie Partikelbeurteilung durchgeführt werden.

## Summary

The company *muva kempten GmbH* works on the introduction of a proficiency test about deep-frying fat. Therefore another bachelor thesis was written with the result that an assessment tool for deep-frying fat was created. The purpose of this work is to figure out the best storage conditions for used deep-frying fat.

First, used deep-frying fat with different frying operations is produced in three attempts. Then a panel analyses these fats for their sensory attributes. Afterwards several antioxidants are added to one part of the fat, to find out if they have an effect on the stability of the fat, or not. Next, the fat is filled in amber glass bottles und stored at room temperature, +6 °C or -20 °C. During the storage some frying fat samples are frequently tested for the sensory change of the intrinsic and extrinsic attributes over time. Additionally the Total Polar Compounds of the frying fat are measured, because they provide information about the fat's aging.

The results of this research are that the intrinsic attributes are preserved best at -20 °C. But if there is a higher impact on the fat, only a few intrinsic attributes are left. Consequently the storage at +6 °C is more effective. But the extrinsic attributes are responsible for the spoilage of the deep-frying fat during storage. And these attributes are conserved best at freezing conditions. After observing and comparing the results of the three tests, you can see that most of the intrinsic and extrinsic attributes are preserved at -20 °C. Furthermore the application of the antioxidants tocopherol und TBHQ is only useful if the samples are stored at room temperature. As the results show that a storage at deeper temperatures is more suitable, the admixture of antioxidants isn't necessary. The last test result demonstrates the change of the chemically value. So, the higher the TPC value is, the faster and deeper it decreases during storage.

Before the proficiency test of deep-frying fat can be introduced, several tests about the assessment of the colour must be carried out.

## 7 Quellenverzeichnis

- BARETZ, B., 2016: Beurteilung von Frittierfett hinsichtlich der sensorischen Veränderung während dem Vorgang des Frittierens
- BELITZ, H. -D., GROSCH, W., SCHIEBERLE, P., 2012: Lehrbuch der Lebensmittelchemie, Springer Verlag, Berlin, 6. Aufl.
- BIESALSKI, H. (Hrsg.), KÖHRLE, J. (Hrsg.), SCHÜMANN, K. (Hrsg.), 2002: Vitamine, Spurenelemente und Mineralstoffe, Prävention und Therapie mit Mikronährstoffen, Thieme Verlag, Stuttgart
- BOCKFISCH, H., 1993: Handbuch der Lebensmitteltechnologie, Nahrungsfette und -öle, Ulmer Verlag, Stuttgart
- DE GROOT, H., 2011: Ernährungswissenschaft, Europa Lehrmittel, Paderborn, 5. Aufl.
- ERBERSDOBLER, H., TRAUTWEIN, E. A., 1998: Rapsöl - ein wertvolles Speiseöl, UFOP Verlag, Bonn
- FREITAG, H. B., 1999: Entwicklung eines Verfahrens zur on-line-Qualitätskontrolle von Frittierfetten mittels Nah-Infrarot-Spektroskopie, Münster
- GERTZ, C., 2016: Ablauf chemischer Reaktionen beim Frittieren. Mündliche Mitteilung vom 19.10.2016
- GERTZ, C., ALADEDUNYE, F., MATTHÄUS, B. 2016: A New Analytical and Statistical Approach to Predict the Deep Frying Oil Disposal Point by a Sensory Method, Hagen
- HEISS, R., EICHNER, K. 2002: Haltbarmachen von Lebensmitteln, Chemische, physikalische und mikrobiologische Grundlagen der Qualitätserhaltung, Springer Verlag, Berlin, 4. Aufl.
- KOCHHAR, S. P., GERTZ, C. 2004: New theoretical and practical aspects of the frying process, WILEY-VCH Verlag, Weinheim
- MATISSEK, R., BALTES, W. 2015: Lebensmittelchemie, Springer Spektrum, Berlin, 8. Aufl.
- RUTTLOFF, H., PROLL, J., LEUCHTENBERGER, A, 1997: Lebensmittel-Biotechnologie und Ernährung, Probleme und Lösungsansätze, Springer Verlag, Berlin
- SCHWEDT, G., 2005: Taschenatlas der Lebensmittelchemie, WILEY-VCH Verlag, Weinheim, 2. Aufl.
- TERNES, W., 2008: Naturwissenschaftliche Grundlagen der Lebensmittelzubereitung, Behr's Verlag, Hamburg, 3. Aufl.

VON KOERBER, K., MÄNNLE, T., LEITZMANN, C., 2004, Vollwert-Ernährung, Konzeption einer zeitgemäßen und nachhaltigen Ernährung, Haug Verlag, Stuttgart, 10. Aufl.

### Quellen aus dem Internet

- [1] Website der muva kempten GmbH, URL:  
[https://www.muva.de/muva/web.nsf/gfx/8F7ED1EE1AC632E2C1257BC500315350/\\$file/2016\\_muva-Portr%C3%A4t\\_GmbHneu.pdf](https://www.muva.de/muva/web.nsf/gfx/8F7ED1EE1AC632E2C1257BC500315350/$file/2016_muva-Portr%C3%A4t_GmbHneu.pdf), Zugriff am 08.02.2017
- [2] Website der muva kempten GmbH, URL:  
[https://www.muva.de/muva/web.nsf/gfx/0F756356F6EECE1AC1258060002EBC33/\\$file/MUVA\\_EP-Programm%202017.pdf](https://www.muva.de/muva/web.nsf/gfx/0F756356F6EECE1AC1258060002EBC33/$file/MUVA_EP-Programm%202017.pdf), Zugriff am 08.02.2017
- [3] Website Universität Hohenheim, URL: <https://www.uni-hohenheim.de/qisserver/rds?state=medialoader&objectid=4342&application=lsf>., Zugriff am 12.01.2017
- [4] Website des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, URL:  
[http://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/01\\_Lebensmittel/ALS\\_ALTS/ALS\\_Stellungnahmen\\_87\\_Sitzung\\_2006.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/01_Lebensmittel/ALS_ALTS/ALS_Stellungnahmen_87_Sitzung_2006.pdf?__blob=publicationFile&v=2), Zugriff am 12.01.2017
- [5] Website google Bilder suche, URL:  
<http://www.chemgapedia.de/vsengine/media/width/470/height/129/vsc/de/ch/4/cm/vitamine/bilder/tocopherol.svg.jpg>, Zugriff am 16.01.17
- [6] Website google Bilder suche, URL:  
<http://dmd.aspetjournals.org/content/dmd/33/3/365/F1.medium.gif?w=240>, Zugriff am 16.01.17
- [7] Website Lebensmittellexikon URL:  
<https://www.lebensmittellexikon.de/t0002350.php>, Zugriff am 16.01.17
- [8] Website Lebensmittellexikon URL:  
<https://www.lebensmittellexikon.de/e0000390.php#0>, Zugriff am 16.01.17
- [9] Website Gesetze im Internet, URL: [https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/zzulv\\_1998/gesamt.pdf](https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/zzulv_1998/gesamt.pdf), Zugriff am 14.01.17
- [10] Website vitacur, URL:  
[http://www.vitacur.de/shop\\_content.php/colD/0/product/Geheimnis--Violettglas](http://www.vitacur.de/shop_content.php/colD/0/product/Geheimnis--Violettglas), Zugriff am 17.01.17
- [11] Website testo, URL:  
<https://media.testo.com/media/78/35/9822d0b01748/testo-270-Bedienungsanleitung.pdf>, Zugriff am 30.01.2017

- [12] Website testo, URL:  
<https://media.testo.com/media/90/86/2f7843af9e97/testo270-trainingcard-messung.pdf>, Zugriff am 21.01.17
- [13] Website iglo-gastronomie, URL: <http://www.iglo-gastronomie.at/produkte/detail/produkt/fischstaebchen-msc-kaeptn-iglo-praktisch-graetenfrei.html>, Zugriff am 30.08.16

## 8 Abkürzungsverzeichnis

á	je
ADI-(Wert)	Acceptable Daily Intake
BHA	Butylhydroxyanisol
BHT	Butylhydroxytoluol
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
d	Durchmesser
d.h.	das heißt
etc.	et cetera
evtl.	eventuell
H <sub>2</sub> O	Wasser
l	Länge
min.	Minute
muva	Milchwirtschaftliche Untersuchungs- und Versuchsanstalt
n	Anzahl Verkoster
TBHQ	tert-Buthylhydroquinone
tert.	tertiär
TPA	Totale Polare Anteile
TPC	Total Polar Compounds
TPM	Total Polar Materials
V1	Versuch 1
V2	Versuch 2
V3	Versuch 3
z. B.	zum Beispiel



## 9 Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

### Tabellen

Tab. 1: Beste Lagerbedingungen für den Erhalt der einzelnen Frittierfettattribute V1. Bei der Lagerbedingung mit (X) wird das Attribut relativ stabil gehalten, X erhält das Attribut besser. Die Attribute in den roten Zeilen können von keiner Lagerbedingung stabil gehalten werden. ....	47
Tab. 2: TPM-Wert V1 vor der Lagerung.....	48
Tab. 3: TPM-Werte V1 nach 10 Wochen Lagerzeit .....	48
Tab. 4: TPM-Werte V1 nach 14 Wochen Lagerzeit .....	49
Tab. 5: TPM-Werte V1 nach 19 Wochen Lagerzeit. Nach Kalibrierergebnisse Korrektur der Messwerte um 1 % nach oben.....	49
Tab. 6: Beste Lagerbedingungen für den Erhalt des TPM-Wertes V1 .....	50
Tab. 7: Beste Lagerbedingungen für den Erhalt der einzelnen Frittierfettattribute V2. Bei der Lagerbedingung mit (X) wird das Attribut relativ stabil gehalten, X erhält das Attribut besser. Das Attribut in der roten Zeile kann von keiner Lagerbedingung stabil gehalten werden.....	61
Tab. 8: TPM-Wert V2 vor der Lagerung.....	62
Tab. 9: TPM-Werte V2 nach vier Wochen Lagerzeit.....	62
Tab. 10: TPM-Werte V2 nach acht Wochen Lagerzeit. Nach Kallibrierergebnisse Korrektur der Messwerte um 1 % nach oben.....	63
Tab. 11: TPM-Werte V2 nach zwölf Wochen Lagerzeit. Nach Kallibrierergebnisse Korrektur der Messwerte um 1 % nach oben.....	63
Tab. 12: Beste Lagerbedingungen für den Erhalt des TPM-Wertes.....	63
Tab. 13 Beste Lagerbedingungen für den Erhalt der einzelnen Frittierfettattribute V3. Die Attribute in den roten Zeilen können von keiner Lagerbedingung stabil gehalten werden. ....	70
Tab. 14: TPM-Wert V3 vor der Lagerung.....	71
Tab. 15: TPM-Werte V3 nach vier Wochen Lagerzeit. Nach Kallibrierergebnisse Korrektur der Messwerte um 1 % nach oben.....	71

## Abbildungen

Abb. 1: Reaktionen und Reaktionsprodukte im Frittierfett während des Frittierens (SCHWEDT 2005, S. 25) .....	12
Abb. 2: zeitlicher Verlauf der Autoxidation mit Sauerstoffaufnahme, Bildung von Hydroperoxiden und flüchtigen Produkten (HEISS & EICHNER 2002, S. 9).....	14
Abb. 3: Chemische Strukturformel Tocopherol [5] .....	18
Abb. 4: Chemische Strukturformel TBHQ [6] .....	19
Abb. 5: Transmission von Braunglas [10] .....	20
Abb. 6: testo 270 Frittieröltester .....	25
Abb. 7: Probendarbietung der Lagertestverkostung .....	28
Abb. 8: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des arteigenen Attributs zitronig aus V1 .....	36
Abb. 9: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des arteigenen Attributs saartig/nussig aus V1 .....	37
Abb. 10: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des arteigenen Attributs grün-grasig aus V1 .....	38
Abb. 11: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des arteigenen Attributs holzig/strohig aus V1 .....	39
Abb. 12: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des arteigenen Attributs röstig aus V1 .....	40
Abb. 13: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs verbrannt aus V1 .....	41
Abb. 14: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs seifig aus V1 .....	42
Abb. 15: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs ranzig aus V1 .....	43
Abb. 16: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs kratzig aus V1 .....	44
Abb. 17: : Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs fischig aus V1 .....	44
Abb. 18: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs bitter aus V1 .....	45
Abb. 19: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs firnig aus V1 .....	46

Abb. 20: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des arteigenen Attributs röstig aus V2 .....	51
Abb. 21: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des arteigenen Attributs saatig/nussig aus V2 .....	52
Abb. 22: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des arteigenen Attributs holzige/strohige aus V2 .....	53
Abb. 23: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs seifig aus V2 .....	54
Abb. 24: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs ranzig aus V2 .....	55
Abb. 25: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs kratzig aus V2 .....	56
Abb. 26: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs fischig aus V2.....	57
Abb. 27: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs bitter aus V2.....	58
Abb. 28: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs firnig aus V2 .....	59
Abb. 29: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs verbrannt aus V2.....	60
Abb. 30: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des arteigenen Attributs zitronig aus V3 .....	64
Abb. 31: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des arteigenen Attributs saatig/nussig aus V3 .....	65
Abb. 32: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des arteigenen Attributs holzige/strohige aus V3.....	65
Abb. 33: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs seifig aus V3 .....	66
Abb. 34: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs ranzig aus V3.....	67
Abb. 35: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs kratzig aus V3 .....	67
Abb. 36: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs fischig aus V3.....	68

Abb. 37: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs bitter aus V3 .....	68
Abb. 38: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs firnig aus V3 .....	69
Abb. 39: Intensitätsverlauf der sensorischen Veränderung des artfremden Attributs verbrannt aus V3 .....	69
Abb. 40: Intensitätsverlauf des visuellen Attributs Farbe aus V3 .....	72
Abb. 41: Intensitätsverlauf des visuellen Attributs Partikel aus V3 .....	73

Hinweis: Fotografien ohne Literaturhinweis wurden selbst gemacht.

## **Anhang**

Anhang 1: Ergebnisblatt für die sensorische Bewertung von Frittierfett\_V1 / V2.... 86

Anhang 2: Ergebnisblatt für die sensorische Bewertung von Frittierfett\_V3..... 87

## Anhang 1: Ergebnisblatt für die sensorische Bewertung von Frittierfett\_V1 / V2

### Sensorische Beurteilung:

#### Prüfformular für die sensorische Bewertung von Frittierfett

Prüfer: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

Probenbezeichnung: \_\_\_\_\_

<b>Arteigene Attribute</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
zitronig						
saatig/nussig						
grün-grasig						
holzig/strohig						
röstig <i>(über 2 → verbrannt)</i>						
<i>Bemerkungen:</i>						

0 = nicht wahrnehmbar / 5 = stark wahrnehmbar

<b>Artfremde Attribute</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
seifig						
ranzig						
kratzig						
fischig						
bitter						
firmig (Lack, ox. Leinöl)						
verbrannt						
<i>Bemerkungen:</i>						

## Anhang 2: Ergebnisblatt für die sensorische Bewertung von Frittierfett\_V3

### Sensorische Beurteilung:

#### Prüfformular für die sensorische Bewertung von Frittierfett

Prüfer: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

Probenbezeichnung: \_\_\_\_\_

#### Arteigene Attribute

	0	1	2	3	4	5
zitronig						
saatig/nussig						
grün-grasig						
holzig/strohig						
röstig (über 2 → verbrannt)						
<i>Bemerkungen:</i>						

0 = nicht wahrnehmbar / 5 = stark wahrnehmbar

#### Artfremde Attribute

	0	1	2	3	4	5
seifig						
ranzig						
kratzig						
fischig						
bitter						
firnig (Lack, ox. Leinöl)						
verbrannt						
<i>Bemerkungen:</i>						

#### Visuelle Attribute

**Gelb**

**dunkelbraun**

Farbe						
<i>Bemerkungen:</i>						

0 1 2 3 4 5

Partikel/ Brösel						
<i>Bemerkungen:</i>						