



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

Ermittlung der Qualität von Frittierfetten aus Wiener Imbissständen und Fast Food Restaurants

angestrebter akademischer Grad

Magister/Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer.nat.)

Verfasserin / Verfasser: Tanja Harb
Matrikel-Nummer: 0401873
Studienrichtung /Studienzweig Ernährungswissenschaften A474
(lt. Studienblatt):
Betreuerin / Betreuer: Ao. Univ.-Prof. Dr. Dorota Majchrzak

Wien, im März 2010

Danksagung

Ein großes Dankeschön möchte ich meiner Diplomarbeitsbetreuerin Frau Ao. Univ.-Prof. Dr. Dorota Majchrzak aussprechen, die mir die Durchführung dieser Diplomarbeit ermöglicht hat und mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite gestanden ist.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn o. Univ. Prof. Dr. Ibrahim Elmadfa sowie Herrn Dr., A.o.Univ.-Prof. Karl-Heinz Wagner, die es mir ermöglicht haben, einen Teil meiner Diplomarbeit am IfEW in Wien durchzuführen.

Ganz besonderer Dank gilt auch dem Institut für Lebensmitteluntersuchung der Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit in Graz, im speziellen Frau Dr. Christa Wentzel und Herrn DI Dr. Johannes Lückl, die mir die Durchführung des analytischen Teils meiner Arbeit ermöglichten.

Meinen Dank möchte ich auch an alle Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der AGES richten, die an der Durchführung dieser Arbeit beteiligt waren. Ihr wart mir eine große Hilfe!

Auch bei den Panelisten, die an der sensorischen Analyse teilgenommen haben, möchte ich mich recht herzlich bedanken.

Außerdem möchte ich mich bei meinen StudienkollegInnen und Freunden für ihre Unterstützung und Hilfestellungen sowohl während der Diplomarbeit als auch während meiner ganzen Studienzeit bedanken.

Der größte Dank gilt meinen Eltern, die mir nicht nur das Studium ermöglicht haben, sondern auch immer für mich da waren und mich unterstützt haben.

INHALTSVERZEICHNIS

ABBILDUNGSVERZEICHNIS	3
TABELLENVERZEICHNIS	4
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	5
1. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG.....	7
2. LITERATURÜBERSICHT	8
2.1. QUALITÄT UND STABILITÄT VON FRITTIERFETTEN	8
2.1.1. DER FRITTIERVORGANG	8
2.1.2. VERÄNDERUNGEN DURCH DEN FRITTIERPROZESS	9
2.1.2.1. <i>Veränderungen im Frittiermedium</i>	10
2.1.2.2. <i>Veränderungen im Frittiertgut</i>	11
2.1.2.3. <i>Zersetzungsprodukte</i>	11
2.1.3. FETTVERDERB	13
2.1.3.1. <i>Sensorische Veränderungen</i>	13
2.1.3.2. <i>Physikalische Parameter</i>	16
2.1.3.3. <i>Chemische Parameter</i>	16
2.1.4. AUSWAHL DES FRITTIERMEDIUMS.....	20
2.1.5. WICHTIGE ASPEKTE IM BEZUG AUF FRITTIERFETTE	21
2.1.5.1. <i>Enthaltene Nährstoffe</i>	21
2.1.5.2. <i>Temperaturbelastbarkeit und Oxidierbarkeit</i>	25
2.1.5.3. <i>Mutagenität und Karzinogenität</i>	25
2.2. MÖGLICHKEITEN ZUR BEURTEILUNG DER QUALITÄT VON FRITTIERFETTEN	27
2.2.1. <i>Polymere Triglyceride</i>	28
2.2.2. <i>Polare Anteile (chromatographisch bzw. mit Frittierstab)</i>	28
2.2.3. <i>Gaschromatographische Untersuchung des Fettes</i>	29
2.2.4. <i>Peroxidzahl</i>	29
2.2.5. <i>Säurezahl</i>	29
2.2.6. <i>Anisidinzahl</i>	30
2.2.7. <i>TOTOX-Zahl</i>	30
2.2.8. <i>Rauchpunkt</i>	30
2.2.9. <i>Sensorische Beurteilung</i>	30
3. MATERIAL UND METHODEN	32
3.1. MATERIALIEN.....	32
3.1.1. PROBENUMFANG	32
3.1.2. PROBENZIEHUNG	32
3.2. METHODEN	33
3.2.1. BESTIMMUNG DES ANTEILS AN POLYMERISIERTEN TRIGLYCERIDEN.....	33
3.2.2. BESTIMMUNG DES POLAREN ANTEILS (TPM).....	36
3.2.2.1. <i>Bestimmung der polaren Anteile in Frittierfett und –öl mittels Frittierölmessstab Testo 265</i>	36
3.2.2.2. <i>Bestimmung des Polaren Anteils in Frittierfetten und –ölen mittels Mikromethode nach Schulte</i>	37
3.2.3. BESTIMMUNG DER SÄUREZAHL (SZ) UND DER FREIEN FETTSÄUREN (FFA)	39
3.2.4. BESTIMMUNG DER PEROXIDZAHL.....	43

3.2.5. BESTIMMUNG DER ANISIDINZAHL (AV).....	45
3.2.6. BESTIMMUNG DER TOTOX-ZAHL (TV).....	48
3.2.7. BESTIMMUNG DES RAUCHPUNKTES.....	48
3.2.8. ERMITTLUNG DES FETTSÄUREMUSTERS MITTELS GC.....	50
3.2.9. SENSORISCHE ANALYSE.....	53
3.2.10. STATISTISCHE AUSWERTUNG DER ERGEBNISSE.....	55
4. ERGEBNISSE	59
4.1. ERGEBNISSE DER ANALYTISCHEN UNTERSUCHUNGEN	59
4.1.1. Polymerisierten Triglyceriden (PTG).....	59
4.1.2. Polaren Anteile (TPM)	59
4.1.3. Säurezahl (SZ) und Freie Fettsäuren (ffa).....	60
4.1.4. Peroxidzahl (POZ).....	60
4.1.5. Anisidinzahl (AV).....	60
4.1.6. Bestimmung des Rauchpunktes.....	61
4.1.7. Fettsäuremuster	61
4.1.8. Vergleiche und Korrelationen der analytischen Parameter untereinander.....	63
4.2. ERGEBNISSE DER SENSORISCHEN ANALYSE.....	76
4.2.1. Gruppe I, PTG Gehalt bis 1 %	76
4.2.2. Gruppe II, PTG Gehalt bis 1-4 %.....	78
4.2.3. Gruppe III, PTG Gehalt bis 5-10 %.....	80
4.2.4. Gruppe IV, TPM Gehalt > 10 %.....	82
4.2.5. Gruppenvergleiche	84
4.2.6. Vergleiche und Korrelationen der sensorischen Attribute untereinander.....	87
5. SCHLUSSBETRACHTUNG	99
6. ZUSAMMENFASSUNG	103
7. SUMMARY	105
8. LITERATURVERZEICHNIS.....	107

Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Schema von Hitze- und Massentransfer während des Frittiervorgangs [http://www.dgfett.de/material/hagen2004/kochhar.pdf , 2009].....	9
Abb. 2: Autooxidation und Photooxidation im Frittierfett, Veränderung von Fetten und Ölen beim Erhitzen und bei der Lagerung [GERTZ, 2009].....	17
Abb 3: Die Veränderungen von Nahrungsfetten bei höheren Temperaturen, [BILLEK, 1992]	19
Abb. 4: Datenerhebungsbogen für die Probenziehung	33
Abb. 5: Qualität der Proben eingeteilt nach PTG-Gehalt	59
Abb. 6: Qualität der Proben eingeteilt nach TPM-Gehalt (DGF-Einheiten)	60
Abb. 7: Korrelationsmatrix der analytischen Parameter, n=41	64
Abb. 8: Korrelation von PTG und TPM, n=41	66
Abb. 9: Vergleich - Einteilungen der Qualitätsstufen nach PTG und TPM, n=41	67
Abb. 10: Korrelation von PTG und Anisidinzahl (AV), n=41.....	68
Abb. 11: Korrelationen von PTG, TPM und Rauchpunkt, n=41	69
Abb. 12: Korrelationen von PTG, TPM und Säurezahl (SZ), n=41	70
Abb. 13: Korrelationen von Peroxidzahl (POZ), SFA, MUFA und PUFA, n=41.....	71
Abb. 14: Korrelationen von Peroxidzahl (POZ) mit dem Gehalt an Ölsäure (C18:1), Linolsäure (C18:2) und Linolensäure (C18:3), n=41.....	72
Abb. 15: Korrelationen von Transfettsäuren (TFA), SFA, MUFA und PUFA, n=41	74
Abb. 16: Cluster-Dendrogramm der Fettproben, n=41	75
Abb. 17: Produktprofil* (QDA) der Fette und Öle der Gruppe I (PTG < 1 %).....	78
* Mittelwerte Session 1 + 2 (insgesamt 20 Ergebnisse)	78
Abb. 18: Produktprofil* (QDA) der Fette und Öle der Gruppe II (PTG 1-4 %)	80
* Mittelwerte Session 1 + 2 (insgesamt 20 Ergebnisse)	80
Abb. 19: Produktprofil* (QDA) der Fette und Öle der Gruppe III (PTG 5-10 %).....	82
* Ergebnisse: MW Session 1 + 2	82
Abb. 20: Produktprofil* (QDA) der Fette und Öle der Gruppe IV (PTG > 10 %).....	84
* Mittelwerte Session 1 + 2 (insgesamt 20 Ergebnisse)	84
Abb. 21: Produktprofilvergleich: Mittelwerte der Gruppe I (Anteil PTG < 1 %) vs. Mittelwerte der Gruppe II (Anteil PTG 1-4 %)	85
Abb. 22: Produktprofilvergleich: Mittelwerte der Gruppe III (Anteil PTG < 5-10 %) vs. Mittelwerte der Gruppe IV (Anteil PTG > 10 %).....	87
Abb. 23: Zusammenhang zwischen Frittiergut und Intensität der Farbe.....	88
Abb. 24: Korrelation zwischen röstigem Geruch und Farbintensität, n=16	89
Abb. 25: Korrelationen von artspezifischem, fruchtigem, butterähnlichem Geruch mit dem Anteil an PTG	90
Abb. 26: Korrelation von fischigem Geruch und Linolensäure, n=16.....	91
Abb. 27: Korrelation von fischigem Geruch und Linolsäure, n=16	92
Abb. 28: Korrelation zwischen dem ranzigen Geruch und dem Gehalt an Ölsäure (C18:1), Linolsäure (C18:2) und Linolensäure (C18:3), n=16	93
Abb. 29: Korrelation von ranzigem Geruch mit dem Gehalten an SFA, MUFA und PUFA, n=16	94
Abb. 30: Zusammenhang zwischen der Art des Frittiergutes und dem ranzigen Geruch, n=16	95
Abb. 31: Korrelation zwischen dem ranzigen Geruch und der Trübheit, n=16.....	96

Abb. 32: Korrelation zwischen dem ranzigem Geruch und Frittiergutrückständen, n=16	97
Abb. 33: Korrelation von ranzigem Geruch und Peroxidzahl, n=16	98

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Klassifizierung der Qualität der Fette nach dem Gehalt der polaren Anteile, [http://www.eurotronik.de/frittieroel-qualitaet.htm, 2009]	29
Tab. 2: Frittiergüter vs. die Art der verwendeten Fette	73
Tab. 3: Mittelwerte der Proben für alle Variablen der beiden Cluster	74
Tab. 4: Aufstellung der Proben aus Gruppe I, PTG Gehalt bis 1 %	76
Tab. 5: Aufstellung der Proben aus Gruppe II, PTG Gehalt 1-4 %	78
Tab. 6: Aufstellung der Proben aus Gruppe III, PTG Gehalt bis 5-10 %	80
Tab. 7: Aufstellung der Proben aus Gruppe IV, PTG Gehalt > 10 %	82
Tab. 8: Anteile der polymerisierten Triglyceride (PTG) in den Proben, n=41	117
Tab. 9: Polare Anteile (TPM) in den Proben, n=41	119
Tab. 10: TPM-Gehalte der Proben, die mittels Mikromethode nach Schulte	121
Tab. 11: Ergebnisse der Bestimmung der Anisidinzahl (AV), n=41	121
Tab. 12: Ergebnisse der Bestimmung der Säurezahl (SZ) und freie Fettsäuren (ffa), n=41	123
Tab. 13: Ergebnisse der Bestimmung der Peroxidzahl (POZ), n=41	125
Tab. 14: Ergebnisse der Rauchpunktbestimmung, n=41, Mittelwert	126
Tab. 15: Ergebnisse der Ermittlung der enthaltenen Fettsäuren mittels Gaschromatographen (GC), n=41	127
Tab. 16: Ergebnisse der Ermittlung des Fettsäuremusters mittels GC, n=41	128
Tab. 17: Korrelationsmatrix der analytischen Parameter, n=41	129
Tab. 18: Intensität der sensorischen Attribute, Mittelwerte Session 1+2, n=16	131
Tab. 19: Standardabweichungen der sensorischen Attribute, n=16	132
Tab. 20: Clusteranalyse, n=41	134

Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
% ffa	prozentueller Gehalt an freien Fettsäuren (anhand der Ölsäure)
<	kleiner als
>	größer als
∑ trans	Summe an trans-Fettsäuren
° C	Grad Celsius
µl	Mikroliter
AGES	Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit
allg.	allgemein
AV	Anisidinvalue
c	cis
ca.	zirka
C14:0	Myristinsäure
C16:0	Palmitinsäure
C16:1	Palmitoleinsäure
C18:0	Stearinsäure
C18:1	Ölsäure
C18:2	Linolsäure
C18:3	Linolensäure
C20:0	Arachinsäure
C20:1	Gadoleinsäure
C22:0	Behensäure
C22:1	Cetoleinsäure
C6	Kohlenstoffkette mit 6 C-Atomen (Hexan)
cm	Zentimeter
CTRANS	Methode zur Fettsäuretrennung (Fette die trans-Konfigurationen enthalten) mittels Gaschromatographen
DGF	Deutsche Gesellschaft für Fettforschung
d.h.	das heißt
FAME	Fatty Acid Methyl Ester
Ffa	free fatty acids
g	Gramm
GC-FID	Gaschromatograph mit Flammenionisationsdetektor
HCl	Salzsäure
HPLC	high-performance liquide chromatography
KI	Konfidenzintervall
KOH	Kaliumhydroxid
l	Liter
LCL	Lower Control Level (Untere Eingriffsgrenze)
LMU	Lebensmitteluntersuchungsanstalt
M	Molekulargewicht
MA	Magistratsabteilung
meq	Milliequivalent

min	Minute
ml	Milliliter
mm	Millimeter
mol	Einheit der Stoffmenge
MTBE	tert-Butylmethylether
MUFA	einfach ungesättigte Fettsäuren (mono-unsaturated fatty acids)
n	Anzahl der Proben
NVDP	Nonvolatile Decomposition Products
Obs.	Observations (Beobachtungen)
p	Signifikanzniveau
p.a.	per analysis
POZ	Peroxidzahl
PTG	polymerisierte Triglyceride
PUFA	mehrfach ungesättigte Fettsäuren (poly-unsaturated fatty acids)
QDA	Quantitative Deskriptive Analyse
r	Korrelationsfaktor
Rauchp.	Rauchpunkt
SFA	gesättigte Fettsäuren (saturated fatty acids)
SZ	Säurezahl
t	trans
TFA	Transfettsäuren
TMSH	N-Trimethylsulfoniumhydroxid
TOTOX-Z.	Totox-Zahl
TPM	total polar material
UCL	Upper Control Level (Obere Eingriffsgrenze)
VDP	Volatile Decomposition Products
vgl.	Vergleich, verglichen
z.B.	zum Beispiel

1. Einleitung und Fragestellung

Zweck der vorliegenden Arbeit war es, den Status der Qualität von Frittierfetten aus Wiener Imbissständen und Fast Food Restaurants zu erheben und gleichzeitig zu testen, welche analytische Methode sich für die Beurteilung dieser Fette und Öle am besten eignet und auch in der Praxis umsetzbar wäre. Einige chemische Parameter der Fette, wie zum Beispiel der Anteil an polymerisierten Triglyceriden, polare Anteile, Anisidinzahl, Rauchpunkt, Säurezahl und Peroxidzahl sollen erhoben werden, um den Belastungszustand der Fette darzustellen. Es soll dargelegt werden, welche Verfahren sich in der Aussagekraft ihrer Ergebnisse gleichen und somit auch die Frage beantworten, welche dieser Parameter für die Beurteilung der Frittierfettqualität geeignet sind.

Bei der Beurteilung der Fettqualität von ungebrauchten/frischen und gebrauchten Frittierfetten ergeben sich große Unterschiede. Während des Frittierprozesses kommt es zu chemischen Veränderungen im Frittiermedium. Fette und Öle enthalten Bestandteile, die durch Luftsauerstoff, Feuchtigkeit und Temperatur leicht oxidieren, polymerisieren oder in anderer Weise verändert werden können und somit durch den Frittiervorgang Struktur und Eigenschaften des Fettes verändert werden, sodass nicht alle Methoden, die bisher zur Qualitätsbeurteilung von „Frischfetten/-ölen“ eingesetzt wurden, auch für die Beurteilung von gebrauchten Frittierfetten eine Anwendung finden.

Des Weiteren war es ein Ziel der vorliegenden Arbeit zu ermitteln, in wie weit die sensorische Analyse, speziell die Qualitative Deskriptive Analyse, bei der Beurteilung des Belastungszustandes von Frittierfetten einsetzbar ist.

Es soll herausgefunden werden, ob es spezifische sensorische Eigenschaften gibt, die Aussagekraft über den Grad des Belastungszustandes geben und ob man infolge dessen auf die Qualität des Frittierfettes/-öles schließen kann.

Der Vergleich der analytischen und sensorischen Untersuchungen sollte helfen die Frage zu beantworten, ob zwischen bestimmten sensorischen Attributen und den Ergebnissen der Analytik ein signifikanter Zusammenhang besteht.

2. Literaturübersicht

2.1. Qualität und Stabilität von Frittierfetten

Die Qualität ist der momentane Status der Akzeptanz eines Fettes, während die Stabilität eines Fettes die Beständigkeit gegen zukünftige Veränderungen ist.

In den letzten 30 Jahren wurde vermehrt auf die Qualität und Stabilität von Fetten und Ölen geachtet und wertgelegt, da Fette und Öle für den Menschen die Hauptenergiequelle darstellen [WARNER und ESKIN, 1995].

2.1.1. Der Frittiervorgang

Frittieren ist ein Garprozess bei dem wasserhaltige Lebensmittel bei Temperaturen von 140 bis 180° C vollständig in Speiseöl oder –fett eintauchen [<http://www.dgfett.de/material/frittierempfehlungen>, 2009].

Das Speiseöl/-fett dient dabei als Hitze- bzw. Massentransfer-Medium und ist verantwortlich für die Ausbildung des typischen Frittieraromas und –geschmacks, die goldgelbe Farbe und für die Bildung einer knusprigen Kruste [WKÖ und FIAA, 2006]. Das im Lebensmittel gebundene Wasser wird in Folge der Verdunstung in der Randzone nach und nach aus dem Inneren an die Randschicht geführt (Massentransfer), um schließlich je nach Struktur der Kruste mehr oder weniger schnell an das umgebende Öl abgegeben zu werden. Erst wenn kein Wasser mehr aus dem Inneren des Lebensmittels an die Randschicht herangetragen wird, steigt die Temperatur von Außen nach Innen zunehmend auf über 100° C an (Abb. 1).

Es beginnt die Ausbildung des typischen Frittieraromas und –geschmacks, sowie der goldgelben Farbe.

Der Wasserabgabe kommt beim Frittieren eine schützende Funktion zu, da es den direkten Kontakt des Sauerstoffs mit der Fettoberfläche verhindert. Frittierfette, die ständig für die Zubereitung von Speisen gebraucht werden, verderben daher langsamer, als wenn sie ohne Frittiergut erhitzt werden [<http://www.dgfett.de/material/frittierempfehlungen>, 2009].

Durch den Wärmetransfer kommt es zu Veränderungen der Hitze, Feuchtigkeit, Dichte (Härte), Viskosität und Grenzflächenspannung im Frittiergut [GERTZ, 2003].

Steigt die Temperatur in der Randzone des Frittierguts in Folge der abnehmenden Feuchtigkeit auf mehr als 120° C an (Abb.1), kann in Getreide und Kartoffelprodukten die Bildung von Acrylamid bei Anwesenheit reduzierender Zucker und Aspargin einsetzen [<http://www.dgfett.de/material/frittierempfehlungen>, 2009].

Außerdem kommt es beim Frittieren in Folge des Wärmetransfers zur Konvektion sowie zur Konduktion. Die beiden Medien dafür stellen das im Frittiergut vorhandene Wasser und das Öl als Frittiermedium dar [GERTZ, 2006].

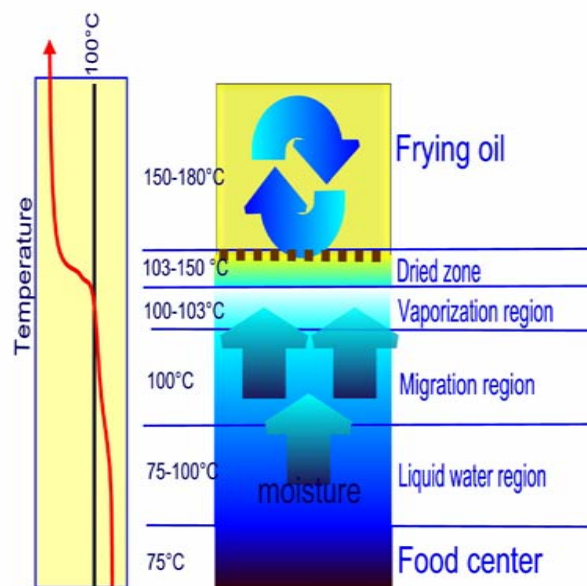


Abb.1: Schema von Hitze- und Massentransfer während des Frittiervorgangs [<http://www.dgfett.de/material/hagen2004/kochhar.pdf>, 2009]

2.1.2. Veränderungen durch den Frittierprozess

Während des Frittierprozesses kommt es einerseits zu erwünschten Veränderungen, wie Krustenbildung am Außenbereich, Garvorgängen im Inneren des Frittierguts sowie zur Bildung der typischen Aromakomponenten. Andererseits kommt es aber auch immer zu unerwünschten Verbindungen, die schließlich zum Verderb des Frittieröls/-fetts führen.

Diese Bestandteile beeinflussen sowohl die Qualität des Frittiermediums als auch die Qualität des Frittiergutes [<http://www.dgfett.de/material/frittierempfehlungen>, 2009].

2.1.2.1. Veränderungen im Frittiermedium

Das Frittiermedium verändert sich während der Verwendung im Verlauf von Zeit und Temperatur: ausgehend vom frischen, neutralen Zustand, über einen optimalen Bereich bis hin zu einem Qualitätsverlust durch Fettabbau und schließlich Verderbenheit. Sinn und Zweck ist es, diesen optimalen Status möglichst lange zu erhalten [WKÖ und FIAA, 2006].

Während des Frittierens ist das Fett kontinuierlich oder wiederholt erhöhten Temperaturen in Gegenwart von Luftsauerstoff und Feuchtigkeit ausgesetzt [www.fettqualität.de/frittierprozess_de.htm#Frittierprozess, 2009]. Es finden komplexe physikalische Vorgänge und chemische Reaktionen statt, die auf der Wechselwirkung zwischen Frittieröl/-fett, dem Wasser aus dem Frittiergut, Nahrungsmittelkomponenten und dem Luftsauerstoff basieren [WKÖ und FIAA, 2006]. Die Folge ist die Entstehung von Abbauprodukten.

Die Speisefette und Öle stellen chemische Gemische von Triglyceriden (unpolare Verbindungen) dar, die aus Fettsäuren und Glycerin aufgebaut sind. Die Struktur dieser Triglyceride wird durch die Gegenwart von Sauerstoff und Wärme verändert. Aufgrund von Oxidation und Polymerisation entstehen dabei polare Verbindungen, wie freie kurzkettige Fettsäuren, Mono- und Diglyceride, Aldehyde, Ketone, Polymere, cyclische und aromatische Verbindungen.

Einige dieser Verbindungen sind für das spezifische Aroma der frittierten Produkte verantwortlich. Gleichzeitig führen Oxidationsprodukte, wie kurzkettige Fettsäuren aber zu einer Erniedrigung des Rauchpunkts, so dass das Fett schon bei deutlich niedrigeren Temperaturen stark raucht sowie ein kratzendes Mundgefühl aufweist. Polymere Verbindungen führen zur Schaumbildung und erhöhen die Viskosität, das heißt, das Frittiermedium wird zähflüssig.

Vorzugsweise bei Palmkern- und Kokosfett beobachtet man, dass durch das Wasser aus dem Frittiergut Fettsäuren abgespalten werden (Hydrolyse). Dabei bildet sich ein tränenreizender Rauch, der auf die Bildung von gesundheitsschädlichem Acrolein und freien Fettsäuren zurückzuführen ist. Bei anderen Fetten und Ölen tritt die hydrolytische

Spaltung der Fettsäuren nur in sehr geringem Umfang auf [<http://www.dgfett.de/material/frittierempfehlungen>, 2009].

2.1.2.2. Veränderungen im Frittiergut

Die Qualität des Frittierguts ist auch von der Qualität des Frittiermediums abhängig.

In Abhängigkeit vom Verhältnis Oberfläche des Frittierguts zu Masse des Frittierguts beträgt die Fettaufnahme in der Friteuse bei Kartoffelchips 30-40 %, bei Krapfen 15-20 % und bei Pommes Frites 6-12 %. In Folge dessen wird bei stark belastetem oder verdorbenem Frittieröl/-fett auch die Qualität des Frittierguts beeinträchtigt.

Da das Fett mit dem Produkt verzehrt wird, ist die Auswahl des richtigen Frittieröls/-fetts auch ernährungsphysiologisch relevant. Zudem ist auf die richtige Prozessführung zu achten, um die Fettaufnahme des Frittierguts zu steuern [<http://www.dgfett.de/material/frittierempfehlungen>, 2009].

2.1.2.3. Zersetzungsprodukte

Generell lassen sich die während des Frittierens entstehenden Zersetzungsprodukte in zwei große Klassen einteilen. Das sind zum einen die sogenannten "Flüchtigen Zersetzungsprodukte" (Volatile Decomposition Products, VDP) und zum anderen die "Nichtflüchtigen Zersetzungsprodukte" (Nonvolatile Decomposition Products, NVDP). Im Allgemeinen bezeichnet man Komponenten mit einem Molekulargewicht über 1800 Dalton als NVDP und leichtere (< 1800 Dalton) als VDP. Dies bezieht sich allerdings nur auf die Zersetzungsprodukte. Die Triglyceride, die 99 % eines unbenutzten Frittierfettes ausmachen, besitzen Molekulargewichte zwischen 900 und 1000 Dalton und sind bei normalen Frittiertemperaturen nicht flüchtig [MELTON et al, 1994].

▪ *Flüchtige Zersetzungsprodukte (VDP)*

Die meisten dieser entstehenden Produkte werden durch den beim Frittieren entstehenden Dampf entfernt. Ein Teil der VDP im Fett bleibt zurück und wird vom Frittiergut absorbiert. Außerdem wird das Aroma des Frittiergutes durch die VDP mit beeinflusst [www.fettqualität.de/frittierprozess_de.htm#Frittierprozess, 2009].

Lipide leisten den Hauptbeitrag für erwünschtes und unerwünschtes Aroma im Frittiergut. Dabei spielt eine Vielzahl an Komponenten eine Rolle, wie Aldehyde, Ketone, Kohlenwasserstoffe und Alkohole, die bei hohen Temperaturen durch die

Veränderung der Hydroperoxide hervorkommen. Sogar beim Frittieren in Abwesenheit von Frittiergut entstehen hunderte flüchtige Zersetzungsprodukte, deren Zusammensetzung sich kontinuierlich verändert.

Solche komplizierten Zusammensetzungen dieser reaktiven Komponenten erzeugen ein sehr komplexes Aromaprofil, außerdem ist die Identifikation der flüchtigen Komponenten, die sich aus Frittieröl und Frittiergutbestandteile bilden noch immer eine schwierige Aufgabe [DOBARGANES et al, 2000].

▪ *Nichtflüchtige Zersetzungsprodukte (NVDP)*

Diese zweite Klasse von Produkten entsteht während des Frittierens hauptsächlich aufgrund von thermischer Oxidation und Polymerisation der ungesättigten Fettsäuren, die im Frittiermedium vorhanden sind. Sie sind von Interesse, da sie nicht nur im Fett verbleiben, sondern auch vom Frittiergut absorbiert und vom Konsumenten verzehrt werden [www.fettqualität.de/frittierprozess_de.htm#Frittierprozess, 2009]. Bereits in den 80er Jahren wurde festgestellt, dass Komponenten mit höherem Molekulargewicht verlässlichere Indikatoren für Fettalterung sind, da ihre Akkumulation gleichmäßig verläuft und sie eine geringe Flüchtigkeit haben [PARADIS und NAWAR, 1981].

Die Bildung und Ansammlung von NVDP ist verantwortlich für physikalische Änderungen des Frittierfettes, wie die Zunahme von Viskosität, Farbintensität und Schaum. Ebenso sind sie die Ursache der chemischen Veränderungen. Darunter fallen das Anwachsen des Gehaltes an freien Fettsäuren, Carbonyl- und Hydroxylgruppen und die Abnahme der Doppelbindungen, mit resultierender verstärkter Bildung höher molekularer Produkte [www.fettqualität.de/frittierprozess_de.htm#Frittierprozess, 2009].

Die Hauptreaktion betreffend der Farbveränderung der frittierten Produkte wird durch Protein-Kohlenhydrat-Reaktionen in (Maillard-Reaktion) in die Wege geleitet, speziell die Reaktion von Lipidoxidationsprodukten mit Aminien, Aminosäuren und Proteinen.

Die Intensität der Bräunung korreliert primär durch den Verlust von Lysin, Histidin und Methionin, während zu den hauptsächlich reaktiven Komponenten der Lipide vor allem Aldehyde, Epoxide, Hydro-Ketone und Dicarbonylverbindungen zählen [DOBARGANES et al, 2000].

Die Mehrheit der NVDPs werden als polare Anteile (= TPM, total polar material) eingestuft. Triglyceride in dimerer, trimerer und polymerer Form – im Allgemeinen

auch als polymere Triglyceride bezeichnet – stellen mit etwa 50 % den größten Teil der TPM-Fraktion dar [ANDRIKOPOULOS et al, 2003]. Neben chemischen Reaktionen kann natürlich auch ein Austrag von Stoffen aus dem Frittiergut in das Fett Ursache für Änderungen von Farbe und chemischer Zusammensetzung sein [www.fettqualität.de/frittierprozess_de.htm#Frittierprozess, 2009].

2.1.3. Fettverderb

Beim Fettverderb kann es zu

- *Sensorischen Veränderungen,*
- *Veränderungen der physikalischen Parameter* und
- *Chemischen Veränderungen* kommen.

2.1.3.1. Sensorische Veränderungen

Als verdorben sind gebrauchte Frittieröle/–fette insbesondere dann zu beurteilen, wenn sie eindeutige Geruchs- und Geschmacksängel aufweisen [CAA, 1996].

Nicht nur während des Frittiervorgangs, sondern schon im Laufe des Herstellungsprozesses kann das Aroma auf vielfältige Weise beeinträchtigt werden. So wird die geschmackliche Qualität des späteren Öls schon durch kleine Verunreinigungen oder eine falsche Lagerung der Saat herabgesetzt. Bei zu hoher Feuchtigkeit beispielsweise verderben Rapsamen und das Öl bekommt einen stichig-modrigen Geschmack [<http://www.aid.de>, 2009].

Im Allgemeinen ist der Geruch eines frischen, ungebrauchten Frittierfettes als „butterähnlich“, „fruchtig/süß“, „artspezifisch“ beschrieben, dessen Intensität mit der Frittierdauer sinkt. Gleichzeitig steigt der Geruch der „Negativattribute“, wie z.B. „ranzig“ oder „stechend“ (Acroleingeruch) mit der Frittierdauer an [BREWER et al, 1999]. Unter artspezifischem Geruch wird der typische Geruch eines frischen, ungebrauchten Öls bzw. Fettes verstanden. Die meisten Öle, die zu Frittierzwecken verwendet werden, wie z.B. Sonnenblumenöl, Rapsöl etc., weisen nach ihrer Verarbeitung (Raffination, Desodorierung) nur wenig Geruch auf oder sind sogar geruchsneutral. Eventuell haben sie einen leichten Geruch nach der Frucht bzw. Saat, aus der sie gewonnen werden (z.B. Geruch nach Raps bei Rapsöl) [WARNER und

ESKIN, 1995]. Durch Aromastoffanalysen konnte festgestellt werden, dass für den fruchtigen Geruch vor allem die Geruchsstoffe 2-Methylbuttersäureethylester, Isobuttersäureethylester, Cyclohexansäureethylester und (Z)-3-Hexenylacetat verantwortlich sind [<http://dfa.leb.chemie.tu-muenchen.de/DJahr1991.html#Index>, 2009].

Zu den „negativen“ Qualitätsmerkmalen gehören weiters modriger oder verbrannter Geruch, sowie stark röstiger Geruch. Außerdem wird auch sehr starker Geruch nach Frittiergut z.B. fischig, fleischig oder dem Geruch nach Kartoffel- oder Gemüseprodukten als negatives Qualitätsmerkmal gewertet.

Modriger Geruch kann wie schon erwähnt während der Herstellung eines Öles entstehen, als auch im Zuge des Gebrauchs beim Garvorgang. Während der Herstellung bzw. schon während der Ernte können Fremdbestandteile, wie Schotenteile, fremde Saaten, Stängelteile oder mineralische Verunreinigungen in die Rapssaat gelangen. Insbesondere die sensorische Beschaffenheit der Öle wird bereits durch relativ geringe Anteile von Verunreinigungen in der zu pressenden Rapssaat stark negativ beeinflusst, so dass die geschmackliche Qualität der gewonnenen Öle stark leidet. Je nach Zusammensetzung der Fremdbestandteile finden sich in den Ölen dann modrig, stichige Geschmacksnoten (Bruchkorn, Auswuchs) oder auch röstige Aromakomponenten [MATTHÄUS und BRÜHL, 2005]. Bei einfacher Ölgewinnung in kleinen und mittleren Ölmühlen kann das Öl bei einer Lagerfeuchte ab 9 % innerhalb von zwei Monaten zu Ölen führen, die modrige und stichige sensorische Attribute aufweisen und somit für den Verzehr ungeeignet sind [MATTHÄUS und BRÜHL, 2005]. Während des Frittiervorgangs kann modriger Geruch durch Feuchtigkeitsabgabe aus dem Frittiergut entstehen.

Des Weiteren beeinflusst die Saatfeuchte während der Lagerung das sensorische Attribut „stichig“ [MATTHÄUS und BRÜHL, 2005].

Das Geruchsattribut „ranzig“ entsteht im Zuge der Lipidoxidation oder durch fettspaltende Enzyme. Der ranzige Geruch ist ein Indikator des oxidativen Fettverderbs, der vor allem durch die Einwirkung von Luftsauerstoff induziert wird, aber auch durch Wärme beschleunigt wird.

Aromakomponenten, die vor allem beim oxidativen Verderb stark zunehmen, sind 1-Octen-3-on, (E)-2-Nonenal und (Z)-1,5-Octadien-3-on [<http://dfa.leb.chemie.tu-muenchen.de/DJahr1991.html#Index>, 2009].

Des Weiteren verursachen Gehalte an Dimethyl-dihydro-cyclopentapyrazin und Furfurylalkohol [KRIST et al, 2008], sowie Hexanal oder auch Heptanal ranzigen Geruch [BRÜHL, 2009].

Hohe Intensitäten der Aromakomponenten „röstig“ und „verbrannt“ haben ebenfalls einen negativen Einfluss auf die sensorische Qualität der Fette und Öle. Die Umsetzung von reduzierenden Kohlenhydraten mit der Aminosäure Cystein (Maillard-Reaktion) spielt bei der Erzeugung von Reaktionsaromen mit röstig, fleischartiger Geruchsnote eine entscheidende Rolle. Die Verbindungen, die bei Rösttemperaturen unter wasserarmen Bedingungen (6min, 180 °C, 10 % H₂O) zu röstigem Geruch führen, sind vor allem 2-Acetyl-2-thiazolin und 2-Furfurylthiol sowie 2-Propionyl-2-thiazolin [<http://dfa.leb.chemie.tu-muenchen.de/DJahr1991.html#Index>, 2009].

Weiters können, wie beispielsweise im Sesamöl, noch andere flüchtige Verbindungen, wie Phenole und Aromaten (4-Methyl-acetophenon), Pyrazine (Methylpyrazin; 2,5-Dimethylpyrazin; 2,3-Dimethylpyrazin; 2-Ethyl-3-methylpyrazin; 1-Acetylpyrazin; 2,6-Diethylpyrazin) sowie schwefelhaltige Verbindungen (Dimethyldisulfid) zu röstigem Geruch führen.

Verbrannter Geruch wird vor allem durch schwefelhaltige Verbindungen, wie 2,4-Dimethyldiazol; 4,5-Dimethyldiazol; Furfurylmethylsulfid und 2-Acetylthiophen hervorgerufen, die sich durch zu langes Erhitzen/Frittieren und in Folge dessen durch Verbrennen des Frittiergutes bilden [KRIST et al, 2008].

Bei dem Geruch nach Kartoffelprodukten konnte die Verbindung (Z)-2-Propenyl-3,5-dimethylpyrazin unter den wichtigsten Aromastoffen identifiziert werden [<http://dfa.leb.chemie.tu-muenchen.de/DJahr1991.html#Index>, 2009].

Der fischige Aromafehler wird allgemein von Trimethylamin verursacht, dessen Geruchsschwelle vom pH-Wert abhängt. Trimethylamin entsteht durch mikrobiellen Abbau von Cholin [BELITZ et al, 2001]. Es kommt als Fischkomponente, aber auch in Lebensmitteln wie Raps und Soja vor [KALLWEIT et al, 1988].

Als einen weiteren Grund für fischigen Geruch wird in Anwesenheit von Sauerstoff auch die leichte Oxidierbarkeit der langkettigen, mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA's) angegeben [KOLANOWSKI et al, 2007].

Ein Teil der sensorischen Analyse ist auch die Beurteilung des Aussehens. Kriterien hierfür sind z.B. die Homogenität, das Vorhandensein von Frittiergutrückständen und Trübheit, sowie auch die Farbe des Fettes. Die Farbe eines raffinierten, gebleichten und desodorierten Öls ist normalerweise hellgelb. Während des Frittierprozesses können verschiedene Komponenten die Farbstabilität des Endproduktes verändern und ist somit auch ein wichtiges Qualitätscharakteristikum [WARNER, K.; ESKIN, N., A., M.; 1995].

2.1.3.2. Physikalische Parameter

Zu diesen Parametern zählen Viskosität, Dichte, Oberflächenspannung, Dielektrizität und Leitfähigkeit. Ist das Frittierfett verdorben, steigen Viskosität und Dichte an, umgekehrt sinken bei sehr stark belasteten Fetten Dielektrizität und Leitfähigkeit ab.

2.1.3.3. Chemische Parameter

Bei den chemischen Veränderungen des Fettverderbs unterscheidet man 3 Reaktionen, die beim Verderb im Vordergrund stehen:

Oxidation

Hydrolyse

Polymerisation

- Oxidation

Oxidation kann man wiederum genauer unterscheiden in Autooxidation, Photooxidation und enzymatische Oxidation. Beim Frittieren kommt es hauptsächlich zur Autooxidation und zur Photooxidation. Ursache für das Einsetzen ist der Luftsauerstoff und die Wärme bzw. das Licht, dem das Frittiermedium ausgesetzt wird (Abb. 2). Endprodukte der Oxidation sind flüchtige Produkte, wie Aldehyde, Ketone, Alkohole, Olefine, kurzkettige Fettsäuren (C6, C7) und nicht flüchtige Produkte, wie Oxymonomere und Oxypolymere.

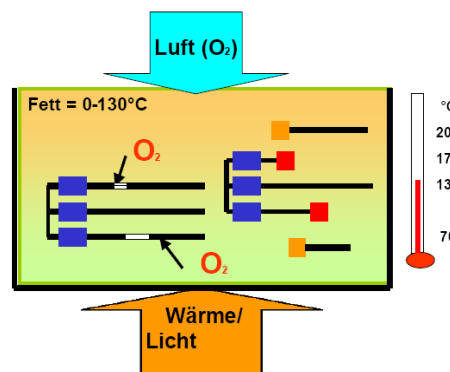


Abb. 2: Autooxidation und Photooxidation im Frittierfett, Veränderung von Fetten und Ölen beim Erhitzen und bei der Lagerung [GERTZ, 2009]

Die Autooxidation, die die Oxidation durch Luftsauerstoff einleitet, verläuft langsamer als die Photooxidation. Dabei werden aus Kohlenwasserstoffen zunächst Hydroperoxide gebildet, die langsam zu Alkoholen, Aldehyden, Ketonen und Carbonsäure weiterreagieren können. Die Reaktion wird durch Licht und Spuren von Metallen beschleunigt [GERTZ, 2000]. Typisches Beispiel dafür ist das Ranzigwerden von Speisefett. Schon bei Raumtemperatur ist ein langsames Altern von Frittierfetten zu beobachten. Der Grund sind Autooxidationsprozesse, die unter Anwesenheit von Luftsauerstoff ablaufen. Diese auf einem Radikalkettenmechanismus basierenden Prozesse sind bei Temperaturen unter 100° C die Hauptalterungsquelle [www.fettqualität.de/frittierprozess_de.htm#Frittierprozess, 2009].

Eine Radikalkettenreaktion ist eine chemische Reaktion, bei der unterschiedliche Teilreaktionen ablaufen. Am Anfang reagiert ein Initiatorradikal mit einem Sauerstoffmolekül und es entsteht ein Peroxyradikal. Ein Wasserstoffatom wird aus einer Alkylkette abgezweigt und es entsteht ein Hydroperoxid und ein Alkylradikal. Das Alkylradikal und der vorhandene Sauerstoff reagieren und es bildet sich ein Peroxyradikal. Es werden dadurch Hydroperoxide gebildet, die zu je einem Alkoxyradikal und Hydroxylradikal zerfallen können. Diese Radikale können wiederum Alkylradikale bilden, die dann nochmals mit Sauerstoff zu Peroxyradikalen werden.

Die Oxidationsrate ist dabei umso höher, je größer der Anteil an ungesättigten Fettsäuren ist [BELITZ und GROSCH, 1992]. Das bedeutet, dass Linolensäure mit drei

Doppelbindungen viel anfälliger ist als Ölsäure mit nur einer Doppelbindung. Das erklärt teilweise, weshalb sich Frittieröle mit einem hohen Linolensäuregehalt, wie z.B. Sojaöl schlechter eignen bzw. instabiler sind, als solche mit einem niedrigen Linolensäuregehalt wie beispielsweise Palmöl. Die Anwesenheit von Feuchtigkeit verursacht einen weiteren Reaktionstyp, die Hydrolyse der Triglyceride [www.fettqualität.de/frittierprozess_de.htm#Frittierprozess, 2009].

- Hydrolyse

Ursache hydrolytischer Veränderungen ist das Wasser, das Triglyceride in freie Fettsäuren bzw. Glycerol und in Mono- und Diglyceride spaltet [GERTZ, 2000].

Der Wassergehalt der äußeren Zone des Frittiergutes geht während des Frittierens auf ca. 3 % zurück. Bevor das verdampfende Wasser in Form kleiner Bläschen aus der Fettoberfläche tritt, legt es eine gewisse Strecke im heißen Fett zurück. Die Verweilzeit im Fett ist umso größer, je viskoser es ist. In älterem Fett nimmt daher der Anteil der Hydrolyse zu, da die Kontaktzeiten von Wasser und Fett länger sind [BLUMENTHAL, 1991].

Nach Eintreten der Hydrolyse kommt es vor allem zum Anstieg des polaren Anteils und der di- und polymeren Triglyceride [LANDERS und RATHMANN, 1981]. Bei längerer Frittierzeit, bilden sich polare und polymere Anteile und das Fett kann dadurch zu schäumen beginnen. Während des Frittierprozesses durch Hydrolyse und Oxidation entstandene Fettsäuren verursachen weitere Veränderungen von Geschmack, Rauchpunkt und dem Wärmeleitvermögen [WARNER und ESKIN, 1995].

Der Gehalt an Diglyceriden und freien Fettsäuren bleibt nach anfänglichem Anstieg etwa gleich wie zu Beginn. Die Anwesenheit von Feuchtigkeit besitzt aber auch positive Aspekte. Durch den Wasserdampfstrom werden Peroxide verflüchtigt und entfernt, die sich sonst im Fett anreichern würden [LANDERS und RATHMANN, 1981]. Außerdem bildet sich – wie oben schon erwähnt - eine Wasserdampfatmosphäre über der Friteuse, die den Kontakt zum Luftsauerstoff verhindert. Oxidationsprozesse werden zurückgedrängt. Die letzte Art von Änderung im Frittierfett ist bedingt durch die Zufuhr von Hitze [www.fettqualität.de/frittierprozess_de.htm#Frittierprozess, 2009].

- Polymerisation

Am bedeutendsten für den Frittiervorgang ist die Polymerisation. Es ist eine thermische Veränderung, die durch Wärme induziert wird [GERTZ, 2000].

Ein Polymer ist eine chemische Verbindung, die aus vielen gleichen oder gleichartigen Molekülen (den sogenannten Monomeren) besteht [WKÖ und FIAA, 2006].

Als Produkte der Polymerisation entstehen di- und polymere Triglyceride sowie cyclische und aromatische Verbindungen.

Die Anwesenheit von Hitze begünstigt die Bildung von Dimeren und Polymeren sowie cyclischen Verbindungen durch Polymerisation. Bei Temperaturen von 140 bis 200°C, wie sie beim Frittieren herrschen, können sich neue Bindungen bilden und zur Verknüpfung von Fettsäuren führen. Bei intramolekularer Verknüpfung entstehen cyclische Fettsäuren (A) oder, aus sterischen Gründen allerdings relativ selten, dimere Fettsäuren (B). Durch Vernetzung zweier Triglyceridmoleküle entstehen dimere Triglyceride (C), was sich analytisch gut fassen lässt, da sich das Molekulargewicht verdoppelt (Abb. 3) [BILLEK, 1992].

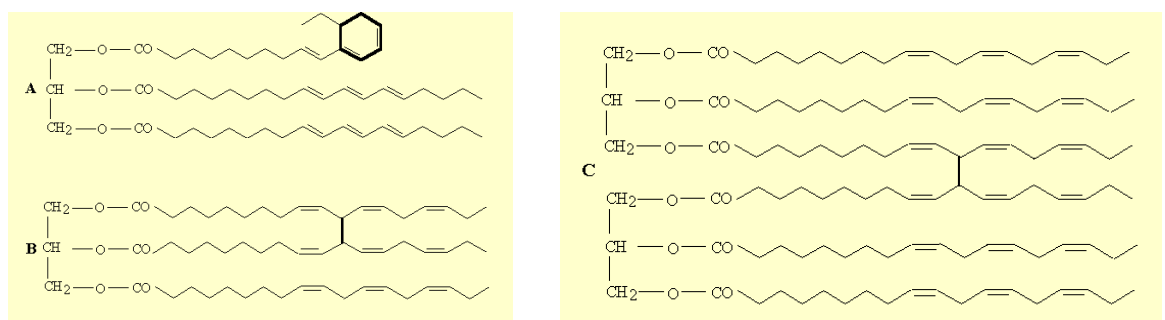


Abb 3: Die Veränderungen von Nahrungsfetten bei höheren Temperaturen [BILLEK, 1992]

Mit zunehmender Dauer der Hitzezufuhr bildet sich eine immer komplexere Mischung an polymerisierten Triglyceriden. Aufgrund des Anwachsens der mittleren Molekülmasse nimmt die Viskosität des Fettes zu.

Eine wichtige Rolle spielt auch das Entstehen cyclischer Fettsäuren [www.fettqualität.de/frittierprozess_de.htm#Frittierprozess, 2009]. Das große Interesse an der Erfassung der cyclischen Komponenten begründet sich darin, dass anhand zahlreicher Fütterungsversuche mit isolierten cyclischen Verbindungen und unterschiedlich lange erhitzten Fetten festgestellt wurde, dass zum einen die cyclischen Fettsäuren sehr gut vom Gewebe der Versuchstiere absorbiert wurden und sich zum anderen als toxisch herausstellten [CLARK und SERBIA, 1991].

Insgesamt betrachtet lässt sich feststellen, dass beim Frittierprozess eine Vielzahl von Reaktionen ablaufen, wie Oxidation, Hydrolyse, Polymerisation, Isomerisierung und Cyclisierung, die sowohl die Qualität des Fettes, als auch die der darin frittierten Lebensmittel beeinflusst [www.fettqualität.de/frittierprozess_de.htm#Frittierprozess, 2009].

Zusammenfassend bewirken all diese chemischen Veränderungen:

- die Ausbildung des Geschmacks bzw. des typischen Aromas
- Aromabeständigkeit und Qualitätsveränderungen
- Veränderung von Farbe und Textur des frittierten Lebensmittel
- Ernährungsphysiologischen Veränderungen

[<http://fst.osu.edu/min/821%20Power%20Points-1-26-07/12.%20Deep%20Fat%20Frying%20Chemistry.ppt>, 2009]

2.1.4. Auswahl des Frittiermediums

Es gibt eine Vielzahl geeigneter Fette für den Frittiervorgang. Welches am besten geeignet ist, hängt von der Art des zu frittierten Produktes ab. Mitentscheidende Faktoren für die Wahl des Fettes sind Kosten, Fettaustauschrate und die Temperatur, bei der das Produkt frittiert werden soll [STEVENSON et al, 1984].

Die erhältlichen Fette erstrecken sich von unhydrierten Pflanzen- und Salatölen über verschiedene Hydrierungsgrade bis hin zu derart hochhydrierten Fetten, die aufgrund kaum noch vorhandener Doppelbindungen fast nicht mehr oxidationsempfindlich sind. Frittierfette können rein pflanzlichen oder tierischen Ursprungs sein, oder Mischungen aus beiden.

Unhydrierte Pflanzenöle weisen einen hohen Anteil ungesättigter Fettsäuren auf, was sie anfällig für oxidative Prozesse während des Frittierens macht. Auch tendieren sie schon bei Raumtemperatur dazu, ranzig zu werden. Der Grund sind – wie oben bereits erwähnt - Autooxidationsprozesse. Sie sind somit ungeeignet für Prozesse mit geringen Austauschraten und für Produkte, welche lange lagerfähig bleiben sollen.

Abhilfe kann hier eine partielle Hydrierung der Öle schaffen. Sie führt zu besserer Oxidationsbeständigkeit und somit zu längeren Verwendungszeiten, Festigkeit bei

Raumtemperatur und längerer Lagerfähigkeit der frittierten Produkte, verbunden allerdings mit Geschmackseinbußen.

Breite Verwendung als Frittierfette finden Palm- und Palmkern-, Soja- und Sonnenblumenöle [www.fettqualität.de/frittierprozess_de.htm#Frittierprozess, 2009]. Ebenso Maiskeimöl, Baumwollsamensöl und gemischte Kochfette (Mix aus partiell hydrierten Gemüseölen, tierischen Fetten und 5 % Butter) sowie Gemüse-Backfett (Mix aus partiell hydrierten Gemüseölen) [ANDRIKOPOULOS et al., 2003]. Raffiniertes Rapsöl ist ebenfalls ein ideales Öl für Frittierzwecke. Es ist hitzestabil und dazu geschmacksneutral.

Grundsätzlich haben raffinierte Öle eine bessere Stabilität bei höheren Temperaturen als nicht raffinierte Öle. Allgemein gilt, dass Öle mit mindestens 60 % einfach ungesättigten Fettsäuren und weniger als 20 % mehrfach ungesättigten Fettsäuren sehr hitzestabil sind und sich hervorragend zum Frittieren eignen.

Öle mit einem höheren Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren (> 30 %) können zwar auch zum Frittieren verwendet werden, dabei bilden sich aber harzartige, braune Ablagerungen an den Heizstäben und den Wänden der Friteuse. Zudem können diese nicht so lange erhitzt werden wie andere Öle mit einem geringeren Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Öle mit einem Linolensäure-Gehalt von mehr als 2 % sind zum Frittieren weniger geeignet [http://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/frittierfett_2008.htm#beurteilung, 2009].

Bei der Auswahl des Frittiermediums sollten die Optimierung der Prozessführung, die ernährungsphysiologischen und kulinarischen Aspekte und nicht nur die Kosten im Vordergrund stehen. Die Wahl des Frittiermediums kann immer nur ein Kompromiss zwischen technologischen und ernährungsphysiologischen Erfordernissen sein.

2.1.5. Wichtige Aspekte im Bezug auf Frittierfette

2.1.5.1. Enthaltene Nährstoffe

a) Fette und Fettsäurezusammensetzung

Die aufgenommene Fettmenge, die Art und der Belastungszustand des Frittieröls/-fetts stehen aus ernährungsphysiologischer Sicht im Vordergrund.

Im Bevölkerungsdurchschnitt ist die Zufuhr von Energie durch Fett in der Ernährung zu hoch und sollte reduziert werden, um insbesondere Herz-Kreislauf-Erkrankungen vorzubeugen. Da unsachgemäß frittierte Lebensmittel hohe Fettgehalte aufweisen können, sind richtige Prozessführung (u.a. richtige Frittieretemperatur) und das Abtropfenlassen des Frittierguts von wesentlicher Bedeutung, um die Fettaufnahme über frittierte Lebensmittel zu reduzieren [http://www.dgfett.de/material/frittierempfehlungen, 2009].

Fettsäuren, die Grundbausteine aller Fette und Öle, sind in kalorischer Hinsicht weitestgehend identisch, unterscheiden sich aber chemisch wesentlich durch Sättigungsgrad und Kettenlänge. Ungesättigte Fettsäuren sind reichlich in Pflanzenölen vorhanden, feste Fette bestehen dagegen überwiegend aus gesättigten Fettsäuren [WKÖ und FIAA, 2006]. Aus ernährungsphysiologischer Sicht ist insbesondere die einfach ungesättigte Ölsäure zu bevorzugen, die vor allem in Olivenöl und Rapsöl zu finden ist. Die mehrfach ungesättigten Fettsäuren Linol- und alpha-Linolensäure sind essentiell und sollten in einem Verhältnis von höchstens 5:1 aufgenommen werden, da die Aufnahme von Linolsäure in der Regel zu hoch ist. Beide Fettsäuren sind Ausgangsstoff für verschiedene hormonähnliche Substanzen, die bei der Vorbeugung gegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen wirksam sind. Alpha-Linolensäure wirkt außerdem in einer Reihe von entzündlichen Prozessen positiv [http://www.dgfett.de/material/frittierempfehlungen, 2009].

Die Zusammensetzung der Fettsäuren und ihre Verteilung in den Glyceriden sind verantwortlich für die sensorischen und funktionellen Eigenschaften des Frittierfetts und des Frittierguts.

Gesättigte Fettsäuren – wie Palmitin- und Stearinsäure – sind sehr stabil gegen Oxidation und Polymerisation. Diese Fettsäuren werden den Frittierfetten oft zugesetzt, weil sie einen hohen Schmelzpunkt aufweisen, was bestimmte Veränderungen wie schmierig-fettigen Ablagerungen verhindert. Außerdem kann das gesamte Aussehen des Frittierguts negativ beeinflusst werden, wenn der Schmelzpunkt unter der Lagertemperatur liegt.

Einfach ungesättigte Fettsäuren, vor allem Ölsäure, sind relativ stabil gegenüber Oxidation. Frittierfette, die reich an Ölsäure sind, sind relativ neutral im Geruch und bieten im Vergleich zu Talg oder Sojaöl einen „light taste“. Außerdem ist die

Oberfläche des Frittierguts farbintensiver und glänzender [BRINKMANN, 2000]. Nachteilig ist jedoch, dass Öle mit einem höheren Anteil an ungesättigten Fettsäuren beim Frittiervorgang einen höheren Anteil an polaren Komponenten bilden als gesättigte Öle und es so zu einem schnelleren Qualitätsabbau kommt [TAKEOKA et al, 1997].

Öle mit mehrfach ungesättigte Fettsäuren (PUFAs) sind zum Frittieren weniger gut geeignet. Durch den hohen Linolensäuregehalt wird die Bildung von polymeren, cyclischen Fettsäuren und anderen unerwünschten Abbauprodukten während es Erhitzens gefördert. Kleine Mengen an ungesättigten Fettsäuren im Frittierfett werden aber toleriert, um einen spezifischen Geschmack zu erhalten. Auch die Haltbarkeit des Frittierguts wird durch PUFAs negativ beeinflusst [BRINKMANN, 2000].

b) Transfettsäuren (TFA)

Wie generell beim Erhitzen von Öl bzw. Fett in höherem Temperaturbereich entstehen auch beim Frittieren in geringfügigem Maß Transfettsäuren, die als ernährungsphysiologisch ungünstig eingestuft werden [WKÖ und FIAA, 2006]. Im Stoffwechsel wirken sie sich negativ auf das LDL/HDL-Cholesterin-Verhältnis aus, indem sie das LDL erhöhen und das HDL senken [ELMADFA und LEITZMANN, 2004]. Dieser negative Effekt auf Serumlipoproteine und das dadurch erhöhte Risiko an koronaren Herzerkrankungen zu erkranken, veranlasste dazu die Konzentrationen an Transfettsäuren in Margarine und Speiseölen zu reduzieren [SAGUY und DANA, 2003].

TFAs entstehen beim Erhitzen von Ölen bzw. Fett in relevanten Mengen erst bei mehr als 200° C und bei der Herstellung gehärteter Fettsäuren (Hydrierung).

Unter Frittierbedingungen (< 180° C) werden nur sehr geringe Mengen (< 1 %) Transfettsäuren gebildet.

Frittierte Lebensmittel enthalten nur dann erhöhte Mengen an Transfettsäuren, wenn diese in teilgehärteten Fetten und Ölen gebacken werden [<http://www.dgfett.de/material/frittierempfehlungen>, 2009].

Die Teilhärtung des Fettes wird durchgeführt, um die Stabilität zu verbessern. Die Konzentration an TFA in Frittierfett/-öl kann sich signifikant verändern, in Abhängigkeit davon, wie stark das Fett teilgehärtet ist. Das wiederholte Verwenden von

Frittierfett könnte die Konzentration an TFS ansteigen lassen. Dies passiert aufgrund des Austauschs von Fettsäuren zwischen dem Frittiergut und dem Frittiermedium sowie die hohe Temperatur und der andauernde Frittierprozess. Mögliche Alternativen zu thermostabilen teilgehärteten Fetten und Ölen sind hoch ölsäurehaltige pflanzliche Öle wie *high-oleic* Sonnenblumenöl oder auch *high-oleic low-linolenic* Rapsöl, die einen vergleichbare oder bessere Stabilität aufweisen [<http://www.dgfett.de/material/frittierempfehlungen>, 2009].

Die Gehalte an Transfettsäuren variieren also je nach Fett und nach technologischem Verlauf (Frittiertemperatur >180° C).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass einerseits die Konzentration an TFA im Frittiergut sehr gering ist (bei richtiger technologischer Anwendung und dem richtigen Fett) und andererseits die Notwendigkeit besteht, den TFA-Gehalt in teilgehärtetem Öl zu senken [SAGUY und DANA, 2003].

In Österreich wurde bereits eine Verordnung erlassen, die besagt, dass es verboten ist, Lebensmittel mit einem Gehalt an trans-Fettsäuren von mehr als 2 g/100 g im Gesamtfett herzustellen oder in Verkehr zu bringen [BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT, 2009].

c) Vitamine und Mineralstoffe

In der westlichen Ernährung wird das Frittieren von Lebensmitteln eher als negative Garform gesehen, aber es ist nicht selbstverständlich oder von vornherein klar, dass der ernährungsphysiologische Wert frittierter Lebensmittel minderwertig ist. Frittieren hat - abgesehen von dem hohen Fettgehalt der Produkte - sogar signifikante Vorteile gegenüber anderen Garmethoden.

Die Temperatur im Lebensmittel ist unter 100° C, wodurch der Verlust hitzelabiler Vitamine geringer ist, als im Vergleich zu Kochen oder Backen. Die Garzeit ist kurz und ein weiterer Vorteil ist der Bestand wasserlöslicher Vitamine, da diese im Fett unlöslich sind und dadurch nicht verloren gehen.

Andererseits ist der Erhalt von fettlöslichen Vitaminen beim Frittiervorgang komplexer. Ein Beispiel dafür ist der Bestand von Vitamin A. In gekochtem Gemüse ist der Gehalt höher (86 %) als im frittierten Gemüse (76 %), da sich Vitamin A im Fett löst und so

verloren geht. Allgemein verursacht Frittieren einen doppelt so hohen Verlust bei diversen anderen Vitamin, als kurzes Anbraten in der Pfanne.

Ein weiterer positiver Aspekt dieser Garmethode ist der geringe Abfall des Gehaltes an Mineralstoffen während des Frittierens [SAGUY und DANA, 2003].

Frittierte Fische oder Kartoffeln weisen zum Beispiel nur einen vernachlässigbaren, unbedeutenden Verlust an Mineralstoffen auf, im Gegensatz zu Kochen oder Backen [FILLION und HENRY, 1998].

2.1.5.2. Temperaturbelastbarkeit und Oxidierbarkeit

Im Hinblick auf Temperaturbelastbarkeit und Oxidierbarkeit durch Luftsauerstoff sind gesättigte längerkettige Fettsäuren stabiler als die entsprechenden ungesättigten Fettsäuren. Die wichtigen essentiellen Fettsäuren Linolsäure und alpha-Linolensäure sind bei längerer (über Stunden bzw. über Tagen dauernder) Erhitzung über 175/180° C weniger stabil, wenn sie nicht durch Zusätze (stabilisierende Additive) stabilisiert sind. Solche Additive verbessern die Stabilität der Fette und Öle bei Hitzeeinwirkung. Aus sensorischen Gründen sollte der alpha-Linolensäuregehalt weniger als 3 % betragen, da es sonst zu einem fischigen Aroma im Produkt und Frittiermedium kommen kann.

Dennoch sind die ernährungsphysiologisch günstigeren Öle bei Einhaltung einiger Regeln genauso zum Frittieren geeignet. Die Frittiertemperatur sollte nicht über 180° C liegen, das frische Öl sollte lichtgeschützt und kühl gelagert werden, ggf. sollten stabilisierende Additive eingesetzt werden und der Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren im Öl sollte nicht zu hoch liegen. Deshalb ist Leinöl oder auch Distelöl zum Frittieren nicht bzw. weniger geeignet [http://www.dgfett.de/material/frittierempfehlungen, 2009].

2.1.5.3. Mutagenität und Karzinogenität

Einige Studien besagen, dass Produkte, die durch Öloxidation erzeugt wurden, carcinogen sind. Einige flüchtige Oxidationsprodukte, die beim Frittieren durch Inhalation aufgenommen werden, sind mutagen.

Normalerweise ist die Konzentration an Mutagenen im Öl sehr gering, jedoch könnte eine hohe Ölaufnahme gesundheitliche Auswirkungen haben.

Zusammenfassend stellt der Gehalt an mutagenen Komponenten unter kontrollierten Bedingungen keine Gefahr für die Gesundheit dar [SAGUY und DANA, 2003].

a) Heterocyclische Amine (HAs)

Die Maillardreaktion spielt eine große Rolle in der Bildung von heterocyclischen Aminen (HA). Kreatin, freie Aminosäuren und Kohlenhydrate sind Ausgangsstoffe für HAs. Temperatur hat ebenso einen merklichen Effekt auf die Bildung von HAs, sodass Frittieren über 200° C die Konzentration signifikant reduziert. HAs stellen einen Risikofaktor für das Auftreten von Darm-, Blasen- und Nierenkrebs dar, werden aber durch Frittiertgut in so geringen Maßen aufgenommen, dass kein gesteigertes Auftreten von Krebs durch die Aufnahme von Frittiertgut nachgewiesen werden kann [SAGUY und DANA, 2003].

b) Acrylamid

Acrylamid wird bei Hitzebehandlung von stärkehaltigen und wasserarmen Lebensmitteln durch Braten, Backen, Grillen, Rösten und Frittieren erzeugt und entsteht bei Anwesenheit bestimmter Eiweißkomponenten wie Aspargin und reduzierenden Zuckern wie Glucose – Acrylamid [<http://www.dgfett.de/material/frittierempfehlungen>, 2009].

Der Mechanismus, wie Acrylamid in den Lebensmitteln entsteht, ist noch unbekannt. Durch starkes Erhitzen wird Fett in Glycerin und Fettsäuren gespalten. Es wird vermutet, dass Glycerin bei hohen Temperaturen weiter zu Acrolein, einer Vorstufe des Acrylamids, umgewandelt wird. Acrolein reagiert weiter mit Ammoniak zu Acrylamid. Ammoniak stammt aus Reaktionen, die während der Erhitzung und Bräunung von eiweiß- und kohlenhydrathaltigen Lebensmitteln ablaufen [<http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=163>, 2009].

Das Vorhandensein von Acrolein zeigt sich durch die Veränderung der sensorischen Eigenschaften eines Fettes – es entsteht ein stechender Geruch.

Die Acrylamidbildung kann durch eine kurze Frittierdauer bei nicht zu hohen Temperaturen (165-175 °C) und die Auswahl von Frittiertgut mit einem günstigen Verhältnis zwischen Volumen und Größe der Oberfläche (großes Volumen und kleine

Oberfläche) deutlich minimiert werden. Dabei gilt, dass die Produkte so kurz wie möglich, aber so lang wie nötig erhitzt werden sollten. Besonders gilt dies im Hinblick auf das Frittieren von Kartoffelprodukten [<http://www.dgfett.de/material/frittierempfehlungen>, 2009].

In Tierversuchen wirken hohe Dosen von Acrylamid krebserregend und neurotoxisch. Für den Menschen wird Acrylamid als „wahrscheinlich krebserregend“ eingestuft.

Da die Acrylamidbelastung von Lebensmitteln erst kürzlich veröffentlicht wurde und auch noch Unklarheit über den Reaktionsmechanismus der Substanz mit dem Erbgut besteht, konnten bis dato keine Werte für die täglich duldbare Aufnahme (ADI-Werte) ermittelt bzw. Grenzwerte für Lebensmittel definiert werden [<http://www.veoe.org/Acrylamid.htm>, 2009].

2.2. Möglichkeiten zur Beurteilung der Qualität von Frittierfetten

Während des Frittierprozesses muss die Qualität des Frittiermediums laufend überwacht werden. In der Praxis sind vor Ort sensorische Prüfungen und, wegen der einfachen Handhabung, spezielle Schnelltests zu empfehlen. Sie können aber die chemische Analyse im Labor nicht ersetzen, da Farbtests oder physikalische Meßverfahren von verschiedenen Faktoren beeinflusst werden können.

Zur Untersuchung in Labors werden zeitaufwendigere physikalische und/oder chemische Methoden angewandt.

Zu den physikalischen Methoden zählen die Bestimmung des Rauchpunktes, der Viskosität, Leitfähigkeit, Dielektrizität und der Lovibond Farbzahl. All diese Verfahren sind nicht geeignet die Qualität eines Frittiermediums objektiv zu beschreiben, sondern liefern vielmehr grobe Anhaltspunkte für die Beurteilung.

Zu den chemischen Methoden gehören die Bestimmung der freien Fettsäuren (Säurezahl) durch Säure-Basen-Titration, des polaren Anteils mittels chromatographischer Verfahren, des Anteils an polymeren Triglyceriden und der oxidierten Fettsäuren. Die Säurezahl ist abhängig von der Art des Fettes und daher nicht zur objektiven Erfassung des Belastungszustandes geeignet.

Nur die Bestimmungen der polaren Anteile und der polymeren Triglyceride erlauben eine objektive Erfassung des Belastungszustandes [<http://www.dgfett.de/material/frittierempfehlungen>, 2009].

2.2.1. Polymere Triglyceride

Der Anteil an polymeren Triglyceriden ist eine gute Größe um das Ausmaß der Alterung eines Frittierfettes zu veranschaulichen [TAKEOKA et al, 1997]. In Europa liegt das Limit des Anteils an polymeren Triglyceriden (PTG) für verbrauchtes Frittierfett zwischen 12 und 13 %, während die Deutsche Gesellschaft für Fettforschung ein Limit von 12 % als angemessen hält.

Die offizielle ISO-Methode (International Organization for Standardization) der size-exclusion high-performance liquid chromatography (HPLC) hat sich für die Quantifizierung des Anteils an polymeren Triglyceriden bewährt und als exakteste und verlässlichste Methode herausgestellt [ANDRIKOPOULOS et al.; 2003].

2.2.2. Polare Anteile (chromatographisch bzw. mit Frittierstab)

Die Quantifizierung der polaren Anteile ist seit ihrer Entwicklung in den späten 70er Jahren bis heute die momentan verlässlichste, reproduzierbarste und die am meisten angewandte Methode, um die Qualität eines Frittierfettes zu evaluieren [MÁRQUEZ-RUIZ et al, 1996], [www.fettqualität.de/frittierprozess_de.htm#Frittierprozess, 2009].

Als polare Anteile werden diejenigen Fettbestandteile definiert, die unter den Verfahrensbedingungen säulenchromatographisch nicht eluiert werden. Das entspricht der Summe aller Stoffe, die nicht Triglyceride sind, was die Gesamtmenge aller im Frittierfett verbliebenen Zersetzungsprodukte ist. Trotz Einfachheit der Ausführung ist dieses Verfahren immer noch recht zeitaufwendig und erfordert ein hohes Maß an chemisch-technischen Geräten [www.fettqualität.de/frittierprozess_de.htm#Frittierprozess, 2009].

Eine weitere, weniger zeitaufwendigere Methode ist die Messung der polaren Anteile mittels Frittierstab. Der Frittierstab (testo 265) ist ein handliches Messgerät zur schnellen Prüfung von Frittierölen. Der Sensor arbeitet auf kapazitiver Basis und

bestimmt als Messwert den Gesamtanteil polarer Materialien in % [TAKEOKA et al, 1997].

In den meisten Europäischen Ländern liegen die Grenzwerte für Ablehnung und Austausch des Frittierfettes oder Öles zwischen 24 und 26 % für polare Anteile (TPM) [ANDRIKOPOULOS et al, 2003]. Die Deutsche Gesellschaft für Fett (DGF) empfiehlt einen Grenzwert von 24 % als angebracht [DGF, 2000]. Im Österreichischen Lebensmittelbuch wurde der Grenzwert bei 27 % polare Anteile festgesetzt.

In der folgenden Tabelle 1 wird eine genauere Einteilung für den Zusammenhang der Höhe der polaren Anteile und dem Belastungsgrad des Öles veranschaulicht:

Tab. 1: Klassifizierung der Qualität der Fette nach dem Gehalt der polaren Anteile, [http://www.eurotronik.de/frittieroel-qualitaet.htm, 2009]

> 1 % und < 14 % polare Anteile	frisches Öl
> 14 % und < 18 % polare Anteile	leicht gebrauchtes Öl
> 18 % und < 22 % polare Anteile	gebraucht aber noch in Ordnung
> 22 % und < 24 % polare Anteile	stark gebrauchtes Öl
>= 24 % polare Anteile	verbrauchtes Frittieröl

2.2.3. Gaschromatographische Untersuchung des Fettes

Die Fettsäurenanalyse bzw. die gaschromatographische Untersuchung des Gehaltes an bestimmten Fettsäuren, zeigt gute Zusammenhänge zur Fettalterung und wird oft angewandt [www.fettqualität.de/frittierprozess_de.htm#Frittierprozess, 2009].

2.2.4. Peroxidzahl

Mit der Peroxidzahl (POZ) wird der Gehalt an gebildeten Peroxidgruppen im Öl bestimmt.

2.2.5. Säurezahl

Häufig wird bei der Kontrolle von Frittierfetten bzw. -ölen die Säurezahl als Kriterium für den Frischezustand angewandt. Um die Eignung der analytischen Methoden zur Qualitätsbeurteilung von Frittierfetten und -ölen zu untersuchen, wurden unterschiedliche Frittierfette mit und ohne Frittiergut und die Änderung der Säurezahl

während des Erhitzungsvorganges bestimmt. Die häufig in der Praxis durchgeführte Bestimmung der Säurezahl (SZ) ist jedoch nicht uneingeschränkt zur Charakterisierung des Fettverderbs geeignet.

Es wurde bewiesen, dass die zeitliche Änderung der SZ von der eingesetzten Fett- bzw. Ölsorte abhängt sowie von der Art des Frittiergutes [SCHMID und ISENGARD, 1998]. Für gebrauchte Frittierfette gilt, dass ab einer Säurezahl von 2,5 und darüber das Fett als verdorben gilt [CAA, 1996].

2.2.6. Anisidinzahl

Mit der Anisidinzahl (AnZ) kann der Gehalt an Oxidationsfolgeprodukten (Aldehyde, Ketone) bestimmt werden.

2.2.7. TOTOX-Zahl

Die TOTOX-Zahl wird ebenfalls als Parameter für die Fettqualität gehandelt und setzt sich aus Anisidinzahl und Peroxidzahl zusammen.

2.2.8. Rauchpunkt

Neben den anderen Parametern kann der Rauchpunkt auch als Richtwert zur Beurteilung des gebrauchten Frittierfettes dienen. Indiz für ein stark belastetes Frittierfett ist ein niedriger Rauchpunkt.

Unterschritten wird der Grenzwert ab einem Rauchpunkt unter 170 °C [CAA, 1996].

2.2.9. Sensorische Beurteilung

Die Sensorische Analyse ist zusätzlich zu den chemischen Analysen ein sehr gutes Beurteilungskriterium. Sie eröffnet eine weitere Sichtweise zur Beurteilung eines Fettes, und muss sich nicht immer mit den Ergebnissen der chemischen Analysen decken. So kann es passieren, dass ein Öl nach den chemischen Analyseergebnissen noch als einwandfrei eingestuft wird, jedoch nach sensorischer Analyse als verdorben gilt, oder umgekehrt. Daher stellen die sensorischen Methoden eine weitere wichtige Möglichkeit dar, die im Gegensatz zur Analytik die Beurteilung bzw. Sicht des Verbrauchers widerspiegelt.

Fette können visuell, olfaktorisch und gustatorisch beurteilt werden.

Bei der visuellen Beurteilung lassen vor allem die Intensität der Farbe, der Trübheit, aber auch das Vorhandensein eines Bodensatzes Rückschlüsse auf den Belastungszustand eines Fettes zu. Verstärkte Dunkelfärbung ist jedoch kein alleiniges Maß für den Verderb, sondern als Hinweis auf einen beginnenden Verderb zu sehen und bedingt andere Parameter zu prüfen [<http://www.dgfett.de/material/frittierempfehlungen>, 2009]. Allerdings werden Veränderungen der Farbe sehr oft mit unerwünschten Veränderungen des Geschmacks, Textur oder Geruch, assoziiert [STIER, 2000].

Mittels der olfaktorischen und gustatorischen Beurteilung können die Intensitäten der spezifischen Aromen eines Fettes bzw. Öls festgelegt werden. Des Weiteren ist es möglich, durch die Beurteilung der „negativen“ Qualitätsmerkmale den Fortschritt des Verderbes zu ermitteln. Als qualitätsbestimmende Attribute werden die Geruchs- und Geschmacksmerkmale verwendet, die im frischen bzw. ungebrauchten Frittierfett/-öl vorhanden sind bzw. die im Zuge des Verderbes entstehen.

Zur sensorischen Beurteilung wird in den meisten Fällen die Quantitative Deskriptive Analyse (QDA) angewandt.

3. Material und Methoden

3.1. Materialien

3.1.1. Probenumfang

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden 41 Proben gebrauchter Frittierfette verschiedener Fettart, die unterschiedlich lange in Verwendung waren, untersucht.

Bei den Fettarten handelte es sich um Pflanzenöle bzw. -fette, hauptsächlich Gemische aus verschiedenen Pflanzenölen (Tafelöle, Frittierfette) und Rapsöl.

3.1.2. Probenziehung

Die Probenziehung erfolgte durch die MitarbeiterInnen des Wiener Marktamtes (Lebensmittelaufsicht, MA 59), die die Proben im Mai 2009 bei verschiedenen Imbiss- bzw. Fast Food-Ständen und Gaststätten in Wien gezogen haben. Die Proben wurden in Gläser mit Schraubverschluss (350 ml) noch im heißen Zustand abgefüllt und danach kühl gelagert.

Während der Probenziehung wurde für jede Probe ein Erhebungsbogen ausgefüllt, um wichtige Daten oder Informationen über das Fett bzw. den Frittiervorgang festzuhalten (Abb. 4).

Erhebungsbogen Frittierfett

1. **Probenkennung:** _____

2. **Welches Fett wird verwendet?**

Art: _____

Hersteller-Firma: _____

ausgewiesen als:

gehärtet	<input type="checkbox"/>	ja	<input type="checkbox"/>	nein
Transfettsäuren-frei	<input type="checkbox"/>	ja	<input type="checkbox"/>	nein

sonstiges: _____

3. **Welche Lebensmittel werden in dem Fett frittiert? Ungefähre Menge!**

4. **Bei welcher Temperatur wird frittiert? Wie wird die Temperatur kontrolliert?**

5. **Wie lange wurde das Fett schon verwendet? (letzter vollständiger Austausch)**

6. **Wird zwischendurch frisches Fett zugegeben?**

ja nein

Wenn ja, wann wurde zuletzt frisches Fett zugegeben?

Wie oft wird frisches Fett zugegeben?

7. **Wird die Qualität des Fettes kontrolliert?**

ja nein

Wenn ja, wie wird die Qualität kontrolliert?

8. **Wie erfolgt die tägliche Reinigung?**

durch Auswechseln des gebrauchten Fettes gegen frisches Fett

durch Filtrieren des Fettes

sonstiges: _____

Abb. 4: Datenerhebungsbogen für die Probenziehung

3.2. Methoden

3.2.1. Bestimmung des Anteils an polymerisierten Triglyceriden (PTG)

Der Anteil an polymerisierten Triglyceriden in den Fettproben wurde nach der DGF-Einheitsmethode „Bestimmung der polymerisierten Triglyceride in thermisch stark belasteten Fetten und Ölen (Frittierfette)“ C-III 3c (02) bestimmt [DGF, 2002 c].

Prinzip der Methode

Nach diesem Verfahren wird unter dem „Anteil an polymerisierten Triglyceriden (PTG)“ der bestimmbare Anteil di- und oligomerer Triglyceride der Acylglyceride verstanden.

Die mono-, di- und oligomeren Acylglyceride der Fette und Öle werden gelpermeationschromatographisch nach Molekülgröße aufgetrennt und refraktometrisch detektiert.

Die Quantifizierung erfolgt über den Anteil der Peakflächen der di- und oligomeren Triglyceride der Gesamtfläche aller eluierten Mono-, Di- und Triglyceride. [DGF, 2002 c]

Reagenzien

Margarinsäure (Heptadecansäure)	Fluka
Tetrahydrofuran	Sigma-Aldrich
Toluol	Fluka
Referenzöl für Triglyceride	Olivenöl nativ extra
Aqua bidest.	

Geräte

Analysenwaage	Sartorius, LA 310S
HPLC	HP 1090 Series II, Liquid
Chromatograph	
Chromatographie-Stahlsäule, gepackt mit druckstabilem	
Gel eines Styrol-Divinylbenzol-Copolymers	Whatman, Schleicher & Schuell
Refraktionsindexdetektor	Agilent Technologies 1200 Series
10 ml Maßkolben mit Schliff	
Einwegpipetten	
Probenvials für die HPLC	VWR International
Vial Closures	Agilent
Einwegfilter	Whatman, Schleicher & Schuell

Vorbereitung der Probe

Zur Aufbereitung der Probe mussten ca. 20 g der Fettprobe auf etwa 60 °C erwärmt werden.

Durchführung

0,1 bis 0,3 g der Probe sollten in ca. 10 ml Tetrahydrofuran gelöst werden. 20 µl der gelösten Probe wurden für die HPLC eingesetzt.

HPLC - Chromatographiebedingungen

Säule: PL-Gel 100 Å, 2*300*7,6 mm, 5 µm

Eluent: Tetrahydrofuran

Fluss: 0,7 ml/min

Detektor und Säulenofen: 35 °C

Detektor: RI-Detektor

Injektionsvolumen: 20 µl

Identifizierung und Quantifizierung der Acylglyceride

Die Identifizierung und Zuordnung der Peaks erfolgte mit Hilfe der relativen Retentionszeiten. Die Retentionszeiten der monomeren Triglyceride und der freien Fettsäuren wurden mit Hilfe der Olivenöl- bzw. Margarinsäure-Vergleichslösung ermittelt.

Für die quantitative Auswertung mussten zunächst die Peakflächen der polymeren, dimeren und monomeren Triglyceride, der Di- und Monoglyceride mit einer kürzeren Retentionszeit als die der freien Fettsäuren ausgewertet werden und deren Summen bestimmen werden. Bei der Auswertung der Peakflächen war als Integrationsgrenze eine horizontale Basislinie als Grundlinie anzulegen.

Auswertung

$$W = \frac{A_p * 100}{A_{all}}$$

W Gehalt an polymeren (di- und oligomeren) Triglyceriden in der Probe in Gramm pro 100 Gramm Probe bzw. in %.

A_p Gesamt-Peakfläche der di- und oligomeren Triglyceride in der Probe in Integrationseinheiten

A_{all} Summe der integrierten Flächen aller im Bereich $1 < k' < k'_{\text{Margarinsäure}}$ eluierten Peaks (= Peakfläche der Acylglyceride)

Bei der Genauigkeit (Präzision) der Methode wurde von der Deutschen Gesellschaft für Fettforschung (DGF) angegeben. Die Wiederholstandardabweichung liegt zwischen 0,12 % und 0,15 %. Der Variationskoeffizient befindet sich zwischen 1,1 und 1,5 % [DGF, 2002 c].

3.2.2. Bestimmung des polaren Anteils (TPM)

3.2.2.1. Bestimmung der polaren Anteile in Frittierfett und -öl mittels

Frittierölmessstab Testo 265

Prinzip der Methode

Diese Methode ist eine kapazitive Messung der gesamten polaren Anteile. Frittieröl ist eine Mischung aus Substanzen verschiedenster Polaritäten. Der Frittierölmessstab erfasst die Gesamtpolarität des Frittieröls und damit die tatsächliche Polarität der beiden Gruppen (polar und unpolar). Es handelt sich um eine Screeningmethode. Das Ergebnis muss im Falle einer Überschreitung des Höchstwertes durch die Mikromethode nach Schulte verifiziert werden [TESTO AG, 2007].

Hilfsmittel

Heizplatte

Becherglas

Papiertuch

Geräte

Testo Frittierölstab 265

Vorbereitung der Probe

Das Frittieröl bzw. Frittierfett sollte in ein Becherglas überführt werden und zum Schmelzen gebraucht werden. Das Becherglas musste auf einer Heizplatte auf über 40 °C erwärmt werden. Die Maximale Öltemperatur durfte 150 °C nicht übersteigen.

Durchführung

Der Sensor mit dem montierten Schutzbügel musste vollständig in das Frittieröl eintauchen. Die Eintauchtiefe sollte zwischen den Min. und Max.-Markierungen am Stab liegen. Die Angleichzeit (stabile Temperaturanzeige – Dauer: ca. 10 Sekunden) war abzuwarten und dabei war der Stab im Öl zu bewegen.

Danach war der Messwert abzulesen.

Auswertung

Der Messwert wurde in % TPM angezeigt. Der Messbereich, in dem das Gerät präzise Werte anzeigt, liegt laut der Herstellerfirma „TESTO“ zwischen 8 und 35 % [TESTO AG, 2007].

Die Standardabweichungen der Mittelwerte, die durch die 6-fach Bestimmung unterschiedlicher Proben bestimmt wurden, lagen nach dem Validierungsbericht der AGES vom 13.05.2009 zwischen 0,19 % und 0,56 %. Der Variationskoeffizient (VK) der Methode lag zwischen 1,1 % und 3,7 %.

3.2.2.2. Bestimmung des Polaren Anteils in Frittierfetten und -ölen mittels

Mikromethode nach Schulte

Prinzip der Methode

Die Mikromethode nach Schulte ist eine gravimetrische Bestimmung der polaren Anteile in Frittierfetten und Ölen. Die unpolaren Fettbestandteile werden auf einer Minikieselgelsäule von den polaren Bestandteilen säulenchromatographisch abgetrennt und ihr Anteil wird gravimetrisch bestimmt. Die Bestimmung der polaren Anteile erfolgt indirekt durch Differenzbildung zwischen der Fetteinwaage und den unpolaren Anteilen [DGF, 2006].

Hilfsmittel

Pipettenspitze, 5 ml, ca. 15 cm lang	Brand B 085-2
Kieselgel 60, Korngröße 0,063-0,100 mm	Merck 15101
Einwegaluminiumschalen	VWR 611-9013
20 ml-Messkolben	
Exikkator	
Verbandswatte, fettfrei (über Nacht am Soxhlet mit Petroleumbenzin extrahiert)	
Allgemeines Labormaterial wie Bechergläser, Glastrichter, Pipetten, Messuren, usw.	

Reagenzien

Kieselgel mit Wassergehalt von 5g/100g	Eigenproduktion
Isooctan p.a.	Merck 4727
Diisopropylether p.a.	Merck 0867
Toluol p.a.	Merck 8325

Petroleumbenzin 30-60 °C

Baker 9265

Reinstwasser aus der Labor-Destillationsanlage

Elutionsgemisch: Isooctan/Diisopropylether (85/15 v/v)

Vorbereitung der Probe

Halbfeste und feste Fette wurden vor der Einwaage wenig über ihren Schmelzpunkt erwärmt und homogenisiert. Sichtbare Verunreinigungen waren durch Filtrieren zu entfernen, bei wasserhaltigen Proben wurde ein hydrophobiertes Filter verwendet.

2,000 g ± 0,1 g Probe mussten in einen 20 ml-Messkolben eingewogen werden, in ca. 5 ml Toluol gelöst – ggf. unter Erwärmen – und mit Toluol zur Markierung aufgefüllt werden (= Probelösung).

Durchführung

Die Aluminiumschale musste gekennzeichnet werden und ihr Gewicht auf 0,1 mg genau bestimmen werden (= m_1). In die Pipettenspitze wurde ca 5 mm hoch Watte eingedrückt und danach 1 g Kieselgel eingefüllt. Das so gepackte Säulchen wurde in einer Halterung in den Abzug gegeben und die Aluminiumschale darunter gestellt. Die Pipettenspitze sollte so ausgerichtet werden, dass sie fast den Boden der Schale berührte.

1 ml der Probelösung wurde mit einer Glaspipette vorsichtig auf das Kieselgel im Säulchen aufgetragen. Danach musste ca. 30 Sekunden gewartet werden, 1 ml Elutionsgemisch daraufgegeben werden und einsickern gelassen. Anschließend wurden die unpolaren Anteile 2 Mal mit jeweils 3,5 ml Elutionsgemisch in die Aluminiumschale eluiert.

Die Pipettenspitze wurde mit Toluol abgespült. Danach musste die Aluminiumschale mind. eine Stunde im Exsikkator stehengelassen werden, sodass Lösungsmittelreste vollständig verdampft wurden.

Das Gewicht der Schale war mit den unpolaren Anteilen auf 0,1 mg genau zu bestimmen (= m_2).

Auswertung

Es folgte die Berechnung des Massenanteils w an polaren Anteilen in g/100g Probe nach folgender Gleichung:

$$w = 100 - \frac{(m_2 - m_1)}{m} * 100$$

m_0

- w Massenanteil an polaren Anteilen in Gramm pro 100 Gramm Probe
 m_0 Masse der eingesetzten Probe in g pro ml Probelösung
 m_1 Masse der leeren Aluminiumschale in g
 m_2 Masse der Aluminiumschale mit den unpolaren Anteilen in g

Die Abweichung der Einzelwerte vom Mittelwert durfte max. 5 % betragen.

Bei den statistischen Auswertungen eines Ringversuchs bei 5 unterschiedlichen Proben ergaben sich Standardabweichungen zwischen 0,54 % und 0,78 %. Nach Berechnungen der Deutschen Gesellschaft für Fett (DGF) lag der Variationskoeffizient der Methode zwischen 1,5 % und 4,8 % [DGF, 2006].

3.2.3. Bestimmung der Säurezahl (SZ) und der freien Fettsäuren (ffa)

Prinzip der Methode

Unter Säurezahl wird die nach dem hier beschriebenen Verfahren ermittelte Menge an Kaliumhydroxid (KOH) verstanden, die notwendig ist, um die in 1 g Fett enthaltenen freien Säuren zu neutralisieren. Die Säurezahl ist ein Maß für die Reinheit und Frische des Fettes.

Unter „ffa“ (= free fatty acids) versteht man die freien Fettsäuren, berechnet als Ölsäure im Öl oder Fett.

Die Probe wird in einer Ether-Ethanol-Mischung gelöst. Die anwesenden Säuren werden mit ethanolischer Kaliumhydroxidlösung titriert [BVL, 2000].

Hilfsmittel

Bechergläser

Erlenmeyerkolben 100 ml

Faltenfilter

Glastrichter

Maßkolben 1000 ml

Messzylinder 50 ml

Rührknochen

Rundstehkolben 250 ml

Vorratsflasche 1 l

Geräte

Digitalburette

Heizrührplatte

Analysenwaage

Reagenzien

Diethylether, mind. 98 % Merck 100930

Ethanol, reinst 96 % Merck 100971

Kalilauge in Ethanol, 0,1 mol/l Merck 109115

Phenolphthalein, 1 % in Ethanol, Indikator Merck 107227

Salzsäure, 0,1 mol/l, Titrisol Merck 109937

Lösungen

Salzsäurelösung, 0,1 mol/l Titrisol

Herstellung laut Anleitung im Beipacktext

Ether-Ethanol-Mischung

Ethanol 96 % und Diethylether mussten zu gleichen Volumenteilen gemischt und in eine 1 l Vorratsflasche abgefüllt werden. Unmittelbar vor der Verwendung sollten pro Bestimmung 50 ml entnommen werden, 2-3 ml Indikatorlösung sowie einen Rührknochen wurden zugesetzt und unter ständigem Rühren wurde mit Kalilauge 0,1 mol/l neutralisiert (Farbumschlag bei Verwendung von Phenolphthalein).

Vorbereitung der Probe

Die flüssigen, klaren Proben waren vor der Entnahme der Probe zu schütteln.

Flüssige, trübe Proben wurden auf der Heizplatte unter Rühren auf ca. 50 °C erhitzt und bei der gleichen Temperatur durch einen Faltenfilter in ein kleines Becherglas filtriert. Das Filtrat musste klar und frei von Verunreinigungen sein.

Feste Proben wurden auf der Heizplatte unter Rühren ca. 10 °C über den zu erwartenden Schmelzpunkt erhitzt. Danach wurden sie - wenn nötig - filtriert. Anschließend mussten 5 g Probe in den Rundstehkolben eingewogen werden.

Titerstellung

Die ethanolische Kalilauge 0,1 mol/l war in der Vorratsflasche gut durchzuschütteln, die restliche Laugenmenge musste aus der Bürette abgelassen werden und Bürette mit KOH gespült werden.

10 ml Salzsäurelösung 0,1 mol/l wurden in einen Rundkolben pipettiert, einige Tropfen Indikatorlösung zugegeben und mit ethanolischer Kalilauge titrieren, bis der Farbumschlag des Indikators erfolgte.

Mind. 2 Titrationen waren durchzuführen und Titerfaktor zu berechnen.

Titration

Probe war in 50 ml Ether-Ethanol-Mischung zu lösen und einige Tropfen Indikatorlösung waren zuzugeben.

Mit ethanolischer Kalilauge wurde unter ständigem Umschwenken titriert, bis der Farbumschlag des Indikators von Rosa auf Farblos erfolgte.

Auswertung

Titerfaktor

$$t = \frac{V_{\text{HCl}}}{V_{\text{KOH}}}$$

t = Titerfaktor der ethanolischen KOH

V_{HCl} = Volumen der vorgelegten Salzsäurelösung 0,1 mol/l in ml

V_{KOH} = Verbrauch an ethanolischer Kalilauge 0,1 mol/l bei der Titerstellung in ml

Säurezahl

$$SZ = \frac{56,1 * V * c * t}{EW}$$

SZ = Säurezahl (dimensionslose Einheit)

56,1 = Molare Masse von KOH ($56,11 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

V = Verbrauch an ethanolischer Kalilauge in ml

c = 0,1 (Konzentration der ethanolischen Kalilauge in mol/l)

t = Titerfaktor der ethanolischen Kalilauge

EW = Einwaage der Warenprobe in g

Freie Fettsäuren (ffa)

$$\text{ffa} = \frac{V * c * t * M}{10 * \text{EW}}$$

ffa = Gehalt an freien Fettsäuren in g/100 g

V = Verbrauch an ethanolischer KOH in ml

c = 0,1 (Konzentration der ethanolischen Kalilauge in mol/l)

t = Titerfaktor der ethanolischen KOH

M = Molekulargewicht der zur Angabe des Ergebnisses gewählten Fettsäuren
in g/mol

EW = Einwaage der Warenprobe in g

Berechnung der freien Fettsäuren aus der Säurezahl:

$$\text{ffa} = \frac{\text{SZ} * M}{561}$$

ffa = Gehalt an freien Fettsäuren in g/100 g

SZ = Säurezahl

M = Molekulargewicht der zur Angabe des Ergebnisses gewählten Fettsäuren
in g/mol

561 = Faktor, bezogen auf die Molare Masse von KOH ($56,11 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$)

[Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL), 2000]

Die Lebensmitteluntersuchungsanstalt der Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) in Graz ermittelte die Standardabweichungen bei verschiedenen Proben nach einer 5-fach Bestimmung zwischen 0,01 % und 0,03 %, das ergab einen Variationskoeffizienten zwischen 1,2 % und 1,7 % [LUECKL und LEDOLTER, 2003 a].

3.2.4. Bestimmung der Peroxidzahl (POZ)

Prinzip der Methode

Die Peroxidzahl gibt die in einem Kilogramm der Warenprobe enthaltene Anzahl in Millimol aktivem Sauerstoff an, die unter den Bedingungen der nachstehenden Methode Kaliumiodid oxidiert und wird in Milliäquivalent (meq) O₂ oder mmol O₂ pro Kilogramm angegeben.

Die Probe wird in einem Gemisch aus Eisessig und Isooctan mit Kaliumjodid umgesetzt. In der Probe vorhandene Peroxide oxidieren eine äquivalente Menge Jodid zu Jod, welches titrimetrisch mit Natriumthiosulfatlösung bestimmt wird.

[DGF, 2002 d]

Hilfsmittel

Erlenmeyerkolben 20 ml

Messzylinder 50 ml

Rundstehkolben 250 ml mit Stopfen

Vollpipetten 0,5 ml, 1 ml

Vorratsflasche, braun, 1 l

Geräte

Digitalbürette 25 ml

Stoppuhr

Magnetrührer mit Heizplatte

Analysenwaage

Reagenzien

Essigsäure p. a. 100 % Merck 100063

Isooctan p. a. min. 99,5 % Uvasol

Kaliumjodid p. a. min. 99,5 % Merck 105043

Natriumthiosulfat, Titrisol 0,01 mol/l Merck 109909

Natriumthiosulfat, Titrisol 0,1 mol/l Merck 109950

Stärke löslich p. a. Merck 101252

Lösungen

- Eisessig-Isooctan-Gemisch
600 ml Eisessig mit 400 ml Isooctan mischen

- Kaliumiodid-Lösung, gesättigt
ca. 12 g KI war in einen 20 ml Erlenmeyerkolben einzuwiegen und 10 ml H₂O dest. hinzuzufügen. Unter Rühren wurde weiterhin Kaliumjodid zugegeben, bis sich nicht mehr alles löste. Dann war die Lösung leicht zu erwärmen und danach wurde sie ohne Lichteinfall auf Raumtemperatur abgekühlt.
- Stärkelösung
0,5 g Stärke in wurde wenig kaltem Wasser aufgeschlämmt und unter Rühren in 50 ml kochendes Wasser überführt. Einige Stunden kochte die Lösung und dann wurde sie sofort auf Raumtemperatur abgekühlt.
- Natriumthiosulfat – Maßlösung 0,01 mol/l
Herstellung laut Anleitung im Beipacktext
- Natriumthiosulfat – Maßlösung 0,1 mol/l
Herstellung laut Anleitung im Beipacktext

Vorbereitung der Probe

Die Probe sollte möglichst ohne sie zu erwärmen und ohne Luft einzurühren gemischt werden. Direkte Sonneneinstrahlung musste vermieden werden! Feste Proben wurden auf ca. 10° C über ihren Schmelzpunkt erwärmt. Proben mit sichtbaren Verunreinigungen waren zu filtrieren.

Durchführung

Umsetzung mit Kaliumiodid

Ca. 5 g Probe waren auf 0,1 g genau in den Rundstehkolben einzuwiegen. Die Probe wurde anschließend in 50 ml Eisessig-Isooctan-Gemisch gelöst. 0,5 ml Kaliumiodidlösung gesättigt wurden zugegeben, der Kolben verschlossen und genau 60 sec. kräftig geschüttelt (Stoppuhr). Danach erfolgte sofort die Zugabe von 30 ml H₂O dest. und der Kolben wurde kräftig geschwenkt.

Titration

Das freigesetzte Iod musste sofort mit Natriumthiosulfat-Maßlösung 0,01 mol/l titriert werden, bis die untere Phase hellgelb wurde.

0,5 ml der Stärkelösung waren zuzugeben und von Violett auf Farblos zu titrieren.

Blindversuch

Unter den gleichen Bedingungen, jedoch ohne Probeneinwaage, war ein Blindversuch durchzuführen.

Auswertung

$$\text{POZ} = \frac{(V_H - V_B) * c * 1000}{\text{EW}}$$

POZ	= Peroxidzahl in Milliäquivalent (meq) O ₂ /kg
V _H	= Verbrauch an Natriumthiosulfat-Maßlösung in ml im Hauptversuch
V _B	= Verbrauch an Natriumthiosulfat-Maßlösung in ml im Blindversuch
c	= Konzentration der Natriumthiosulfat-Maßlösung in mol/l
EW	= Einwaage der Warenprobe in g

[DGF , 2002 d]

Messungen der Lebensmitteluntersuchungsanstalt der Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) in Graz ergaben bei zwei verschiedenen Ölen nach Doppelbestimmungen an 6 Tagen Standardabweichungen zwischen 0,12 % und 0,67 %, das ergab einen Variationskoeffizienten zwischen 2,0 % und 5,7 % [LUECKL und LEDOLTER, 2003 b].

3.2.5. Bestimmung der Anisidinzahl (AV)**Prinzip der Methode**

Bei dieser Methode wird die Menge an vorhandenen Aldehyden bestimmt (vorwiegend α,β -ungesättigte Aldehyde).

Sie ist die hundertfache Extinktionserhöhung, gemessen bei einer Wellenlänge von 350 nm in einer 10 mm-Küvette an einer Prüflösung nach der Reaktion mit p-Anisidin.

[ISO-STANDARD 6885, 2006]

Hilfsmittel

25 ml Messkolben

50 ml Messkolben

Reagenzgläser (Glaseprouvetten) mit Schliff und Stopfen

Pipetten, 1 ml, 5 ml

5 ml Vollpipette

Spektrometerküvetten

Geräte

Spektrometer, zwei- oder einstrahlig

Analysenwaage

Reagenzien

Natriumsulfat, wasserfrei

Isooctan (2,2,4-Trimethylpentan)

p-Anisidin (4-Methoxyanilin)

Eisessig

Lösungen

Anisidinreagens:

Eine Menge von 0,125 g p-Anisidin wurde in einen 50 ml Messkolben in Eisessig gelöst und mit demselben Lösungsmittel bis zur Marke aufgefüllt. Vor Verwendung war die Extinktion gegen Isooctan zu messen (Extinktion sollte $< 0,2$ sein). Dunkle Lagerung war notwendig.

Vorbereitung der Probe

Falls eine Trocknung erfolgen musste, war der Probe Natriumsulfat im Verhältnis 1 g bis 2 g je 10 g der Probe zuzusetzen. Feste Fette mussten auf $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ über den Schmelzpunkt erhitzt werden. Danach wurde gründlich gerührt und filtriert.

Durchführung

Prüfmenge und Herstellung der Prüflösung

0,5 g Probe wurden direkt in einen 25 ml-Meßkolben eingewogen. Feste Fette mussten davor noch über den Schmelzpunkt erwärmt werden. Die Probe war in Isooctan zu lösen und mit demselben Lösungsmittel bis zur Marke aufzufüllen.

Prüflösung vor der Reaktion A_0

Mit einer Pipette wurden 5 ml Lösung in ein Reagenzglas überführt. Nach Zugabe von 1 ml Eisessig sollte das Reagenzglas verschlossen und kräftig geschüttelt werden. Das Reagenzglas inkubierte 8 min im Dunkeln und nach Ablauf der Zeit wurde die Lösung in eine Spektrometerküvette überführt. Nach einer Gesamtreaktionsdauer von $10\text{ min} \pm 1\text{ min}$ erfolgte die spektrometrische Messung.

Prüflösung nach der Reaktion A_1

Mit einer Pipette mussten 5 ml Lösung in ein Reagenzglas überführt werden. Nach Zugabe von 1 ml Anisidin-Reagens wurde das Reagenzglas verschlossen und kräftig geschüttelt. Das Reagenzglas inkubierte wiederum 8 min im Dunkeln und nach Ablauf

der Zeit wurde die Lösung in eine Spektrometerküvette überführt. Nach einer Gesamtreaktionsdauer von $10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$ erfolgte die spektrometrische Messung.

Blindprobe A₂

Mit einer Pipette mussten 5 ml Isooctan in ein Reagenzglas überführt werden. Nach Zugabe von 1 ml Anisidin-Reagens sollte das Reagenzglas verschlossen und kräftig geschüttelt werden. Das Reagenzglas inkubierte anschließend 8 min im Dunkeln und nach Ablauf der Zeit wurde die Lösung in eine Spektrometerküvette überführt. Nach einer Gesamtreaktionsdauer von $10 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$ erfolgte die spektrometrische Messung.

Spektrometrische Messung

Der Nullwert der Extinktion des Spektrometers war mit Isooctan bei 350 nm einzustellen. Die Extinktionen der Lösungen A₀, A₁ und A₂ waren gegen Isooctan zu messen.

Wenn die Extinktion der Probelösung A₁ nicht im Bereich von 0,2 bis 0,8 lag, war die Bestimmung mit einer angepassten Menge der Untersuchungsprobe zu wiederholen.

Auswertung

$$AV = \frac{100 \cdot Q \cdot V}{m} \cdot [1,2 \cdot (A_1 - A_2 - A_0)]$$

m

AV = Anisidinzahl (dimensionslos)

V = Volumen, in dem die Untersuchungsprobe gelöst wurde, in Millimeter
(V = 25 ml)

m = die Masse der Prüfmenge in g

Q = Probengehalt der gemessenen Lsg., nach der die Anisidinzahl angegeben wurde, in g/ml (Q = 0,01 g/ml)

A₀ = die Extinktion der Prüflösung vor der Reaktion

A₁ = die Extinktion der Prüflösung nach der Reaktion

A₂ = die Extinktion der Blindprobe

1,2 = der Korrekturfaktor für die Verdünnung der Prüflösung mit 1 ml Reagens oder Eisessig

Ringversuchsergebnisse zeigten eine Standardabweichung der Methode bei gebrauchten Frittierölen von 1,22 %. Daraus ergab sich ein Variationskoeffizient von 1,3 % [ISO-STANDARD 6885, 2006].

3.2.6. Bestimmung der TOTOX-Zahl (TV)

Die TOTOX-Zahl dient zur Beurteilung des oxidativen Verderbs. Sie kann als Kennzahl für den Oxidationsgrad eines Fettes bzw. Öls hilfreich sein. Die TOTOX-Zahl wird nicht durch eine chemische Methode bestimmt, sondern aus der Peroxidzahl und der Anisidinzahl berechnet.

Berechnung

$$TV = (2 \cdot PV) + AV$$

TV = TOTOX-Zahl (dimensionslos)

PV = Peroxidzahl

AV = Anisidinzahl

[ISO-STANDARD 6885, 2006]

3.2.7. Bestimmung des Rauchpunktes

Prinzip der Methode

Der Rauchpunkt soll als Hinweis auf die Anwesenheit flüchtiger Bestandteile in Fetten und Ölen dienen, welche nach Überschreiten einer bestimmten Temperatur als Aerosol (Rauch und/oder Nebel) sichtbar sind.

Die zu untersuchende Probe wird unter definierten Bedingungen erhitzt und die Temperatur bestimmt, bei der eine deutlich sichtbare Rauchentwicklung einsetzt.

[DGF, 2002 a]

Hilfsmittel

Becherglas

Filter hydrophobiert, passend zum Filtertrichter

Filtertrichter, Durchmesser ca. 9 cm

Geräte

Heizplatte

Rauchpunktbestimmungsapparatur (Fa. Herzog) bestehend aus:

- Cleveland-Flammpunktprüfer mit elektrischer Heizung und offenem Tiegel aus Edelstahl nach DIN 51 376
- Thermometer nach DIN 12 785, Nr. 75, Messbereich bis 400 °C, Einteilung 2 °C
- Kubische Haube mit Beleuchtungsvorrichtung und Glühlampe von 60 W als Lichtquelle (Kryptonlampe)

Vorbereitung der Probe

Die Probe musste bei Bedarf erhitzt und filtriert werden.

Durchführung

Erhitzen der Probe unter definierten Bedingungen

Den Tiegel war in die mittlere Vertiefung der Heizplatte einzusetzen und die Beleuchtung so zu justieren, dass sich der der Beleuchtungseinheit zugewandte äußere Tiegelrand 35 mm unterhalb und 45 mm entfernt vom unteren Spaltrand befand.

Das Thermometer musste in richtiger Stellung angebracht werden.

Den Tiegel war mit der Probe so weit anzufüllen, dass die Oberfläche der Substanz mit der Füllmarke übereinstimmte.

Die Probe musste ca. 15 min (Einstellung 10 °C/min) bis auf etwa 40 °C unter den erwarteten Rauchpunkt erwärmt werden. Danach war die Heizung so zu regeln, dass der Temperaturanstieg in der Probe maximal 4-5 °C/min betrug.

Ablesen des Rauchpunktes

Bei der Beobachtung ist das Augenmerk darauf zu legen, dass bis zu drei, zeitlich aufeinander folgende, verschiedene Raucherscheinungen auftreten konnten:

1. Es wurden kleine Rauchwölkchen von der Probe ausgestoßen, die sofort wieder verschwanden.
2. Es traten fadenförmige Raucherscheinungen auf, oftmals abwechselnd an verschiedenen Stellen der Probe. Diese hielten jeweils mehrere Sekunden an, konnten aber auch ohne Unterbrechung in
3. einen kontinuierlichen Rauchstrom übergehen, der nach und nach von der ganzen Oberfläche der Probe ausging.

Der Beginn der unter 2. beschriebenen Raucherscheinungen sollte der definitionsgemäß festgelegte Rauchpunkt sein.

Wesentlich zur guten Erkennung des Rauchpunktes war, dass die Dunkeladaption des Beobachters nicht unterbrochen wurde.

Berechnung

Als Rauchpunkt des Frittierfettes sollte diejenige, in °C angezeigte Temperatur angegeben werden, bei der die oben beschriebene Rauchentwicklung (Punkt 2) begonnen hat [DGF, 2002 a].

Durch Mehrfachbestimmung (5-fach Bestimmung) an verschiedenen Tagen konnte eine Standardabweichung der Methode von 2,12 % ermittelt werden. Demnach ergab sich ein Variationskoeffizient von 1,0 % [LUECKL und LEDOLTER, 2003 c].

3.2.8. Ermittlung des Fettsäuremusters mittels GC

(angelehnt an die DGF-Einheitmethoden C-VI, 10a, 11d, 11e)

Prinzip der Methode

Es handelt sich bei dieser Methode um die qualitative und quantitative Bestimmung der Fettsäurezusammensetzung von Ölen, Fetten und aus Lebensmittel isolierten Fetten.

Fettsäuren, die als Triglyceride oder in freier Form vorliegen, werden nach Umsetzung zu Fettsäuremethylestern mittels Gaschromatograph und Flammenionisationsdetektor (GC-FID) analysiert.

Öle und Fette können direkt eingesetzt werden. Nach Umsetzung mit methanolischer Kalilauge oder mit N-Trimethylsulfoniumhydroxid, falls auch freie Fettsäuren erfasst werden sollen, erfolgt die GC-Analyse mit Trennsäule 1. Zur Absicherung, bei Vorliegen von komplexen Fettproben, sowie für die Bestimmung von Transfettsäuren erfolgt die GC-Analyse mit Trennsäule 2. [LUECKL und BLODER, 2006]

Hilfsmittel

Kapillartrennsäule für GC-1 (Trennsäule 1)

z.B. DB-225, 30 m x 0,25 mm x 0,25 µm

J&W: 122-2232

Kapillartrennsäule für GC-2 (Trennsäule 2)

z.B. CP-Select CB for FAME, 100 m x 0,25 mm x 0,25 µm

Varian: CP7420

GC-Verbrauchsmaterialien:

Zentrifugierbare Epruvetten mit Schliffstopfen NS 19

Zentrifugengläser ca. 100 ml

Pipetten mit Einwegspitzen

Vials für Autosampler

Verschlusszange

Faltenfilter

Allgemeines Labormaterial wie Bechergläser, Trichter, Kolben, etc.

Geräte

2 Gaschromatographen mit FID, automatischem Probengeber, Split/Splitless-Einlass und elektronischem Auswertesystem, z.B. HP-5890

Analysenwaage, Auflösung 0,001 g

Analysenmühle z.B. IKA A 10

Ultraturax

Homogenisator

Kühlzentrifuge

Magnetrührer

Rotavapor

Ultraschallbad

Trockenschrank

Reagenzien

Standards- und Referenzsubstanzen

tert-Butylmethylether p.a. Merck 101849

n-Heptan p.a. Merck 4379

Kaliumhydroxid p.a. ca. 85 % Merck 5033

Methanol p.a. Merck 6009

Natriumsulfat p.a. wasserfrei Merck 6649

Petroleumbenzin 30-60 °C Baker 7267

N-Trimethylsulfoniumhydroxid (TMSH) 0,2 M in Methanol MN 71520

destilliertes Wasser

Gase

H₂ 5.0 Messer Austria

He 5.0 Messer Austria

Synthetische Luft kohlenwasserstofffrei Messer Austria

Lösungen

KOH-Lösungen 2 N in Methanol

13,2 g Kaliumhydroxid waren in Methanol zu lösen und auf 100 ml aufzufüllen, nach dem Abkühlen musste dekantiert oder filtriert werden.

TMSH-Lösung 0,2 M in Methanol

Vorbereitung der Probe

Klare und flüssige Öle und Fette konnten direkt verwendet werden. Nicht klare, oder nicht flüssige Proben mussten durch vorsichtiges Erwärmen verflüssigt und falls notwendig filtriert werden. Im Falle, dass auch Spuren von Wasser entfernt werden müssten, war ein hydrophobisiertes Filter zu verwenden.

Durchführung

Derivatisierung

Die TMSH-Methode wurde angewandt, wenn auch freie Fettsäuren erfasst werden sollten. 10 g \pm 2 g Fett waren in ein 2 ml Autosampler Vials einzuwägen und mit 0,5 ml MTBE (tert-Butylmethylether) zu lösen. 250 μ l TMSH-Lösung waren zuzusetzen, ca. eine halbe Minute lang wurde geschüttelt und vor der Einspritzung in den GC mindestens eine Stunde lang stehen gelassen.

Messung

Die derivatisierte Probelösung mussten, je nach Anforderung mit Trennsäule 1 (GC-1) und/oder Trennsäule (GC-2), nach einer der folgenden GC-Methoden analysiert werden. Die Trennsäule in GC-1 ermöglichte die Trennung der *fatty acid methyl ester* (FAME) nach Kettenlänge sowie nach Anzahl und Position von Doppelbindungen.

Die Trennsäule in GC-2 führte zu einer zusätzliche Auftrennung von trans- und cis-Isomeren.

GC-1 *fatty acid methyl ester* (FAME)-Methode:

Trärgas: He 19 psi

Injektor: 250 °C, Einspritzmenge 1 μ l, Splitfluss 50 ml/min

Detektor: 280 °C, Luft 350 ml/min, H₂ 30 ml/min, He 25 ml/min

Ofen: 190 °C 3 min $\xrightarrow{3,5\text{ °C/min}}$ 235 °C 8 min

GC-2 CTRANS-Methode:

(CTRANS = Name der Methode zur Trennung von Transfettsäuren)

Trärgas: He 39,5 psi

Injektor: 250 °C, Einspritzmenge 0,5 μ l, Splitfluss 90 ml/min

Ofen: 185 °C 42 min $\xrightarrow{8\text{ °C/min}}$ 260 °C 15 min

Auswertung

Die Identifizierung einzelner Fettsäuren erfolgte durch Vergleich der Retentionszeiten von analysierten Standards (Mappen mit Standardchromatogrammen im GC-Labor). Zweifelsfälle konnten durch Zumischen von Standards, Überblenden von Standardchromatogrammen oder durch Analyse mit dem zweiten GC-System abgeklärt werden.

Mit der CTRANS-Methode von GC-2 konnte eine Trennung der beiden Fettsäuren C18:3 c9,t12,t15 und C18:3 c9,t12,t15 nicht erreicht werden. Dabei steht „c“ für die cis-Stellung der Kohlenstoffatome und „t“ für die trans-Stellung. Die Trennung wurde jedoch durch Erhöhung der Ofentemperatur von 185 °C auf 200°C ermöglicht. Die C18:3 c9,c12,t15 eluierte dann nach der C18:3 c9,t12,t15.

Die Berechnung erfolgte durch das Datensystem, das auch die GCs steuerte, nach der 100%-Methode. In der Regel wurden die Flächen aller FAME-Peaks zur Summenbildung herangezogen. Es wurden die identifizierten Fettsäuren angegeben und bei Bedarf die Summe der nicht identifizierten Fettsäuren addiert, damit die Gesamtsumme 100 % ergab.

Die Ergebnisangabe erfolgte in der Regel in Flächen-% auf eine Kommastelle.

[DGF, 1987]

[DGF, 1998 a]

[DGF 1998 b]

3.2.9. Sensorische Analyse

Qualitative Deskriptive Analyse

Prinzip der Methode

Qualitativ deskriptive Prüfungen sind objektive Verfahren, bei denen Testpersonen Produkte mit Attributen beschreiben und die Intensität in jedem Attribut an einer Skala beurteilen. Daraus resultieren so genannte Produktprofile, die den Vergleich von Produkten ermöglichen. Ist das Panel ausreichend auf Produkt, Vokabular und Aufgabenstellung trainiert, beginnt die eigentliche Testphase. Die Beurteilung der Produkte erfolgt bei allen deskriptiven Methoden individuell durch die Testpersonen. Aus den Einzelurteilen werden Mittelwerte gebildet, die das Produktprofil ergeben.

Die QDA ist die deskriptive Methode, die heute die größte praktische Relevanz findet. Bei dieser Methode werden alle sensorischen Merkmale, der zu testenden Produkte erfasst. Der Test involviert immer mehrere Produkte, da das menschliche Wahrnehmungssystem besser geeignet ist, relative Intensitätsunterschiede zu beurteilen als absolute Intensitäten.

Die Entwicklung des beschreibenden Vokabulars ist ein Grundprozess, der vom Pannelleiter geleitet, aber nicht beeinflusst wird. Alle Begriffe sind genau zu definieren, um zu gewährleisten, dass alle Panelisten jedes Attribut gleich interpretieren.

Die Ergebnisse der QDA werden statistisch ausgewertet [STONE et al, 1974].

Im Rahmen der sensorischen Analyse wurde eine Quantitative Deskriptive Analyse (QDA) durchgeführt, um sensorische Attribute zu erfassen bzw. ihre Intensitätsunterschiede zu beurteilen und schließlich nach der Qualität differenzieren zu können [DERNDORFER, 2006].

Prüfer/Zahl der Prüfungen/Proben/Probenvorbereitung

Das Panel bestand aus 10 geschulten Personen [ISO-STANDARD 8586, 1993], die jeweils an zwei Tagen zwei Prüfungen (1. und 2. Session) 8 ausgewählte Frittierfette pro Tag beurteilten. Insgesamt wurden somit 16 von 41 Proben beurteilt. Bei der Auswahl der Proben wurden die 41 Proben in 4 Gruppen (Gruppe I, II, III, IV) nach ihrem Belastungsgrad (PTG-Gehalt) eingeteilt. Gruppe I wies die geringsten PTG-Anteile auf (< 1 %). Die Proben aus Gruppe II wiesen PTG-Gehalte zwischen 1 und 5 % auf, in Gruppe III waren es Gehalte zwischen 5 und 10 %. Die höchsten Anteile an PTG zeigte Gruppe IV (> 10 %).

Aus diesen Gruppen wurden wiederum jeweils 4 Vertreter der einzelnen Gruppen ausgewählt.

Die Proben aus den einzelnen Gruppen wurden nach Fettart bzw. Frittiertgut ausgewählt, um bestmögliche Vergleichbarkeit zu gewährleisten.

Die Prüfung erfolgte in Prüfkabinen des Sensoriklabors des Instituts für Ernährungswissenschaften der Universität Wien [ISO-STANDARD 8589, 1988]. Den

Panelisten wurden die Proben (ca. 20 ml) in farblosen Schraubeprouvetten gereicht. Die Codierung der Proben erfolgte durch das Programm ANALSENS - wodurch die Proben mit einer dreistelligen Zahlenkombination codiert wurden.

Für die Evaluierung des Aussehens und des Geruchs wurden die Proben im Wasserbad auf 50 °C erhitzt [WARNER und ESKIN, 1995], um die Geruchsattribute besser wahrnehmen zu können. Feste Fette wurden in erwärmtem und gekühltem Zustand gereicht.

Zur Hilfe für die Erkennung der Geruchsattribute wurden einige Geruchstandards bereitgestellt:

Ranzig	ranziges Olivenöl, „Olio special“ Probennummer 07071361
Fischig	Dorschlebertran mit Färberdistelöl
Fruchtig	Aprikosenkernöl
Butterähnlich	raffiniertes Olivenöl (Montolivo, Olio di oliva raffinati) und geschmolzene Butter

Auswertung

Um die sensorischen Profile der Proben miteinander vergleichen zu können, wurden Mittelwerte aus den Bewertungen aller Panelisten für jedes Produkt in jedem Attribut berechnet. Die Produktprofile wurden graphisch in Form von Spiderwebs dargestellt.

3.2.10. Statistische Auswertung der Ergebnisse

Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte teils durch Korrelationsberechnungen und teils durch die statistische Berechnung nach Kruskal-Wallis. Außerdem wurde auch eine Clusteranalyse durchgeführt. Die statistische Datenanalyse wurde mit der Open Source Software „R“ durchgeführt.

Alle Ergebnisse können aus der Tabelle im Anhang entnommen werden. Bei allen Analysen wurden Doppelbestimmungen durchgeführt und das Ergebnis als Mittelwert angegeben.

Kruskal-Wallis Test

Mit dem Kruskal-Wallis-Test konnte überprüft werden ob Stichproben aus einer gemeinsamen Grundgesamtheit bzw. aus Grundgesamtheiten gleicher Verteilungsfunktion angehören. Der Kruskal-Wallis-Test wird für den Vergleich von mehr als 2 Gruppen angewandt. Es gibt 2 Hypothesen, die den Kruskal-Wallis-Test

unterstreichen: Eine Nullhypothese, bei der angenommen wird, dass die Verteilungen aller Stichproben identisch sind und insbesondere gleichen Mittelwert bzw. Median besitzen. Die Alternativhypothese behauptet, dass zumindest zwei Verteilungen hinsichtlich der Lage unterschiedlich sind. Die Zufallsvariablen müssen zumindest ordinales Niveau haben, unabhängig und innerhalb der Stichproben identisch verteilt sein.

Zunächst werden alle Stichproben in einer gepoolten Stichprobe zusammengefasst. Danach werden alle Erhebungseinheiten der Größe nach geordnet und die zugehörigen Ränge vergeben. Mit der Teststatistik von Kruskal und Wallis werden die Rangdurchschnitte der Stichproben mit dem Rangdurchschnitt der gepoolten Stichprobe verglichen [DULLER, 2008].

Im Zuge der vorliegenden Arbeit konnte mit dem Kruskal-Wallis-Test sehr gut ermittelt werden, ob es bei den Proben Zusammenhänge zwischen der Intensität der Farbe und den verschiedenen Frittiergütern (Fleisch, Fisch, Kartoffel) gab, sowie ob ein Unterschied im ranzigen Geruch bei den verschiedenen Frittiergütern bestand.

Korrelationen

Korrelationen wurden zur Messung des Zusammenhanges zwischen zwei ordinalen Merkmalen durchgeführt. Als Kennzahl zur Berechnung des Zusammenhanges diente der Spearmansche Rangkorrelationskoeffizient.

Für die deskriptive Interpretation war einerseits das Vorzeichen wichtig, andererseits der Betrag. Aus dem Vorzeichen war die Richtung des Zusammenhangs ablesbar. Ein gleichsinniger Zusammenhang (eine niedrige Rangziffer hinsichtlich des einen Merkmals geht einher mit einer niedrigen Rangziffer des anderen Merkmals) zeigte auf einen positiven Rangkorrelationskoeffizienten. Ein gegensinniger Zusammenhang (eine niedrige Rangziffer hinsichtlich des einen Merkmals geht einher mit einer hohen Rangziffer des anderen Merkmals) ergab einen negativen Rangkorrelationskoeffizienten. Waren die Merkmale unabhängig, so erhielt man einen Korrelationskoeffizienten von 0.

Aus dem Betrag war die Stärke des Zusammenhangs ablesbar, denn umso stärker der Zusammenhang war, desto näher lag der Betrag bei 1.

Zweidimensionale metrische Merkmale lassen sich sehr gut in Streudiagrammen darstellen. Dazu wurde jedem Datenpunkt ein Punkt in einem Koordinatensystem

zugeordnet. Oft war an den Streudiagrammen erkennbar, ob die Daten einen linearen Zusammenhang aufwiesen. Unkorrelierte Daten (mit einem Korrelationskoeffizienten gleich 0) ergaben Streudiagramme in denen die Datenpunkte relativ unsystematisch angeordnet waren.

Je näher sich der Betrag des Korrelationskoeffizienten bei 1 befand, desto besser war der lineare Zusammenhang zwischen den Merkmalen ausgeprägt und die Punktwolke wies ein ellipsenförmiges Bild auf. Daneben ließ sich aus einem Streudiagramm auch die Richtung des Zusammenhanges ablesen. Bei einem gleichsinnigen (positiven) Zusammenhang musste die Punktwolke bzw. die Gerade ansteigend sein, bei einem gegensinnigen (negativen) Zusammenhang war die Punktwolke bzw. die Gerade fallend [DULLER, 2008].

Des Weiteren wurde in der vorliegenden Arbeit des Öfteren das Konfidenzintervall angegeben. Das Konfidenzintervall (KI) ist ein Wertebereich (Vertrauensbereich), der den wahren Messwert mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit enthält. Ein wichtiger Parameter der beschreibenden Statistik ist dabei der Mittelwert. Dieser ist die beste Annäherung an den wahren Mittelwert der Grundgesamtheit, jedoch stimmen diese beiden Werte nicht zwangsläufig überein. Es gibt an, in welchen Bereich (um den Mittelwert der Stichprobe) der wahre Mittelwert der Grundgesamtheit mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit liegt. Häufig findet das 95 %ige Konfidenzintervall Anwendung, welches entsprechend mit einer 95 %igen Wahrscheinlichkeit den wahren Mittelwert enthält.

Nicht nur durch den Korrelationskoeffizienten, sondern auch unter Verwendung von Konfidenzintervallen konnten Schlüsse auf die statistische Signifikanz gezogen werden. Zwei Mittelwerte unterscheiden sich dann signifikant voneinander, wenn sich die beiden zugehörigen Konfidenzintervalle nicht überschneiden. Wird dagegen eine Differenz zweier Werte betrachtet, so ist diese dann statistisch signifikant, wenn das zugehörige Konfidenzintervall den Wert 0 nicht mit einschließt. Bei einem 95 % Konfidenzintervall entspricht diese Betrachtung einem Signifikanztest auf dem Niveau $p < 0,05$ (bzw. $1 - 0,95$) [<http://www.criticalcare.at/Statistik/Konfidenzintervall.htm>, 2009].

Bei den einzelnen Maßzahlen zur Berechnung des Zusammenhangs war zu beachten, dass aus der Kennzahl selbst nicht abgelesen werden konnte, was Ursache und was

Wirkung war. Es ist nicht einmal sicher, ob es überhaupt eine Ursache-Wirkungsbeziehung zwischen den beiden Merkmalen gibt. In der Statistik unterscheidet man zwischen einer statistischen Korrelation und einem kausalen Zusammenhang. Kennzahlen können nur messen, ob die Daten eine statistische Korrelation aufweisen, aber niemals ob es auch tatsächlich einen kausalen Zusammenhang gibt. Kausale Zusammenhänge sind generell nicht durch eine Berechnung zu finden. Weisen Daten eine statistische Korrelation auf, für die es keine inhaltliche Rechtfertigung gibt, dann spricht man von einer Scheinkorrelation. Als klassisches Beispiel wird meist die stark positive Korrelation der Anzahl der Störche und der Geburtenzahl angeführt [DULLER, 2008].

Clusteranalyse

Die Clusteranalyse dient dazu, eine Menge von Objekten in Gruppen (Cluster) zu unterteilen, sodass die derselben Gruppe zugeordneten Objekte eine möglichst hohe Ähnlichkeit aufweisen, während gleichzeitig die Objekte unterschiedlicher Gruppen deutlich verschieden voneinander sind.

[http://www.molar.unibe.ch/help/statistics/SPSS/28_Clusteranalyse.pdf, 2009] Es gibt verschiedene Methoden zur Durchführung einer Clusteranalyse. In diesem Fall wurde eine hierarchische Clusteranalyse durchgeführt. Dabei bildet jeder Fall am Anfang ein eigenes Cluster. Im ersten Schritt werden die beiden am nächsten benachbarten Cluster zu einem Cluster vereinigt. Dieses Vorgehen wird solange fortgesetzt bis nur noch zwei Cluster übrig bleiben.

Diese Vorgehensweise kann in einem sogenannten Dendrogramm dargestellt werden. Es empfiehlt sich 2 Cluster zu bilden, bei mehr Gruppen würden sonst relativ weit voneinander entfernte Cluster zusammengefasst.

4. Ergebnisse

4.1. Ergebnisse der analytischen Untersuchungen

4.1.1. Polymerisierten Triglyceriden (PTG)

Von 41 Proben wiesen vier Proben Werte über dem Grenzwert von 12 % auf. Bei einer Probe wurde der Grenzwert nur knapp mit einem Wert von 12,8 % überschritten. Die übrigen drei der vier Proben enthielten jeweils 16,6 %, 17,2 % und 19,8 % an polymerisierten Triglyceriden und befanden sich somit weit über dem festgelegten Grenzwert.

9 der 41 Proben zeigten Anteile an PTG zwischen 5 und < 12 %. Die verbleibenden 28 Proben wiesen Werte von weniger als 5 % auf, wovon 10 aus diesen 28 Proben sogar einen Anteil von weniger als 1 % PTG enthielten.

In prozentuellen Anteilen der Gesamtmenge ausgedrückt, waren nach der PTG-Bestimmung nur 10 % der 41 Proben verdorben (Abb. 5). 22 % der 41 Proben lagen im mittleren Bereich zwischen 5 und < 12 % PTG-Anteil und der mengenmäßig größte Anteil von 68 % hatte einen PTG-Gehalt von unter 5 % und damit sehr gute Qualität.

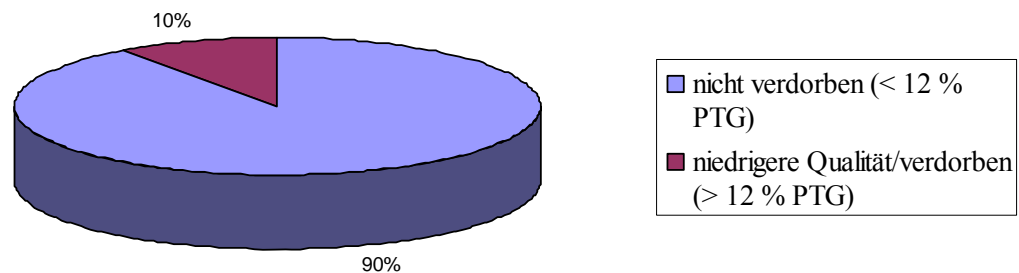


Abb. 5: Qualität der Proben eingeteilt nach PTG-Gehalt (DGF-Klassifizierung)

4.1.2. Polaren Anteile (TPM)

3 Proben von insgesamt 41 Proben zeigten einen Gehalt an polaren Anteilen über dem DGF-Grenzwert von 24 % und lagen auch über dem Grenzwert von 27 %, der im Österreichischen Lebensmittelcodex festgesetzt wurde. Diese Proben enthielten polare Anteile in Höhe von 37,6 %, 28,8 % und 29,7 %.

Eine Probe lag mit einem Wert von 22,6 % TPM im Bereich zwischen 22 und < 24 % und wurde somit als stark gebrauchtes Öl eingestuft.

4 Proben wurden nach DGF-Einteilung als gebraucht, aber noch in Ordnung eingestuft. 11 der 41 Proben waren sogar nur leicht gebraucht und 22 Proben enthielten unter 14 % TPM und wurden nach DGF als frisch bewertet, das entsprach einem Anteil der Gesamtmenge von 54 % (Abb. 6)

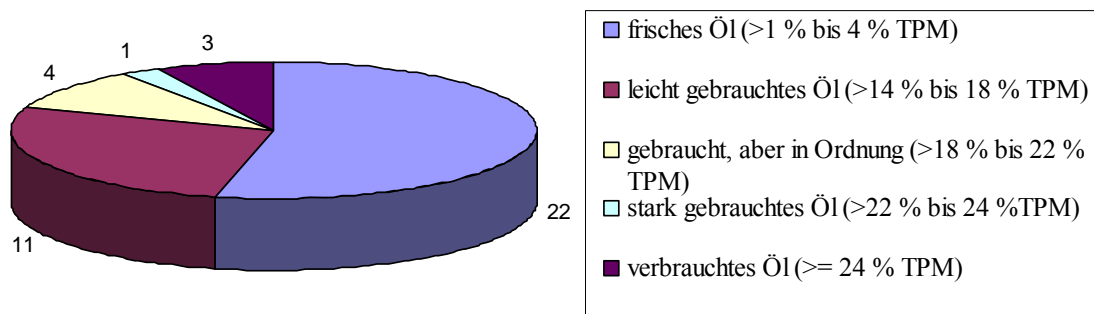


Abb. 6: Qualität der Proben eingeteilt nach TPM-Gehalt (DGF-Klassifizierung)

4.1.3. Säurezahl (SZ) und Freie Fettsäuren (ffa)

Keine der 41 untersuchten Proben lag über dem im Lebensmittelcodex (Codex Alimentarius Austriacus) festgelegten Säurezahl-Grenzwert von 2,5.

Eine Probe befand sich mit 2,1 knapp unter dem Grenzwert. Die verbleibenden Proben zeigten Werte von 0,1 bis 1,1.

Für den Gehalt an freien Fettsäuren gibt es noch keine Grenzwerte.

4.1.4. Peroxidzahl (POZ)

Für die Ergebnisse der Peroxidzahlbestimmung wurden noch keine Grenzwerte festgelegt. 13 Proben wiesen Werte über 10 meq O₂/kg Probe. Weitere 13 Proben befanden sich im mittleren Bereich zwischen 5 und < 10 meq O₂ und weitere 15 der 41 Proben wiesen Werte zwischen 1,8 und 4,8 meq O₂/kg Probe auf.

4.1.5. Anisidinzahl (AV)

Für Frittierfette wurden bezüglich der Anisidinzahl noch keine Grenz- oder Richtwerte festgelegt. Nur eine Probe wies eine sehr hohe Anisidinzahl (AV=173,5) auf. Von 42 Proben lagen 8 Proben mit ihren Werten über 100. 12 Proben wiesen Werte zwischen

50 und < 100 und der mengenmäßig größte Teil - mit 20 Proben - befand sich zwischen 0,2 und 37,3.

4.1.6. Bestimmung des Rauchpunktes

Keine der untersuchten Proben unterschritt den Grenzwert des Rauchpunktes, der von der Deutschen Gesellschaft für Fettforschung (DGF) und dem Österreichischen Lebensmittelbuch bei 170 °C festgelegt wurde.

Bei der Probe mit dem niedrigsten Rauchpunkt wurde ein Wert von 186 °C gemessen. Der mengenmäßig größte Anteil der Proben lag mit ihren Rauchpunkten zwischen 210 und 220 °C. Die höchsten Rauchpunkte ergaben sich im Bereich von 241 bis 243 °C.

Bei ungebrauchten, raffinierten Ölen wird ein Richtwert von > 200 angenommen. Erdnussöl und Palmkernfett weisen im frischen Zustand Rauchpunkte von 230 bzw. 220 °C auf. Kaltgepresste Rapsöle oder Olivenöle haben einen niedrigeren Rauchpunkt (130-190 °C bzw. 130-175 °C) [http://www.dgfett.de/material/welches_fett.pdf, 2009]. Da sich die Rauchpunkte der Proben zum größten Teil über 200 °C einstellten, kann davon ausgegangen werden, dass hauptsächlich raffinierte Fette verwendet wurden. Ausschließlich zwei Proben lagen mit ihren Rauchpunkten unter 200 °C (199 bzw. 186 °C). Das Öl, welches einen Wert von 186 °C aufwies, zeigte auch bei der Bestimmung des Anteils an polymerisierten Triglyceriden (19,8) und des polaren Anteils (37,6) hohe Werte, was eher darauf schließen ließ, dass das Fett stark gebraucht bzw. schon leicht verdorben war und nichts mit dem Verarbeitungsverfahren (raffiniert oder kaltgepresst) zu tun hatte.

4.1.7. Fettsäuremuster

Bei der Ermittlung des Fettsäuremusters waren 3 Proben – mit den Werten von 11,8 %, 11,7 % und 13,2 % - in ihrem Gehalt an trans-Fettsäuren (TFA) über der in der Trans-Fettsäuren-Verordnung des Bundesministeriums für Gesundheit festgelegten 2 %-Grenze (2 g Transfettsäuren/100 g Gesamtfett). Bei allen 3 Proben wurde als Fettart „Pflanzenfett“ angegeben, was im Gegensatz zu Ölen einen festen Aggregatzustand aufweist. Zusammen mit den hohen Gehalten an trans-Fettsäuren war dies ein Hinweis darauf, dass die Proben durch technologische Bearbeitung teilgehärtet wurden und dadurch so hohe Gehalte an TFA aufgewiesen haben.

6 von 42 Proben wiesen einen relativ hohen Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA's) auf, hierbei befanden sich die Werte zwischen 31,1 und 55,7 % der Gesamtfettsäuren.

Die untersuchten Fette, die einen PUFA-Anteil dieser Mengen enthielten, weisen auf die Anwesenheit von Sojaöl, Sonnenblumenöl oder Maiskeimöl, hin [ELMADFA und LEITZMANN, 2004]. Bei den oben erwähnten 6 Proben könnte es sich daher um eines dieser Öle bzw. Mischungen dieser Öle handeln. Erdnussöl könnte ebenfalls in der Probe vorhanden sein, da es aus ca. 30 % PUFA's besteht [ELMADFA und LEITZMANN, 2004]. Ein großer Teil der untersuchten Proben (28 Proben) zeigte zwischen 20 und 30 % an PUFA's und nur bei einem geringen Teil von 7 Proben konnten Werte unter 20 % PUFA's ermittelt werden. Somit weist die Mehrheit der Proben einen relativ hohen Gehalt an PUFA's auf.

Proben mit hohen PUFA-Anteilen könnten ebenfalls aus Rapsöl bestehen bzw. Rapsöl enthalten, da dieses Öl ca. 24 % PUFA's aufweist. Das Vorhandensein von Olivenöl, Palmöl und Kokosfett in den Fettproben ist eher unwahrscheinlich, da sich diese Öle durch einen geringen Anteil an PUFA's (12 % bzw. 8 % bzw. 2 %) charakterisieren [ELMADFA und LEITZMANN, 2004].

Die höchsten Werte an gesättigten Fettsäuren (SFA) lagen zwischen 41,3 und 51,0 % (4 Proben). Beinahe 60 % der Proben (24 von 41 Proben) zeigten einen Gehalt an gesättigten Fettsäuren unter 10 %.

Es ist daher anzunehmen, dass untersuchte Frittierfette, die hohe SFA-Gehalte aufwiesen, Kokosfett (90 %), Palmöl (47 %), Butter (62 %) oder Schmalz (41 %) beinhalteten. Das Vorhandensein von Rapsöl, mit einem Anteil von ca. 5 % SFA [ELMADFA und LEITZMANN, 2004], ist dagegen unwahrscheinlich.

Zusammenfassend ließ sich aus den Ergebnissen der gaschromatographischen Analyse entnehmen, dass der Großteil der Proben hohe Anteile an PUFA's und nur geringe Anteile (< 10 %) an SFA enthielten. Daraus kann geschlossen werden, dass Fette und Öle, die ein solches Fettsäuremuster aufweisen (wie z.B. Rapsöl oder Erdnussöl) bevorzugt verwendet werden.

Des Weiteren passen auch Sonnenblumenöl, Sojaöl, Kokosfett, sowie Butter oder Schmalz auf einige der ermittelten Fettsäuremuster der untersuchten Proben.

4.1.8. Vergleiche und Korrelationen der analytischen Parameter untereinander

In den folgenden Abbildungen 7 bis 16 wurden die Zusammenhänge für die analytischen Parameter untereinander dargestellt. Unterhalb der Diagonale wurden Scatterplots dargestellt, oberhalb der Diagonale die dazugehörigen Korrelationskoeffizienten.

Wie in der Abbildung 7 ersichtlich, lagen bei einigen Parametern gute Korrelationen vor, bei anderen eher weniger. In einem groben Überblick konnte man gut erkennen, welche Analysemethoden gut miteinander korrelierten und welche weniger. Auf den ersten Blick war sofort erkennbar, dass die Ergebnisse der PTG-Bestimmung und die Ergebnisse der TPM-Bestimmung einen sehr guten Zusammenhang zeigten ($r=0,94$). Ebenso gut korrelierten die Ergebnisse der PTG mit der Anisidinzahl (AV) der Proben ($r=0,89$), sowie auch die polaren Anteile (TPM) mit der Anisidinzahl (AV) ($r=0,78$). Außerdem war sofort erkennbar, dass der Rauchpunkt negativ mit den anderen Analysemethoden korrelierte, das heißt, wenn die Werte der anderen Analysemethoden (z.B. PTG oder TPM) anstiegen, sank der Rauchpunkt. Auf den dazugehörigen Scatterplot war die negative Korrelation sehr gut ersichtlich. In der Grafik wurde das Vorzeichen nicht ausgewiesen, da die Richtung des Zusammenhangs aus der roten Linie (fallend von links nach rechts) hervorgeht.

Der Rauchpunkt zeigte eine nur schwach negative Korrelation zu den PTG ($r=-0,59$) und zu den Ergebnissen der Anisidinzahlbestimmung ($r=-0,51$), sowie keinen Zusammenhang mit der Peroxidzahl ($r=-0,12$). Allerdings korrelierte der Rauchpunkt mit den Werten der TPM-Bestimmung ($r=-0,73$) und mit der Säurezahl ($r=-0,75$) der Fette.

Weiters konnten gute positiv lineare Korrelationen zwischen der Totoxzahl und den PTG- ($r=0,90$) und TPM-Anteilen ($r=0,77$) ermittelt werden. Die hohen Korrelationen zwischen Anisidinzahl und Totoxzahl ($r=0,99$) sowie zwischen Säurezahl und dem Gehalt an Ölsäure ($r=0,99$) ergab sich aus der Berechnung.

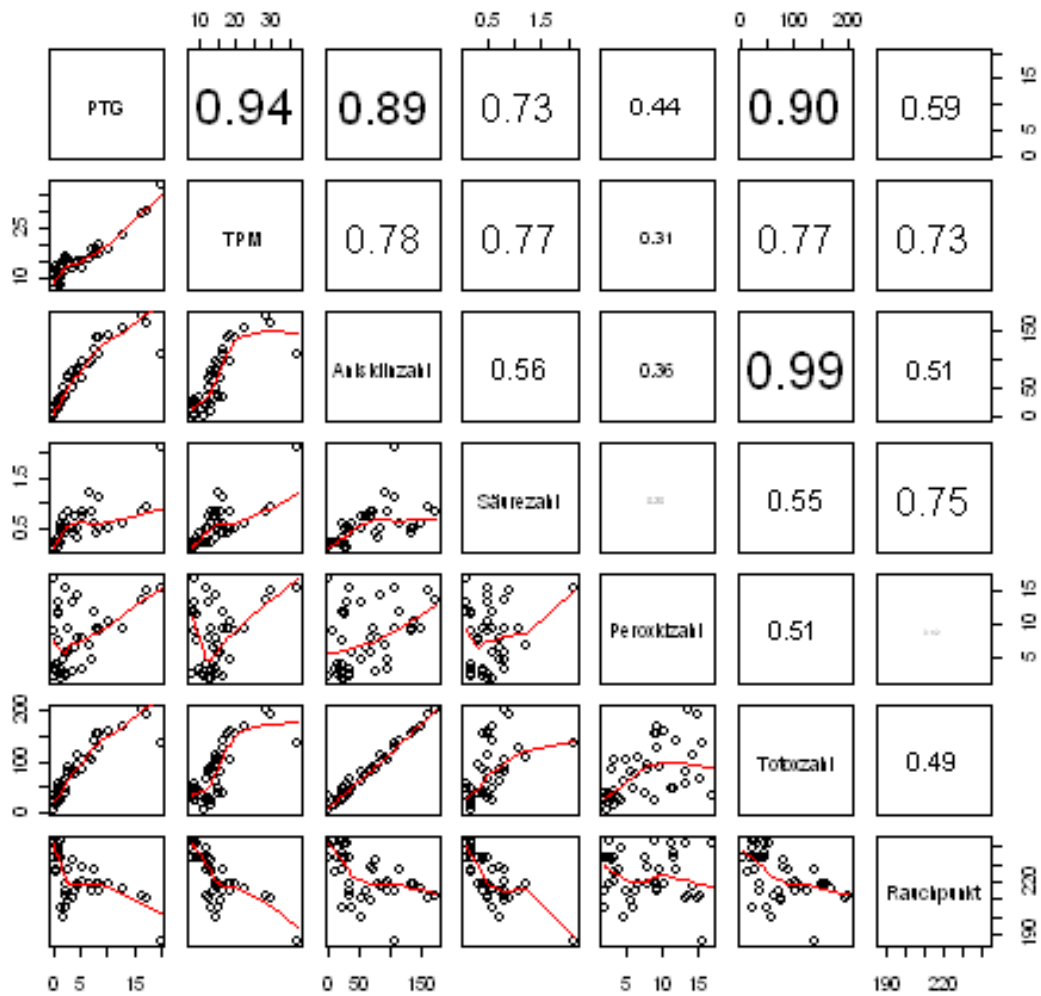


Abb. 7: Korrelationsmatrix der analytischen Parameter, n=41

In den folgenden Fragestellungen wurde genauer auf die Zusammenhänge der einzelnen Parameter eingegangen:

- Wie gut korreliert der Anteil der polymerisierten Triglyceride (PTG) in den Proben mit den polaren Anteilen (TPM)?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Anteil an PTG und den Ergebnissen der Anisidinzahl (AV)?
- Könnte der Rauchpunkt als Parameter für die Verdorbenheit von Ölen herangezogen werden? (vgl. mit PTG oder TPM)
- Gibt die Säurezahl Auskunft über den Belastungszustand der Probe bzw. ist die Säurezahl (SZ) als Parameter für die Evaluierung gebrauchter Fette geeignet?

- e) Weisen Proben mit hohem Gehalt an gesättigten (SFA)/einfach ungesättigten (MUFA) Fettsäuren eine niedrigere Peroxidzahl auf, als Proben mit hohem Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA)?
- f) Besteht eine Korrelation zwischen der Peroxidzahl und Ölsäure (C18:1), Linolsäure (C18:2) oder Linolensäure (C18:3)?
- g) Gibt es Zusammenhänge zwischen der Fettart und dem verwendeten Frittiergut? Wurde für bestimmtes Frittiergut vorwiegend eine bestimmte Art von Fett verwendet?
- h) Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Gehalt an trans-Fettsäuren und den Gehalten an gesättigten (SFA) bzw. einfach- (MUFA) und mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA)?

Zur Beantwortung dieser Fragen wurde des Weiteren eine hierarchischen Clusteranalyse durchgeführt.

a) Wie gut korreliert der Anteil der polymerisierten Triglyceride (PTG) in den Proben mit den polaren Anteilen (TPM)?

In der Matrix der Abbildung 8, wo PTG gegen TPM aufgetragen wurde (Spalte PTG, Zeile TPM), war ersichtlich, dass es einen positiven Zusammenhang zwischen diesen Parametern gab. Je höher der Gehalt an PTG war, desto höher wurde auch der TPM-Anteil. Der Korrelationskoeffizient ($r = 0,94$) (Zeile PTG, Spalte TPM) zeigte, dass ein starker positiver linearer Zusammenhang zwischen TPM und PTG bestand. Das Konfidenzintervall (KI) lag bei 0,8899 und 0,9679 und zeigte somit einen signifikanten Zusammenhang.

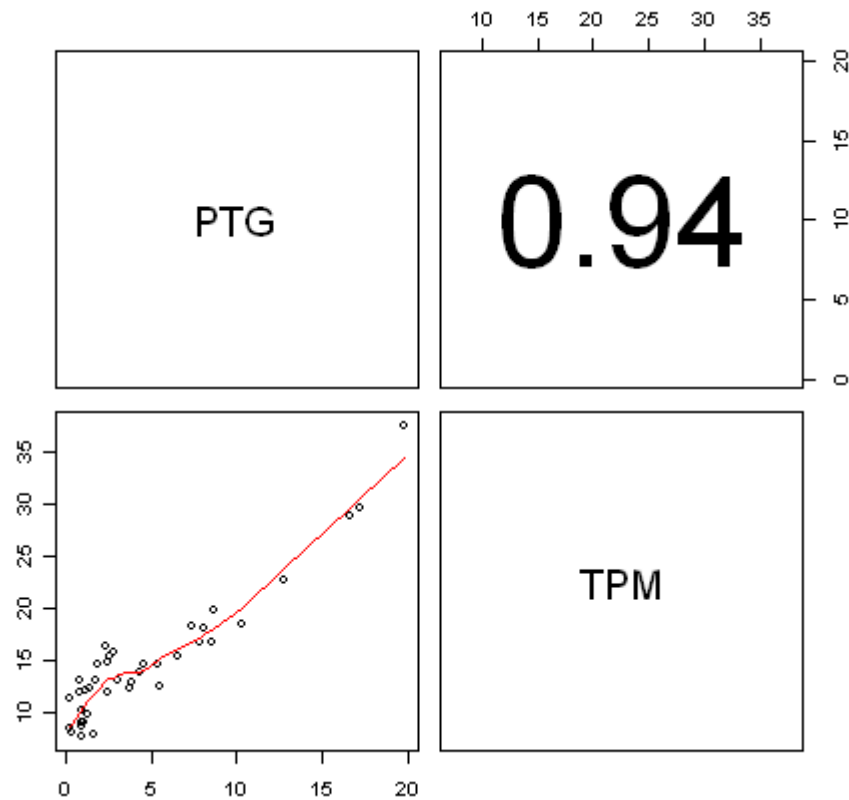


Abb. 8: Korrelation von PTG und TPM, n=41

In der Abbildung 9 wurden beide Parameter miteinander in einem Plot verglichen und dabei die von der DGF vorgegebenen Klassifizierungen und Grenzwerte berücksichtigt (siehe Seite 28).

Der Grenzwert für polymerisierte Triglyceride (PTG) liegt bei 12 %, für polare Anteile bei 24 %.

In der Abbildung 9 ist gut erkennbar, dass auch unter Berücksichtigung der Grenzwerte die beiden Parameter PTG und TPM gut übereinstimmten. Die roten Linien entsprachen der Klassifizierung der polaren Anteile (TPM), die grüne Linie markierte den Grenzwert der polymerisierten Triglyceride (PTG) von 12 %. In dem Plot ist sehr gut ersichtlich, dass sich sowohl bei PTG, als auch bei den TPM 3 Proben eindeutig über dem Grenzwert befanden und eine Probe knapp über dem Grenzwert lag (PTG) bzw. noch als stark gebrauchtes Fett bezeichnet werden konnte. (TPM)

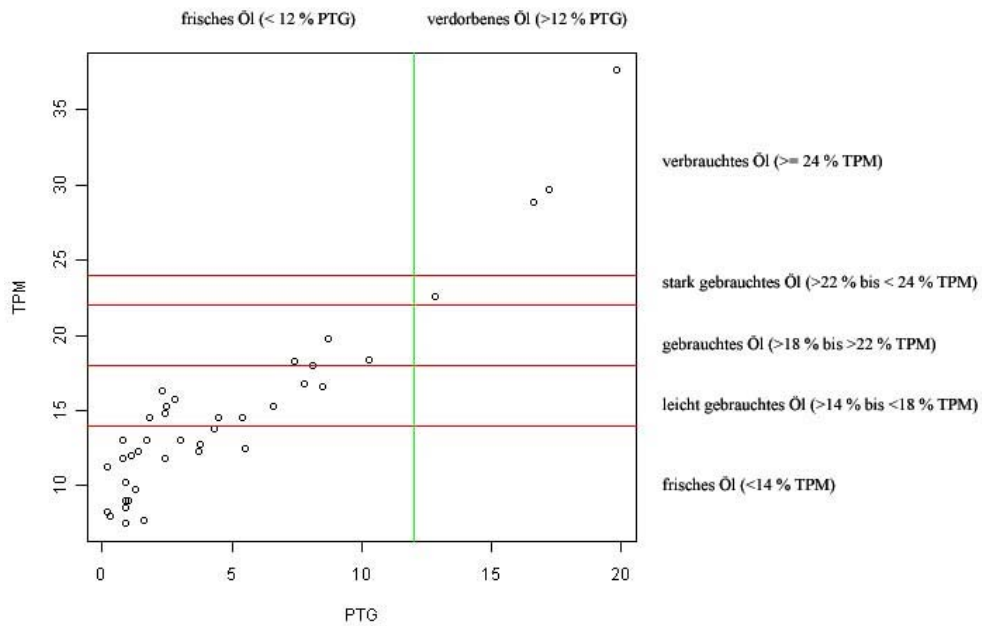


Abb. 9: Vergleich - Einteilungen der Qualitätsstufen nach PTG und TPM, n=41

b) Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Anteil an PTG und der Anisidinzahl (AV)?

Im Scatterplot (Abb. 10) ist gut ersichtlich, dass es einen positiven Zusammenhang der Ergebnisse beider Analysemethoden gab (die Gerade stieg an). Je höher der Anteil an PTG war, desto höher war auch die Anisidinzahl.

Der Korrelationskoeffizient ($r = 0,89$) sagte aus, dass ein signifikanter, stark positiver, linearer Zusammenhang zwischen Anisidinzahl und PTG-Gehalt bestand.

Das Konfidenzintervall (KI) für den Korrelationskoeffizienten (r) lag zwischen 0,7980; und 0,9389.

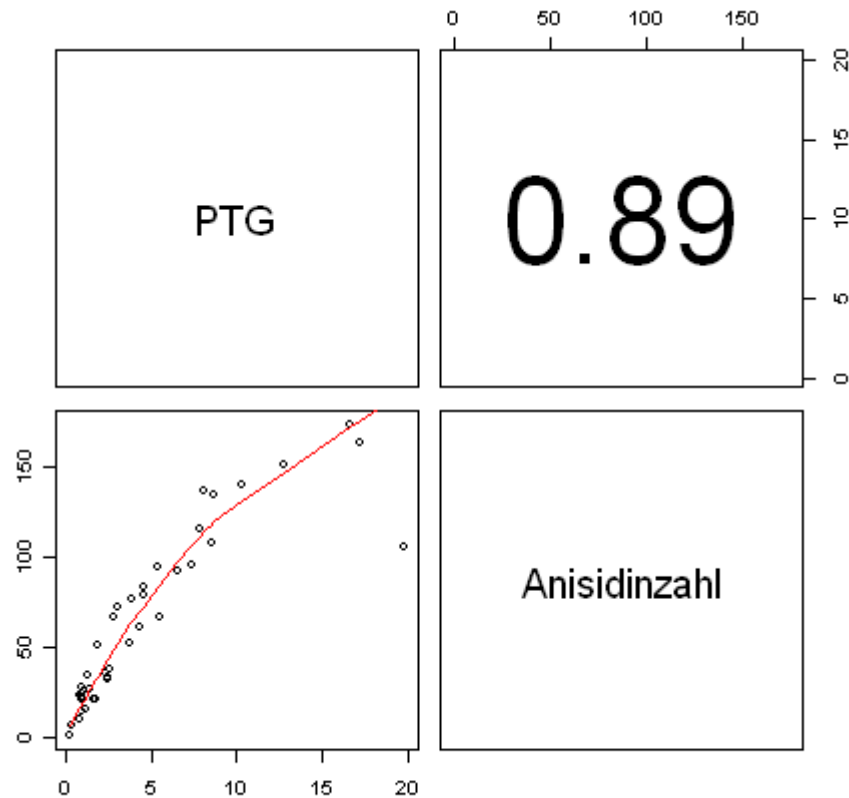


Abb. 10: Korrelation von PTG und Anisidinzahl (AV), n=41

c) Könnte der Rauchpunkt als Parameter für die Verdorbenheit von Ölen herangezogen werden? (vgl. mit PTG oder TPM)

Im Scatterplot von PTG und Rauchpunkt (Abb. 11), wurde ein schwach negativer Zusammenhang zwischen PTG und Rauchpunkt erkennbar. Je höher der Rauchpunkt war, desto niedriger war der Gehalt an PTG. Der negative Korrelationskoeffizient (r) von $-0,59$, mit einem Konfidenzintervall (KI) zwischen $-0,7603$ und $-0,3462$ spiegelte die Signifikanz dieses negativen Zusammenhangs wider. In der Grafik wurde das Vorzeichen nicht ausgewiesen, da die Richtung des Zusammenhangs aus der roten Linie (fallend) hervorging.

Zwischen TPM und Rauchpunkt war dieser negative Zusammenhang mit einem Korrelationskoeffizienten (r) von $-0,73$ stärker ausgeprägt.

$r=-0,73$

KI: $-0,8481$; $-0,5465$

Allgemein lässt sich sagen, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Analysemethoden PTG, TPM und dem Rauchpunkt bestand. Allerdings war dieser Zusammenhang im Bezug auf den PTG-Anteil nur schwach ausgeprägt. Aufgrund der schwachen Korrelation gilt der Rauchpunkt als Parameter für die Ermittlung der Fettqualität als nicht gut geeignet.

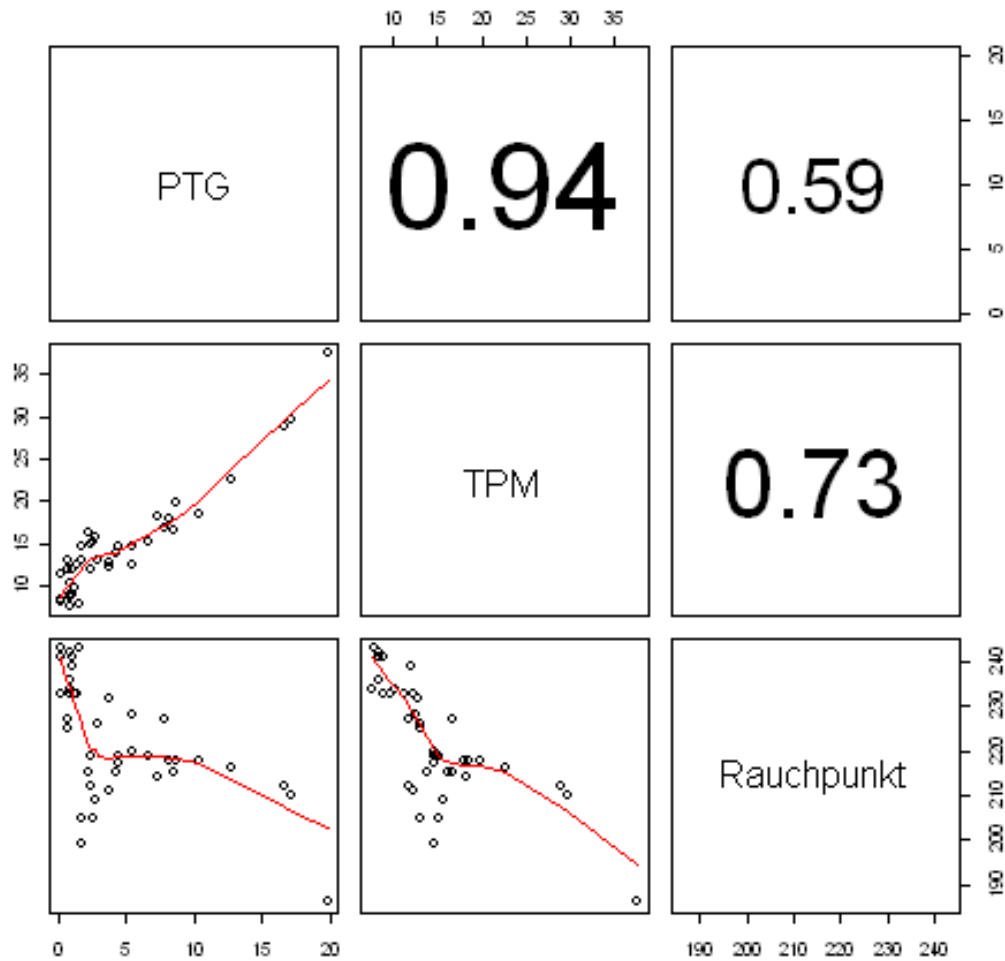


Abb. 11: Korrelationen von PTG, TPM und Rauchpunkt, n=41

d) Gibt die Säurezahl Auskunft über den Belastungszustand der Probe? bzw. ist die Säurezahlbestimmung als Parameter für die Evaluierung gebrauchter Fette geeignet?

Zwischen PTG und Säurezahl konnte ein signifikant positiver Zusammenhang erkannt werden (Abb. 12). Der Korrelationskoeffizient (r) lag bei 0,73, das Konfidenzintervall (KI) befand sich im Bereich zwischen 0,5390 und 0,8451. Bei TPM und Säurezahl war

der positive Zusammenhang etwas stärker ausgeprägt. Der Korrelationskoeffizient (r) zeigte einen Wert von 0,77; das Konfidenzintervall (KI) bewegte sich zwischen 0,6095 und 0,8726.

Der Zusammenhang der Säurezahl mit PTG ($r=0,73$) zeigte, dass die Säurezahl zwar anwendbar ist, jedoch nicht so gut geeignet ist, wie TPM oder PTG.

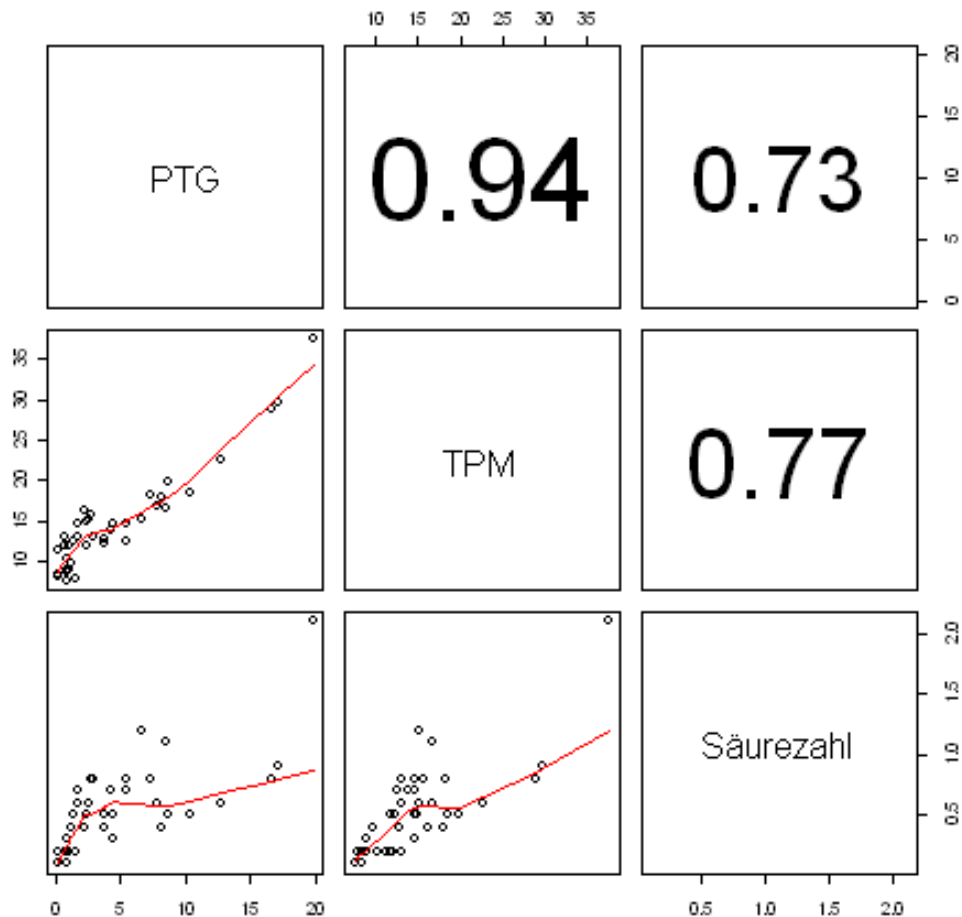


Abb. 12: Korrelationen von PTG, TPM und Säurezahl (SZ), $n=41$

e) Weisen Proben mit hohem Gehalt an gesättigten (SFA)/einfach ungesättigten (MUFA) Fettsäuren eine niedrigere Peroxidzahl (POZ) auf, als Proben mit hohem Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA)?

Da Fettsäuren mit mehreren Doppelbindungen schneller oxidieren als gesättigte Fettsäuren, wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit der Zusammenhang der Fettsäuren mit der Peroxidzahl überprüft.

Die Korrelationsmatrix zwischen Peroxidzahl, gesättigten Fettsäuren (SFA), einfach ungesättigten Fettsäuren (MUFA) und mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA) zeigte, dass Korrelationen zwischen Peroxidzahl und den anderen 3 Analyten nicht vorhanden waren. Da im Konfidenzintervall jeder Korrelation die Zahl Null vorkam, kann man davon ausgehen, dass es bei den Bedingungen der vorliegenden Untersuchung keinen signifikanten, linearen Zusammenhang gab, und daher die Peroxidzahl mit den in den Proben enthaltenen Fettsäuren nicht signifikant korrelierte.

Peroxidzahl SFA: $r=-0,10$; KI: (-0,3978; 0,2116)

Peroxidzahl MUFA: $r=0,2290$; KI: (-0,0846; 0,5013)

Peroxidzahl PUFA: $r=-0,1751$; KI: (-0,4581; 0,1401) (Abb. 13)

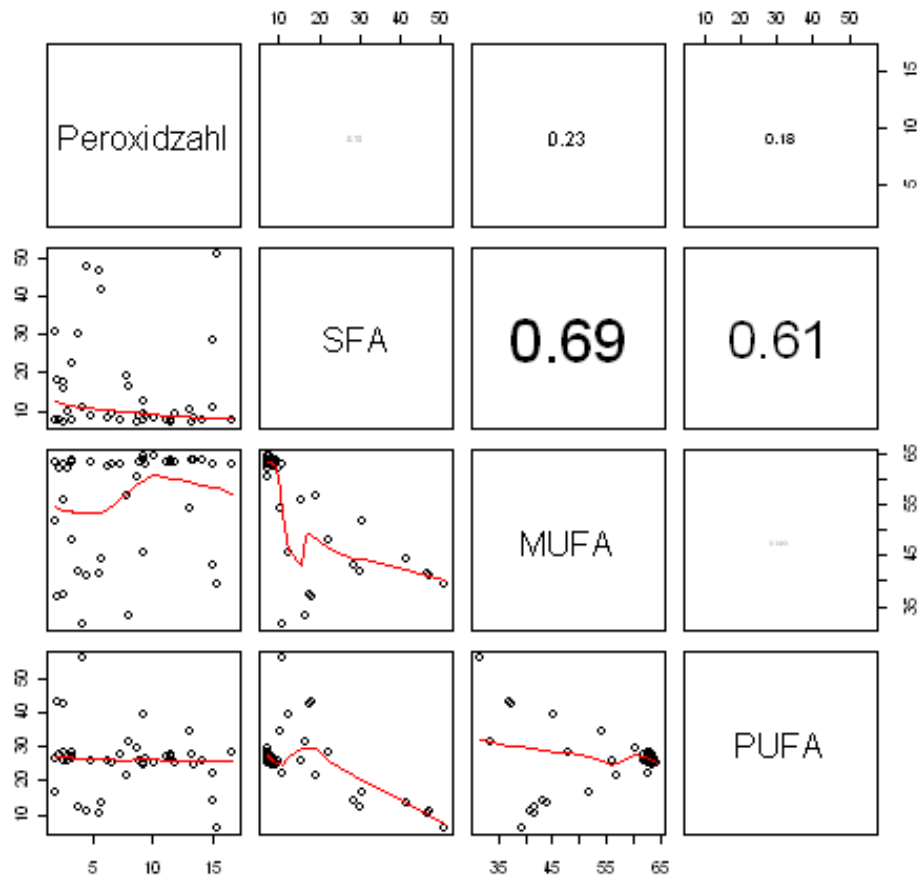


Abb. 13: Korrelationen von Peroxidzahl (POZ), SFA, MUFA und PUFA, n=41

f) Besteht eine Korrelation zwischen der Peroxidzahl (POZ) und den Gehalt an Ölsäure (C18:1), Linolsäure (C18:2) oder Linolensäure (C18:3)?

Zwischen der Peroxidzahl und dem Gehalt an Ölsäure, Linolsäure, bzw. α -Linolensäure konnte kein linearer Zusammenhang festgestellt.

Der Korrelationskoeffizient (r) für die Zusammenhänge der Peroxidzahl (POZ) mit dem Gehalt an Ölsäure lag nur bei 0,23. Auch das KI wies darauf hin, dass es keine signifikante Korrelation zwischen den beiden Variablen gab (KI: -0,2952; 0,6544).

Zwischen Peroxidzahl und Linolsäure konnte ebenfalls kein signifikanter Zusammenhang erkannt werden. Der Korrelationskoeffizient (r) lag im negativen Bereich ($r=-0,21$), der KI betrug -0,6372 bzw. 0,3219.

Auch der Vergleich zwischen Peroxidzahl und α -Linolensäure zeigte, dass die beiden Variablen nicht signifikant miteinander korrelierten. Der Korrelationskoeffizient (r) ergab einen Wert von 0,10, das Konfidenzintervall (KI) lag bei -0,4182 und 0,5660 (Abb. 14).

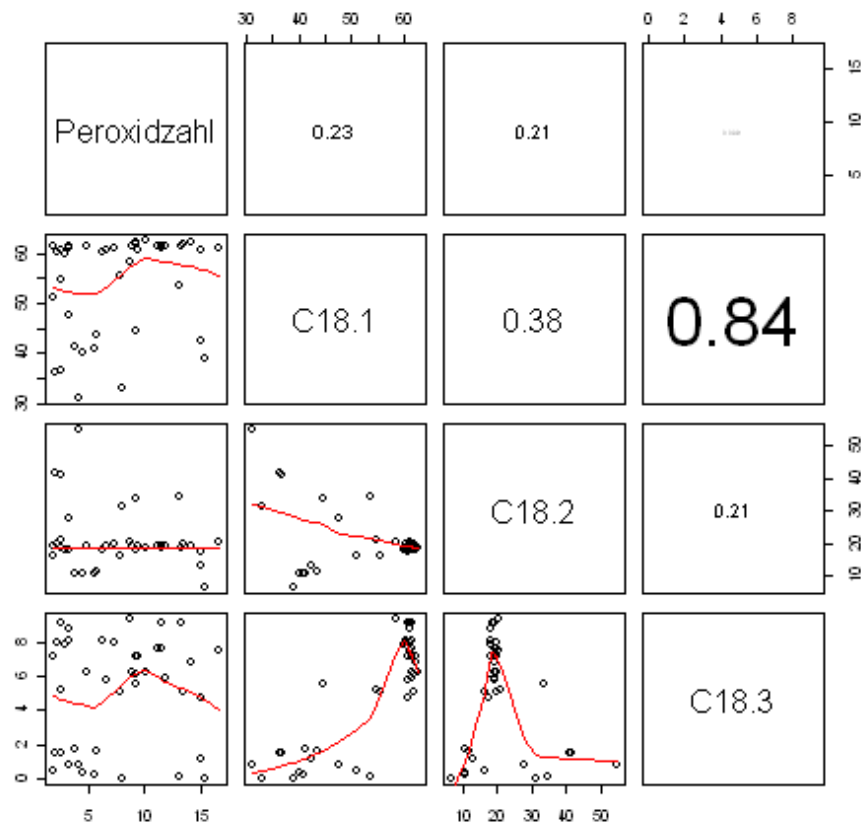


Abb. 14: Korrelationen von Peroxidzahl (POZ) mit dem Gehalt an Ölsäure (C18:1), Linolsäure (C18:2) und Linolensäure (C18:3), $n=41$

g) Gibt es Zusammenhänge zwischen der Fettart und dem verwendeten Frittiergut? Wurde für bestimmtes Frittiergut vorwiegend eine bestimmte Art von Fett verwendet?

Bei der Erhebung der Daten durch den Fragebogen konnte die Fettart nicht genau erhoben werden. Es wurden verschiedene Arten angegeben, wie z.B. Frittierfett, Pflanzenfett, Pflanzenöl und Tafelöl, deren Bezeichnungen alle für Gemische aus verschiedenen Pflanzenfetten bzw. -ölen standen. Das einzige Fett, dass auch ungemischt verwendet wurde, war Rapsöl.

Das jeweilige Frittiergut wurde in der Tabelle 2 den verwendeten Fettarten gegenübergestellt. Beim Frittieren von Fleisch wurde am häufigsten Pflanzenöl verwendet, ansonsten waren keine Zusammenhänge oder Tendenzen ersichtlich.

Tab. 2: Frittiergüter vs. die Art der verwendeten Fette

	Frittierfett	Pflanzenfett	Pflanzenöl	Rapsöl	Tafelöl
beides (Fleisch, Kartoffel)	0	1	5	3	3
Fisch	1	0	0	1	1
Fleisch	1	3	8	3	1
Kartoffel	0	1	0	2	2

h) Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Gehalt an trans-Fettsäuren (TFA) und den Gehalten an gesättigten (SFA) bzw. einfach- (MUFA) und mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA)?

Zwischen den Transfettsäuren und den gesättigten Fettsäuren (SFA) zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang ($r=0,19$), was auch durch das Konfidenzintervall bestätigt wurde (KI: -0,1282; 0,4676). Ebenso keine Korrelation ergaben die Transfette mit den mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA) ($r=-0,18$; KI: -0,4656; 0,13069).

Der Vergleich der Transfettsäuren (TFA) mit den einfach ungesättigten Fettsäuren (MUFA) zeigte einen schwach negativen Korrelationsfaktor (r) von -0,41 und ein Konfidenzintervall (KI) von -0,6364 und -0,1157. (Abb. 15)

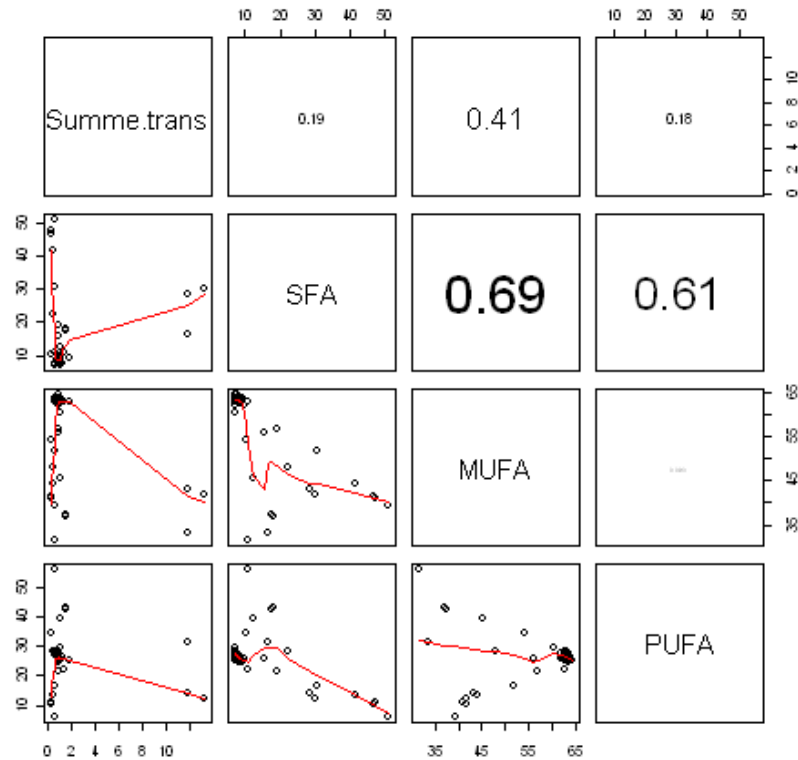


Abb. 15: Korrelationen von Transfettsäuren (TFA), SFA, MUFA und PUFA, n=41

i) Durchführung einer hierarchischen Clusteranalyse

Es wurde eine Clusteranalyse durchgeführt, um zu sehen, ob sich Gruppierungen der Öl- bzw. Fettproben im Bezug auf die untersuchten Parameter bilden lassen. Die Mitglieder einer Gruppe (Clusters) sollten möglichst ähnliche Variablenausprägungen aufweisen, Mitglieder verschiedener Gruppen dagegen möglichst unähnliche. Das Ergebnis der Clusteranalyse konnte in einem sogenannten Dendrogramm dargestellt werden (Abb. 16).

Tab. 3: Mittelwerte der Proben für alle Variablen der beiden Cluster

Cluster	PTG ¹	TPM ²	AV ³	SZ ⁴	POZ ⁵	Rauchp.	TFA ⁶	SFA	MUFA	PUFA
1	8.34	18.40	105.06	0.75	9.42	216.89	1.57	12.17	58.72	25.59
2	1.32	11.29	24.81	0.34	6.44	227.32	1.90	17.81	52.90	26.26

¹ Polymere Triglyceride (PTG)

² Polare Anteile (TPM)

³ Anisidinzahl (AV)

⁴ Säurezahl (SZ)

⁵ Peroxidzahl (POZ)

⁶ Transfettsäuren (TFA)

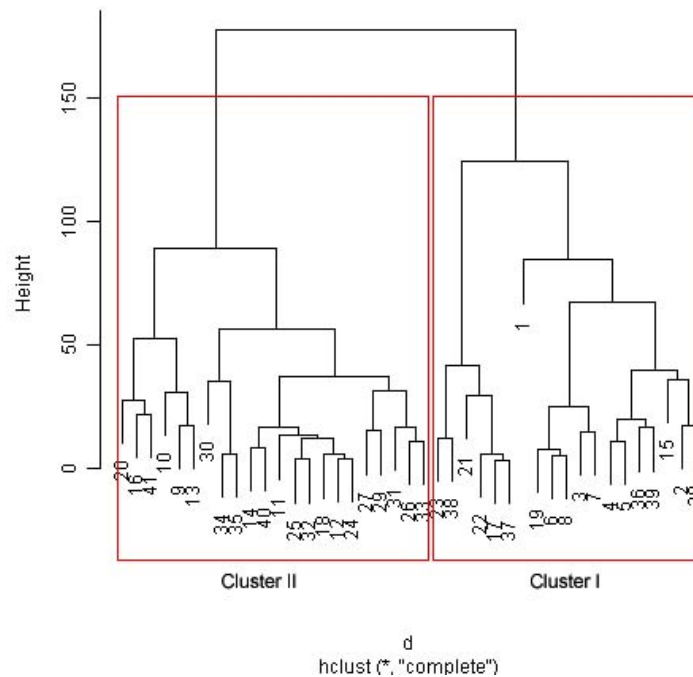


Abb. 16: Cluster-Dendrogramm der Fettproben, n=41

Aus den erhobenen Daten der Clusteranalyse wurden zwei Cluster gebildet. Sieht man sich die Clusteraufteilung an (Anhang, Tab. 20), fällt auf, dass die untersuchten Proben in zwei Gruppen genau nach PTG-Gehalt getrennt wurden.

Die Proben im Cluster 1 zeigten im Mittel Werte mit hohen Anteilen an PTG, TPM, sowie hohe Anisidinzahlen. Cluster 2 enthielt die Proben mit niedrigeren Werten dieser Parameter. Auffällig war, dass die Proben aus Cluster 1 – die niedrigere Qualität aufwiesen – einen geringeren Anteil an gesättigten Fettsäuren enthielten, als die Proben aus Cluster 2. Gleichzeitig enthielten die Proben aus Cluster 1 einen höheren Anteil an einfach ungesättigten Fettsäuren als die Proben aus Cluster 2 (Tab. 3).

Daraus konnte die Schlussfolgerung gezogen werden, dass Proben, die analytisch schlechtere Werte bei den Parametern PTG und TPM aufzeigten, auch weniger „oxidativ-stabilere“, gesättigte Fettsäuren (SFA) enthielten und gleichzeitig einen höheren Gehalt an einfach ungesättigte Fettsäuren (MUFA) aufwiesen, die bekanntlich durch ihre Doppelbindung geringere oxidative Stabilität haben. Man könnte also aus den Ergebnissen folgern, dass Fette mit geringerem Gehalt an gesättigten Fettsäuren

(SFA) und höherem Gehalt an einfach ungesättigten Fettsäuren (MUFA) einen weniger guten qualitativen Zustand zeigen, als andere.

Wie früher erwähnt, gab es statistisch keine Korrelation zwischen dem Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren (MUFA) und der Peroxidzahl (POZ), jedoch konnte man anhand der Clusteranalyse gut erkennen, dass es einen tendenziellen Zusammenhang (Tab. 3) zwischen den PTG, TPM oder Anisidinzahl mit dem allgemeinen Fettsäuremuster gab.

4.2. Ergebnisse der sensorischen Analyse

4.2.1. Gruppe I, PTG Gehalt bis 1 %

Die Fette und Öle für die sensorische Analyse mit einem PTG-Gehalt bis 1 % wurden als Gruppe I bezeichnet und in der Tabelle 4 zusammengefasst.

Tab. 4: Aufstellung der Proben aus Gruppe I, PTG Gehalt bis 1 %

Code	Fettart	Frittiertgut	PTG in %	PTG
A	Rapsöl	Schnitzel, Pommes	0,9	< 1 %
B	Frittierfett	geb. Fisch	0,9	
C	Rapsöl	Fisch	0,3	
D	Pflanzenöl	Huhn, Champignons gebacken	0,2	

In der Gruppe I konnte die Probe C mit 0,3 % PTG-Anteil, als jene mit der sensorisch höchsten Qualität beurteilt werden. Bei der sensorischen Bewertung hatte diese Probe eindeutig den am stärksten ausgeprägten artspezifischen Geruch (5,6), sowie butterähnlichen (2,5) und fruchtigen (3,6) Geruch, Eigenschaften, die die Frische des Fettes charakterisieren. Röstiger (0,9), verbrannter (1,1) und stechender Geruch (1,9) wurden dagegen kaum wahrgenommen.

Auch fischiger Geruch (1,4) war nur schwer erkennbar, obwohl in dem Öl ausschließlich Fisch zubereitet wurde – was dafür spricht, dass das Fett noch nicht so lange in Verwendung war. Die Farbe allgemein wurde als sehr hell beurteilt (Abb. 17).

Probe D wurde gleich nach der Probe C im Geruch als am meisten „artspezifisch“ (3,7), „fruchtig“ (2,6) und „butterähnlich“ (2,1) beurteilt. Die Intensität der Attribute „verbrannt“ (1,7), „ranzig“ (2,1) oder „modrig“ (1,6) war nur sehr gering. Allerdings wurde ein stärkerer röstiger Geruch (2,7) festgestellt (Abb. 17). Die Farbe allgemein war etwas dunkler (1,2) als bei Probe C.

In Probe B wurde - wie in Probe C - Fisch zubereitet. Herausragend war bei diesem Fett im Gegensatz zur Probe C der fischige Geruch (8,8), der sehr stark ausgeprägt war. Weiters wurden die Geruchsattribute „stechend“ (3,6), „röstig“ (3,5), „verbrannt“ (2,7), „ranzig“ (3,2) und „modrig“ (3,3) als intensiver beurteilt als bei Probe C und D (Abb. 17). Weiters wies Probe B die geringste Intensität an artspezifischem Geruch auf (1,6). Der fruchtige Geruch (0,3) des Öls war auch sehr wenig ausgeprägt.

Die Farbe allgemein (3,1) – vor allem aber die Intensität der gelben (3,2) und braunen Farbe (1,2) - war intensiver als bei den anderen Proben.

Die Trübheit (2,5) dieses Fettes war stärker ausgeprägt, als bei den anderen Fetten und Ölen der Gruppe I mit den PTG-Gehalten unter 1 %.

Bei Probe A war zu erkennen, dass vor allem der ranzige Geruch (3,6) im Gegensatz zu den anderen Fetten und Ölen der Gruppe I sehr stark ausgeprägt war. Die Attribute „artspezifisch“ (3,8) und „butterähnlich“ (2,5) waren in Probe A ähnlich ausgeprägt, wie in Probe D. Die Fruchtigkeit (1,5) war weniger intensiv.

Der fischige Geruch (3,3), der von den Abbauprodukten herführen müsste, war intensiver als in Probe C und D, aber weniger ausgeprägt als in Probe B bei gleichem Anteil an PTG (0,9 % PTG).

Allgemein kann man erkennen, dass die sensorische Bewertung der Geruchsattribute der Fette und Öle der Gruppe I (< 1 % PTG) mit den Anteilen der PTG korrelierte. Weiters kann man am Beispiel der Probe B und C erkennen, dass der Zustand des Öles nicht vom Frittiergut abhängig war.

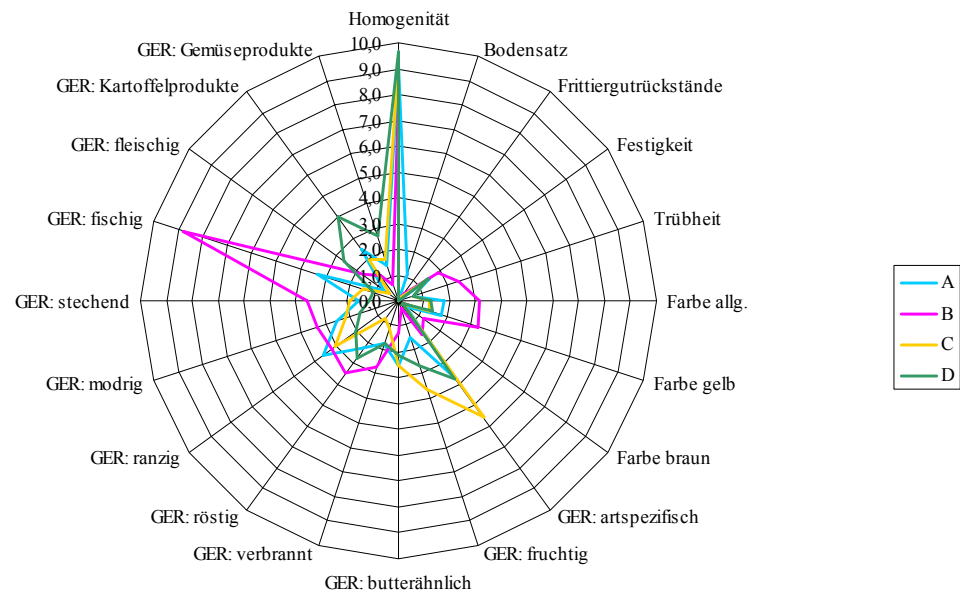


Abb. 17: Produktprofil* (QDA) der Fette und Öle der Gruppe I (PTG < 1 %)

* Mittelwerte Session 1 + 2 (insgesamt 20 Ergebnisse)

4.2.2. Gruppe II, PTG Gehalt bis 1-4 %

Vier Proben mit einem PTG-Gehalt zwischen 1 und 4 % wurden als Gruppe II in der Tabelle 5 zusammengefasst.

Tab. 5: Aufstellung der Proben aus Gruppe II, PTG Gehalt 1-4 %

Code	Fettart	Frittiergut	PTG in %	PTG
E	Rapsöl raffiniert	Pommes Frites	3,8	1-4 %
F	Frittierfett	Huhn	2,8	
G	Rapsöl raffiniert	Pommes Frites, Huhn	1,6	
H	Tafelöl	Hühnerschnitzel	1,1	

In Gruppe II (PTG-Anteil 1-4 %) waren die Proben mit der höchsten sensorischen Qualität – beurteilt anhand Aussehens- und Geruchsattribute - Probe G und H.

Bei Probe G wurde stechender (1,9), röstiger (0,8) oder verbrannter Geruch (0,9) kaum wahrgenommen. Auch der fleischige Geruch (0,4) und der Geruch nach Kartoffelprodukten (1,6) zeigte nur geringe Intensität, obwohl in dem Fett nur oben

erwähnte Produkte frittiert wurden. Der ranzige Geruch (3,7) war aber sowohl bei dieser Probe – sowie auch bei den anderen Proben dieser Gruppe – stark ausgeprägt. Probe G zeigte aber die höchste Intensität an artspezifischem Geruch (4,9), fruchtigem (3,9) und butterähnlichem Geruch (3,3).

Die Probe H wies ebenfalls einen ausgeprägten artspezifischen (4,1) und fruchtigen Geruch (2,3) auf. Sie war in der Gruppe mit PTG-Anteil zwischen 1 und 4 % im Geruch am wenigsten ranzig (3,1). Der verbrannte Geruch (1,3) war auch nicht intensiv wahrnehmbar.

Als Proben mit niedriger sensorischer Qualität stellten sich die Proben E und F heraus. Bei beiden Fettproben war ein stark ranziger Geruch (3,4; 4,2) erkennbar. Außerdem wurden die Attribute „modrig“ (2,9; 3,5), „röstig“ (3,0; 2,9) und „verbrannt“ (2,5; 2,4) stärker wahrgenommen, als bei den anderen Proben aus der Gruppe II.

Die Intensität des Geruchs „artspezifisch“ (3,2; 3,6) war schwächer ausgeprägt, als in Probe G und H. Der fruchtige Geruch (2,9; 2,9) war in den Proben E und F gleich stark ausgeprägt und ähnelte sich der Probe H.

Die Farbe der Proben E und F waren auch intensiver als bei den zwei anderen dieser Gruppe.

Bei der Probe E betrug die Intensität der Farbe allgemein (4,1), der gelben Farbe (4,4) und der braunen Farbe (2,4).

Weitaus höhere Werte zeigte die Probe F. Bei dieser Probe lag die Intensität der Farbe allgemein bei 7,8 und auch die Farben Gelb (8,5) und Braun (5,9) zeigte große Ausprägung (Abb. 18).

Die analytischen Ergebnisse bestätigen die Ergebnisse der sensorischen Profilanalyse, d.h. dass bei den Proben mit höherer sensorischen Qualität (G und H) ein niedrigerer Anteil an PTG festgestellt werden konnte.

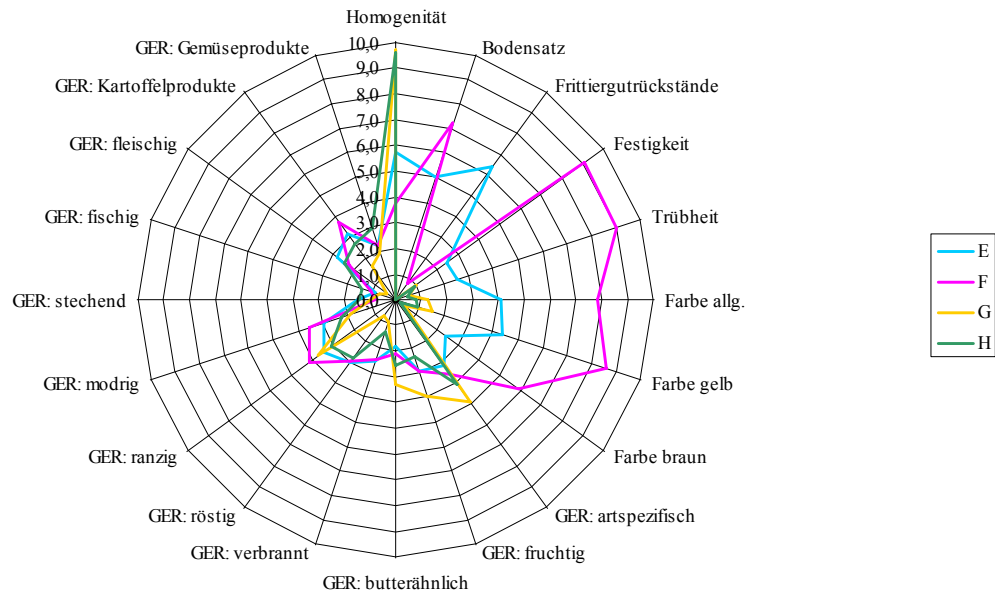


Abb. 18: Produktprofil* (QDA) der Fette und Öle der Gruppe II (PTG 1-4 %)

* Mittelwerte Session 1 + 2 (insgesamt 20 Ergebnisse)

4.2.3. Gruppe III, PTG Gehalt bis 5-10 %

In der Gruppe III wurden wiederum 4 Proben zusammengefasst, die einen PTG-Gehalt von 5 bis 10 % aufweisen (Tab. 6).

Tab. 6: Aufstellung der Proben aus Gruppe III, PTG Gehalt bis 5-10 %

Code	Fettart	Frittiergut	PTG in %	PTG
I	Rapsöl	Schnitzel, Pommes	8,5	5-10 %
J	Rapsöl	Pommes, Garnelen	7,4	
K	Pflanzenöl	Frühlingsrollen, Ente	6,6	
L	Rapsöl raffiniert	Schnitzel	5,4	

In der Gruppe III, mit PTG-Gehalten zwischen 5 % und 10 %, zeigten die Öle L und K die höchste sensorische Qualität mit dem niedrigsten PTG-Anteil.

Beide Proben (K und L) zeigten innerhalb der Gruppe III die höchsten Intensitäten an artspezifischem (4,6 bzw. 5,2), fruchtigem (2,0 bzw. 2,9) und butterähnlichem (2,2 bzw. 1,9) Geruch auf.

Negativ assoziierte Geruchsattribute, wie „fischig“ (1,4 bzw. 2,0), „stechend“ (1,6 bzw. 2,2), „verbrannt“ (1,6 bzw. 1,4) oder „röstig“ (2,2 bzw. 1,7) wurden in diesen Proben nur in geringem Maße wahrgenommen.

Der modrige (2,9) und ranzige Geruch (3,9) war jedoch bei Probe K stärker ausgeprägt, als bei Probe L (2,2; 2,6). Außerdem zeigten beide Proben unterschiedliche Intensitäten im Bereich der Farbe. Probe K wies eine wesentlich dunklere Farbe (7,3), sowie eine höhere Trübheit (4,3) auf, als Probe L (3,0; 1,2). Auch die Intensitäten der Farbe gelb und braun bei beiden Proben unterschieden sich stark, Probe L war weniger gelb (3,5) und weniger braun (1,0). (Abb. 19)

Im Vergleich enthielten beide Proben die niedrigsten PTG-Anteile der Gruppe III.

Allerdings wies Probe K – trotz der hohen Ausprägung der positiven Attribute, wie artspezifischer, fruchtiger oder butterähnlicher Geruch – den stärksten ranzigen Geruch (3,9) der Gruppe III auf. Probe K zeigte auch eine sehr intensive Farbe (7,3) im Vergleich zur Probe J (7,2).

Die Proben I und J hatten sensorisch geringere Qualität in der Gruppe III. Bei beiden Proben konnten die Attribute „röstig“ (3,1 bzw. 3,6) und „ranzig“ (3,0 bzw. 2,9) ähnlich stark wahrgenommen werden. Der verbrannte und stechende Geruch waren bei Probe J (3,1; 2,2) stärker ausgeprägt, als bei Probe I (2,0; 1,3). Nur das Geruchsattribut „modrig“ war bei Probe I intensiver wahrnehmbar (3,2), als bei Probe J (2,5).

Weiters wies die Probe J einen stark fischigen Geruch (2,7) auf, der durch das Frittiergut (Garnelen) bedingt sein könnte, bei Probe I wiederum ein fleischiger Geruch (2,5), der ebenfalls vom Frittiergut (Schnitzel) herrühren könnte. Bei beiden Proben wurde auch der Geruch nach Kartoffelprodukten (Pommes frites) deutlich wahrgenommen (jeweils 3,0).

Beide Öle zeigten weniger ausgeprägten artspezifischen Geruch (4,1; 3,8) als die Proben L (4,6) und K (5,2). Die Attribute „fruchtig“ (2,2 bzw. 1,4) und „butterähnlich“ (1,7 bzw. 2,2) waren etwas weniger intensiv.

Auch die Farbe beider Öle wurde als relativ dunkel beschrieben. Probe I wurde mit einer Intensität von 7,2 beurteilt, Probe J mit 5,4 (Abb. 19).

Die Anteile an PTG bestätigen wiederum die sensorische Bewertung, durchgeführt anhand der Beurteilung der Intensität der Geruchs- und Aussehensattribute.

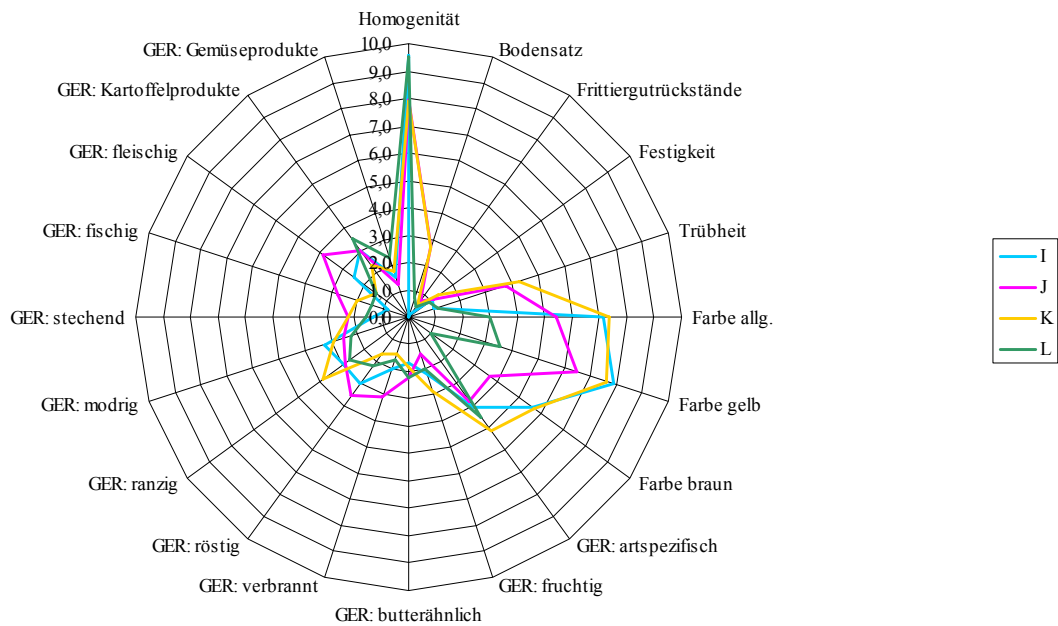


Abb. 19: Produktprofil* (QDA) der Fette und Öle der Gruppe III (PTG 5-10 %)

* Ergebnisse: MW Session 1 + 2 (insgesamt 20 Ergebnisse)

4.2.4. Gruppe IV, TPM Gehalt > 10 %

Die Fette und Öle dem PTG-Gehalt über 10 % wurden für die sensorische Analyse in der Gruppe IV zusammengefasst und in Tabelle 7 dargestellt.

Tab. 7: Aufstellung der Proben aus Gruppe IV, PTG Gehalt > 10 %

Code	Fettart	Frittiertgut	PTG in %	PTG
M	Pflanzenfett	Pommes Frites	19,8	> 10 %
N	Tafelöl	Schweins- u. Hühner-Schnitzel, Pommes Frites	17,2	
O	Tafelöl	Pommes Frites	16,6	
P	Tafelöl	Fisch, gebackener Emmentaler	12,8	

In der Gruppe IV mit den höchsten Anteilen an PTG (> 10 %), haben die Öle O und P bei der sensorischen Analyse am besten abgeschnitten.

Beide Proben O und P waren im Geruch „artspezifisch“ (5,4 bzw. 4,2) ähnlich ausgeprägt. Die Intensitäten der Geruchsattribute „fruchtig“ betragen 2,3 bzw. 2,4; der Attribute „butterähnlich“ (2,0 bzw. 1,5) (Abb. 20).

Die Proben zeichneten sich durch die sehr schwach wahrnehmbaren Geruchsattribute „verbrannt“ (1,0 bzw. 1,2), „röstig“ (1,7 bzw. 1,5), „stechend“ (0,9 bzw. 1,4) und „fischig“ (0,9 bzw. 1,1) aus, obwohl in Ölprobe P Fisch frittiert wurde.

In Probe O konnte aber der Geruch nach Kartoffelprodukten (Frittiergut) deutlich erkannt werden (2,5). Frittiergutrückstände waren sehr stark vorhanden (6,3). Modriger (2,5) und ranziger Geruch (3,6) wurden etwas intensiver wahrgenommen als in Probe P (2,2 bzw. 2,9), was auf einen höheren PTG-Gehalt (16,6 % PTG) zurückgeführt werden könnte.

Probe N wies vergleichbar modrigen (2,6) und ranzigen Geruch (2,8) auf. Außerdem wurde die Farbe viel intensiver beurteilt (4,8) und der Geruch nach Frittiergut, das heißt Fleisch (1,6) und Kartoffeln (2,4) konnte in dieser Probe ebenfalls deutlich wahrgenommen werden. Die Frittiergutrückstände waren auch sehr stark vorhanden (6,7). Probe N wies einen geringeren artspezifischen Geruch (4,3) auf als O (5,4), im Gegensatz dazu war sie weniger ranzig im Geruch (2,8).

Die geringste sensorische Qualität, gemessen anhand der Aussehens- und Geruchsattribute, dieser Gruppe zeigte Probe M. Das Fett roch auffällig stark ranzig (4,7) und modrig (3,7). Der Geruch nach dem Frittiergut „Kartoffelprodukte“ (2,1) konnte auch wahrgenommen werden. Die positiven Geruchsattribute „artspezifisch“ und „fruchtig“ waren in Probe M am geringsten ausgeprägt (4,0 bzw. 1,6).

Optisch war die Probe am wenigsten homogen (5,2) und wies einen hohen Anteil an Bodensatz (6,1) und Frittiergutrückständen (5,5) auf. Das Öl war sehr trüb (9,6), die Intensität der Farbe (2,8) aber sehr hell (Abb. 20).

Im Vergleich mit dem analytischen Parameter PTG konnte man wieder sehr gut erkennen, dass die sensorische Analyse mit der Analytik sehr gut übereinstimmte.

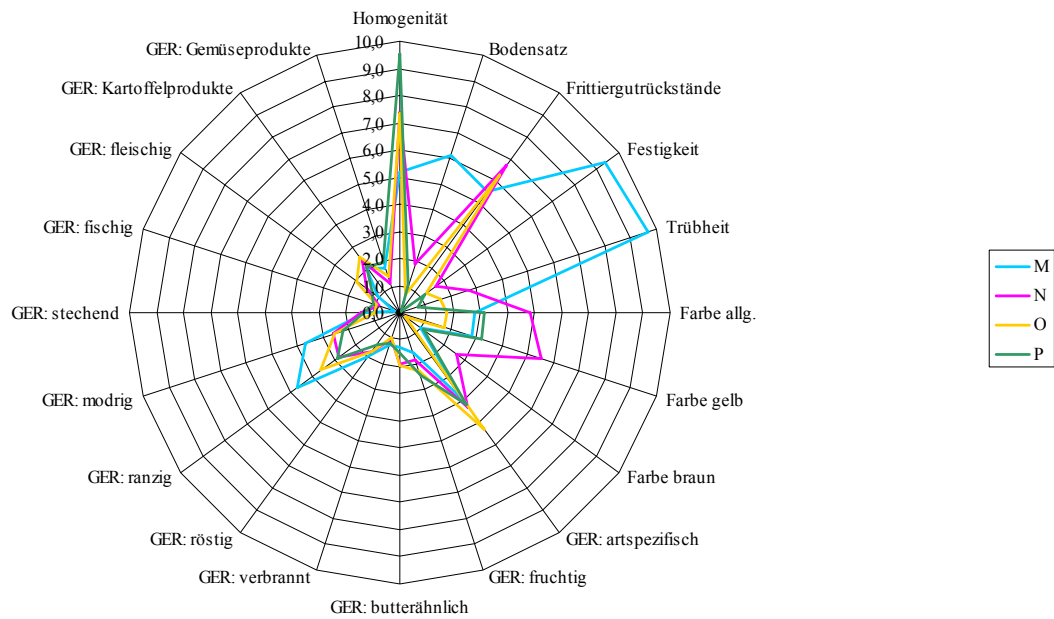


Abb. 20: Produktprofil* (QDA) der Fette und Öle der Gruppe IV (PTG > 10 %)

* Mittelwerte Session 1 + 2 (insgesamt 20 Ergebnisse)

4.2.5. Gruppenvergleiche

Der Vergleich der wenig mit PTG belasteten Proben der Gruppe I (Anteil PTG < 1 %) mit den Proben der Gruppe II (Anteil PTG 1-4 %) zeigte schon bezüglich der Optik einen klaren Unterschied. Die Fette und Öle der Gruppe II waren im Mittel weniger homogen (7,4) als in Gruppe I (9,2), und wiesen einen höheren Anteil an Bodensatz (2,8) und Frittiergutrückständen (1,7) auf, die bei Proben der Gruppe I nur in sehr geringem Maße vorhanden waren (0,3 und 0,1). Die Fette und Öle der Gruppe I mit < 1 % PTG waren weniger trüb (0,9) als die der Gruppe II (3,0) und hatten eine geringere Festigkeit (1,5), als die der Gruppe II (3,2). (Abb. 21)

Die Farbe der Fette und Öle bei den höher mit PTG belasteten Proben der Gruppe II war eindeutig intensiver (3,5) als bei den Proben der Gruppe I (1,8).

Der artspezifische Geruch war in beiden Gruppen im Mittel ähnlich ausgeprägt (3,4 bzw. 3,8), jedoch wurde die Gruppe I als weniger fruchtig (1,9) und butterähnlich (2,1) beurteilt, als in Gruppe II (3,1; 2,5).

Die Proben der Gruppe I waren im Mittel weniger ranzig (2,9), als in Gruppe II (3,6), der röstige (2,2 bzw. 2,6) und modrige (2,2 bzw. 2,7) Geruch war in beiden Gruppen ähnlich ausgeprägt. Der fleischige Geruch (1,9), der Geruch nach Kartoffelprodukten (2,8) und Gemüseprodukten (2,3) konnte in Gruppe II intensiver wahrgenommen werden, als in Gruppe I (1,4; 2,3; 1,6).

Fischiger (3,6) und stechender Geruch (2,2) waren in den Proben der Gruppe I im Durchschnitt intensiver wahrnehmbar, im Vergleich zu den Proben der Gruppe II (0,9 bzw. 1,3). Ein Grund dafür könnte die Tatsache sein, dass nur in den Fetten und Ölen der Gruppe I Fisch zubereitet wurde (Abb. 21).

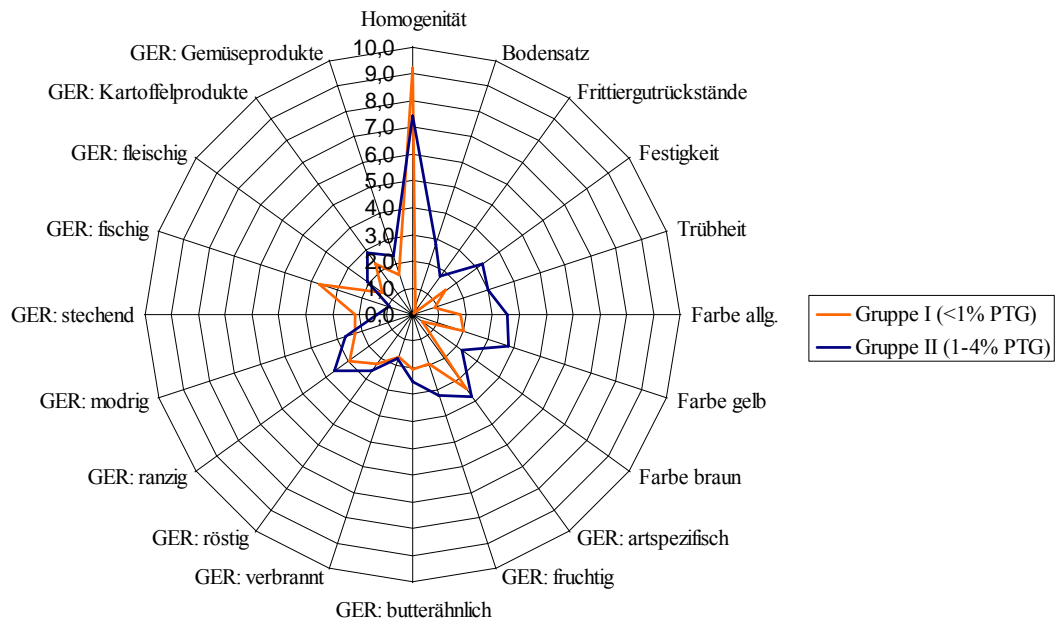


Abb. 21: Produktprofilvergleich: Mittelwerte der Gruppe I (Anteil PTG < 1 %) vs. Mittelwerte der Gruppe II (Anteil PTG 1-4 %)

Im direkten Vergleich der stärker mit PTG belasteten Gruppe III (Anteil PTG 5-10 %) und Gruppe IV (Anteil PTG > 10 %) war zu erkennen, dass die Proben der Gruppe IV im Mittel weniger homogen waren (7,4), sowie mehr Frittiergutrückstände aufwiesen (4,6) als die Proben der Gruppe III (8,9; 0,4).

Die Proben der Gruppe IV hatten im Mittel mehr Bodensatz (2,5), als die Proben der Gruppe III (1,6).

Die Fette der stärker belastete Gruppe IV waren fester und trüber (3,3; 3,6), als die Proben der Gruppe III (1,1; 2,5) (Abb. 22).

Bei den Fetten und Ölen der Gruppe III war die Intensität der Farbe im Mittel intensiver (5,7), als die stärker mit PTG belasteten Proben der Gruppe IV (3,0), daher konnte beobachtet werden, dass nicht nur der Belastungsgrad die Farbe des Fettes oder Öles beeinträchtigt, sondern auch das Frittiergut. Allerdings konnte statistisch durch die Berechnung mittels Kruskal-Wallis Test kein Zusammenhang zwischen der Intensität der Farbe und der Art des Frittiergutes erkannt werden (Abb. 23)

Fischiger (1,7) und stechender Geruch (1,8) wurden im Mittel in den Proben der Gruppe III intensiver, als in den Fetten und Ölen der Gruppe IV (0,8; 1,3) - obwohl in allen Fetten beider Gruppen Fisch bzw. Meerestiere frittiert wurden.

Der artspezifischen (4,5; 4,4), fruchtigen (2,2; 1,9) und butterähnlichen (2,0; 1,9) Gerüche der Proben wurden bei den Fettgruppen III und IV als ähnlich intensiv beurteilt.

Gleichzeitig wurde bei den Fetten der Gruppe III im Durchschnitt der röstige (2,8) und verbrannte (2,2) Geruch als schwächer beschrieben, im Vergleich zu den Fetten der Gruppe IV (1,8; 1,1).

Modriger und Ranziger Geruch wurde in der stärker mit PTG belasteten Gruppe IV (Anteil an PTG > 10 %) (2,8; 3,7) im Vergleich zu den Fetten und Ölen der Gruppe III (2,7, 3,1) intensiver wahrgenommen. (Abb. 22)

Der Geruch nach Kartoffel-, Gemüse- und Fleischprodukten wurde in der weniger belasteten Gruppe III – im Vergleich zur Gruppe IV (2,1; 1,6; 1,5) – entweder gleich oder etwas stärker wahrgenommen (3,0; 1,7; 2,4).

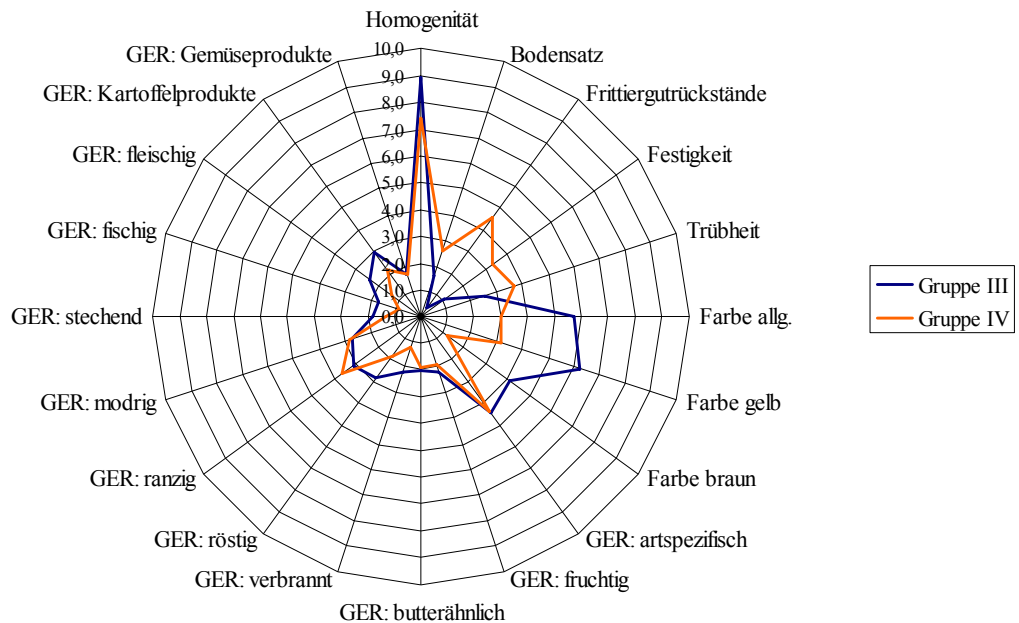


Abb. 22: Produktprofilvergleich: Mittelwerte der Gruppe III (Anteil PTG < 5-10 %) vs. Mittelwerte der Gruppe IV (Anteil PTG > 10 %)

4.2.6. Korrelationen der sensorischen Attribute und einigen anderen Parametern

Bei den Vergleichen der sensorischen Attribute wurden einige Fragen formuliert um eventuelle Zusammenhänge statistisch aufzeigen zu können.

- Hängen die Intensität der Farbe und die Art des Frittiergutes zusammen?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem röstigen Geruch und der Intensität der Farbe?
- Weisen hohe Intensitäten von artspezifischem, fruchtigem und butterähnlichem Geruch auf die Frische von Fetten hin? (vgl. mit Anteil an PTG)
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem fischigen Geruch der Proben und dem Vorhandensein von Linolensäure (C18:3)?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem fischigen Geruch der Proben und dem Vorhandensein von Linolsäure (C18:2)?
- Besteht eine Korrelation zwischen dem ranzigen Geruch und dem Gehalten an Ölsäure (C18:1), Linolsäure (C18:2) und Linolensäuren (C18:3) bzw. gibt es

Zusammenhänge mit den Gehalten an gesättigten Fettsäuren (SFA), einfach ungesättigten Fettsäuren (MUFA) und mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA)?

- g) Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem ranzigen Geruch und der Art des Frittiergutes? (z.B. ranzig vorwiegend bei Kartoffelprodukten als Frittiergut)
- h) Korreliert die Trübheit des Fettes mit dem ranzigen Geruch?
- i) Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem ranzigen Geruch und dem Vorhandensein von Frittiergutrückständen?
- j) Korreliert stark ranziger Geruch mit der Peroxidzahl (POZ)?

a) Hangen die Intensität der Farbe und die Art des Frittiergutes zusammen?

Der Kruskal-Wallis Test ergab, dass kein Zusammenhang zwischen der Intensität der Farbe und den verschiedenen Frittiergütern nachzuweisen war (Signifikanzniveau: $\alpha=0,05$) (Abb. 23).

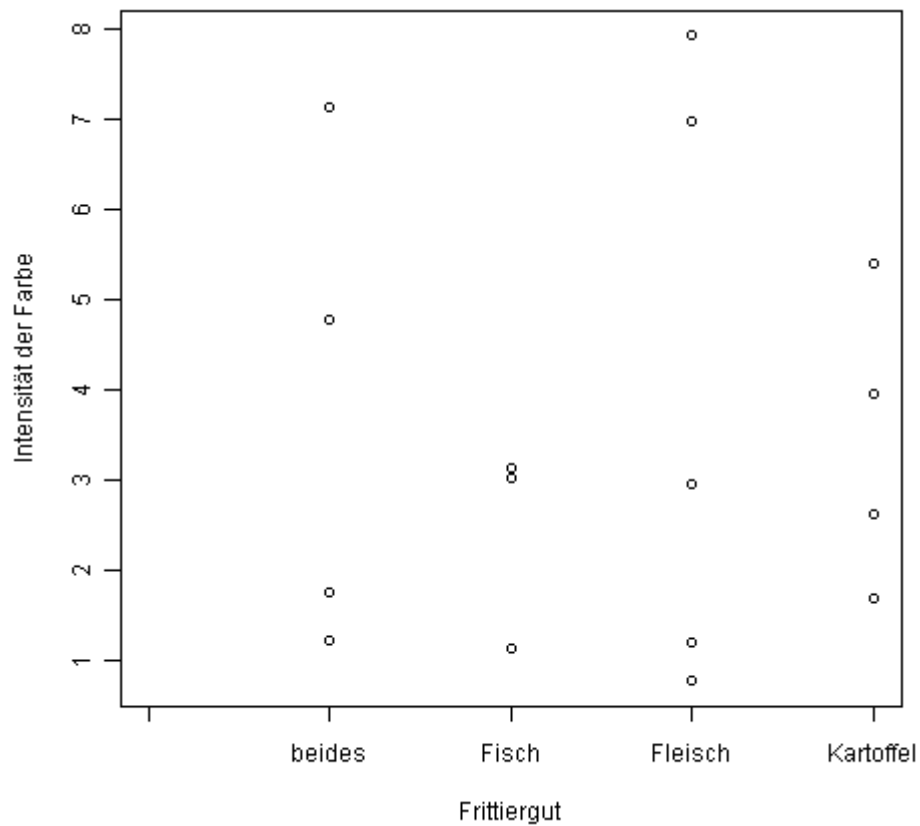


Abb. 23: Zusammenhang zwischen Frittiergut und Intensität der Farbe

b) Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem röstigen Geruch und der Intensität der Farbe?

Bei diesen zwei Variablen war kein Zusammenhang erkennbar.

röstig.Farbe.allg: Korrelationskoeffizient (r)=0,33; Konfidenzintervall (KI): -0,2024; 0,7074)

Da die Konfidenzintervalle 0 enthielten, konnte man davon ausgehen, dass es keinen linearen Zusammenhang gab.

Im Scatterplot war auch eindeutig ersichtlich, dass durch die starke Streuung der aufgetragenen Daten kein Zusammenhang zwischen dem röstigen Geruch und der Intensität der Farbe bestand (Abb. 24).

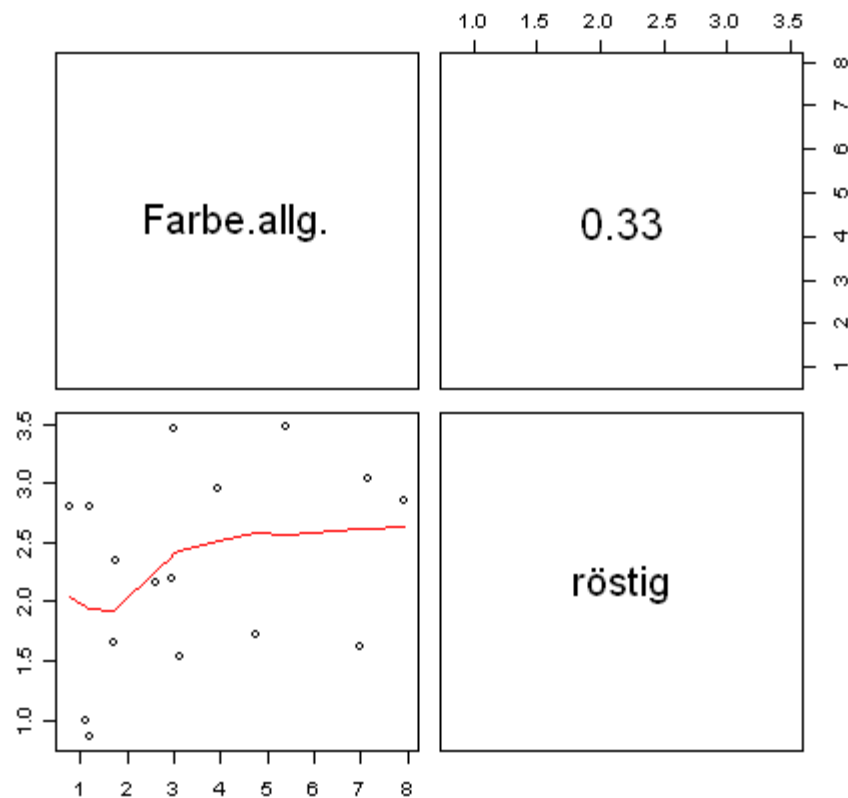


Abb. 24: Korrelation zwischen röstigem Geruch und Farbintensität, $n=16$

c) Weisen hohe Intensitäten von artspezifischem, fruchtigem und butterähnlichem Geruch auf die Frische von Fetten hin? (vgl. mit Anteil an PTG)

Basierend auf den 16 Beobachtungen gab es keinen Zusammenhang zwischen dem Anteil an PTG und den Gerüchen „artspezifisch“, „fruchtig“, „butterähnlich“.

PTG.artspezifisch: $r=0.23$; KI: (-0.3008; 0.6509)

PTG.fruchtig: $r=-0.28$ KI: (-0.6834; 0.2465)

PTG.butterähnlich: $r= -0.47$; KI: (-0.7838; 0.0319) (Abb. 25)

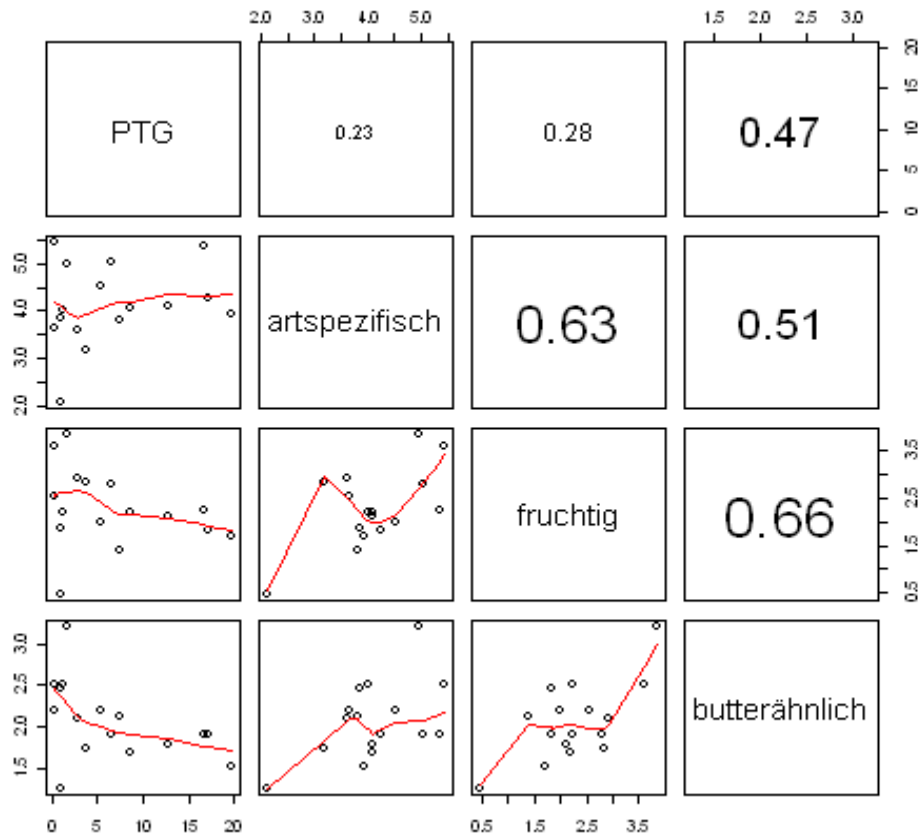


Abb. 25: Korrelationen von artspezifischem, fruchtigem, butterähnlichem Geruch mit dem Anteil an PTG

d) Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem fischigen Geruch der Proben und dem Vorhandensein von Linolensäure (C18:3)?

Es ergab sich eindeutig keinen Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein von Linolensäure und dem Auftreten eines fischigen Geruchs. Der Korrelationskoeffizient betrug $r = 0,05$. Zwischen den beiden Konfidenzintervallen lag die Zahl 0, was ebenfalls besagte, dass kein Zusammenhang bestand.

KI: (-0,4531; 0,5360) (Abb. 26)

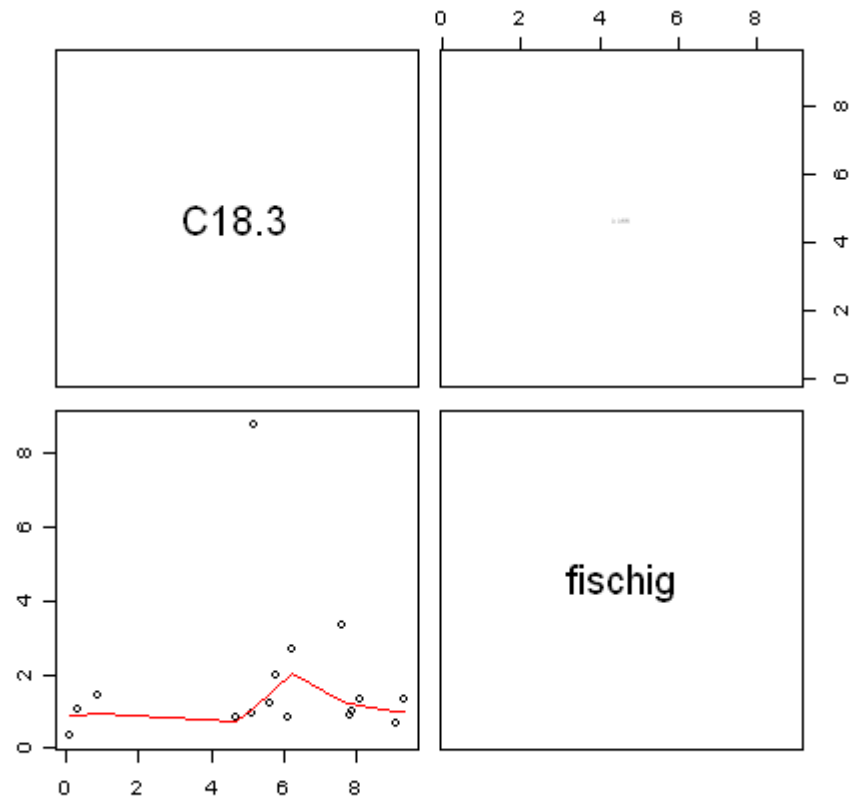


Abb. 26: Korrelation von fischigem Geruch und Linolensäure, n=16

e) **Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem fischigen Geruch der Proben und dem Vorhandensein von Linolsäure (C18:2)?**

Zwischen dem fischigen Geruch der Proben und dem Gehalt an Linolsäure (C18:2) konnte kein Zusammenhang erkannt werden.

Der Korrelationskoeffizient lag bei nur $r = 0,06$. Auch das Konfidenzintervall (KI) zeigte mit -0.4462 und 0.5422 keinen signifikanten Zusammenhang (Abb. 27).

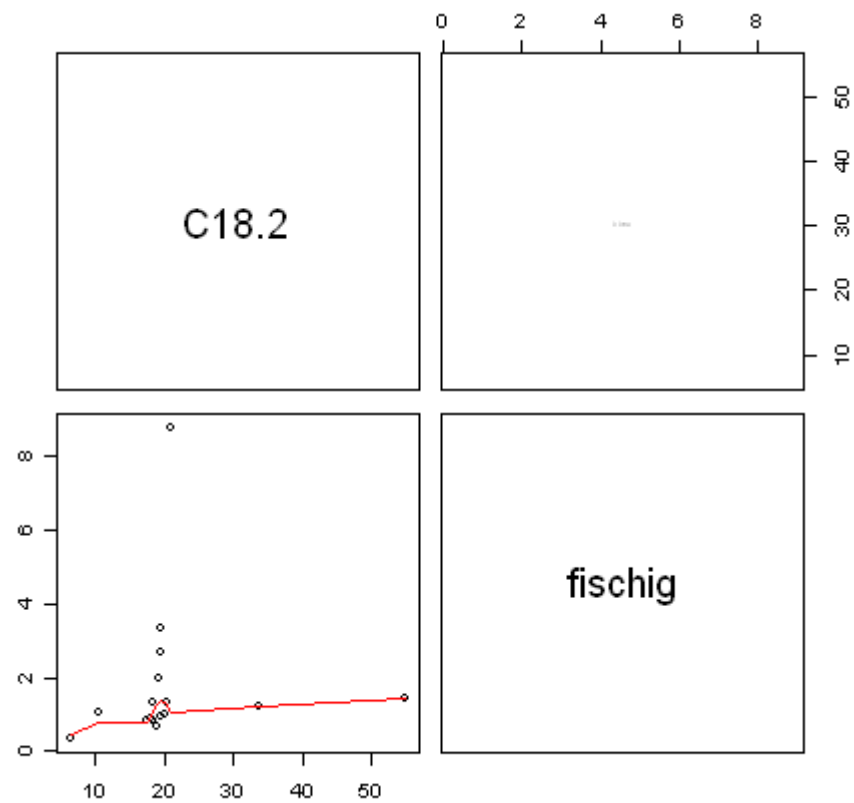


Abb. 27: Korrelation von fischigem Geruch und Linolsäure, n=16

f) Besteht eine Korrelation zwischen dem ranzigen Geruch und dem Gehalten an Ölsäure (C18:1), Linolsäure (C18:2) und Linolensäuren (C18:3) bzw. gibt es Zusammenhänge mit den Gehalten an gesättigten Fettsäuren (SFA), einfach ungesättigten Fettsäuren (MUFA) und mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA)?

Basierend auf den gemeinsamen Beobachtungen (n=16) war kein Zusammenhang zwischen ranzigem Geruch und dem Gehalt an Ölsäure, Linolsäure, Linolensäure erkennbar.

ranzig.C18.1: $r=-0.3352$; KI: -0.7125; 0.1925

ranzig.C18.2: $r=-0.3532$; KI: -0.7224; 0.1727

ranzig.C18.3: $r=-0.4639$; KI: -0.7802; 0.0413 (Abb. 28)

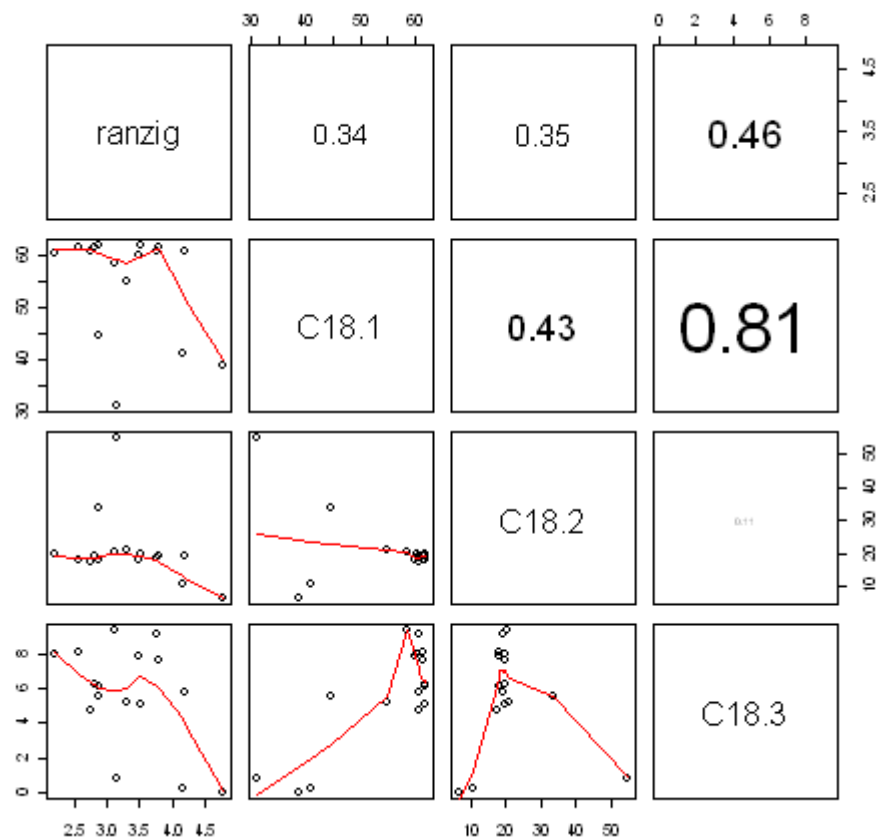


Abb. 28: Korrelation zwischen dem ranzigen Geruch und dem Gehalt an Ölsäure (C18:1), Linolsäure (C18:2) und Linolensäure (C18:3), n=16

Basierend auf den gemeinsamen Beobachtungen (n=16) gab es keinen Zusammenhang zwischen ranzigem Geruch und dem Gehalt an SFA, MUFA, PUFA. Der positive Zusammenhang zwischen ranzigem Geruch und SFA ($r=0,65$), der aus dem Scatterplot ersichtlich ist, wurde durch die zwei sehr hohen SFA Werte verursacht (Abb. 29). Ein deutlicher linearer Zusammenhang war aber aus der Grafik nicht erkennbar. Bei der Berechnung des Korrelationswertes nach Spearman (einer robusteren ausreißerunempfindlicheren Methode), ergab sich ein Korrelationskoeffizient von $r=0,28$.

ranzig SFA: $r=0,65$; KI: (0.2233; 0.8654)

ranzig MUFA: $r=-0,34$; KI: (-0.7142; 0.1892)

ranzig PUFA: $r=-0,48$; KI: (-0.7870; 0.0236) (Abb. 29)

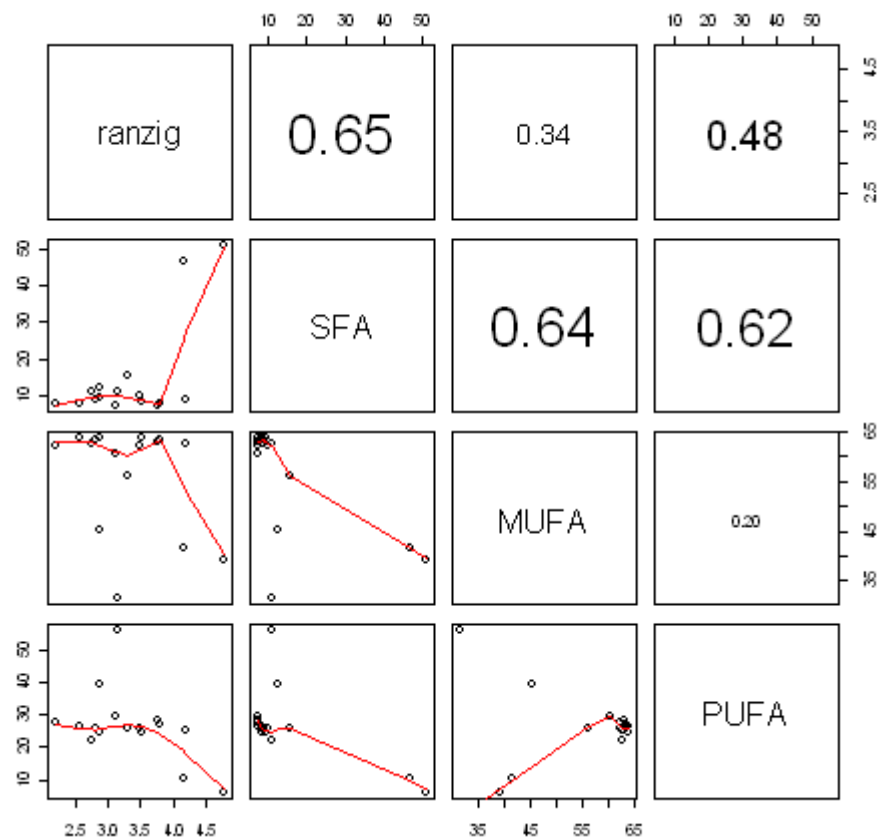


Abb. 29: Korrelation von ranzigem Geruch mit dem Gehalten an SFA, MUFA und PUFA, n=16

g) Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem ranzigen Geruch und der Art des Frittiergutes? (z.B. ranzig vorwiegend bei Kartoffelprodukten als Frittiergut)

Mit dem Kruskal-Wallis Test wurde getestet, ob es einen Unterschied im ranzigen Geruch bei den verschiedenen Frittiergütern gab.

Anhand der Grafik konnte gut erkannt werden, dass kein Unterschied nachweisbar war, da die Geruchsintensitäten der unterschiedlichen Proben große Streuung gezeigt haben (Signifikanzniveau: $\alpha=0,05$) (Abb. 30).

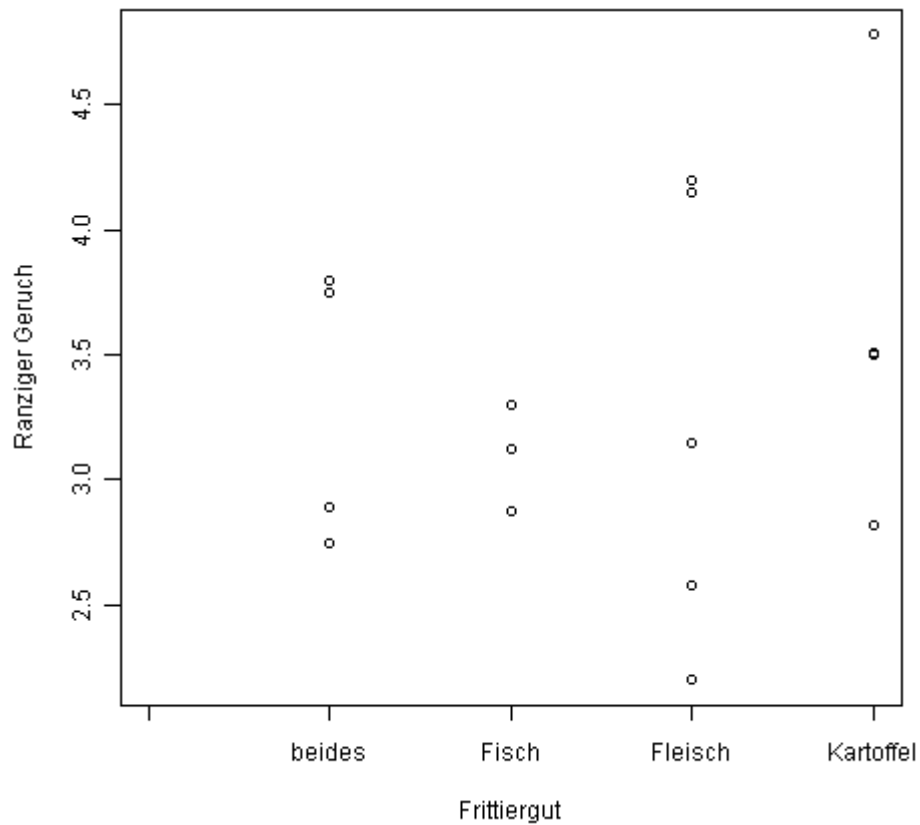


Abb. 30: Zusammenhang zwischen der Art des Frittiergutes und dem ranzigen Geruch, n=16

h) Korreliert die Trübheit des Fettes mit dem ranzigen Geruch miteinander?

Zwischen Trübheit des Fettes und dem ranzigen Geruch war basierend auf den n=16 Beobachtungen ein schwacher positiver Zusammenhang erkennbar.

Ranzig.Trübheit: $r=0,68$; KI: (0,2844; 0,8809) (Abb. 31)

Es konnte festgehalten werden, dass in vielen Fällen die Ranzigkeit mit der Steigerung der Trübheit des Fettes verbunden war.

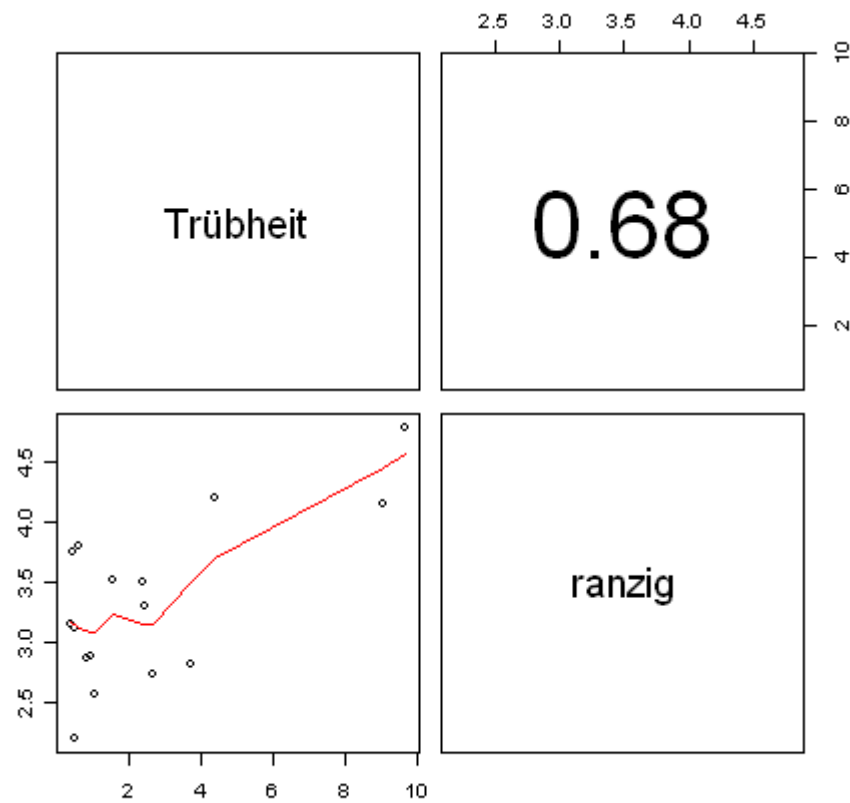


Abb. 31: Korrelation zwischen dem ranzigen Geruch und der Trübheit, n=16

i) Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem ranzigen Geruch und dem Vorhandensein von Frittiergutrückständen?

Bei diesen zwei Variablen wurde kein Zusammenhang erkannt.

Der Korrelationskoeffizient war sehr klein und lag bei $r = 0,23$. Wie man auch in dem Scatterplot sehen konnte, ergab sich keine Gerade aus der aufgetragenen Datenmatrix.

KI: (-0,2982; 0,6525) (Abb. 32)

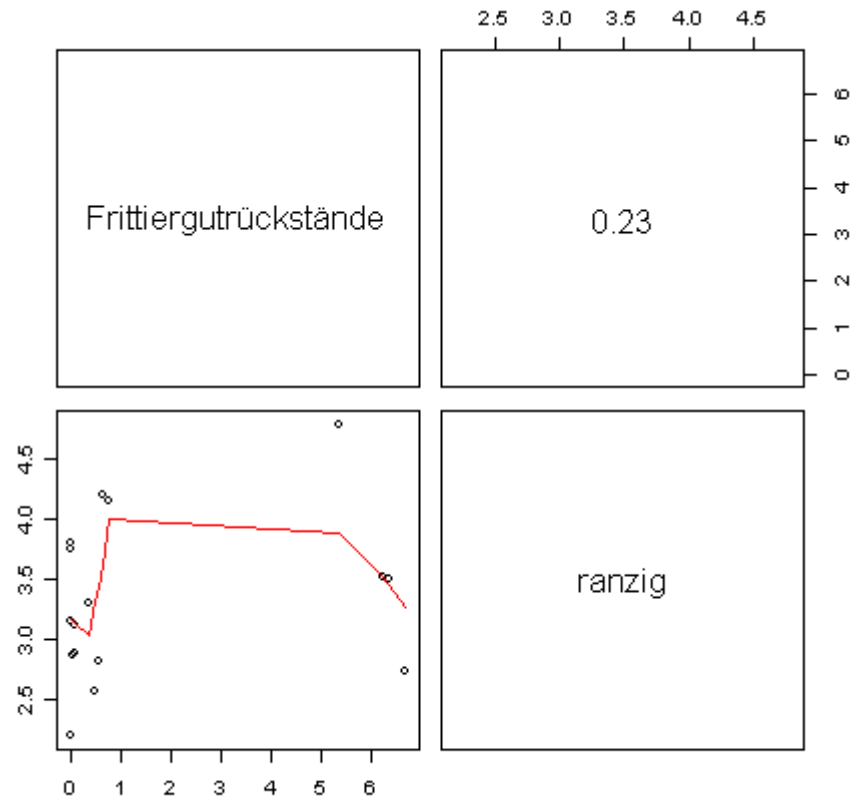


Abb. 32: Korrelation zwischen dem ranzigem Geruch und Frittiergutrückständen, n=16

j) Korreliert stark ranziger Geruch mit den Ergebnissen der Peroxidzahl (POZ)?

Es war kein Zusammenhang zwischen der Peroxidzahl (POZ) der Proben und dem ranzigem Geruch erkennbar.

Im Scatterplot ist ersichtlich, dass die Werte stark streuten und sich dadurch kein signifikanter, linearer Zusammenhang ergab.

Ranzig.Peroxidzahl: $r=0,31$; KI: $-0,2247$; $0,6956$ (Abb.33)

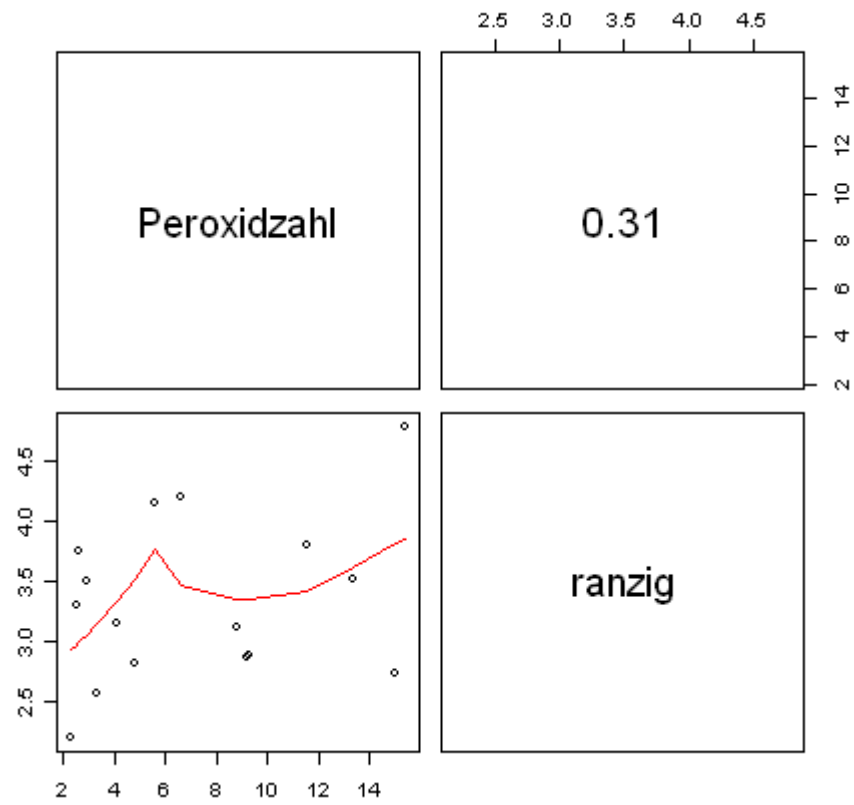


Abb. 33: Korrelation von ranzigem Geruch und Peroxidzahl, n=16

5. Schlussbetrachtung

Im Zuge der vorliegenden Arbeit wurden 41 Frittierfett/-ölproben analytisch untersucht. Es wurden 7 verschiedene Methoden angewandt, um herauszufinden, welche Parameter sich am besten für die Beurteilung der Proben eigneten bzw. welche vergleichbare Ergebnisse erzielten.

Aus den 41 untersuchten Proben überschritten 4 Proben den angegebenen Grenzwert von 27 % PTG und 3 Proben lagen über dem Grenzwert von 13 % TPM und waren somit als verdorben zu bewerten.

Die beste Korrelation zeigten die Ergebnisse des Anteils an polymerisierten Triglyceride (PTG) mit den Ergebnissen der polaren Anteile (TPM) im Frittierfett/-öl ($r=0,94$). Weiters erwies sich die Ermittlung der Anisidinzahl als guter Parameter für die Beurteilung von gebrauchtem Frittierfett. Die Anisidinzahl korrelierte sowohl mit dem Anteil an polymerisierten Triglyceriden ($r=0,89$) als auch mit den Ergebnissen der polaren Anteile ($r=0,78$). Die polaren Anteile korrelierten mit Rauchpunkt ($r=-0,73$).

Der Rauchpunkte zeigte eine schwach negative, jedoch signifikante Korrelation zu den polymerisierten Triglyceriden ($r=-0,59$) und zur Anisidinzahl ($r=-0,51$).

Die Säurezahl korrelierte mit den Werten der polymerisierten Triglyceride (PTG) ($r=0,73$) und dem polaren Anteil (TPM) der Proben ($r=0,77$).

Kein Zusammenhang ergab sich zwischen der Peroxidzahl und den anderen untersuchten Parametern.

Somit konnte aus den Ergebnissen entnommen werden, dass sich PTG und TPM als die am besten geeigneten Parameter zur Beurteilung von gebrauchten Frittierfetten ergeben haben. Auch die Anisidinzahl erwies sich als relevant und könnte zur Unterstützung der Ergebnisse der polymerisierten Triglyceride und der polaren Anteile verwendet werden. Allerdings kann ein Frittierfett nicht nur durch seine Anisidinzahl beurteilt werden, da noch keine Richtlinien oder Grenzwerte für die Beurteilung festgelegt wurden. Da die Ergebnisse der Rauchpunktanalysen nur mit TPM gut korrelierten, konnte die Bestimmung des Rauchpunktes nicht als Bewertungskriterium für gebrauchte Frittierfette empfohlen werden.

Außerdem könnten auch Anteile von sehr kurzkettigen Fettsäuren, wie z. B. Buttersäure im Butterfett oder auch freie Fettsäuren in reinen Fetten und Ölen zu niedrigen Rauchpunkten führen [http://www.dgfett.de/material/welches_fett.pdf, 2009].

Die Korrelation des Anteils an polymerisierten Triglyceriden mit der Säurezahl ($r=0,73$) war nicht stark ausgeprägt, daher ist die Beurteilung der Frittierfette mittels Säurezahl nicht zu empfehlen. Allerdings könnte sie, ähnlich wie die Anisidinzahl, unterstützend zu den Ergebnissen der polaren Anteile eingesetzt werden.

Die Peroxidzahl dagegen hatte keine Aussagekraft im Bezug auf Frittierfette und war daher für die Beurteilung nicht brauchbar.

Eine weitere Erkenntnis aus der vorliegenden Arbeit war, dass es keine Zusammenhänge zwischen den untersuchten Parametern wie der Peroxidzahl mit der Zusammensetzung des Fettes gab. Es bestand keine Korrelation zwischen der Peroxidzahl und dem Gehalt an Ölsäure ($r=0,23$), Linolsäure ($r=-0,21$) oder Linolensäure ($r=0,10$) in den Proben. Auch die Anteile an SFA, MUFA und PUFA wiesen keinen Zusammenhang mit der Peroxidzahl auf ($r=-0,10$; $0,23$; $-0,17$).

Der Gehalt an Transfettsäuren korrelierte nicht mit anderen Fettsäuren, wie gesättigten, einfach ungesättigten und mehrfach ungesättigten Fettsäuren. Aus den Ergebnissen der Cluster-Analyse war jedoch ersichtlich, dass Fette mit geringerem Gehalt an gesättigten Fettsäuren und höherem Gehalt an ungesättigten Fettsäuren einen weniger guten qualitativen Zustand zeigten, als andere.

Des Weiteren stellte sich die Frage, ob für bestimmtes Frittiergut vorwiegend eine bestimmte Art von Fett verwendet wurde. Auch hier konnten aus den vorhandenen Daten keine Zusammenhänge entnommen werden. Eventuell könnte man sagen, dass beim Frittieren von Fleisch am häufigsten (Pflanzen-)Öl verwendet wurde, ansonsten waren keine eindeutigen Tendenzen ersichtlich.

Bei der sensorischen Analyse (Quantitative Deskriptive Analyse) wurden 16 Fette und Öle in 4 Gruppen eingeteilt. Die Einteilung erfolgte nach den Gehalten an polymerisierten Triglyceriden in den Proben.

In den einzelnen Fett-Gruppen konnte von den trainierten Panelisten sehr gut erkannt werden, welche Proben stärker und welche weniger stark belastet waren, obwohl sich die PTG-Gehalte teilweise nur um ein Zehntel unterschieden.

Aus den Beurteilungen der sensorischen Analyse war ersichtlich, dass innerhalb einer Gruppe die weniger belasteten Proben einen höheren artspezifischen und butterähnlichen Geruch aufwiesen, während die stärker belasteten Fette eine höhere Intensität bei den Gerüchen „röstig“, „verbrannt“, „ranzig“ und „stechend“ zeigten. Eine signifikante Korrelation konnte aber nicht festgestellt werden.

Bei 16 Beobachtungen konnte statistisch kein Zusammenhang zwischen der Frische des Fettes gemessen anhand der PTG - Gehaltes und den Geruchsattributen „artspezifisch“ ($r=0,23$), „fruchtig“ ($r=-0,28$), „butterähnlich“ ($r=-0,47$) festgestellt werden, obwohl ersichtlich war, dass bei Proben, die weniger stark belastet waren, die oben genannten Geruchsattribute intensiver ausgeprägt waren.

Außerdem war bei den untersuchten Fetten aller 4 Gruppen ersichtlich, dass Proben mit derselben Fettart unterschiedliche Geruchsprofile aufwiesen. Beispielsweise wurde in der Gruppe IV die Probe P (12,8% PTG) als weniger stark belastet eingestuft, als die Probe N (17,2% PTG) – obwohl beide Proben aus derselben Fettart (Tafelöl) bestanden. Dies könnte auf das Frittiergut oder die Dauer der Verwendung zurückzuführen sein.

Der fischige Geruch korrelierte nicht mit den Gehalten an Linol- ($r=0,06$) und Linolensäure ($r=0,05$) in den Proben.

Der ranzige Geruch korrelierte nicht signifikant mit den Gehalten an Ölsäure, Linol- und Linolensäure ($r=-0,34$; $r=-0,35$ $r=-0,46$), sowie dem Anteil an SFA, MUFA und PUFA ($r=0,65$; $r=-0,34$; $r=-0,48$).

Weiters war am Beispiel einiger Proben (z.B. Probe B und C der Gruppe I - PTG-Gehalt <1 %) – erkennbar, dass der Zustand des Fettes nicht vom Frittiergut abhängig war. In beiden Fetten wurde Fisch frittiert, wobei qualitativ sehr große Unterschiede merkbar waren. In der weniger belasteten Probe C (PTG 0,3 %) war der fischige Geruch kaum wahrnehmbar (1,4), während in der stärker belasteten Probe B (0,9 % PTG) der fischige Geruch wesentlich intensiver ausgeprägt war (8,8).

In den Fetten und Ölen der höher belasteten Gruppen III (PTG 5-10 %) und IV (PTG >10 %) konnte vom Geruch des Frittierrfettes auf das Frittiergut geschlossen werden. In der Gruppe III, mit dem PTG-Gehalt von 5-10 %, konnte der Geruch des Frittierrgutes sehr intensiv wahrgenommen werden. Des Weiteren zeigten die Proben der Gruppe IV (PTG >10 %) mehr Bodensatz und mehrere Frittierrgutrückstände.

Die Proben mit einem höheren Gehalt an polymerisierten Triglyceriden waren trüber und fester und wiesen allgemein eine stärkere Intensität der Farbe auf, im Vergleich zu den weniger belasteten Proben der jeweiligen Gruppe.

Die Art des Frittiergutes zeigte aber bei der statistischen Berechnung nach Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$) keinen Einfluss auf die Farbe des Frittiermediums. Die Intensität der Farbe korrelierte auch nicht signifikant mit dem röstigen Geruch ($r=0,33$).

Weiters die Intensität des ranzigen Geruchs korrelierte nicht mit Vorhandensein von Frittiergutrückständen ($r=0,23$), der Art des Frittiergutes (Kruskal-Wallis Test; $\alpha=0,05$) und der POZ ($r=0,31$). Es konnte jedoch eine signifikante, nicht allzu starke Korrelation ($r=0,68$) des ranzigen Geruchs mit der Intensität der Trübheit festgestellt werden.

Zusammenfassend konnte festgehalten werden, dass sich die sensorische Analyse zusammen mit den analytischen Parametern PTG und TPM sehr gut zur Beurteilung von gebrauchten Frittierfetten eignete, da Ergebnisse sehr gut miteinander korrelierten.

6. Zusammenfassung

Frittieren ist eine der am häufigsten verwendeten Garmethoden in der Lebensmittelindustrie. Die Qualität der Fette und Öle, die für den Frittiervorgang verwendet werden, hat Einfluss auf das Endprodukt und ist daher ein wichtiges Kriterium dieser Zubereitungsart.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Status der Frittierfette aus Wiener Imbissständen und Fast Food-Restaurants zu erheben und gleichzeitig zu ermitteln, welche chemische Analysemethode für die Beurteilung der Qualität von gebrauchten Frittierfetten am besten geeignet ist. Weiters wurde anhand der Quantitativen Deskriptiven Analyse die Ausprägung der Aussehens- und Geruchseigenschaften der Fette und Öle evaluiert, um feststellen zu können, ob eine sensorische Analyse im Bereich der Qualitätsbeurteilung der Frittierfette aussagekräftig ist und ob die Ergebnisse der sensorischen und analytischen Untersuchungen miteinander korrelierten. In Zusammenarbeit mit der Wiener Lebensmittelaufsicht wurden im Mai 2009 insgesamt 41 Fett- und Ölproben aus verschiedensten Imbissen und Restaurants gezogen. Die Analyse durch chemisch-analytische Methoden erfolgte in der Lebensmitteluntersuchungsanstalt (ILMU) der Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit (AGES) in Graz, die sensorische Analyse wurde am Institut für Ernährungswissenschaften der Universität Wien durchgeführt. Unter den angewandten Standardmethoden waren die Messung des Anteils an polymerisierten Triglyceriden (PTG), des polaren Anteils (TPM), außerdem die Ermittlung Fettkennzahlen Säurezahl (SZ), Peroxidzahl (POZ) und Anisidinzahl (AV), sowie auch der Rauchpunkt und die Ermittlung des Fettsäuremusters der Proben, inklusive die Ermittlung der Transfettsäuren (TFA).

Im Zuge der sensorischen Analyse wurde eine Quantitative Deskriptive Analyse (QDA) durchgeführt. Ein Panel aus 10 geschulten Personen beurteilte die Intensität der 16 ausgewählten Frittierfette im Bezug auf Geruch und Aussehen mit Hilfe einer 10-stufigen Skala.

Die statistischen Erhebungen erfolgten mit der Open Source Software R.

Aus den 41 zu bewertenden Proben überschritten 4 Proben den angegebenen Grenzwert von 27 % PTG bzw. 3 Proben den Grenzwert von 13 % TPM und waren somit verdorben. 3 der 41 Fette überschritten den neu in Österreich festgelegten Grenzwert für Transfettsäuren von 2 g Transfettsäuren/kg Fett.

Die Ergebnisse der analytischen Untersuchungen zeigten, dass PTG und TPM ($r=0,94$) sowie die beiden Parameter und die Anisidinzahl (AV) ($r=0,89$; $0,78$) am besten miteinander korrelierten. Weniger gute Korrelationen zeigten die Analyten PTG, TPM mit der Säurezahl ($r=0,73$; $0,77$) und dem Rauchpunkt ($r=0,59$; $0,73$) bzw. keine Korrelation mit der Peroxidzahl (POZ) ($r=0,44$; $0,31$).

Zwischen den Gehalt an verschiedenen Fettsäuren und den anderen untersuchten Parametern gab es keine signifikanten Zusammenhänge.

Bei der sensorischen Analyse wurden 16 Proben in 4 Gruppen, gemäß ihrem PTG-Gehalt eingeteilt und evaluiert. Es konnte festgestellt werden, dass die Aussehensattribute sehr gut mit dem Gehalt an PTG korrelierten. Stärker belastete Proben zeigten in den meisten Fällen eine intensivere gelbe Farbe, waren trüber und enthielten größere Mengen an Frittiergutrückständen. Außerdem konnte eine signifikante Korrelation des ranzigen Geruchs mit der Intensität der Trübheit festgestellt werden ($r=0,68$).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich die analytischen Parameter PTG, TPM und Anisidinzahl (AV) am besten zur Beurteilung von gebrauchten Frittierfetten eignen. Rauchpunkt, Säurezahl (SZ) und Peroxidzahl (POZ) stellten sich für die Beurteilung der Fettproben als unbrauchbar heraus.

Die Ergebnisse der Quantitativen Deskriptiven Analyse zeigten eine gute Korrelation zwischen den Geruchs- bzw. Aussehensattributen und PTG. Merkmale des Aussehens, wie die Intensität der Farbe oder der Trübheit sind aber als alleiniges Beurteilungskriterium für die Lebensmittelkontrolle nicht geeignet. Zusätzlich zu den gerade erwähnten analytischen Parametern ist die sensorische Analyse jedoch eine sehr nützliche Methode, um die Qualität von Frittierfett zu evaluieren.

7. Summary

Deep-fat frying is one of the most dynamic processes in the food industry. The quality of the fats and oils used in this manufacture affects the final product and receives therefore justified attention.

The aim of this work was to examine the quality of used deep frying fats and oils, and find out, which analytical method is the most qualified to evaluate the quality of used frying fat. Furthermore applying Quantitative Descriptive Analysis (QDA) the intensity of appearance and odour descriptors were set to find out if there are correlations between the results of analytical and sensory analysis and to answer the question if sensory analysis is useful for evaluating quality of frying fat.

41 deep frying fat and oil samples were collected from restaurants and fast food outlets by food health inspectors in Vienna in May 2009. Analytical determinations were held in the Institute for Food Control (ILMU) of the Austrian Agency for Health and Food Safety (AGES) in Graz, the sensory evaluation took place at the Department of Nutritional Science of the University of Vienna.

Analytical methods included polar compounds (TPM), polymerized triglycerides (PTG), acid value (SZ), peroxide value (POZ), smoke point, anisidine value (AV) and fatty acids including trans fatty acids (TFA) which were measured by standard methods. Sensory analysis was done by using Quantitative Descriptive Analysis. Ten trained panelists evaluated over 2 sessions the intensity of appearance and odour descriptors on the 10 unit scale. Statistical evaluation was performed with open source software R.

Among 41 investigated samples three of them were deteriorated, because they exceeded the Austrian limit of 27 % total polar material (TPM) and 4 samples contained more than 13 % polimerized triglycerides (PTG). Three samples exceeded the new Austrian maximum level of 2 g trans fatty acids/kg.

The analytical results showed strong correlations between the two analytes PTG and TPM ($r=0,94$) and between PTG, TPM and the anisidine value (AV) ($r=0,78$; $0,89$). PTG and TPM showed only a slight correlation with acid value (SZ) ($r=0,73$; $0,77$) and smoke point ($r=0,59$; $0,73$) and no significant correlation with peroxide value (POZ) ($r=0,44$; $0,31$). The content of different fatty acids did not significantly correlate with any of the other determined parameters.

Sensory analysis was performed on 16 samples which were divided into 4 groups in respect of their PTG content. A strong correlation were observed between the descriptors of appearance and PTG. Frying fat which has been used more often tended to darker colour, was cloudy and contained more residues of fried food.

Furthermore there has been a significant correlation between the odour descriptor “rancid” and the intensity of turbidity ($r=0,68$).

In summary, the most relevant parameters for proofing quality of a used frying fat or oil were PTG, TPM and anisidine value. Smoke point, acid value and peroxide value turned out to be inadequate parameters.

The results of the Quantitative Descriptive Analysis showed a correlation to PTG. Appearance properties like colour or turbidity and residues of fried food proved not to be suitable parameters for an official food control laboratory, but in addition to analytical determination, the sensory analysis is a very useful method for quality evaluation of used frying fat.

8. Literaturverzeichnis

ANDRIKOPOULOS, N., K.; BOSKOU, G.; DEDOISSIS, G., V., Z.; CHIOU, A.; TZAMTZIS, V., A.; PAPATHANASIOU, A.; Quality assessment of frying oils and fats from 63 restaurants in Athens, Greece, *Food Service Technology*, 2003, 3, 49-59

ARENS M., BÖLSCHE U.; Äußere Beschaffenheit – Sensorische Prüfungen – Gemeinschaftsarbeit der DGF, 141. Mitteilung: Deutsche Einheitsmethoden zur Untersuchung von Fetten und Fettprodukten, Tensiden und verwandten Stoffen, 108. Mitteilung: Analyse von Fetten XXXII, *Fat Science Technology*, 1995, Jahrgang 97, Nr. 3, 112-115

BELITZ, H.-D.; GROSCH, W., *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*, 4. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, 1992

BELITZ, H.D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P.: *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*. Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg, New York 2001: 537-550

BILLEK G., Die Veränderungen von Nahrungsfetten bei höheren Temperaturen, *Fat Science Technology* 1992, 94, 161-172

BLUMENTHAL, M. M.: Symposium: The Chemistry and Technology of Deep Fat Frying 1. A New Look at the Chemistry and Physics of Deep Fat Frying, *Food Technology* 1991, 42, 68-71

BREWER M. S., VEGA J. D., PERKINS E. G.; Volatile Compounds and sensory characteristics of frying fats, *Journal of Food Lipids*, 1999, 6, 47-61

BRINKMANN, B.; Quality criteria of industrial frying oils and fats, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2000, 102, 539-541

BRÜHL, L.; Möglichkeiten des Nachweises und Bestimmung von Off-Flavor Komponenten in Ölen, Betrug bei Lebensmitteln – Möglichkeiten der Fettanalytik, Seminar, Stand: 3. November 2009

BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT, Verordnungsentwurf des Bundesministeriums für Gesundheit über den Gehalt an trans-Fettsäuren in Lebensmitteln (trans-Fettsäuren-Verordnung), Ernährung/Nutrition, 2009, 33, 272-274

BVL (Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit), Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach § 35 LMBG Methode L 13.00 – 5, Untersuchung von Lebensmitteln - Tierische und pflanzliche Fette und Öle - Bestimmung der Säurezahl und der Acidität, 2000

CAA (CODEX ALIMENTARIUS AUSTRIACUS), Beurteilung von Speisefetten, Speiseölen, Frittierfetten, Streichfetten und anderen Fetterzeugnissen sowie Margarinekäse, Margarineaufstrich und Fettaufstrich, (Österreichisches Bundeskanzleramt), Verlag Brüder Hollinek, Purkersdorf; 1996, Kapitel B 30, 3. Auflage, 27-34

CHANG, S. S.; PETERSON, R. J.; HO, C.-T.: Chemical Reactions Involved in the Deep Fat Frying of Foods, Journal of the American Oil Chemists' Society 1978, 55, 718-727

CLARK, W. L.; SERBIA, G. W.: Symposium: The Chemistry and Technology of Deep Fat Frying, 4. Safety Aspects of Frying Fats and Oils, Food Technology 1991, 42, 84-89

DERNDORFER, E.; Lebensmittelsensorik, Facultas Universitäts-Verlag, Wien, 2006, 126

DGF (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR FETTFORSCHUNG), Einheitsmethoden, Bestimmung des Rauchpunktes, Abteilung C – Fette, C-IV 9, 2002 a

DGF (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR FETTFORSCHUNG), Einheitsmethoden (8. Erg.-Lfg.); Bestimmung geringer Gehalte an polymerisierten (dimeren und oligomeren) Triglyceride 2002 b, Abteilung C-Fette, C-III 3d (02), 1-10

DGF (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR FETTFORSCHUNG), Einheitsmethoden, (8. Erg.-Lfg.); Bestimmung der polymerisierten Triglyceride in thermisch stark belasteten Fetten und Ölen (Frittierfette)2002 c, Abteilung C-Fette, C-III 3c (02), 1-6

DGF (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR FETTFORSCHUNG), Einheitsmethoden, Bestimmung der polaren Anteile in Frittierfett und -ölen mittels Mikromethode nach Schulte, Abteilung C – Fette, C-III 3e, 2006

DGF (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR FETTFORSCHUNG), Einheitsmethoden, Bestimmung der Peroxidzahl in Fetten und Ölen, Abteilung C – Fette, C-VI 6a, 2002 d

DGF (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR FETTFORSCHUNG), Einheitsmethoden, Fettsäureanalyse, Abteilung C – Fette, C-VI 10a, 1987

DGF (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR FETTFORSCHUNG), Einheitsmethoden, Bestimmung der Fettsäure-Methylester (alkalische Umesterung), Abteilung C – Fette, C-VI 11 d, 1998 a

DGF (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR FETTFORSCHUNG), Einheitsmethoden, Bestimmung der Fettsäure-Methylester (TMSH-Methode), Abteilung C – Fette, C-VI 11 e, 1998 b

DGF (DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR FETTFORSCHUNG), Recommendations for frying oils. 3rd International Symposium on deep-fat frying, optimal operations. March 20-21: Hagen/Westphalia: Germany, European Journal of Lipid Science and Technology, 2000, 102:594

DOBARGANES, C.; MÁRQUEZ-RUIZ, G.; VELASCO, J.; Interactions between fat and food during deep-frying, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2000, 102, 521-528

DULLER, C.; Einführung in die nichtparametrische Statistik mit SAS und R – Ein anwendungsorientiertes Arbeitsbuch, Physica-Verlag, Heidelberg, 2008, 214ff

ELMADFA, I.; LEITZMANN, C.; Ernährung des Menschen, Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 4. Auflage, 2004, 118 f

FILLION, L.; HENRY, C. J. K.; Nutrient losses and gains during frying: a review, *International Journal of Food Science and Nutrition*, 1998, 49, 157-168

GERTZ C., Chemie und Physik des Frittierens, In: Workshop “Frittieren, Backen, Braten”, Deutsche Gesellschaft für Fett, 2006, Wien

GERTZ C., Fundamentals on Deep-Fat Frying, European Federation for the science and technology of lipids, Workshop Deep Frying, 2003, Frankfurt, Germany

GERTZ C., Veränderung von Fetten und Ölen beim Erhitzen und bei der Lagerung, Chemisches Untersuchungsamt Hagen, 2000

GERTZ, C.; Chemical and physical parameters as quality indicators of used frying fats, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2000, 102, 566-572

GERTZ, C.; Determination of polymerized triglycerides content in deep-frying fats and oils, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2001, 103, 114-116

GERTZ, C.; KLOSTERMANN, S.; PARKASH-KOCHHAR, S.; Testing and comparing oxidative stability of vegetable oils and fats at frying temperature, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2000, 102, 543-551

GERTZ, C.; Möglichkeiten der Beurteilung von Speisefetten und Ölen nach dem nationalen Lebensmittelrecht, Fat Science Technology, 1991, Jg. 93, 487-490

GOWRI B. S., BEGUM K., SARASWATHI G., PRAKASH J.; Effekts of additives on fat uptake and sensory quality of deep fried foods, Nutrition & Food Science, 2008, 38, 3, 222-228

HACK, D. M.; BORDI P. L. JR; HESSERT S. W. JR ; Nutrition, sensory evaluation, and performance analysis of hydrogenated frying oils, International Journal of Food Sciences and Nutrition, 2009, 60, 8, 647-661

<http://dfa.leb.chemie.tu-muenchen.de/DJahr1991.html#Index>, Stand: 27. 11.2009

<http://fst.osu.edu/min/821%20Power%20Points-1-26-07/12.%20Deep%20Fat%20Frying%20Chemistry.ppt>, Stand: 11.2.2009

<http://www.aid.de>, Stand: 22.11.2009

<http://www.criticalcare.at/Statistik/Konfidenzintervall.htm>, Stand: 15.9.2009

<http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=163>, Stand: 12.08.2009

http://www.dgfett.de/material/frittierempfehlungen_dgf.pdf, GERTZ C., MATTHÄUS B.; Stand: 14.04.2009

<http://www.dgfett.de/material/hagen2004/kochhar.pdf>, KOCHHAR S.P., GERTZ C., Stand: 16.02.2009

<http://www.dgfett.de/material/sensorik.pdf>, BÖRS, L.; Stand: 26.3.2009

http://www.dgfett.de/material/welches_fett.pdf, MATTHÄUS, B.; Stand: 28.09.2009

<http://www.eurotronik.de/frittieroel-qualitaet.htm>, Stand: 16.02.2009

http://www.fettqualität.de/frittierprozess_de.htm#Frittierprozess, Stand: 10.2.2009

http://www.lgl.bayern.de/lebensmittel/frittierfett_2008.htm#beurteilung, Stand:
24.03.2009

http://www.molar.unibe.ch/help/statistics/SPSS/28_Clusteranalyse.pdf, Stand:
15.9.2009

<http://www.testo.com>, Stand: 24.03.2009

http://www.ufop.de/downloads/RZ_Praxisinfo_Qualitaet.pdf, MATTHÄUS, B.;
BRÜHL, L.; Stand: 27.11.2009

<http://www.veoe.org/Acrylamid.htm>, Stand: 16.2.2009

ISO-STANDARD 6885, (Europäisches Komitee für Normung), Tierische und
pflanzliche Fette und Öle – Bestimmung der Anisidinzahl, 2006, 1-10

ISO-STANDARD 8589, Sensory Analysis – General guidance for the design of test
rooms, 1988

ISO-STANDARD 8586, Sensory Analysis – General guidance for the selection,
training and monitoring of assessors, 1993, Part 1-selected ass.

ISO-STANDARD 16391, (International Organization for Standardization), Animal and
vegetable fats and oils – Determination of polymerized triglycerides by high-
performance size-exclusion chromatography (HPSEC), 2002

KALLWEIT, E.; FRIES, R.; KIELWEIN, G.; SCHOLTYSSEK, S.: Qualität tierischer
Nahrungsmittel. Ulmer Verlag, Stuttgart 1988: 293-345.

KOLANOWSKI, W.; JAWORSKA, D.; WEISSBRODT, J.: Importance of instrumental and sensory analysis in the assessment of oxidative deterioration of omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acid-rich foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 2007; 87: 181-191

KRIST, S.; BUCHBAUER, G; KÖNIG, J.; KLAUSBERGER, C.; *Lexikon der pflanzlichen Fette und Öle*; Verlag Springer Wien, 2008

KROKIDA, M., K., OREOPOULOU, V.; MAROULIS, Z., B.; Water loss and oil uptake as a function of frying time, *Journal of Food Engineering*, 2000, 44, 39-46

LANDERS, R. E.; RATHMANN, D. M., *Journal of the American Oil Chemists' Society* 1981, 58, 255

LUECKL, J.; BLODER O.; Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit AGES, Prüfvorschrift SOP P033, Version 01, 2006

LUECKL, J.; LEDOLTER, A.; Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit AGES, Prüfvorschrift SOP P020, Bestimmung der Säurezahl und der freien Fettsäuren in Speisefetten und Speiseölen, volumetrisch, Version 02, 2003a

LUECKL, J.; LEDOLTER, A.; Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit AGES, Prüfvorschrift SOP P030, Bestimmung der Peroxidzahl in Speisefetten und Speiseölen, volumetrisch, Version 03, 2003 b

LUECKL, J.; LEDOLTER, A.; Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit AGES, Prüfvorschrift SOP P104, Bestimmung des Rauchpunktes in Frittierfetten und –ölen, visuell, Version 02, 2003 c

MÁRQUEZ-RUIZ, G.; JORGE, N.; MARTÍN-POLVILLO, M.; DOBARGANES, M., C.; Rapid, quantitative determination of polar compounds in fats and oils by solid-phase

extraction and size-exclusion chromatography using monostearin as international standard, *Journal of Chromatography A*, 1996, 749, 55-60

MÁRQUEZ-RUIZ, G.; TASIOULA-MARGARI, M.; DOBARGANES, M., C.; Quantitation and Distribution of Altered Fatty Acids in Frying Fats, *Journal of the American Oil Chemist's Society*, 1995, 72, 10, 1171-1176

MASKAN, M., Change in colour and rheological behaviour of sunflower seed oil during frying and after adsorbent treatment of used oil, *European Food Research Technology*, 2003, 218, 20–25

MELTON, S.L.; JAFAR, S.; SYKES, D.; TRIGIANO, M. K.: Review: Review of Stability Measurements for Frying Oils and Fried Food Flavor, *Journal of the American Oil Chemists's Society* 1994, 71, 1301-1308

MIN, D., B.; SMOUSE, T., H.; Flavour Chemistry of Fats and Oils, *The American Oil Chemist's Society*, 1986, 209-224

NGUYEN H. T. T., POKORNÝ J., Sensory evaluation of stored and rancid edible oils, *Nahrung*, 1998, 42, 6, 409-411

PARADIS, A. J.; NAWAR, W. W., *Journal of Food Science* 1981, 46, 449

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2009, ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

SAGUY I. S.; DANA D.; Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition health and consumer aspects, *Journal of Food Engineering* 2003, 56, 143-152

SCHMID, M.; ISENGARD, H.-D.; Methodenvergleich zur Charakterisierung thermisch veränderter Fritierfette und -öle, *Zeitung für Ernährungswissenschaft*, 1998, 37:164-170

STEVENSON, S. G.; VAISEY-GENSER, M.; ESKIN, N. A. M.: Quality Control in the Use of Deep Frying Oils, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 1984, 61, 1102-1108

STIER, R. F., Chemistry of frying and optimization of deep-fat fried food flavour – An introductory review, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2000, 102, 507–514

STONE, H.; Sidel, J; Oliver, S.; Woolsey, A.; Singleton, R.C.; Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis, *Food Technology*, 1974, 28, 24-33

TAKEOKA, G., R.; FULL, G., H.; DAO, L., T.; Effect of Heating on Characteristics and Chemical Composition of Selected Frying Oils and Fats, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1997, 45, 3244-3249

TESTO AG, Frittieröltester testo 265, Bedienungsanleitung, 2007, 4-8

TYAGI, V., K.; VASISHTHA, A., K.; Changes in the Characteristics and Composition of Oils during Deep-Fat Frying, *Journal of the American Oil Chemist's Society*, 1996, 73, 4, 499-506

VITRAC, O.; TRYSTRAM, G.; RAOULT-WACK, A.-L.; Deep-fat frying of food: heat and mass transfer, transformations and reactions inside the frying material; *European Journal of Lipid Science and Technology*, 2000, 102, 529-538

WARNER, K.; ESKIN, N., A., M.; Factors Affecting Oil Quality and Stability, In: *Methods to assess quality and stability of oil and fat-containing food*, The American Oil Chemist's Society, AOCS Press, United States of America, 1995, 17 f

WKÖ (WIRTSCHAFTSKAMMER ÖSTERREICH), FIAA (FOOD INDUSTRIES ASSOCIATION OF AUSTRIA), Frittierempfehlungen, Verband der Speiseöle und Fettindustrie, 2006

XIN-QING XU, VIET HUNG TRAN, PALMER M., WHITE K., SALISBURY P.;
Chemical and Physical Analyses and Sensory Evaluation of Six Deep-Frying Oils,
Journal of the American Oil Chemists' Society, 1999, 76, 9, 1091-1099

Anhang

Tab. 8: Anteile der polymerisierten Triglyceride (PTG) in den Proben, n=41, Mittelwert und Standardabweichung

PTG-Anteil					
Probennr.	polymere TG (Peakfläche) ⁷	monomere TG (Peakfläche) ⁸	PTG %	MW	Stabw
1	49,5	197,5	20,0	19,8	0,28
	44,5	182,1	19,6		
2	10,3	256,2	3,9	3,7	0,27
	9,6	266,1	3,5		
3	21,9	233,7	8,6	8,5	0,16
	22,3	245,2	8,3		
4	9,3	286,6	3,1	3,0	0,25
	7,2	250,3	2,8		
5	9,1	243,3	3,6	3,8	0,21
	11,0	271,0	3,9		
6	15,2	262,3	5,5	5,4	0,17
	14,4	260,8	5,2		
7	20,5	246,6	7,7	7,8	0,21
	20,4	235,5	8,0		
8	19,1	253,8	7,0	6,6	0,56
	16,7	252,3	6,2		
9	5,4	241,1	2,2	1,8	0,50
	3,4	226,7	1,5		
10	7,5	230,9	3,1	2,8	0,50
	5,6	223,7	2,4		
11	5,9	268,5	2,2	1,6	0,75
	3,1	280,1	1,1		
12	3,1	303,3	1,0	0,9	0,14
	2,2	267,3	0,8		
13	4,9	225,3	2,1	2,5	0,53
	7,0	235,7	2,9		
14	4,0	259,6	1,5	1,4	0,10
	3,8	273,6	1,4		
15	16,3	258,2	5,9	5,5	0,59
	13,9	258,1	5,1		
16	5,5	244,3	2,2	2,4	0,23

⁷ Gesamtpeakfläche der polymeren (di- und oligomeren) Triglyceride in der Probe in Integrationseinheiten

⁸ Gesamtpeakfläche der monomeren Triglyceride in der Probe in Integrationseinheiten

	6,3	242,9	2,5		
17	25,0	260,7	8,8		
	22,7	242,7	8,6	8,7	0,14
18	2,6	269,6	1,0		
	2,3	265,0	0,9	0,9	0,07
19	19,7	245,6	7,4		
	19,1	240,0	7,4	7,4	0,04
20	3,9	249,2	1,5		
	4,9	254,3	1,9	1,7	0,25
21	33,7	230,7	12,7		
	35,2	239,5	12,8	12,8	0,05
22	26,8	232,1	10,4		
	28,4	247,9	10,3	10,3	0,05
23	42,8	215,2	16,6		
	43,6	219,8	16,6	16,6	0,03
24	2,4	254,6	0,9		
	2,2	258,8	0,8	0,9	0,06
25	2,9	313,4	0,9		
	2,4	271,6	0,9	0,9	0,03
26	0,7	268,9	0,3		
	0,6	273,2	0,2	0,2	0,03
27	2,1	246,0	0,8		
	1,9	258,5	0,7	0,8	0,08
28	11,2	246,1	4,4		
	10,7	244,7	4,2	4,3	0,12
29	2,3	255,1	0,9		
	2,5	270,3	0,9	0,9	0,02
30	3,0	261,5	1,1		
	3,1	281,6	1,1	1,1	0,03
31	0,5	280,0	0,2		
	0,5	284,2	0,2	0,2	0,00
32	2,6	271,6	0,9		
	2,7	280,2	1,0	1,0	0,00
33	0,7	277,8	0,3		
	0,7	255,6	0,3	0,3	0,02
34	6,3	255,3	2,4		
	6,1	246,5	2,4	2,4	0,00
35	6,0	254,7	2,3		
	6,1	256,8	2,3	2,3	0,01
36	11,6	245,4	4,5	4,5	0,01

	12,5	263,7	4,5		
37	22,4	251,9	8,2	8,1	0,12
	21,8	250,6	8,0		
38	45,9	214,5	17,6	17,2	0,55
	43,6	215,1	16,9		
39	13,1	254,8	4,9	4,5	0,58
	10,7	252,5	4,1		
40	3,4	263,8	1,3	1,3	0,07
	3,6	257,6	1,4		
41	1,6	234,1	0,7	0,8	0,20
	2,4	248,7	1,0		

Tab. 9: Polare Anteile (TPM) in den Proben, n=41, Mittelwert und Standardabweichung

TPM - Ermittlung mittels Frittierstab					
Probennr.	Datum	Temperatur	Messwert	Mittelwert	Stabw
1	14.05.2009	83,1	47,5	47,3	0,4
	14.05.2009	93,0	47,0		
2	14.05.2009	99,3	12,5	12,3	0,4
	14.05.2009	91,4	12,0		
3	14.05.2009	93,1	21,5	21,5	0,0
	14.05.2009	85,5	21,5		
4	14.05.2009	94,7	13,0	13,0	0,0
	14.05.2009	86,0	13,0		
5	14.05.2009	84,8	13,0	12,8	0,4
	14.05.2009	81,0	12,5		
6	14.05.2009	89,6	14,5	14,5	0,0
	14.05.2009	83,9	14,5		
7	14.05.2009	91,0	16,5	16,8	0,4
	14.05.2009	83,7	17,0		
8	14.05.2009	95,9	15,0	15,3	0,4
	14.05.2009	88,5	15,5		
9	14.05.2009	99,8	14,5	14,5	0,0
	14.05.2009	90,5	14,5		
10	14.05.2009	97,2	15,5	15,8	0,4
	14.05.2009	88,5	16,0		
11	14.05.2009	99,4	7,5	7,8	0,4
	14.05.2009	91,3	8,0		
12	14.05.2009	92,9	7,5	7,5	0,0
	14.05.2009	86,5	7,5		
13	14.05.2009	81,2	15,0	15,3	0,4
	14.05.2009	86,6	15,5		
14	18.05.2009	85,6	12,5	12,3	0,4
	18.05.2009	81,5	12,0		
15	18.05.2009	95,8	12,5	12,5	0,0
	18.05.2009	89,8	12,5		
16	18.05.2009	94,2	11,5	11,8	0,4
	18.05.2009	86,4	12,0		

17	20.05.2009	85,1	20,0	19,8	0,4
	20.05.2009	81,2	19,5		
18	20.05.2009	91,6	9,0	9,0	0,0
	20.05.2009	87,5	9,0		
19	20.05.2009	88,8	18,0	18,3	0,4
	20.05.2009	84,7	18,5		
20	20.05.2009	93,0	13,0	13,0	0,0
	20.05.2009	90,4	13,0		
21	20.05.2009	88,1	24,5	25,0	0,7
	20.05.2009	83,9	25,5		
22	20.05.2009	94,4	21,0	21,3	0,4
	20.05.2009	88,9	21,5		
23	20.05.2009	94,1	32,0	32,3	0,4
	20.05.2009	87,8	32,5		
24	20.05.2009	88,8	8,5	8,5	0,0
	20.05.2009	82,6	8,5		
25	20.05.2009	93,3	8,5	8,5	0,0
	20.05.2009	88,9	8,5		
26	20.05.2009	82,6	8,5	8,3	0,4
	20.05.2009	81,4	8,0		
27	20.05.2009	99,3	13,0	13,0	0,0
	20.05.2009	93,9	13,0		
28	28.05.2009	87,1	14,0	13,8	0,4
	28.05.2009	82,4	13,5		
29	28.05.2009	98,7	10,5	10,3	0,4
	28.05.2009	90,6	10,0		
30	28.05.2009	98,0	12,0	12,0	0,0
	28.05.2009	90,2	12,0		
31	28.05.2009	98,6	11,5	11,3	0,4
	28.05.2009	89,6	11,0		
32	28.05.2009	97,4	9,0	9,0	0,0
	28.05.2009	90,4	9,0		
33	28.05.2009	98,3	8,0	8,0	0,0
	28.05.2009	91,0	8,0		
34	28.05.2009	96,4	15,0	14,8	0,4
	28.05.2009	89,8	14,5		
35	28.05.2009	90,7	16,5	16,3	0,4
	28.05.2009	85,2	16,0		
36	02.06.2009	87,0	14,5	14,5	0,0
	02.06.2009	82,0	14,5		
37	02.06.2009	84,6	18,0	18,0	0,0
	02.06.2009	80,0	18,0		
38	02.06.2009	99,4	32,5	32,5	0,0
	02.06.2009	89,0	32,5		
39	02.06.2009	97,2	14,5	14,5	0,0
	02.06.2009	89,1	14,5		
40	02.06.2009	87,6	9,5	9,8	0,4
	02.06.2009	80,0	10,0		
41	02.06.2009	99,9	12,0	11,8	0,4
	02.06.2009	88,9	11,5		

Tab. 10: TPM-Gehalte der Proben, die mittels Mikromethode nach Schulte wiederholt wurden

Probennr.	TPM	
	Stab	Säulchen
1	47,3	37,6
3	21,5	16,6
21	25,0	22,6
22	21,3	18,4
23	32,3	28,8
38	33,0	29,7

Tab. 11: Ergebnisse der Bestimmung der Anisidinzahl (AV), n=41, Mittelwert und Standardabweichung

Anisidinzahl							
Probe nnr.	Einwaage in g/25ml	A0 ⁹	A1 ¹⁰	A2 ¹¹	AV ¹²	MW	Stabw
1	0,520	0,328	2,660	0,038	132,3	127,3	7,2
	0,506	0,320	2,419	0,038	122,2		
2	0,512	0,092	1,017	0,038	52,0	51,6	0,5
	0,504	0,094	0,993	0,038	51,3		
3	0,522	0,316	2,551	0,057	125,2	127,6	3,5
	0,516	0,372	2,647	0,038	130,1		
4	0,526	0,216	1,526	0,057	71,5	71,5	0,0
	0,522	0,223	1,524	0,057	71,5		
5	0,519	0,094	1,475	0,038	77,6	76,9	1,1
	0,506	0,091	1,413	0,038	76,1		
6	0,523	0,129	1,868	0,038	97,6	94,7	4,1
	0,509	0,137	1,733	0,038	91,8		
7	0,519	0,222	3,669	0,038	197,1	195,5	2,1
	0,526	0,229	3,669	0,038	194,0		
8	0,540	0,236	1,983	0,038	94,9	92,2	3,8
	0,502	0,226	1,762	0,038	89,5		
9	0,503	0,189	1,092	0,038	51,6	51,3	0,4
	0,502	0,190	1,082	0,038	51,0		
10	0,507	0,212	1,406	0,038	68,4	66,9	2,2
	0,514	0,212	1,369	0,038	65,3		
11	0,504	0,047	0,438	0,029	21,5	21,1	0,6
	0,522	0,050	0,439	0,029	20,7		
12	0,521	0,043	0,499	0,029	24,6	23,8	1,1
	0,508	0,050	0,468	0,029	23,0		
13	0,536	0,161	0,882	0,029	38,7	37,3	2,0
	0,509	0,165	0,803	0,029	35,9		
14	0,505	0,091	0,572	0,029	26,9	26,6	0,4

⁹ A₀ = Extinktion der Prüflösung vor der Reaktion¹⁰ A₁ = Extinktion der Prüflösung nach der Reaktion¹¹ A₂ = Extinktion der Blindprobe¹² AV = Anisidinzahl

	0,505	0,102	0,573	0,029	26,3		
15	0,518	0,118	1,290	0,029	66,2	66,7	0,7
	0,504	0,092	1,249	0,029	67,1		
16	0,508	0,083	0,680	0,029	33,5	33,5	0,0
	0,509	0,073	0,670	0,029	33,5		
17	0,512	0,198	3,691	0,057	201,3	200,5	1,1
	0,525	0,188	3,713	0,029	199,8		
18	0,519	0,071	0,476	0,029	21,7	22,0	0,4
	0,521	0,056	0,473	0,029	22,3		
19	0,505	0,211	1,855	0,057	94,3	94,9	0,9
	0,503	0,216	1,875	0,057	95,5		
20	0,518	0,118	0,532	0,061	20,4	20,8	0,6
	0,507	0,112	0,532	0,061	21,2		
21	0,506	0,209	3,720	0,061	204,5	205,8	1,8
	0,500	0,208	3,721	0,061	207,1		
22	0,501	0,189	3,720	0,061	207,8	207,0	1,1
	0,505	0,188	3,721	0,061	206,3		
23	0,527	0,227	3,720	0,061	195,4	195,1	0,4
	0,527	0,238	3,721	0,061	194,8		
24	0,519	0,081	0,526	0,061	22,2	21,3	1,3
	0,506	0,091	0,496	0,061	20,4		
25	0,504	0,064	0,590	0,061	27,7	27,5	0,2
	0,517	0,063	0,596	0,061	27,4		
26	0,521	0,070	0,135	0,061	0,2	0,3	0,0
	0,522	0,081	0,147	0,061	0,3		
27	0,518	0,101	0,344	0,061	10,5	9,6	1,4
	0,535	0,112	0,326	0,061	8,6		
28	0,503	0,189	1,283	0,061	61,6	60,8	1,2
	0,513	0,190	1,276	0,061	59,9		
29	0,503	0,112	0,405	0,061	13,8	13,7	0,1
	0,514	0,116	0,411	0,061	13,7		
30	0,509	0,095	0,415	0,061	15,3	15,2	0,0
	0,512	0,092	0,413	0,061	15,2		
31	0,503	0,058	0,118	0,057	0,2	0,2	0,0
	0,513	0,064	0,125	0,057	0,2		
32	0,514	0,107	0,615	0,061	26,1	25,4	1,0
	0,500	0,113	0,586	0,061	24,7		
33	0,517	0,061	0,233	0,057	6,7	6,6	0,1
	0,504	0,067	0,234	0,057	6,5		
34	0,512	0,087	0,673	0,043	31,8	31,4	0,5
	0,519	0,093	0,673	0,043	31,0		
35	0,500	0,074	0,701	0,043	35,0	34,7	0,5
	0,510	0,077	0,704	0,043	34,4		
36	0,513	0,159	1,623	0,043	83,1	82,7	0,6
	0,515	0,164	1,620	0,043	82,3		
37	0,500	0,205	3,679	0,043	205,9	206,0	0,3
	0,501	0,193	3,680	0,043	206,2		
38	0,518	0,339	3,678	0,043	190,9	190,4	0,6
	0,519	0,348	3,678	0,043	190,0		
39	0,509	0,131	1,534	0,043	80,2	78,8	1,9
	0,522	0,146	1,538	0,043	77,5		

40	0,509	0,103	0,733	0,043	34,6	34,0	0,9
	0,517	0,098	0,715	0,043	33,3		
41	0,519	0,109	0,545	0,043	22,7	22,7	0,0
	0,523	0,113	0,551	0,043	22,7		

Wiederholungen einiger Proben (A1= <2000):

Probe nr.	Einwaage in g/25ml	A0	A1	A2	AV	MW	Stabw
1	0,159	0,31	0,706	0,028	103,2	105,5	3,3
	0,277	0,197	1,221	0,028	107,9		
3	0,155	0,124	0,698	0,028	105,7	107,4	2,4
	0,249	0,173	1,106	0,028	109,0		
7	0,142	0,077	0,645	0,028	114,1	115,1	1,4
	0,244	0,111	1,083	0,028	116,1		
17	0,155	0,068	0,789	0,037	132,4	134,4	2,9
	0,260	0,100	1,320	0,037	136,5		
21	0,153	0,066	0,865	0,037	149,4	151,2	2,5
	0,256	0,103	1,445	0,037	152,9		
22	0,145	0,060	0,760	0,037	137,2	139,4	3,2
	0,251	0,091	1,313	0,037	141,6		
23	0,145	0,072	0,917	0,037	167,2	173,5	8,9
	0,287	0,117	1,874	0,037	179,8		
37	0,163	0,070	0,842	0,037	135,3	136,1	1,2
	0,246	0,101	1,261	0,037	137,0		
38	0,164	0,112	1,019	0,037	159,1	162,7	5,0
	0,242	0,164	1,542	0,037	166,2		

Tab. 12: Ergebnisse der Bestimmung der Säurezahl (SZ) und freie Fettsäuren (ffa), n=41

Säurezahl						
Probennr.	Probe	Nr.	Einwaage in g	Verbrauch ml KOH	SZ	% ffa (Ölsäure)
1	Frittierfett	1	5,1	2,04	2,1 ± 0,1	1,1 ± 0,1
		2	5,0	2,01		
2	Frittierfett	1	5,1	0,50	0,5 ± 0,1	0,3 ± 0,1
		2	5,2	0,51		
3	Frittierfett	1	5,1	1,06	1,1 ± 0,1	0,6 ± 0,1
		2	5,1	1,09		
4	Frittierfett	1	5,1	0,71	0,8 ± 0,1	0,4 ± 0,1
		2	5,3	0,84		
5	Frittierfett	1	5,2	0,32	0,4 ± 0,1	0,2 ± 0,1
		2	5,3	0,39		
6	Frittierfett	1	5,5	0,82	0,8 ± 0,1	0,4 ± 0,1
		2	5,4	0,76		
7	Frittierfett	1	5,7	0,62	0,6 ± 0,1	0,3 ± 0,1
		2	5,6	0,59		

8	Frittierfett	1	5,1	1,10	1,2 ± 0,1	0,6 ± 0,1
		2	5,4	1,16		
9	Frittierfett	1	5,8	0,67	0,7 ± 0,1	0,3 ± 0,1
		2	5,2	0,72		
10	Frittierfett	1	5,1	0,71	0,8 ± 0,1	0,4 ± 0,1
		2	5,2	0,78		
11	Frittierfett	1	5,2	0,25	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1
		2	5,1	0,18		
12	Frittierfett	1	5,3	0,15	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0,1
		2	5,1	0,11		
13	Frittierfett	1	5,0	0,62	0,6 ± 0,1	0,3 ± 0,1
		2	5,2	0,55		
14	Frittierfett	1	5,1	0,48	0,5 ± 0,1	0,2 ± 0,1
		2	5,0	0,38		
15	Frittierfett	1	5,3	0,75	0,7 ± 0,1	0,4 ± 0,1
		2	5,1	0,66		
16	Frittierfett	1	5,4	0,46	0,5 ± 0,1	0,3 ± 0,1
		2	5,1	0,52		
17	Frittierfett	1	5,1	0,26	0,3 ± 0,1	0,2 ± 0,1
		2	5,1	0,31		
18	Frittierfett	1	5,1	0,75	0,8 ± 0,1	0,4 ± 0,1
		2	5,1	0,75		
19	Frittierfett	1	5,1	0,63	0,6 ± 0,1	0,3 ± 0,1
		2	5,0	0,60		
20	Frittierfett	1	5,2	0,54	0,5 ± 0,1	0,3 ± 0,1
		2	5,1	0,51		
21	Frittierfett	1	5,1	0,55	0,6 ± 0,1	0,3 ± 0,1
		2	5,0	0,50		
22	Frittierfett	1	5,0	0,46	0,5 ± 0,1	0,2 ± 0,1
		2	5,0	0,47		
23	Frittierfett	1	5,1	0,77	0,8 ± 0,1	0,4 ± 0,1
		2	5,0	0,74		
24	Frittierfett	1	5,2	0,15	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1
		2	5,0	0,17		
25	Frittierfett	1	5,1	0,11	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0,1
		2	5,1	0,10		
26	Frittierfett	1	5,0	0,14	0,1 ± 0,1	0,1 ± 0,1
		2	5,0	0,14		
27	Frittierfett	1	5,1	0,20	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1
		2	5,2	0,18		
28	Frittierfett	1	5,0	0,68	0,7 ± 0,1	0,3 ± 0,1

		2	5,0	0,61		
29	Frittierfett	1	5,2	0,24	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1
		2	5,1	0,21		
30	Frittierfett	1	5,1	0,20	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1
		2	5,1	0,16		
31	Frittierfett	1	5,0	0,24	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1
		2	5,1	0,17		
32	Frittierfett	1	5,0	0,17	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1
		2	5,3	0,18		
33	Frittierfett	1	5,1	0,13	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1
		2	5,1	0,17		
34	Frittierfett	1	5,1	0,48	0,5 ± 0,1	0,2 ± 0,1
		2	5,1	0,44		
35	Frittierfett	1	5,2	0,42	0,4 ± 0,1	0,2 ± 0,1
		2	5,0	0,42		
36	Frittierfett	1	5,0	0,45	0,5 ± 0,1	0,2 ± 0,1
		2	5,1	0,47		
37	Frittierfett	1	5,0	0,36	0,4 ± 0,1	0,2 ± 0,1
		2	5,0	0,36		
38	Frittierfett	1	5,1	0,86	0,9 ± 0,1	0,4 ± 0,1
		2	5,1	0,81		
39	Frittierfett	1	5,1	0,26	0,3 ± 0,1	0,1 ± 0,1
		2	5,1	0,26		
40	Frittierfett	1	5,1	0,34	0,4 ± 0,1	0,2 ± 0,1
		2	5,0	0,36		
41	Frittierfett	1	5,0	0,19	0,2 ± 0,1	0,1 ± 0,1
		2	5,0	0,19		

Tab. 13: Ergebnisse der Bestimmung der Peroxidzahl (POZ), n=41, Mittelwert und Standardabweichung

Peroxidzahl					
Probennr.	POZ 1.Messung	POZ 2.Messung	MW	Stabw.	
1	15,6	15,2	15,4	0,28	
2	13,0	13,2	13,1	0,14	
3	9,8	8,8	9,3	0,71	
4	9,3	9,4	9,4	0,07	
5	2,9	2,9	2,9	0,00	
6	3,2	3,3	3,3	0,07	
7	11,8	11,9	11,9	0,07	
8	6,7	6,6	6,7	0,07	

9	4,5	4,5	4,5	0,00
10	5,4	5,7	5,6	0,21
11	2,6	2,6	2,6	0,00
12	11,6	11,6	11,6	0,00
13	5,9	5,7	5,8	0,14
14	1,8	1,9	1,9	0,07
15	8,0	8,0	8,0	0,00
16	15,0	15,1	15,1	0,07
17	9,1	8,7	8,9	0,28
18	7,4	7,4	7,4	0,00
19	4,7	4,8	4,8	0,07
20	2,0	1,9	2,0	0,07
21	9,1	9,3	9,2	0,14
22	10,4	10,1	10,3	0,21
23	13,3	13,5	13,4	0,14
24	11,6	11,6	11,6	0,00
25	13,2	13,3	13,3	0,07
26	16,8	16,7	16,8	0,07
27	3,3	3,3	3,3	0,00
28	6,3	6,4	6,4	0,07
29	2,5	2,5	2,5	0,00
30	4,1	4,2	4,2	0,07
31	2,3	2,3	2,3	0,00
32	11,4	11,0	11,2	0,28
33	8,9	8,8	8,9	0,07
34	2,6	2,6	2,6	0,00
35	2,0	2,1	2,1	0,07
36	14,1	14,0	14,1	0,07
37	9,2	9,3	9,3	0,07
38	14,8	15,2	15,0	0,28
39	7,7	7,8	7,8	0,07
40	3,2	3,2	3,2	0,00
41	3,8	3,8	3,8	0,00

Tab. 14: Ergebnisse der Rauchpunktbestimmung, n=41, Mittelwert

Rauchpunkt				
Probennr.	Datum	Messung 1	Messung 2	Mittelwert
1	19.05.2009	185	186	186
2	19.05.2009	210	212	211
3	19.05.2009	216	214	215
4	19.05.2009	227	225	226
5	19.05.2009	232	232	232
6	19.05.2009	220	219	220

7	19.05.2009	228	226	227
8	19.05.2009	218	219	219
9	15.05.2009	198	200	199
10	15.05.2009	208	210	209
11	15.05.2009	246	240	243
12	15.05.2009	230	238	234
13	15.05.2009	200	210	205
14	19.05.2009	233	233	233
15	19.05.2009	228	227	228
16	19.05.2009	212	212	212
17	29.05.2009	218	218	218
18	29.05.2009	233	233	233
19	29.05.2009	215	213	214
20	29.05.2009	205	204	205
21	29.05.2009	216	216	216
22	29.05.2009	218	218	218
23	02.06.2009	212	212	212
24	02.06.2009	236	236	236
25	02.06.2009	242	241	242
26	02.06.2009	240	241	241
27	02.06.2009	225	225	225
28	02.06.2009	214	215	215
29	02.06.2009	233	234	234
30	03.06.2009	239	238	239
31	03.06.2009	233	233	233
32	03.06.2009	241	240	241
33	03.06.2009	242	243	243
34	03.06.2009	219	218	219
35	03.06.2009	216	214	215
36	03.06.2009	217	216	217
37	03.06.2009	218	218	218
38	04.06.2009	210	209	210
39	04.06.2009	220	218	219
40	04.06.2009	233	233	233
41	04.06.2009	228	226	227

Tab. 15: Ergebnisse der Ermittlung der enthaltenen Fettsäuren mittels Gaschromatographen (GC), n=41, Anteil in %

Nr.	Fettsäuren											
	Σ trans	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3	C20:0	C20:1	C22:0	C22:1
1	0,6	1,3	44,3	0,2	4,9	38,9	6,4	0,1	0,4	0,2	0,1	<0,1
2	0,4	0,1	5,4	0,2	3,6	53,7	34,4	0,2	0,3	0,3	0,8	<0,1
3	0,9	0,1	6,3	0,3	2,0	62,0	18,3	6,1	0,6	1,2	0,3	0,2
4	0,8	0,1	5,7	0,4	2,0	60,9	19,5	7,1	0,6	1,2	0,3	0,2
5	1,0	0,1	7,0	0,3	2,0	60,0	17,9	7,8	0,6	1,4	0,3	0,4
6	1,0	<0,1	4,7	0,3	1,9	61,6	18,2	8,1	0,6	1,5	0,3	0,4
7	1,1	<0,1	6,1	0,5	2,1	61,5	19,4	5,9	0,6	1,2	0,3	0,2

8	1,9	<0,1	6,1	0,4	2,1	60,9	19,3	5,8	0,6	1,2	0,3	0,2
9	0,3	1,1	41,2	0,4	4,7	40,2	10,6	0,4	0,4	0,2	0,0	<0,1
10	0,4	1,1	40,5	0,4	4,6	41,0	10,5	0,3	0,4	0,2	0,0	<0,1
11	0,6	<0,1	4,5	0,3	1,8	60,7	18,9	9,1	0,6	1,5	0,3	0,5
12	0,6	<0,1	4,4	0,3	1,8	61,3	18,5	9,1	0,6	1,5	0,3	0,5
13	0,5	0,9	35,9	0,2	4,0	43,5	11,6	1,7	0,4	0,4	0,1	<0,1
14	1,3	<0,1	5,2	0,4	1,8	61,4	19,0	7,2	0,6	1,3	0,3	0,2
15	11,8	0,1	7,6	0,2	7,8	32,9	31,0	0,1	0,3	0,2	0,7	<0,1
16	11,7	0,6	23,4	0,2	3,9	42,5	13,1	1,2	0,4	0,4	0,2	<0,1
17	1,0	<0,1	5,7	0,3	2,0	61,7	19,5	6,2	0,6	1,2	0,4	0,2
18	1,0	<0,1	5,0	0,3	1,8	61,0	19,7	7,9	0,6	1,2	0,3	0,2
19	1,0	<0,1	5,7	0,3	2,0	61,7	19,5	6,2	0,6	1,2	0,4	0,2
20	0,7	0,7	25,7	0,2	3,7	51,2	16,1	0,5	0,4	0,3	0,3	<0,1
21	1,1	0,1	8,7	0,2	2,7	44,5	33,7	5,6	0,5	0,7	0,4	<0,1
22	0,9	<0,1	5,1	0,3	1,9	62,8	18,9	6,2	0,6	1,2	0,4	0,2
23	0,9	<0,1	5,3	0,3	2,1	61,9	19,6	5,1	0,6	1,2	0,4	0,2
24	0,9	<0,1	5,0	0,3	1,8	61,6	19,5	7,6	0,6	1,2	0,3	0,2
25	0,6	<0,1	4,4	0,2	1,8	61,4	18,4	9,1	0,6	1,5	0,3	0,5
26	0,9	<0,1	4,8	0,3	1,8	61,0	20,6	7,5	0,6	1,2	0,3	0,2
27	0,5	0,4	17,5	0,1	3,8	47,5	27,5	0,8	0,3	0,3	0,5	<0,1
28	0,9	<0,1	5,3	0,3	2,0	60,3	17,8	8,1	0,6	1,5	0,3	0,4
29	0,9	0,3	12,0	0,2	2,5	54,8	20,9	5,2	0,5	0,9	0,3	0,1
30	0,6	<0,1	6,5	0,1	3,6	31,0	54,8	0,9	0,3	0,3	0,7	<0,1
31	1,0	<0,1	4,9	0,3	1,7	60,3	20,0	7,9	0,6	1,2	0,3	0,2
32	1,0	<0,1	5,1	0,3	1,7	61,4	19,3	7,6	0,6	1,2	0,3	0,2
33	1,1	<0,1	4,4	0,3	1,8	58,4	20,3	9,3	0,7	1,5	0,4	0,2
34	1,6	0,3	12,6	0,4	3,7	36,6	41,1	1,5	0,3	0,4	0,5	<0,1
35	1,6	0,3	12,5	0,3	3,7	36,2	41,6	1,5	1,3	0,4	0,5	<0,1
36	1,1	<0,1	4,9	0,3	1,8	62,2	19,0	6,8	0,6	1,2	0,3	0,1
37	1,0	<0,1	4,8	0,3	1,8	62,4	17,8	7,2	0,6	1,4	0,3	0,3
38	1,4	0,2	7,1	0,5	2,8	60,8	17,4	4,7	0,6	1,2	0,4	0,2
39	1,0	0,4	15,4	0,3	2,6	55,5	16,2	5,1	0,5	0,9	0,3	0,1
40	0,7	<0,1	4,6	0,3	1,9	61,0	18,3	8,8	0,6	1,5	0,3	0,5
41	13,2	0,6	24,2	0,2	4,7	41,2	10,6	1,8	0,5	0,4	0,2	<0,1

Tab. 16: Ergebnisse der Ermittlung des Fettsäuremusters mittels GC, n=41, Anteil in %

Probennr.	Summe		
	SFA	MUFA	PUFA
1	51,0	39,3	6,5
2	10,2	54,2	34,6
3	9,3	63,7	24,4
4	8,7	62,7	26,6

5	10,0	62,1	25,7
6	7,5	63,8	26,3
7	9,1	63,4	25,3
8	9,1	62,7	25,1
9	47,4	40,8	11,0
10	46,6	41,6	10,8
11	7,2	63,0	28,0
12	7,1	63,6	27,6
13	41,3	44,1	13,3
14	7,9	63,3	26,2
15	16,5	33,3	31,1
16	28,5	43,1	14,3
17	8,7	63,4	25,7
18	7,7	62,7	27,6
19	8,7	63,4	25,7
20	30,8	51,7	16,6
21	12,4	45,4	39,3
22	8,0	64,5	25,1
23	8,4	63,6	24,7
24	7,7	63,3	27,1
25	7,1	63,6	27,5
26	7,5	62,7	28,1
27	22,5	47,9	28,3
28	8,2	62,5	25,9
29	15,6	56,0	26,1
30	11,1	31,4	55,7
31	7,5	62,0	27,9
32	7,7	63,1	26,9
33	7,3	60,4	29,6
34	17,4	37,4	42,6
35	18,3	36,9	43,1
36	7,6	63,8	25,8
37	7,5	64,4	25,0
38	11,1	62,7	22,1
39	19,2	56,8	21,3
40	7,4	63,3	27,1
41	30,2	41,8	12,4

Tab. 17: Korrelationsmatrix der analytischen Parameter, n=41

	corr. ¹³	LCL ¹⁴	UCL ¹⁵	Obs ¹⁶
PTG.TPM	0.94	0.89	0.97	41
PTG.Anisidinzahl	0.89	0.8	0.94	41
PTG.Säurezahl	0.73	0.54	0.85	41
PTG.Ölsäure	0.71	0.51	0.83	41
PTG.Peroxidzahl	0.44	0.16	0.66	41
PTG.Totoxzahl	0.9	0.81	0.94	41
PTG.Rauchpunkt	-0.59	-0.76	-0.35	41
PTG.Summe.trans	-0.08	-0.38	0.23	41
PTG.SFA	0.08	-0.23	0.38	41
PTG.MUFA	0.05	-0.26	0.36	41
PTG.PUFA	-0.19	-0.47	0.13	41
TPM.Anisidinzahl	0.78	0.62	0.88	41
TPM.Säurezahl	0.77	0.61	0.87	41
TPM.Ölsäure	0.75	0.57	0.86	41
TPM.Peroxidzahl	0.31	0	0.56	41
TPM.Totoxzahl	0.77	0.61	0.87	41
TPM.Rauchpunkt	-0.73	-0.85	-0.55	41
TPM.Summe.trans	-0.1	-0.4	0.21	41
TPM.SFA	0.32	0.01	0.57	41
TPM.MUFA	-0.15	-0.44	0.17	41
TPM.PUFA	-0.25	-0.52	0.06	41
Anisidinzahl.Säurezahl	0.56	0.3	0.74	41
Anisidinzahl.Ölsäure	0.54	0.27	0.72	41
Anisidinzahl.Peroxidzahl	0.36	0.06	0.6	41
Anisidinzahl.Totoxzahl	0.99	0.98	0.99	41
Anisidinzahl.Rauchpunkt	-0.51	-0.71	-0.24	41
Anisidinzahl.Summe.trans	-0.1	-0.4	0.21	41
Anisidinzahl.SFA	-0.08	-0.38	0.23	41
Anisidinzahl.MUFA	0.21	-0.1	0.49	41
Anisidinzahl.PUFA	-0.13	-0.42	0.18	41
Säurezahl.Ölsäure	0.99	0.98	0.99	41
Säurezahl.Peroxidzahl	0.2	-0.12	0.48	41
Säurezahl.Totoxzahl	0.55	0.29	0.73	41
Säurezahl.Rauchpunkt	-0.75	-0.86	-0.57	41
Säurezahl.Summe.trans	-0.04	-0.35	0.27	41
Säurezahl.SFA	0.41	0.12	0.64	41
Säurezahl.MUFA	-0.15	-0.44	0.16	41
Säurezahl.PUFA	-0.4	-0.63	-0.11	41
Ölsäure.Peroxidzahl	0.19	-0.12	0.47	41
Ölsäure.Totoxzahl	0.53	0.26	0.72	41
Ölsäure.Rauchpunkt	-0.73	-0.85	-0.54	41
Ölsäure.Summe.trans	0.01	-0.3	0.32	41
Ölsäure.SFA	0.41	0.12	0.64	41
Ölsäure.MUFA	-0.18	-0.46	0.14	41
Ölsäure.PUFA	-0.39	-0.62	-0.09	41

¹³ Korrelationskoeffizient (r)

¹⁴ LCL = Lower Control Limit (Untere Eingriffsgrenze)

¹⁵ UCL = Upper Control Limit (Obere Eingriffsgrenze)

¹⁶ Observations (Anzahl der Beobachtungen)

Peroxidzahl.Totoxzahl	0.51	0.23	0.7	41
Peroxidzahl.Rauchpunkt	-0.12	-0.41	0.19	41
Peroxidzahl.Summe.trans	0.05	-0.26	0.35	41
Peroxidzahl.SFA	-0.1	-0.4	0.21	41
Peroxidzahl.MUFA	0.23	-0.08	0.5	41
Peroxidzahl.PUFA	-0.18	-0.46	0.14	41
Totoxzahl.Rauchpunkt	-0.49	-0.69	-0.22	41
Totoxzahl.Summe.trans	-0.09	-0.38	0.23	41
Totoxzahl.SFA	-0.1	-0.39	0.22	41
Totoxzahl.MUFA	0.23	-0.08	0.51	41
Totoxzahl.PUFA	-0.15	-0.44	0.16	41
Rauchpunkt.Summe.trans	0.01	-0.3	0.32	41
Rauchpunkt.SFA	-0.66	-0.8	-0.44	41
Rauchpunkt.MUFA	0.35	0.05	0.59	41
Rauchpunkt.PUFA	0.48	0.2	0.69	41
Summe.trans.SFA	0.19	-0.13	0.47	41
Summe.trans.MUFA	-0.41	-0.64	-0.12	41
Summe.trans.PUFA	-0.18	-0.47	0.13	41
SFA.MUFA	-0.69	-0.82	-0.48	41
SFA.PUFA	-0.61	-0.77	-0.37	41
MUFA.PUFA	-0.08	-0.38	0.23	41

Tab. 18: Intensität der sensorischen Attribute, Mittelwerte Session 1+2, n=16

Mittelwerte Sensorikattribute

Probe	Homogenität	Bodensatz	Frittiertgutrückstände	Festigkeit	Trübheit
A	9,2	1,1	0,0	1,5	0,7
B	7,9	0,1	0,4	1,9	2,5
C	9,5	0,0	0,1	1,3	0,5
D	9,6	0,0	0,0	1,4	0,5
E	5,7	5,0	6,3	2,4	2,5
F	3,7	7,2	0,8	9,0	9,0
G	9,6	0,0	0,0	1,0	0,5
H	9,5	0,0	0,0	0,9	0,4
I	9,6	0,0	0,1	1,1	1,0
J	7,9	2,7	0,7	1,1	3,7
K	7,9	2,7	0,6	1,3	4,3
L	9,5	0,8	0,5	0,9	1,2
M	5,2	6,1	5,5	9,4	9,6
N	7,4	1,9	6,7	1,6	2,7
O	7,4	0,7	6,3	1,3	1,6
P	9,6	1,1	0,1	1,1	0,7
Probe	Farbe allg.	Farbe gelb	Farbe braun	GER: artspezifisch	GER: fruchtig
A	1,8	1,8	0,4	3,8	1,5
B	3,1	3,2	1,2	1,6	0,3
C	1,2	1,3	0,2	5,6	3,6
D	1,2	1,4	0,2	3,7	2,6
E	4,1	4,4	2,4	3,2	2,9
F	7,8	8,5	5,9	3,6	2,9

G	1,3	1,5	0,4	4,9	3,9
H	0,8	0,9	0,2	4,1	2,3
I	7,2	7,9	5,6	4,1	2,2
J	5,4	6,5	3,7	3,8	1,4
K	7,3	7,6	5,7	5,2	2,9
L	3,0	3,5	1,0	4,6	2,0
M	2,8	2,8	1,0	4,0	1,6
N	4,8	5,5	2,6	4,3	1,8
O	1,7	1,7	0,3	5,4	2,3
P	3,1	3,2	1,1	4,2	2,4
Probe	GER:Butterähnlich	GER: verbrannt	GER: Röstig	GER: Ranzig	GER: modrig
A	2,5	1,8	2,3	3,6	2,5
B	1,3	2,7	3,5	3,2	3,3
C	2,5	1,1	0,9	3,0	2,2
D	2,1	1,7	2,7	2,1	1,6
E	1,8	2,5	3,0	3,4	2,9
F	2,1	2,4	2,9	4,2	3,5
G	3,3	0,9	0,8	3,7	1,9
H	2,5	1,3	2,8	3,1	2,2
I	1,7	2,0	3,1	3,0	3,2
J	2,2	3,1	3,6	2,9	2,5
K	1,9	1,4	1,7	3,9	2,9
L	2,2	1,6	2,2	2,6	2,2
M	1,3	1,3	2,1	4,7	3,7
N	1,9	1,1	1,8	2,8	2,6
O	2,0	1,0	1,7	3,6	2,5
P	1,5	1,2	1,5	2,9	2,2
Probe	GER: stechend	GER: fischig	GER: fleischig	GER: Kartoffelprodukte	GER: Gemüseprodukte
A	1,6	3,3	0,7	2,5	1,4
B	3,6	8,8	1,7	1,2	0,7
C	1,9	1,4	0,5	1,9	1,7
D	1,2	1,0	2,6	4,0	2,6
E	1,4	0,9	2,8	3,2	2,2
F	0,8	1,0	2,3	3,7	2,2
G	1,0	0,7	0,4	1,6	1,9
H	1,4	1,4	2,5	2,6	3,0
I	1,3	0,8	2,5	3,0	1,5
J	2,2	2,7	3,9	3,0	1,2
K	2,2	2,0	1,5	2,4	1,8
L	1,6	1,4	1,5	3,5	2,3
M	1,3	0,2	1,1	2,1	1,8
N	1,4	0,8	1,6	2,4	1,2
O	0,9	0,9	2,0	2,5	1,4
P	1,4	1,1	1,3	2,1	2,0

Tab 19: Standardabweichungen der sensorischen Attribute, n=16

Pro\Att	Homogenität	Bodensatz	Frittiergutrückstände	Festigkeit	Trübheit
A	1,23	1,53	0,00	1,57	0,67

B	3,00	0,22	1,14	1,64	2,09
C	1,05	0,00	0,31	1,38	0,50
D	0,67	0,00	0,00	1,36	0,60
E	2,88	3,19	2,34	1,73	1,67
F	3,27	3,08	1,33	1,32	1,56
G	0,67	0,00	0,00	0,95	0,60
H	0,83	0,00	0,00	1,08	0,49
I	0,83	0,00	0,45	1,44	1,23
J	1,69	2,15	1,08	1,21	1,84
K	2,40	3,38	2,01	1,32	1,42
L	0,82	1,54	1,05	1,02	1,14
M	3,84	4,38	2,03	2,23	1,46
N	2,63	2,43	2,55	1,68	1,86
O	2,49	1,83	2,51	1,29	1,66
P	0,89	2,51	0,22	1,36	0,64
Pro\Att	Farbe allg.	Farbe gelb	Farbe braun	GER: artspezifisch	GER: fruchtig
A	0,77	0,90	0,56	2,46	2,53
B	0,90	1,37	1,20	3,18	0,89
C	0,86	0,82	0,38	2,37	2,48
D	0,80	0,83	0,41	2,68	2,28
E	1,19	1,42	1,51	2,30	1,95
F	1,36	1,63	2,71	2,67	2,04
G	0,82	0,89	0,52	2,45	2,20
H	0,70	0,63	0,41	2,95	2,20
I	1,38	2,47	1,91	3,09	2,30
J	1,47	1,84	1,87	3,17	2,21
K	1,47	2,12	2,41	2,54	2,71
L	1,49	1,81	1,03	2,65	2,29
M	1,92	1,90	1,23	2,87	2,33
N	1,31	1,59	1,58	2,98	2,01
O	1,35	1,31	0,44	2,64	2,15
P	1,26	1,39	1,26	3,07	2,76
Pro\Att	GER: butterähnlich	GER: verbrannt	GER: röstig	GER: ranzig	GER: modrig
A	1,85	1,52	1,90	2,33	2,12
B	1,50	2,32	1,86	1,61	2,29
C	2,35	1,58	1,11	2,76	2,19
D	2,21	2,02	2,38	2,42	2,08
E	1,79	2,40	2,31	2,53	2,52
F	2,10	2,09	2,37	2,83	2,65
G	2,64	0,83	0,93	2,83	1,96
H	2,16	1,20	2,22	2,73	2,10
I	1,95	1,84	2,09	2,01	2,43
J	2,61	2,17	2,37	2,04	2,10
K	1,95	1,76	2,06	2,53	2,22
L	2,17	1,93	2,14	2,22	1,96
M	1,38	1,62	2,26	3,37	2,94
N	2,03	1,43	2,10	2,29	2,06
O	1,96	1,53	1,83	2,56	1,85
P	2,04	1,94	2,01	2,94	2,26

Pro\Att	GER: stechend	GER: fischig	GER: fleischig	GER: Kartoffelprodukte	GER: Gemüseprodukte
A	1,66	3,32	0,97	2,16	1,73
B	2,50	1,58	2,21	2,02	0,99
C	2,68	2,13	0,89	2,67	1,54
D	1,73	1,52	3,10	2,33	2,44
E	2,08	1,59	2,42	1,94	1,60
F	1,60	1,39	1,86	2,11	2,47
G	1,08	1,26	0,76	1,57	2,20
H	1,95	2,04	2,56	2,20	2,76
I	1,56	1,21	1,67	2,41	1,54
J	2,00	2,85	2,65	1,89	1,08
K	2,44	2,70	1,50	2,01	1,88
L	1,99	1,93	1,67	2,46	1,55
M	1,84	0,70	1,53	1,44	1,25
N	2,03	1,21	1,36	1,79	1,09
O	0,87	1,83	1,54	1,67	1,39
P	1,90	1,28	1,26	1,68	1,67

Tab. 20: Clusteranalyse, n=41

Pr.	PTG	TPM	AV	SZ	POZ	Rauchpunkt	TFA	SFA	MUFA	PUFA	clus2	clus3	clus4
1	19.8	37.6	105.5	2.1	15.4	186	0.6	51	39.3	6.5	1	1	1
2	3.7	12.25	51.6	0.5	13.1	211	0.4	10.2	54.2	34.6	1	1	1
3	8.5	16.6	107.4	1.1	9.3	215	0.9	9.3	63.7	24.4	1	1	1
4	3	13	71.5	0.8	9.4	226	0.8	8.7	62.7	26.6	1	1	1
5	3.8	12.75	76.9	0.4	2.9	232	1	10	62.1	25.7	1	1	1
6	5.4	14.5	94.7	0.8	3.3	220	1	7.5	63.8	26.3	1	1	1
7	7.8	16.75	115.1	0.6	11.9	227	1.1	9.1	63.4	25.3	1	1	1
8	6.6	15.25	92.2	1.2	6.6	219	1.9	9.1	62.7	25.1	1	1	1
9	1.8	14.5	51.3	0.7	4.5	199	0.3	47.4	40.8	11	2	2	2
10	2.8	15.75	66.9	0.8	5.6	209	0.4	46.6	41.6	10.8	2	2	2
11	1.6	7.75	21.1	0.2	2.6	243	0.6	7.2	63	28	2	2	3
12	0.9	7.5	23.8	0.1	11.6	234	0.6	7.1	63.6	27.6	2	2	3
13	2.5	15.25	37.3	0.6	5.8	205	0.5	41.3	44.1	13.3	2	2	2
14	1.4	12.3	26.6	0.5	1.8	233	1.3	7.9	63.3	26.2	2	2	3
15	5.5	12.5	66.7	0.7	8	228	11.8	16.5	33.3	31.1	1	1	1
16	2.4	11.8	33.5	0.5	15.1	212	11.7	28.5	43.1	14.3	2	2	2
17	8.7	19.8	134.4	0.5	8.9	218	1	8.7	63.4	25.7	1	3	4
18	0.9	9	22	0.3	7.4	233	1	7.7	62.7	27.6	2	2	3
19	7.4	18.3	94.9	0.8	4.8	214	1	8.7	63.4	25.7	1	1	1
20	1.7	13	20.8	0.6	1.9	205	0.7	30.8	51.7	16.6	2	2	2
21	12.8	22.6	151.2	0.6	9.2	216	1.1	12.4	45.4	39.3	1	3	4
22	10.3	18.4	139.4	0.5	10.2	218	0.9	8	64.5	25.1	1	3	4
23	16.6	28.8	173.5	0.8	13.4	212	0.9	8.4	63.6	24.7	1	3	4
24	0.9	8.5	21.3	0.2	11.6	236	0.9	7.7	63.3	27.1	2	2	3
25	0.9	8.5	27.5	0.1	13.3	242	0.6	7.1	63.6	27.5	2	2	3
26	0.2	8.3	0.3	0.1	16.7	241	0.9	7.5	62.7	28.1	2	2	3
27	0.8	13	9.6	0.2	3.3	225	0.5	22.5	47.9	28.3	2	2	3
28	4.3	13.8	60.8	0.7	6.3	215	0.9	8.2	62.5	25.9	1	1	1

29	0.9	10.2	13.7	0.2	2.5	234	0.9	15.6	56	26.1	2	2	3
30	1.1	12	15.2	0.2	4.1	239	0.6	11.1	31.4	55.7	2	2	3
31	0.2	11.3	0.2	0.2	2.3	233	1	7.5	62	27.9	2	2	3
32	1	9	25.4	0.2	11.2	241	1	7.7	63.1	26.9	2	2	3
33	0.3	8	6.6	0.2	8.8	243	1.1	7.3	60.4	29.6	2	2	3
34	2.4	14.8	31.4	0.5	2.6	219	1.6	17.4	37.4	42.6	2	2	3
35	2.3	16.3	34.7	0.4	2	215	1.6	18.3	36.9	43.1	2	2	3
36	4.5	14.5	82.7	0.5	14.1	217	1.1	7.6	63.8	25.8	1	1	1
37	8.1	18	136.1	0.4	9.3	218	1	7.5	64.4	25	1	3	4
38	17.2	29.7	162.7	0.9	15	210	1.4	11.1	62.7	22.1	1	3	4
39	4.5	14.5	78.8	0.3	7.8	219	1	19.2	56.8	21.3	1	1	1
40	1.3	9.8	34	0.4	3.2	233	0.7	7.4	63.3	27.1	2	2	3
41	0.8	11.8	22.7	0.2	3.8	227	13.2	30.2	41.8	12.4	2	2	2