



universität
wien

DIPLOMARBEIT

Die Qualität von ω -3 Fettsäure reichen Hühnereiern

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat)

Verfasserin:	Simone Fäßler
Matrikel-Nummer:	0304460
Studienrichtung (lt. Studienblatt):	Ernährungswissenschaften A474
Betreuerin:	Ao. Univ.-Prof. Dr. Dorota Majchrzak

Wien, am 30.Juli 2008

DANK

Meinen Dank richte ich zunächst an meine Diplomarbeits-Betreuerin Frau Ao. Univ.-Prof. Dr. Dorota Majchrzak, die mir die Durchführung dieser Diplomarbeit ermöglicht hat und mir stets mit Rat und Tat zur Seite gestanden ist.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn o. Univ. Prof. Dr. Ibrahim Elmadfa, der es mir ermöglicht hat, meine Diplomarbeit am *IfEW* in Wien durchzuführen.

Außerdem gilt mein Dank den Mitarbeitern des *IfEW*, die mich in labortechnischen Belangen unterstützt haben. Ganz besonders möchte ich mich bei Mag. Elisabeth Plasser und Mag. Sonja Kanzler bedanken.

Ein Dankeschön möchte ich auch an alle Personen richten, die bei den sensorischen Untersuchungen mitgemacht haben.

Ganz besonders möchte ich mich bei meinen StudienkollegInnen für die Unterstützung und Hilfestellungen sowohl während der Diplomarbeitszeit als auch während der gesamten Studienzeit bedanken.

Danke sagen möchte ich auch Mag. Julia Schultes, mit der ich die gesamte Studienzeit zusammengewohnt habe und die mir bei der Übersetzung ins Englische eine große Hilfe war.

Bedanken möchte ich mich auch bei meinem lieben Freund Simon Metzler, der zwar nie so ganz genau gewusst hat was ich da eigentlich mache, aber trotzdem immer für mich da war.

Ein großes Dankeschön gilt auch meiner Schwester Mag. Kerstin Fäßler. Nicht nur für das Korrekturlesen meiner Diplomarbeit, sondern auch für die mentale Unterstützung auf die ich jederzeit zählen konnte.

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

INHALTSVERZEICHNIS

ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	IV
TABELLENVERZEICHNIS.....	VI
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	VII

1. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG	1
2. LITERATURÜBERSICHT	3
2.1. Das Hühnerei	3
2.1.1. Aufbau des Hühnereis	3
2.1.1.1. Die Eischale	4
2.1.1.2. Das Eiklar	4
2.1.1.3. Der Eidotter	4
2.1.2. Nährstoffgehalt des Hühnereis	5
2.1.2.1. Makronährstoffe	5
2.1.2.1.1. Kohlenhydrate	6
2.1.2.1.2. Proteine.....	6
2.1.2.1.3. Fette	7
2.1.2.1.3.1. Allgemeiner Aufbau von Fetten	8
2.1.2.1.3.2. Fettsäuren	8
2.1.2.1.3.3. Gesättigte Fettsäuren	8
2.1.2.1.3.4. Ungesättigte Fettsäuren	9
2.1.2.1.3.4.1. Einfach ungesättigte Fettsäuren	9
2.1.2.1.3.4.2. Mehrfach ungesättigte Fettsäuren.....	9
2.1.2.1.3.4.2.1. ω -6 Fettsäuren	10
2.1.2.1.3.4.2.2. ω -3 Fettsäuren	10
2.1.2.1.3.5. Physiologische Bedeutung und Metabolismus der Fettsäuren im menschlichen Körper.....	10

2.1.2.1.3.6.	ω -6: ω -3-Ratio	13
2.1.2.1.3.7.	Zufuhrempfehlungen für Fettsäuren	13
2.1.2.2.	Mikronährstoffe.....	15
2.1.2.2.1.	Mineralstoffe und Spurenelemente	15
2.1.2.2.2.	Vitamine	15
2.2.	Qualitätsmerkmale Hühnerei.....	17
2.2.1.	Innere Qualität - sensorische Eigenschaften des Eis	17
2.3.	Einfluss der Fütterung auf die Ei-Inhaltsstoffe.....	20
2.3.1.	Einfluss auf das Fettsäuremuster	20
2.3.1.1.	Einfluss auf den ω -3 Fettsäure-Gehalt.....	21
2.3.2.	Einfluss auf den Carotinoidgehalt	23
2.4.	Einfluss der Fütterung auf die sensorischen	
Eigenschaften	23	
2.4.1.	Farbe	23
2.4.2.	Geruch und Geschmack.....	24
2.4.2.1.	Einfluss von ω -3 Fettsäure reichen Futterquellen	25
2.4.2.2.	Andere Einflüsse	26
3.	MATERIAL UND METHODEN.....	27
3.1.	Probenmaterial	27
3.2.	Chemische Analyse	27
3.2.1.	Bestimmung des Fettsäuremusters mittels Gaschromatographie	27
3.2.1.1.	Extraktion der Ei-Lipide	29
3.2.1.2.	Verseifung und Veresterung zu Methylestern.....	30
3.2.1.3.	Analyse mittels Gaschromatographie.....	32
3.2.1.4.	Qualitätskontrolle.....	33
3.2.1.5.	Reproduzierbarkeit der Methode	33
3.2.1.6.	Statistische Auswertung	34
3.2.2.	Bestimmung des Gesamtfettgehaltes mittels ASE® 100.....	35
3.2.2.1.	Säureaufschluss.....	35
3.2.2.2.	Analyse mittels ASE® 100	37
3.2.2.3.	Qualitätskontrolle und Reproduzierbarkeit der Methode	38
3.2.2.4.	Statistische Auswertung	38

3.3. Sensorische Analyse	39
3.3.1. Quantitativ Deskriptive Analyse (QDA)	39
3.3.1.1. Probenaufbereitung für die sensorische Analyse	40
3.3.1.2. Produktattribute Hühnerei	41
3.3.1.3. Durchführung.....	46
3.3.1.4. Statistische Auswertung	46
3.3.1.5. Principal Component Analysis (PCA)	47
3.3.2. Paarweise Vergleichsprüfung	48
3.3.2.1. Probenaufbereitung für die hedonischen Verkostungen.....	48
3.3.2.2. Statistische Auswertung	49
4. ERGEBNISSE UND DISKUSSION	50
4.1. Chemische Analyse	50
4.1.1. Gesamtfettgehalt	50
4.1.2. Fettsäuremuster	50
4.1.2.1. Gesättigte Fettsäuren (SAFA)	53
4.1.2.2. Einfach ungesättigte Fettsäuren (MUFA)	53
4.1.2.3. Mehrfach ungesättigte Fettsäuren (PUFA)	54
4.1.2.3.1. ω -6 Polyenfettsäuren	56
4.1.2.3.2. ω -3 Polyenfettsäuren	57
4.2. Sensorische Analyse	63
4.2.1. Quantitativ deskriptive Analyse (QDA).....	63
4.2.1.1. Rohes Ei.....	63
4.2.1.2. Hartgekochtes Ei	65
4.2.2. Hedonische Prüfung - Paarweise Vergleichsprüfung nach Beliebtheit	76
4.2.2.1. <i>Toni's Freilande</i> – <i>Vital Ei</i>	76
4.2.2.2. <i>Toni's Freilande</i> – <i>EiVit</i>	76
5. SCHLUSSBETRACHTUNG.....	79
6. ZUSAMMENFASSUNG	83
7. SUMMARY.....	85
8. LITERATURVERZEICHNIS	87

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 2-1: Schematischer Schnitt durch ein Hühnerei	3
Abbildung 2-2: Umwandlung von LA und ALA in langkettige Derivate und Synthese von Eicosanoiden aus AA und EPA.	12
Abbildung 3-1: Filtration der Extrakte	30
Abbildung 3-2: Phasentrennung	30
Abbildung 3-3: Säureaufschluss nach 10 min Kochzeit	36
Abbildung 3-4: Säureaufschluss nach 60 min Kochzeit	36
Abbildung 3-5: Darreichung der rohen Eier	40
Abbildung 3-6: Darreichung der gekochten Eier	41
Abbildung 3-7: Darreichung der gekochten Eier - Eiklar und Dotter separat	41
Abbildung 3-8: Darreichung der Proben - mit Abdeckung	49
Abbildung 3-9: Probe nach Entfernen der Abdeckung	49
Abbildung 4-2: %-Anteile von SAFA, MUFA und PUFA an den GFS in den untersuchten Ei-Sorten	54
Abbildung 4-3: %-Anteil der ω -6 FS an den GFS	57
Abbildung 4-4: %-Anteil der ω -3 FS an den GFS	58
Abbildung 4-5: Produktprofil von rohem Ei (QDA)	64
Abbildung 4-6: PCA-Biplot (Kovarianz) für Rohes Ei - Optische Eigenschaften	65
Abbildung 4-7: Produktprofil gekochtes Ei (gesamtes Ei) (QDA)	67
Abbildung 4-8: PCA (Kovarianz): gekochtes Ei (gesamtes Ei)	68
Abbildung 4-9: Produktprofil gekochtes Ei (Eiklar) (QDA)	69
Abbildung 4-10: PCA (Kovarianz): gekochtes Ei (Eiklar)	70
Abbildung 4-11: Produktprofil gekochtes Ei (Eidotter) (QDA)	71
Abbildung 4-12: PCA (Kovarianz): gekochtes Ei (Eidotter) - Geschmackseigenschaften	72
Abbildung 4-13: PCA (Kovarianz): gekochtes Ei (Eidotter) – Konsistenzeigenschaften (Mundgefühl)	73

Abbildung 4-14: Paarweise Vergleichsprüfung von <i>Toni's Freilandei</i> (Referenz-Ei) und <i>Vital Ei</i> (Omega-3 Ei)	76
Abbildung 4-15: Paarweise Vergleichsprüfung von <i>Toni's Freilandei</i> (Referenz-Ei) und <i>EiVit</i> (Omega-3 Ei)	77

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 2-1: Grundnährstoffzusammensetzung im Hühnerei	5
Tabelle 2-2: Aminosäurezusammensetzung von Vollei, Eiklar und Eigelb	6
Tabelle 2-3: Fettzusammensetzung im Hühnerei.....	7
Tabelle 2-4: Richtwerte für die Zufuhr von Gesamtfett und essentiellen Fettsäuren in Abhängigkeit des Alters	14
Tabelle 2-5: Mineralstoffe und Spurenelemente im Hühnerei	15
Tabelle 2-6: Vitamine im Hühnerei	16
Tabelle 2-7: Einteilung der Eiqualität in innere und äußere Qualitätsmerkmale	17
Tabelle 2-8: Einfluss der Fütterung auf den ernährungsphysiologischen Wert des Hühnereis	20
Tabelle 2-9: Einfluss auf das Fettsäuremuster durch verschiedene marine Quellen	21
Tabelle 2-10: Einfluss auf das Fettsäuremuster durch verschiedene pflanzliche Quellen	22
Tabelle 3-1: Gaschromatographisch detektierte Fettsäuren des Hühnereis	28
Tabelle 3-2: Variationskoeffizient (VK) der Methode für die einzelnen Fettsäuren	34
Tabelle 3-3: Attribute für ein rohes Ei.....	42
Tabelle 3-4: Attribute für ein gekochtes Ei	43
Tabelle 4-1: Fettsäuremuster der untersuchten Hühnereier in % der GFS	51
Tabelle 4-2: Fettsäuregehalt der untersuchten Hühnereier.....	52

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

%	Prozent
°C	Grad Celsius
α	Griechischer Buchstabe für alpha
AA	Arachidonsäure
ALA	α -Linolensäure
ANOVA	Analysis of variance
app.	approximately
ASE	Accelerated Solvent Extraction System
BF ₃	Boran-Triflourid-Methanol
BHT	Butylhydroxytoluol
BW	Biologische Wertigkeit
bzw.	beziehungsweise
C	Kohlenstoff
CaCl ₂	Calciumchlorid
CH ₃ OH	Methanol
CHCl ₃	Chloroform
d	Durchmesser
DACH	Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr für Deutschland, Österreich und der Schweiz
DB	Doppelbindung
d.h.	das heißt
DHA	Docosahexaensäure
DPA	Docosapentaensäure
E	Einwaage in g für die die Gesamtfettanalyse
EANS	European Academy of Nutritional Science
ED	Eidotter
EK	Eiklar
EPA	Eicosapentaensäure
F(%)	Fettgehalt in Prozent
FAME	Fatty Acids Methyl Esters
FID	Flammenionisationsdetektor
FS	Fettsäuren
g	Gramm
GC	Gaschromatographie
GE	Gesamtes Ei
GER	Geruch
GES	Geschmack
GFS	Gesamtfettsäuren
H	Wasserstoff
HCl	Salzsäure
HDL	High-density-Lipoproteine
IfEW	Institut für Ernährungswissenschaften
ISSFAL	International Society for Study of Fatty Acids and Lipids
kcal	Kilokalorien
kg	Kilogramm
kJ	Kilo Joule
KONS	Konsistenz

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

I	Liter
LA	Linolsäure
Lc ω 3PUFA	Long chain omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids
LDL	Low-density-Lipoproteine
LSD-Test	Least Significant Differences - Test
Lt.	Laut
M	Molar
M1	Gewicht vom leeren Rundkolben in g (für die Gesamtfettbestimmung)
M2	Gewicht vom Rundkolben mit Fett, nach der Trocknung in g (für die Gesamtfettbestimmung)
mg	Milligramm
min	Minute
ml	Milliliter
mm	Millimeter
MUFA	Monounsaturated fatty acids
mV	Milli-Volt
MW	Mittelwert
N	Normal
N ₂	Stickstoff
NaOH	Natriumhydroxid
NaSO ₄	Natriumsulfat
NGES	Nachgeschmack
NS	Normschliff
OPT	Optik
p	Wahrscheinlichkeit
P:M:S	Verhältnis von mehrfach ungesättigten FS zu einfach ungesättigten FS zu gesättigten FS
PCA	Principal Component Analysis
pH	pouvoir hydrogène
Pkt.	Punkt(e)
PUFA	Polyunsaturated fatty acids
QDA	Quantitativ Deskriptive Analyse
SAFA	Saturated fatty acids
SD	Standardabweichung
β	Griechischer Buchstabe für beta
TFA	Total Fatty Acids
T-Test	Student'sche T-Test
u.a.	unter anderem
U/min	Umdrehungen pro Minute
V	Volt
v/v	Volumen zu Volumen-Verhältnis
VK	Variationskoeffizient
vs.	versus
W	Watt
z.B.	zum Beispiel
γ	Griechischer Buchstabe für gamma
μ g	Mikrogramm
μ l	Mikroliter
ω	Griechischer Buchstabe für omega

1. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

Gute Nahrungsquellen für ω -3 Fettsäuren sind Fische und pflanzliche Öle wie Rapsöl, Leinöl, Sojaöl und Walnussöl [DACH, 2000]. Viele Untersuchungen zeigen die positive Auswirkung von ω -3 Fettsäuren auf den menschlichen Körper und weisen daraufhin wie wichtig es ist, diese in den täglichen Speiseplan zu integrieren [BLANCH & GRASHORN, 1996].

Zahlreiche Erhebungen über das Ernährungsverhalten der mitteleuropäischen Bevölkerung berichten zwar über eine allgemein zu hohe Zufuhr von Fetten, allerdings ist die Versorgung mit ω -3 Fettsäuren in Ländern mit einem geringen Fischkonsum generell zu niedrig. Zudem wird die Empfehlung einer ω -6: ω -3-Ratio von höchstens 5:1 bei weitem überstiegen [DACH, 2000].

Die Idee der Anreicherung von Hühnereiern mit ω -3 Fettsäuren nahm ihren Ursprung in den 50er Jahren. Dabei werden Legehennen mit ω -3 Fettsäure reichen Futtermitteln wie Fisch oder ω -3 Fettsäure reichen Pflanzenölen gefüttert. Die unterschiedlichen Bedingungen in den Futterfetten spiegeln sich im Fettsäureprofil des Dotters wider. So kann auf einem relativ einfachen und natürlichen Weg eine starke Akkumulation von ω -3 Fettsäuren im Dotter erreicht werden. Ernährungsphysiologisch werden diese Eier aufgrund des stark erhöhten Gehaltes an ω -3 Fettsäuren als sehr wertvoll eingestuft. Nachteilige Eigenschaften und damit verminderte Kundenakzeptanz ergaben sich jedoch in den sensorischen Eigenschaften des Hühnereis, welche mit Fehlgerüchen und Fehlgeschmäckern wie „fischig“ und „ranzig“ beurteilt wurden.

Laut Österreichischem Ernährungsbericht (2003) werden in Österreich pro Kopf in der Woche durchschnittlich 3-4 Eier verzehrt. Da Eier somit ein fixer Bestandteil in der menschlichen Ernährung sind, wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit untersucht, welches Fettsäureprofil die am österreichischen Markt erhältlichen Omega-3 Eier aufweisen und ob sie wesentlich zur

Steigerung der ω -3 Fettsäure-Zufuhr beitragen können. Zudem soll in einer sensorischen Untersuchung festgestellt werden, ob sich die Omega-3 Eier in ihren Eigenschaften im Vergleich zu einem „normalen“ Hühnerei unterscheiden und wie sie vom Konsumenten akzeptiert werden.

2. LITERATURÜBERSICHT

2.1. Das Hühnerei

2.1.1. Aufbau des Hühnereis

Betrachtet man das Ei von außen nach innen, besteht die äußerste Schutzschicht des Eis aus dem Ei-Oberhäutchen, auch *Cuticula* genannt, gefolgt von der Kalkschale und der Schalenhaut. Die Schalenhaut ist zweischichtig und bildet gleichzeitig am stumpfen Ende des Eis die Luftkammer, die in einem frischen Ei ca. 5-6 mm Durchmesser hat und sich mit zunehmendem Alter vergrößert. Das Eiweiß, das den größten Anteil des Eigewichtes ausmacht, besteht aus dünnflüssigen und zähflüssigen Anteilen, welche in mehreren abwechselnden Schichten angeordnet sind [BELITZ et al, 2001; KALLWEIT et al, 1988]. Diese Abfolge ist besonders wirksam gegen mechanische Einflüsse, wie z.B. Stöße von außen [LÜCK & GAYMANN, 2005]. Umgeben von Eiklar liegt im Inneren die Dotterkugel, welche aus weißen und gelben Dotterschichten besteht. Ebenso befindet sich in der Dotterkugel die Keimscheibe mit dem Keimbläschen, die seitlich platziert ist. Der Zusammenhalt des Dotters wird durch die Dottermembran gewährleistet. Um den Dotter legt sich die erste dicke Eiklarschicht, die dann in die spiralig gedrehten Hagelschnüre ausläuft. Die Hagelschnur, auch *Chalazza* genannt, ist im Eiklar verankert und fixiert den Dotter in der zentralen Lage (Abbildung 2-1) [BELITZ et al, 2001].

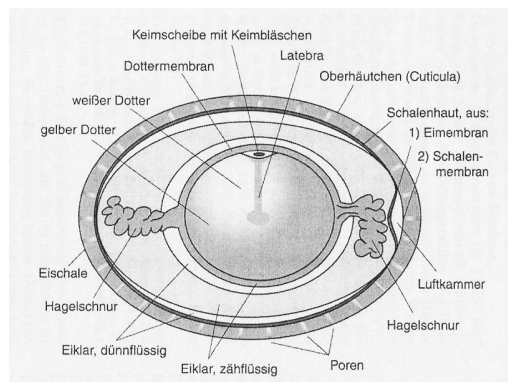


Abbildung 2-1: Schematischer Schnitt durch ein Hühnerei [EISENBRAND & SCHREIER, 2006]

Das mittlere Eigewicht liegt zwischen 58 und 60 g. Die Eiklarmasse nimmt dabei den Hauptanteil von ca. 58% ein, gefolgt vom Dotter mit ca. 32%. Somit verbleiben für die Schale rund 10% der Gesamtmasse [KALLWEIT et al, 1988; BELITZ et al, 2001].

2.1.1.1. Die Eischale

Die Schale misst durchschnittlich eine Dicke von 0,2 - 0,4 mm und ist beim Hühnerei weiß oder gelb bis braun gefärbt [BELITZ et al, 2001; EISENBRAND & SCHREIER, 2006; KALLWEIT et al, 1988]. Die Eischale besteht aus einer organischen, mucinhaltigen Netzstruktur, in die Calcium-Kristalle eingelagert sind [KALLWEIT et al, 1988]. Zusätzlich liegen kleine Mengen an Magnesiumcarbonat und Phosphaten vor. Die Schale hat somit einen Mineralstoffanteil von rund 95% und eine Trockenmasse von 98,4%. Die Schalenmatrix enthält kleinste Poren, die einen ständigen Gasaustausch zulassen [BELITZ et al, 2001]. Gleichzeitig ist die wichtigste Funktion der Schalenhaut der Schutz vor Bakterien [LÜCK & GAYMANN, 2005].

2.1.1.2. Das Eiklar

Das Eiklar ist eine 10%-ige wässrige Lösung verschiedener globulärer Proteine. Der Proteinanteil liegt bei 10,6%. Der größte Anteil macht dabei das Ovalbumin aus. Ebenfalls ist Ovomucin enthalten, das für die Viskosität des Eiweißes zuständig ist. So unterscheiden sich die zähflüssigen Eiweißschichten von den dünnflüssigen durch den 4-fach höheren Gehalt an Ovomucin. Fette mit 0,03%, Kohlenhydrate mit ca. 1%, die überwiegend an Proteine gebunden sind, und Mineralstoffe mit 0,6% sind hier nur in kleineren Mengen enthalten. Die Trockenmasse beträgt 12,1% [BELITZ et al, 2001].

2.1.1.3. Der Eidotter

Der Eidotter ist eine Fett-in-Wasser-Emulsion. Er macht zirka ein Drittel des

Eigewichtes aus. Der Eidotter enthält Partikel von unterschiedlicher Größe, die Dottertröpfchen und die Granula. Erstere sind größer und bestehen überwiegend aus Lipiden, die teilweise von Proteinmembranen umgeben sind. Die Granula bestehen hauptsächlich aus Proteinen, enthalten aber auch Lipide und Mineralstoffe. Somit sind die Hauptbestandteile des Dotters in erster Linie Fette mit 32,3% und Proteine mit 16,6%. Kohlenhydrate (1%) und Mineralstoffe (1,1%) sind nur in kleinen Mengen enthalten. Weitere Bestandteile des Dotters sind Vitamine, Aromastoffe und Farbstoffe aus der Gruppe der Carotinoide. Die Trockenmasse des Eidotters beträgt 51,3% [BELITZ et al, 2001].

2.1.2. Nährstoffgehalt des Hühnereis

Eier zählen zu den biologisch besonders wertvollen Lebensmitteln. Der ernährungsphysiologische Wert beruht auf der idealen Kombination aus Proteinen, Fett, Mineralstoffen und Vitaminen [VOLLMER et al, 1990]. Der hohe Gehalt an Cholesterin (200-250 mg pro Ei) war aufgrund der gesundheitlichen Bedeutung lange Zeit umstritten [KALLWEIT et al, 1988].

2.1.2.1. Makronährstoffe

Zu den Hauptbestandteilen des Hühnereis zählen die Makronährstoffe Kohlenhydrate, Proteine und Fette (Tabelle 2-1).

Tabelle 2-1: Grundnährstoffzusammensetzung im Hühnerei [SOUCI et al, 2000]

Hühnerei (Gesamtinhalt):*		je 100 g	pro Stück (58 g)
Energie	kcal	155	89,9
	kJ	646	374,68
Hauptnährstoffe	Protein (g)	12,8	7,4
	Fett gesamt (g)	11,3	6,6
	Kohlenhydrate (g)	0,7	0,4
	Ballaststoffe (g)	0	0

* Alle Angaben beziehen sich auf den essbaren Anteil.

2.1.2.1.1. Kohlenhydrate

Das Hühnerei enthält keine Ballaststoffe und nur sehr geringe Mengen an verwertbaren Kohlenhydraten. Sie kommen entweder proteingebunden oder frei vor. Die freien Kohlenhydrate bestehen zu 98% aus Glucose [BELITZ et al, 2001; HUOPALAHTI et al, 2007].

2.1.2.1.2. Proteine

Sowohl im Eiklar als auch im Dotter sind Proteine enthalten. Während das Protein im Eiklar als wässrige Lösung vorliegt, ist es im Dotter an Lipide gebunden [VOLLMER et al, 1990]. Das Hühnerei zählt mit seinem Anteil an Proteinen zu den Nahrungsmitteln mit der höchsten biologischen Wertigkeit (BW). Die BW gibt an, in welchem Ausmaß ein Protein oder Proteingemisch aus Nahrungsmitteln zur Synthese von körpereigenem Protein genutzt werden kann und ist von der Aminosäurezusammensetzung der Proteine abhängig (Tabelle 2-2). Somit hat ein Hühnervollei eine BW von 100 und dient daher als Referenzlebensmittel [ELMADFA & LEITZMANN, 2004].

Tabelle 2-2: Aminosäurezusammensetzung von Vollei, Eiklar und Eigelb [SOUCI et al, 2000]

Aminosäuren:			<i>Alle Angaben in g/100 g essbarer Anteil</i>				
	Vollei	Eiklar	Eigelb		Vollei	Eiklar	Eigelb
Alanin	0,89	0,83	1,03	Lysin*	0,89	0,74	1,30
Arginin**	0,89	0,68	1,28	Methionin*	0,45	0,47	0,47
Asparaginsäure	1,46	1,23	1,76	Phenylalanin*	0,80	0,76	0,79
Cystein**	0,31	0,29	0,31	Prolin**	0,59	0,50	0,78
Glutaminsäure	1,81	1,64	2,20	Serin	1,15	0,92	1,62
Glycin**	0,53	0,50	0,62	Threonin*	0,71	0,58	1,01
Histidin**	0,33	0,28	0,44	Tryptophan*	0,23	0,20	0,29
Isoleucin*	0,93	0,74	1,09	Tyrosin**	0,59	0,46	0,78
Leucin*	1,26	1,08	1,36	Valin*	1,12	0,98	1,24

*essentielle Aminosäuren; **bedingt essentielle Aminosäuren [ELMADFA, 2004]

2.1.2.1.3. Fette

Der Eidotter besteht zu rund 33% aus Lipiden und ist der Hauptspeicherort im Hühnerei [BELITZ et al, 2001]. Die Lipide sind hier in Form von Lipoproteinen organisiert und dienen somit als Träger von Lipiden. Es werden Low-density-Lipoproteine (LDL) und High-density-Lipoproteine (HDL) unterschieden. LDL bestehen hauptsächlich aus Lipiden, während HDL vorwiegend aus Proteinen und nur aus geringeren Mengen an Lipiden zusammengesetzt sind [BELITZ et al, 2001].

Die Fettsäurezusammensetzung der Lipide im Eidotter (Tabelle 2-3) hängt sehr stark von der des Futters ab [BELITZ et al, 2001; TERNES et al, 2005; ROWGHANI et al, 2007]. Zudem haben auch die Rasse und das Alter der Hühner einen Einfluss [TERNES et al, 2005].

Tabelle 2-3: Fettzusammensetzung im Hühnerei [SOUCI et al, 2000]

Lipidzusammensetzung im Hühnerei	Vollei	Eigelb
<i>Menge in g/100 g Eisubstanz</i>		
<i>Phospholipide:</i>		
Phospholipide (gesamt)	3,51	10,3
Phosphatidylcholin (Lezithin)	2,70	6,79
Phosphatidylethanolamine (Cephalin)	0,58	1,93
Phosphatidylinositol		0,06
Sphingomyelin	0,08	0,48
<i>Sterole:</i>		
Cholesterin	0,39	1,26
<i>Gesättigte Fettsäuren:</i>		
14:0 Myristinsäure	0,03	0,10
16:0 Palmitinsäure	2,39	6,89
18:0 Stearinsäure	0,23	2,13
20:0 Arachinsäure		0,40
<i>Einfach ungesättigte Fettsäuren:</i>		
16:1 Palmitoleinsäure	0,44	1,17
18:1 Ölsäure	4,22	11,7
<i>Mehrfach ungesättigte Fettsäuren:</i>		
18:2 Linolsäure	1,66	4,75
18:3 Linolensäure	0,10	0,25
20:4 Arachidonsäure	0,07	0,21
22:5 ω 3 Docosapentaensäure (DPA)		0,06
22:6 ω 3 Docosahexaensäure (DHA)		0,18

Fette spielen in der menschlichen Ernährung eine große Rolle. Dabei liegen aber sowohl die qualitativen als auch die quantitativen Empfehlungen über die Fettzufuhr und die tatsächliche Fettaufnahme der Bevölkerung oft weit auseinander. Dies macht die Möglichkeit der Anreicherung von erwünschten Fettsäuren im Dotter über die Futtermittel immer interessanter.

2.1.2.1.3.1. Allgemeiner Aufbau von Fetten

Fette oder auch Lipide genannt, sind Sammelbegriffe für hydrophobe Stoffe unterschiedlicher Struktur. Zu den Lipiden zählen die fettähnlichen Stoffe und die eigentlichen Fette, zu deren Hauptkomponenten die Triglyceride zählen.

Man unterscheidet zwischen einfachen Lipiden, zusammengesetzten Lipiden und Fettbegleitstoffen. Die zusammengesetzten, oder komplexen Lipide lassen sich in 3 Gruppen: Glycerophospholipide, Glyceroglykolipide, Sphingolipide einteilen [SCHWEDT, 2005].

In Lebensmitteln dienen Lipide als Träger von Geschmacks,- Geruchsstoffen und Vitaminen. Ebenso sind sie für die Konsistenz und das Mundgefühl von Lebensmitteln mitverantwortlich. Auch ernährungsphysiologisch haben Lipide eine hohe Bedeutung [BELITZ et al, 2001].

2.1.2.1.3.2. Fettsäuren

Fettsäuren (FS) sind aliphatische Carbonsäuren und kommen verestert mit Glycerin als Triglyceride in Ölen und Fetten vor. Sie werden eingeteilt in geradzahlige, ungeradzahlige, gesättigte, ungesättigte und verzweigtkettige FS. Je nach Anzahl der C-Atome unterscheidet man kurzkettige, mittelkettige und langkettige FS [SCHWEDT, 2005].

2.1.2.1.3.3. Gesättigte Fettsäuren

Gesättigte FS weisen keine Doppelbindung (DB) zwischen den C-Atomen auf, da alle C-Atome mit H-Ionen gesättigt sind. Lebensmittelchemisch sind

gesättigte, geradzahlige und unverzweigtkettige FS mit der Länge von C₄-C₂₂ von besonderem Interesse, da sie Bestandteile von vielen Fetten und Ölen sind [BELITZ et al, 2001].

2.1.2.1.3.4. Ungesättigte Fettsäuren

Ungesättigte FS enthalten eine oder mehrere DB, wobei in Nahrungsfetten hauptsächlich ungesättigte FS mit bis zu 4 DB vorkommen [SCHWEDT, 2005]. Die DB können *cis* oder *trans* konfiguriert sein und isoliert oder konjugiert vorliegen. FS werden eingeteilt nach der Anzahl der DB (Monoensäuren, Diensäuren, Triensäuren, Tetraensäuren) und nach der Essentialität der FS. Weiters unterscheidet man in Abhängigkeit der Lokalisation der ersten Doppelbindung vom Methyl-Ende ausgehend, ω-3, ω-6, ω-7 oder ω-9 FS. Für die Angabe der Lokalisation der DB ausgehend vom Methyl-Ende werden 2 Schreibweisen verwendet, der griechische Buchstabe ω oder n [ELMADFA & LEITZMANN, 2004].

2.1.2.1.3.4.1. Einfach ungesättigte Fettsäuren

Die in den Nahrungsfetten am häufigsten vorkommende Monoensäure ist die Ölsäure mit ihrer DB in ω-9 Position (C18:1 ω9). In geringeren Mengen kommt auch die Palmitoleinsäure (C16:1 ω7c) vor. Beide zählen zu den nicht essentiellen FS, da sie der Körper selbst synthetisieren kann. Monoensäuren haben im Stoffwechsel einen positiven Einfluss auf LDL-Cholesterin, aber nur wenn sie die gesättigten FS in der Nahrung ersetzen [ELMADFA & LEITZMANN, 2004; DUBOIS et al, 2007]. Versuche auf einen positiven Einfluss auf HDL-Cholesterin und Blut-Triglyceride waren bisher ergebnislos. Wichtige Quellen für Ölsäure sind Olivenöl und Rapsöl [DUBOIS et al, 2007].

2.1.2.1.3.4.2. Mehrfach ungesättigte Fettsäuren

Besitzen mindestens 2 DB und werden in die Linolsäure- und Linolensäuregruppe unterteilt. Erstere bezeichnet die Gruppe der ω-6 FS und letztere die der

ω -3 FS [ELMADFA & LEITZMANN, 2004]. Sie zählen zu den essentiellen FS und haben somit wichtige physiologische Funktionen [ELMADFA & LEITZMANN, 2004; SHIMIZU et al, 2001; BOURRE & GALEA, 2006].

2.1.2.1.3.4.2.1. ω -6 Fettsäuren

Zu dieser Gruppe zählt die Linolsäure (LA: C18:2 ω 6), die im menschlichen Körper die Vorstufe der Arachidonsäure (AA: C20:4 ω 6) ist. Ihre positive Wirkung liegt in der Senkung des Blut-Cholesterinspiegels. Bei übermäßiger Aufnahme kann es zur Begünstigung von Lipidperoxidationen und Entzündungen führen. Sie kommen in pflanzlichen Ölen wie Distel-, Soja-, Sonnenblumen- und Maiskeimöl vor [ELMADFA, 2004].

2.1.2.1.3.4.2.2. ω -3 Fettsäuren

Zu den FS der ω -3-Familie zählt in erster Linie die α -Linolensäure (ALA: C18:3 ω 3). Die anderen ω -3 FS stammen von ALA ab und haben längere, höher ungesättigte, aliphatische Ketten, wie die Eicosapentaensäure (EPA: C20:5 ω 3) und Docosahexaensäure (DHA, C22:6 ω 3) [BOURRE & GALEA, 2006]. Sie können im menschlichen Organismus aus ALA mittels Elongation und Desaturation gebildet werden.

Wichtige Quellen von ALA sind pflanzliche Öle wie Leinöl, Rapsöl, Sojaöl, Sesamöl und Walnussöl. DHA und EPA sind hauptsächlich in marinen Produkten wie Fisch und Schalentieren enthalten [ELMADFA, 2004; KAMAL-ELDIN & YANISHLIEVA, 2002].

2.1.2.1.3.5. Physiologische Bedeutung und Metabolismus der Fettsäuren im menschlichen Körper

Menschliche Zellen sind nicht in der Lage ω -6 FS in ω -3 FS umzuwandeln, da ihnen das dafür verantwortliche Enzym, die ω -3 Desaturase fehlt. Die Umwandlung von LA und ALA in ihre längerkettigen Derivate erfolgt ausgehend

von der initialen FS mittels Elongation und Desaturation. Abhängig von der Konzentration und Affinität der initialen FS konkurrieren diese um die Enzyme, da sich beide Gruppen dieselben Enzyme des endoplasmatischen Retikulums der Leberzelle teilen (Abbildung 2-2) [DUBOIS et al, 2007].

LA und ALA und ihre langkettigen Derivate sind sehr wichtige Bestandteile von Zellmembranen. Diese beiden Klassen der essentiellen FS sind nicht ineinander umwandelbar und besitzen antagonistische Wirkungen. Über die Nahrung aufgenommene EPA und DHA haben die Eigenschaft, ω -6 FS (vor allem AA) in den Zellmembranen zu ersetzen. Dieser Austausch erfolgt vorwiegend in den Zellmembranen von Thrombozyten, Erythrozyten, Neutrophilen, Monozyten und Leberzellen [SIMOPOULOS, 2002]. Nach INNIS (2007) erfolgt ein sehr leichter Einbau von DHA in Nerven- und Gehirnzellen. Die Lipidzusammensetzung in der Zellmembran beeinflusst die Membranfluidität, die Rezeptoreigenschaften und die Aktivierung von intrazellulären Signalen [WESLEY, 1998]. In weiterer Folge sind AA und EPA auch Ausgangsstoffe für die Eicosanoidproduktion [SIMOPOULOS, 2002].

Eicosanoide sind sowohl parakrine als auch autokrine chemische Signalstoffe, welche von AA und EPA gebildet werden und abhängig davon antagonistische Wirkungen zeigen. Zu ihren Vertretern zählen Prostaglandine, Thromboxane und Leukotriene [GIL, 2002; DUBOIS et al, 2007; TAPIERO et al, 2002]. Eicosanoiden, die von der ω -6-Familie gebildet werden zeigen inflammatorische, thrombotische, hypertensive und arrhythmische Eigenschaften. Hingegen wirken Eicosanoide von der ω -3-Familie antagonistisch, nämlich anti-inflammatorisch, anti-thrombotisch, anti-hypertensive und anti-arrhythmisch [DUBOIS et al, 2007; SIMOPOULOS, 2002]. Eicosanoide, die von ω -3 FS stammen wirken weniger entzündungsfördernd, weil diese von Natur aus eine schwächere Wirkung auf die zelluläre Immunantwort haben [WESLEY, 1998; GIL, 2002].

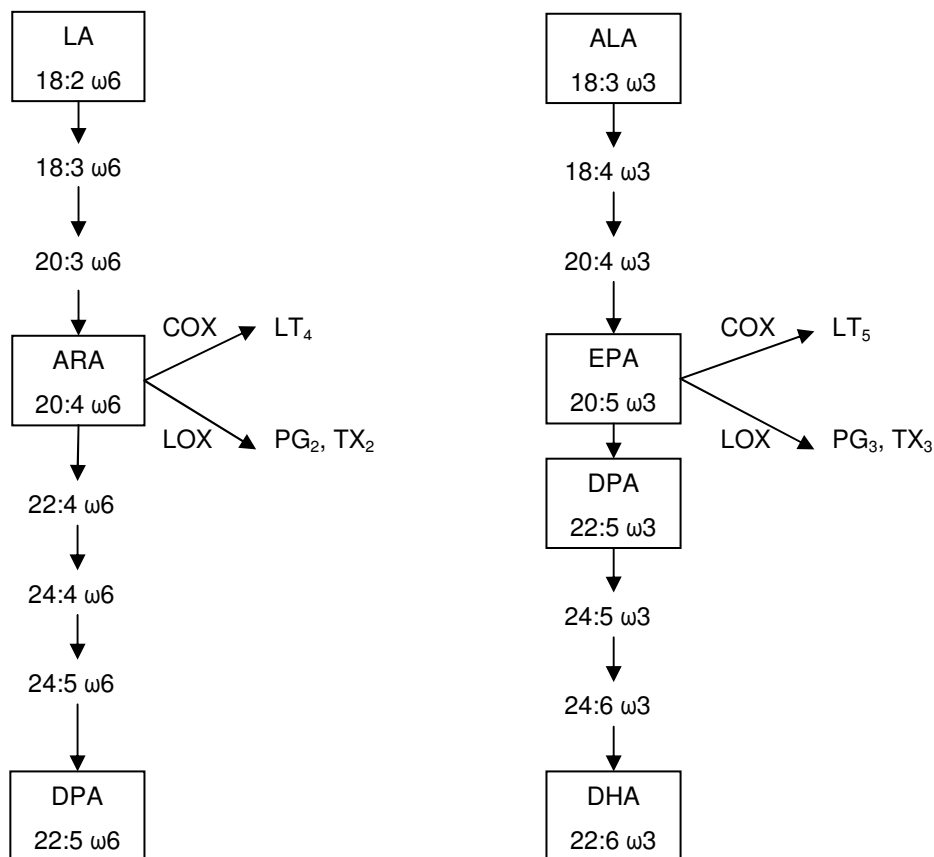


Abbildung 2-2: Umwandlung von LA und ALA in langkettige Derivate und Synthese von Eicosanoiden aus AA und EPA [DUBOIS et al, 2007; ELMADFA & LEITZMANN, 2004].

Basierend auf zahlreichen Studien wird vermutet, dass langkettige, mehrfach ungesättigte ω-3 FS (das sind in der Regel ω-3 FS mit mehr als 20 C-Atomen) ab einer bestimmten Dosis einen positiven Einfluss auf die Prävention und Behandlung von zahlreichen Erkrankungen haben.

Beispiele hierzu sind Arthritis und andere Entzündungskrankheiten [CHAPKIN et al, 2007], Autoimmunerkrankungen, eventuell Typ 2 Diabetes [SIRTORI & GALLI, 2002] und Krebs [CHAPKIN et al, 2007]. Weiters haben sie einen positiven Einfluss auf kardiovaskuläre Erkrankungen, Hypertonie und Ischämie [BOURRE & GALEA, 2006; DUBOIS et al, 2007], sowie Nieren- und Hautkrankheiten [DUBOIS et al, 2007].

Langkettige ω-3 FS wie EPA und DHA sind sehr wichtig für die Entwicklung des Gehirns [BOURRE & GALEA, 2006; DUBOIS et al, 2007; INNIS, 2007] und der Retina [DUBOIS et al, 2007]. Sie sind Bestandteile von Zellmembranen und

haben Einfluss auf sämtliche cerebrale Funktionen. Somit werden sie für die Behandlung psychischer Erkrankungen zunehmend interessanter [BOURRE & GALEA, 2006]. Einige Studien zeigen auch, dass eine sinnvolle Ernährung mit einem ausgewogenen Verhältnis an ω -6: ω -3 FS in Begleitung einer adäquaten Therapie die Medikamentendosis verringern kann [SIMOPOULOS, 2002].

Diskutiert werden die kontroversen Ergebnisse, ob sich höhere Mengen von ω -3 FS negativ auf die Immunantwort auswirken, was zu großen Bedenken bei Menschen mit einem geschwächten Immunsystem führt. Weiters kann eine erhöhte Zufuhr auch zu verstärkt auftretenden Blutungen führen [KELLEY & RUDOLPH, 2000; ELMADFA & LEITZMANN, 2004].

2.1.2.1.3.6. ω -6: ω -3-Ratio

Ein ausgewogenes Verhältnis zwischen ω -6 und ω -3 FS kann wegen der Konkurrenz der FS um das gemeinsame Enzymsystem die Biosynthese der physiologisch wichtigen langkettigen und hochungesättigten FS und die damit verbundene Produktion von Eicosanoiden beeinflussen. Die Affinität der initialen FS nimmt dazu in der Reihenfolge ω -3, ω -6, ω -9 FS ab. Die Rate der Umsetzung hängt wegen dieser Konkurrenzsituation unter anderem von der Fettsäurezusammensetzung der Nahrung ab. Normalerweise werden bestenfalls 10% der zugeführten essentiellen FS (LA, ALA) in die entsprechenden langkettigen Derivate (AA, EPA, DHA) umgewandelt [DACH, 2000; SCHREINER et al, 2004]. Eine direkte Zufuhr von EPA oder DHA aus der Nahrung hat eine verstärkende Wirkung auf die Eicosanoidsynthese der ω -3 Fettsäurereihe [SCHREINER et al, 2004]. Es wird geschätzt, dass EPA 2-10 mal wirksamer ist als ALA [DACH, 2000].

2.1.2.1.3.7. Zufuhrempfehlungen für Fettsäuren

Nahrungsfette liefern essentielle FS und pro Gramm im Vergleich zu Kohlenhydraten und Proteinen mehr als das doppelte an Energie. Zudem dienen sie als Träger fettlöslicher Vitamine. Neben der Gesamtfettaufnahme ist

aber auch die Fettsäurezusammensetzung der Nahrung sehr wichtig [DACH Referenzwerte, 2000].

Tabelle 2-4: Richtwerte für die Zufuhr von Gesamtfett und essentiellen Fettsäuren in Abhängigkeit des Alters [DACH Referenzwerte, 2000]

Altersgruppe	Fett (% der Energie)	Essentielle FS (% der Energie)	
		ω -6	ω -3
Säuglinge	35 - 45	3,5 - 4,0	0,5
Kinder	30 - 35	2,5 - 3,0	0,5
Jugendliche und Erwachsene	30	2,5	0,5
Ältere Menschen	30 - 35	2,5	0,5

Laut DACH werden folgende Richtwerte empfohlen: Bei einer Fettaufnahme von 30% der Gesamtenergiezufuhr sollten die gesättigten FS max. 10% der Gesamtenergie betragen, das entspricht höchstens einem Drittel der mit Fett zugeführten Energie.

Das Verhältnis von mehrfach ungesättigten FS zu einfach ungesättigten FS zu gesättigten FS (P:M:S) sollte 0,7:1,3:1 betragen. Das Verhältnis ω -6: ω -3 höchstens 5:1.

ω -3 FS sollten für Erwachsene max. 3% der Nahrungsenergie ausmachen um eventuell nachteilige Wirkungen wie Blutungen oder eine Schwächung des Immunsystems zu verhindern (Tabelle 2-4).

Die Cholesterinzufuhr mit der Nahrung sollte 300 mg/Tag nicht wesentlich übersteigen.

BARLOW et al (1990) empfiehlt, dass in der westlichen Ernährung 3 g/Tag an ω -3 FS enthalten sein sollten, davon sollte mindestens 1 g von langkettigen ω -3 FS (DHA und EPA) stammen. Health and Welfare Canada (1990) rät eine ω -6: ω -3-Ratio von 4:1. Der Istzustand wird allerdings auf 10:1 bis 20:1 geschätzt. Auch die in den Bundesstaaten der USA evaluierte, durchschnittliche ω -3 FS Aufnahme erreichte nur 0,68 g/Tag [GIBNEY, 1997].

Laut Österreichischem Ernährungsbericht 2003 wird die durchschnittliche Gesamtfettaufnahme der österreichischen Erwachsenen mit 37% der Gesamtenergiezufuhr als zu hoch eingestuft. Die ω -6: ω -3-Ratio beträgt durchschnittlich 8:1. Die Aufnahme von gesättigten FS mit 16-18% ist ebenfalls zu hoch. Laut Angaben des Deutschen Ernährungsberichtes 2004 sieht die Situation in unserem Nachbarstaat ähnlich aus.

2.1.2.2. Mikronährstoffe

2.1.2.2.1. Mineralstoffe und Spurenelemente

Hühnereier sind eine sehr gute Quelle für viele Mineralstoffe und Spurenelemente. Sie sind sowohl im Dotter als auch im Eiklar zu finden (Tabelle 2-5) [HUOPALAHTI et al, 2007].

Tabelle 2-5: Mineralstoffe und Spurenelemente im Hühnerei [SOUCI et al, 2000]

Hühnerei (Gesamtinhalt):		je 100 g	pro Stück (58 g)
Mineralstoffe:	Natrium:	144 mg	83,5 mg
	Kalium:	147 mg	85,3 mg
	Calcium:	54 mg	31,3 mg
	Phosphor:	214 mg	124,1 mg
	Magnesium:	12 mg	7,0 mg
	Eisen:	2,1 mg	1,2 mg
Spurenelemente:	Jod:	9,5 µg	5,5 µg
	Fluor:	110 µg	63,8 µg
	Zink:	1,30 mg	0,8 mg
	Kupfer:	65 µg	37,7 µg
	Mangan:	71 µg	41,2 µg
	Chrom:	2,5 µg	1,5 µg
	Selen:	10 µg	5,8 µg

2.1.2.2.2. Vitamine

Hühnereier dienen als Hauptnährstoffquelle von vielen Vitaminen (Tabelle 2-6). Die fettlöslichen Vitamine befinden sich im Dotter, während die wasserlöslichen Vitamine sowohl im Dotter als auch im Eiklar zu finden sind [HUOPALAHTI et al, 2007].

Tabelle 2-6: Vitamine im Hühnerei [ELMADFA et al, 2005; SOUCI et al, 2000]

Hühnerei (Gesamtinhalt):		je 100 g	pro Stück (58 g)
Vitamine:	Vitamin A (Ret.-Ä.):	272,0 µg	157,8 µg
	Carotinoide:		
	β-Carotin*	5 µg	2,9 µg
	α-Carotin*	2 µg	1,2 µg
	Lutein*	586 µg	339,9 µg
	Zeaxanthin*	414 µg	240,1 µg
	Vitamin E (Toc.-Ä.):	2,0 mg	1,2 mg
	Vitamin D:	2,90 µg	1,7 µg
	Vitamin K:	8,90 µg	5,2 µg
	Vitamin B1:	0,13 mg	0,08 mg
	Vitamin B2:	0,41 mg	0,24 mg
	Vitamin B6:	0,08 mg	0,05 mg
	Vitamin B12:	1,90 µg	1,1 µg
	Folsäure:	67,0 µg	38,9 µg
	Biotin:	25,0 µg	14,5 µg
	Niacin:	0,08 mg	0,05 mg
	Pantothensäure:	1,6 mg	0,56 mg
	Vitamin C:	0 mg	0 mg

* Carotinoidgehalte in Hühnereiern aus Freilandhaltung (Sommer/Winter) [MAJCHRZAK & ELMADFA, 1997]

Carotinoide sind wichtige Pflanzeninhaltsstoffe, die als Antioxidantien und Provitamine ihre Funktion ausüben. Sie befinden sich im Eidotter und sind für dessen Farbe verantwortlich. Sie haben eine positive Wirkung auf das Immunsystem und beeinflussen die Lichtschutzwirkung der Haut [BIESALSKI et al, 1997; ELMADFA & LEITZMANN, 2004]. Hühnereier enthalten vor allem nennenswerte Mengen an Lutein und Zeaxanthin [MAJCHRZAK & ELMADFA, 1997; WATZL & LEITZMANN, 2005], die u.a. einen protektiven Effekt auf die Entwicklung einer altersbedingten Makuladegeneration haben, während β-Carotin und andere im Ei vorkommende Carotinoide eine hemmende Wirkung auf die Kataraktentwicklung zeigen [BIESALSKI et al, 1997; LEESON & CASTON, 2004; BOURRE & GALEA, 2006].

2.2. Qualitätsmerkmale Hühnerei

Die Güteeigenschaften des Eis, nämlich die Eiqualität, sind ein Komplex aus vielen Merkmalen, die zur Beurteilung dieser herangezogen werden müssen. Sie lassen sich in innere und äußere Qualitätsmerkmale aufgliedern (Tabelle 2-7) [KALLWEIT, 1988]:

Tabelle 2-7: Einteilung der Eiqualität in innere und äußere Qualitätsmerkmale [KALLWEIT, 1988]

Innere Qualität ▪ Nährwert ▪ Frischegrad ▪ Funktionelle Eigenschaften: (<i>Viskosität, Backqualität, Schaumbildung, Emulgierbarkeit</i>) ▪ Sensorische Eigenschaften: (<i>Dotterfarbe, Geschmack, Geruch</i>)	Äußere Qualität: ▪ Eiform ▪ Schalenfarbe ▪ Schalenstabilität ▪ Größe (Eigewicht)
--	---

2.2.1. Innere Qualität - sensorische Eigenschaften des Eis

Die Sensorik befasst sich mit Qualitätseigenschaften, die man mit den 5 menschlichen Sinnen Geruch, Geschmack, Gesicht, Getast und Gehör wahrnehmen und bewerten kann [JELLINEK, 1981]. Auf das Ei bezogen handelt es sich somit um das Aroma, den Geschmack und die Farbe, sowie die Konsistenz und das Mundgefühl.

Geruch - In der Intensität des Geruchs unterscheiden sich ein rohes und ein gekochtes Ei wesentlich. Die Aromastoffe werden durch den Erhitzungsprozess stark intensiviert. Die Geruchseigenschaften süß und milchig werden positiv mit dem Frischegrad des Eis assoziiert und charakterisieren somit typische Merkmale eines qualitativ hochwertigen Hühnereis [VAN ELSWYK et al, 1995; WARREN et al, 1995]. Fischig, ranzig und muffig sind die negativen

sensorischen Eigenschaften. Das Hühnerei sollte frei von diesen Fehlgerüchen sein.

Geschmack - Typische Geschmacks-Eigenschaften für das Ei sind süß und milchig. Bei der Beurteilung des Eiklars soll ev. noch der saure Geschmack berücksichtigt werden. Hervorzuheben ist hier die Dringlichkeit, das Eiklar getrennt vom Dotter zu verkosten, da sich aufgrund des hohen Fettgehaltes die Geschmacks- und Geruchskomponenten hauptsächlich im Eidotter befinden. Fremdgeschmäcker wie fischig, ranzig, bitter usw. sollten im Hühnerei keine vorhanden sein [WARREN et al, 1995; VAN ELSWYK et al, 1995].

Farbe und Aussehen - Die Dotterfarbe variiert von hellgelb bis dunkelgelb/orangerot und ist sehr stark von der Fütterung abhängig [JACOB et al, 2000]. Sie kann mithilfe dem Roche Dotterfarbfächer beurteilt werden.

Grüne Fehlfärbungen beim hartgekochten Ei können auftreten, wenn das Ei zu lange gekocht wird oder das Wasser einen hohen Gehalt an Eisen aufweist. Unabhängig vom Kochvorgang können Fehlfärbungen auch aufgrund von bestimmten Futtermittelkomponenten wie Purpurweizen, Baumwollsaamen, Hirse usw. auftreten. Beim aufgeschlagenen Ei sollte der Dotter im Profil ein rundes Bild geben. Abgeflachte Dotter sind ein Zeichen für Qualitätsverlust. Die Dotterkonsistenz eines hartgekochten Eis ist hauptsächlich von der Fütterung abhängig [JACOB et al, 2000; STADELMAN, 1986].

Die Eiklarqualität hat auch einen großen Einfluss auf die inneren Qualitätsmerkmale des Hühnereis. Wenn ein frisches Ei aufgeschlagen und auf eine glatte Oberfläche überführt wird, sollte sich um den Eidotter eine zähe, kompakte Eiklarschicht wölben. Wenn jedoch das Eiklar dünnflüssig und breit auseinander fließt, ist das oft ein Zeichen für Qualitätsverlust. Beim gekochten Ei kann sich das durch eine dezentrale Dotterlage äußern [JACOB et al, 2000; STADELMAN, 1986].

Mundgefühl und Textur - Das Mundgefühl ist ein komplexer, haptischer (Sinnes-)Eindruck eines Lebensmittels, der aus dem Bereich der Sensorik

stammt und durch die Beschaffenheit eines Lebensmittels beeinflusst wird. Es gibt an, wie sich ein Lebensmittel im Mund „anfühlt“. Die Textur kann durch Kraft- und Berührungssinne (Muskulatur und Schleimhaut) im Mund wahrgenommen werden [BEHR, 2000]. Wie auch viele andere Eigenschaften ist die Konsistenz stark von der Fütterung, der Legehennenrasse und dem Alter der Henne abhängig. Es können folgende Konsistenzeigenschaften beim gekochten Ei beurteilt werden: Härtegrad, Krümeligkeit, Gummiartigkeit, sowie Cremigkeit und Klebrigkeit an den Zähnen, die vor allem für die Beurteilung des Eidotters wichtig sind.

2.3. Einfluss der Fütterung auf die Ei-Inhaltsstoffe

Die Tierernährung nimmt allgemein einen großen Einfluss auf die Qualität tierischer Lebensmittel. So hat auch die Futtermittelzusammenstellung in der Fütterung von Legehennen eine Auswirkung auf die Inhaltsstoffe des Hühnereis [MAJCHRZAK & ELMADFA, 1997; JIANG et al, 1991; LEIBETSEDER, 1992; BAUCCELLS et al, 2000; JACOB et al, 2000;]. Über die Fütterung sind aber nicht alle Ei-Inhaltsstoffe in gleichem Ausmaß beeinflussbar (Tabelle 2-8).

Tabelle 2-8: Einfluss der Fütterung auf den ernährungsphysiologischen Wert des Hühnereis [JIANG et al, 1991; LEIBETSEDER, 1992; BAUCCELLS et al, 2000]

nicht oder gering beeinflussbar:	deutlich beeinflussbar:
• Trockensubstanz, Wassergehalt • Energiegehalt • Proteingehalt, Aminosäuremuster • Fettgehalt (gesamt) • Gehalt an gesättigten und einfach ungesättigten Fettsäuren • Kohlenhydratgehalt • Cholesteringehalt • Mengenelemente • Vitamin C	• Gehalt an ungesättigten Fettsäuren • Spurenelemente (Jod, Fluor, Mangan, Selen,...) • Fettlösliche Vitamine (A, D, E, K) • Einige wasserlösliche Vitamine (B1, B2, B12, Folsäure, Biotin, Pantothensäure)

2.3.1. Einfluss auf das Fettsäuremuster

Das Fettsäuremuster im Eidotter lässt sich über die Futtermittelzusammensetzung beeinflussen (Tabelle 2-8). Wobei von JIANG et al im Jahre 1991 beobachtet wurde, dass der Gehalt an gesättigten und einfach ungesättigten FS in den Dotterlipiden relativ konstant bleibt und nur begrenzt durch die Fütterung verändert werden kann. Hingegen lassen sich mehrfach

ungesättigte FS in Dotterlipiden sehr stark von der Futtermittelzusammensetzung beeinflussen [BAUCELLS et al, 2000].

2.3.1.1. Einfluss auf den ω -3 Fettsäure-Gehalt

Viele Studien beschäftigten sich mit der Veränderung des Fettsäuremusters im Eidotter zugunsten der ω -3 FS.

Es ist bekannt, dass die Dotterlipide die aufgenommenen Futterlipide in ihrer Fettsäurezusammensetzung widerspiegeln. Wodurch ein hoher Anteil an ω -3 FS-Quellen im Futtermittel die Akkumulierung von ω -3 FS im Dotter steigert [SHIMIZU et al, 2001; EL BAGIR et al, 2006; GARCIA-REBOLLAR et al, 2007; CACHALDORA et al, 2007].

Prinzipiell werden Hühnereier mittels pflanzlichen oder marinen ω -3 FS-Quellen oder auch Kombinationen daraus angereichert. Zahlreiche Studien sind sich darüber einig, dass durch Beigabe von marinen Zusatzstoffen zum Futtermittel das Verhältnis zwischen ω -3 und ω -6 FS zugunsten der ω -3 FS verändert wird, was zu einer vorteilhafteren ω -6: ω -3-Ratio führt (Tabelle 2-9).

Tabelle 2-9: Einfluss auf das Fettsäuremuster durch verschiedene marine Quellen

Quelle	Futter- zusatz	ω-6		ω-3				ω6:ω3 Ratio
		LA	AA	ALA	EPA	DHA	DPA	
SHIMIZU et al, 2001 ^a								
Fischöl	0%	13,8	1,94	0,45	0,07	1,10	0,15	9,3
Fischöl	2,1%	13,4	0,70	0,56	0,62	5,83	0,53	1,9
BAUCELLS et al, 2000 ^b								
Sonnenblumenöl	4%	63,1	0,02	1,08	0,42	0,11	0,00	38,25
Fischöl	4%	23,4	0,48	1,27	10,75	6,13	1,34	1,21
GANZALEZ-ESQUERRA & LEESON, 2000 ^a								
Menhaden-Öl	0%	-	-	0,52	0,0	0,52	0,01	-
Menhaden-Öl	4%	-		0,59	0,60	2,27	0,29	-
SCHREINER et al, 2004 ^a								
Robbenöl	0%	9,25	1,60	0,33	< 0,1	0,91	< 0,1	6,13
Robbenöl	5%	10,1	0,55	0,43	0,59	3,48	0,42	2,17

CARRILLO-DOMINGUEZ et al, 2005^c								
Rote Krabben-Mehl (Crustacea)	0%	890	163	6,2	5,9	56,1	-	15,5
Rote Krabben-Mehl (Crustacea)	6%	1150	199	15,4	17,2	245,6	-	4,9

^a Angaben in % der Gesamtdotterlipide

^b Angaben in % der Gesamt-Methylester der Fettsäuren im Eidotter

^c Angaben in mg/100g des Ei-Gesamteinhaltes

- keine Angaben

LA (Linolsäure, C18:2 ω6c); AA (Arachidonsäure, C20:4 ω6); ALA (α-Linolensäure, C18:3 ω3), EPA (Eicosapentaensäure, C20:5 ω3), DHA (Docosahexaensäure C22:6 ω3), DPA (Docosapentaensäure, C22:6 ω3)

Eine weitere Möglichkeit der Anreicherung ist die Zugabe von ω-3 FS reichen pflanzlichen Ölen zum Futter der Legehennen. In zahlreichen Untersuchungen wurden Fütterungsversuche mit pflanzlichen Ölen und Samen die reich an ALA sind durchgeführt [PARDIO et al, 2005] und es konnte festgestellt werden, dass die ALA-Anteile im Dotter stark anstiegen (Tabelle 2-10).

Tabelle 2-10: Einfluss auf das Fettsäuremuster durch verschiedene pflanzliche Quellen

Quelle	Futter- zusatz	ω-6		ω-3				ω6:ω3 Ratio
		LA	AA	ALA	EPA	DHA	DPA	
ROWGHANI et al, 2007 ^a								
Kontrollgruppe		-	-	1,27	-	0,15	-	-
Rapsöl	3%	-	-	3,43	-	1,31	-	-
Rapsöl	5%	-	-	6,02	-	1,47	-	-
CACHALDORA et al, 2007 ^a								
Sojaöl	50 g/kg	22,4	1,73	1,19	0,02	1,65	0,20	7,99
Leinöl	50 g/kg	15,3	0,98	7,94	0,24	1,89	0,46	1,56
Kombination: Leinöl Fischöl	50 g/kg 30 g/kg	13,3	0,87	6,5	0,35	3,78	0,40	1,30

^a Angaben in % aller Fettsäuren

LA (Linolsäure, C18:2 ω6c); AA (Arachidonsäure, C20:4 ω6); ALA (α-Linolensäure, C18:3 ω3), EPA (Eicosapentaensäure, C20:5 ω3), DHA (Docosahexaensäure C22:6 ω3), DPA (Docosapentaensäure, C22:6 ω3)

2.3.2. Einfluss auf den Carotinoidgehalt

Carotinoide werden nur in Pflanzen synthetisiert, gelangen aber über das Futter in das tierische Gewebe und werden dort gespeichert. Im Hühnerei wird der Dotter mittels Carotinoiden gefärbt [MAJCHRZAK & ELMADFA, 1997].

GRASHORN & STEINBERG (2002) zeigten eine 40%-ige Akkumulierungsrate von Xanthaxanthin (Rotpigmente) im Eidotter über den Futtermittelgehalt.

Lutein zeigte ähnliche Ergebnisse. Die erhöhte Zugabe von Lutein zum Futtermittel äußerte sich durch einen erhöhten Luteingehalt im Eidotter, was mit einer deutlich intensiveren Gelbfärbung einherging. In nur 7 Tagen steigerte sich der Luteingehalt im Eidotter auf das 5-8 fache und die Dotterfarbe zeigte deutliche Veränderungen. Die Effizienz der Anreicherung von Lutein im Eidotter nimmt mit der Zunahme der zugeführten Mengen zum Futter ab [LEESON & CASTON, 2004].

In einer Untersuchung von MAJCHRZAK & ELMADFA (1997), die den Carotinoidgehalt von handelsüblichen Hühnereiern bestimmten, wurden jeweils bei den Eiern aus Freilandhaltung die höchsten Carotinoidgehalte analysiert.

2.4. Einfluss der Fütterung auf die sensorischen Eigenschaften

Nicht nur die Inhaltsstoffe des Eis werden durch die Futtermittelzusammensetzung verändert, auch seine sensorischen Eigenschaften werden stark beeinflusst.

2.4.1. Farbe

Die mehr oder weniger intensive Gelbfärbung des Dotters ist rein alimentär bedingt und hauptsächlich auf die Carotinoidfarbstoffe Lutein und Zeaxanthin zurückzuführen. Die Farbstoffe werden im Dotter gespeichert, wobei die

Intensität der Gelbfärbung des Dotters stark durch carotinoidreiches Futtermittel beeinflusst wird [FRANZKE, 1996].

Die Menge und das Gelb:Rot-Verhältnis der Carotinoide im Futter sind ausschlaggebend für die richtige Farbgebung. Gelbpigmente finden sich hauptsächlich in Gelbmais und Luzernegrünmehl, Rotpigmente dagegen in Platamais, Paprika und laut HERBER-MCNEILL (1998) auch in marinen Algen. Da die Futterkomponenten jedoch nicht immer in gleichbleibender Güte, Konzentrationen und auch Stabilität zur Verfügung stehen, werden außerdem synthetische Carotinoide eingesetzt [KALLWEIT, 1988; GRASHORN & STEINBERG, 2002].

Durch eine bestimmte Auswahl von Futtermittelkomponenten kann, wie bereits erwähnt, die Dotterfarbe verändert werden. Diese kann von hell/grünlich bis dunkelgelb/orange variieren. Der erhöhte Lutein-Gehalt ist beispielsweise für die intensivere Gelbfärbung des Eidotters verantwortlich. Genauso kann die Fütterung zu Fehlfärbungen führen, welche sich beispielsweise in Form von pink- und grünstichigen Verfärbungen, sowie marmorierten Dottern („egg mottling“) zeigen. „Egg mottling“ ist abhängig von der Fütterung (wird verstärkt durch Nicarbazin, Baumwollsamensamen, Hirse), der Lagerung der Eier und vom Legehennenalter [JACOB et al, 2000].

Bei einem Fütterungsversuch mit Purpurweizen zeigten die Ergebnisse von MAJCHRZAK et al (2006), dass durch eine erhöhte Gabe von Purpurweizen zum Futtermittel der Legehennen, die Dotterfarbe deutlich heller wurde und es vermehrt zur Fleckenbildung im Dotter führte.

Die Dotterfarbe hat einen großen Einfluss auf die Kundenakzeptanz [JACOB et al, 2000]. Die bevorzugte Farbintensität variiert zwischen den Ländern von hellgelb bis dunkelgelb [JACOB et al, 2000].

2.4.2. Geruch und Geschmack

Futtermittel können den Geschmack und Geruch des rohen oder zubereiteten Hühnereis sowohl positiv als auch negativ beeinflussen.

2.4.2.1. Einfluss von ω -3 Fettsäure reichen Futterquellen

Kaltgepresste und verunreinigte Öle haben einen schlechten Einfluss auf allgemeine Geruchs- und Geschmacksveränderungen im Hühnerei. Verdorbenes, ranziges Fett im Futter führt sehr leicht zum sogenannten „Fischgeschmack“, der übrigens auch ohne Beigabe von Fischkomponenten zum Futter möglich ist.

Negative Eigenschaften in Hinblick auf Geschmack und Geruch von Eiern können auch durch Zufütterung von bestimmten Mengen an Rapsöl, Fischmehl und Fischöl entstehen. Hierbei wird das Fremdaroma stets als „fischig“ eingestuft [WILLIAMS & DAMRON, 1999].

Bereits AUSTIC & NESHEIM dokumentierten im Jahre 1990, dass eine Zugabe von über 1% Fischöl zum Legehennenfutter einen fischigen Geschmack in Ei und Muskelfleisch der Hennen verursacht. GONZALES-ESQUERRA & LEESON (2000), fanden bei einem Fütterungsversuch mit Menhaden-Öl heraus, dass eine Zugabe von 2% zum Futter die sensorische Qualität von hartgekochten Eiern senkt.

Als eine weitere Ursache für geschmackliche Veränderungen wurde auch ein Gehalt von über 200 mg ω -3 PUFA's im Ei in Betracht gezogen der durch eine Zugabe von Hering-Öl zum Futtermittel der Legehennen stammte [HERBER-MCNEILL & VAN ELSWYK, 1998].

Der fischige Aromafehler wird allgemein von Trimethylamin verursacht, dessen Geruchsschwelle vom pH-Wert abhängt. Das Trimethylamin entsteht durch mikrobiellen Abbau von Cholin [BELITZ et al, 2001], das als Fischkomponente, aber auch in Lebensmitteln wie Raps und Soja vorkommt [KALLWEIT et al, 1988]. Als ein weiterer Grund wird in Anwesenheit von Sauerstoff auch die leichte Oxidierbarkeit der langkettigen, ungesättigten ω -3 PUFA's angegeben. [KOLANOWSKI et al, 2007].

Es gibt aber zahlreiche Studien, die keinen Einfluss der Fütterung mit ω -3 FS reichen Futterquellen auf die sensorischen Ei-Eigenschaften zeigen. Die Gründe für die widersprüchlichen Ergebnisse liegen wahrscheinlich in den unterschiedlichen Legehennenrassen, sowie der oxidativen Stabilität und

Reinheit der zugefütterten Komponenten [WILLIAMS & DAMRON, 1999; HERBER-MCNEILL & VAN ELSWYK, 1998]. Die oxidative Stabilität der ω -3 FS kann z.B. durch die Anwesenheit von Antioxidantien wie z.B. Carotinoide und Tocopherolen gesteigert werden. Als vorteilhaft wird auch die natürliche Schutzfunktion durch Einkapselung der ω -3 FS in der Pflanzenzelle angesehen, die beispielsweise bei der Verfütterung von marinen Algen von Natur aus gegeben ist [HERBER-MCNEILL & VAN ELSWYK, 1998].

2.4.2.2. Andere Einflüsse

Abgesehen davon, dass Eier leicht Fremdgerüche annehmen, spielen durch arteigene Enzyme ausgelöste Abbauprozesse eine bedeutende Rolle in der Geruchsentwicklung. Auch infolge von porösen Schalen können Mikroorganismen von außen in das Ei eindringen und zum Verderb führen [FRANZKE, 1996].

Die Rasse der Legehennen spielt zudem eine bedeutende Rolle [WILLIAMS & DAMRON, 1999]. Weitere Ursachen können bakterielle Eileitererkrankungen oder Virusinfektionen sein. Stoffwechselstörungen im Eierstock oder im Eileiter der Henne können auch zu einem Fischgeschmack führen [DAMME & HILDEBRAND, 2002; LEIBETSEDER, 1992].

Anutritive Substanzen wie z.B. Alkaloide, Glucosinolate, Glykoside, Gossypole, Tannine und Hämaglutinine werden als unzutraglich eingestuft. Sie befinden sich u.a. in Baumwollsaatmehl, Raps, Bohnen, Hirse, Roggen. Die Produktion von Trimethylamin aus Cholin hat auch negative Auswirkungen auf Geschmack und Geruch des Eis [KALLWEIT et al, 1988, DAMME & HILDEBRAND, 2002].

In einem Fütterungsversuch mit Legehennen, die 8 Wochen lang eine modifizierte Futtermischung mit 25% Purpurweizen erhielten, stellten sich deutliche Einbußen in der sensorischen Eiqualität heraus. Zudem wurden diese Eier im Vergleich zum Kontroll-Ei weniger vom Konsumenten akzeptiert [MAJCHRZAK et al, 2006].

3. MATERIAL UND METHODEN

3.1. Probenmaterial

Als Probenmaterial dienten Omega-3 Eier, die zum Zeitpunkt der Untersuchung auf dem österreichischen Markt erhältlich waren. Das war zum einen das *Vital Ei* der Eigenmarke von *Spar*, hergestellt von Landwirt Steiner (Landgold Frischei) aus Seitenstetten und zum anderen das *EiVit* der Firma Poringner aus Ried im Innkreis. Als Referez-Ei dienten *Toni's Freilandeier*, da diese bei Untersuchungen die 1997 mit am österreichischen Markt erhältlichen Eiern durchgeführt wurden, den höchsten Vitamingehalt und die beste Fettsäurezusammensetzung aufgewiesen haben [MAJCHRZAK & ELMADFA, 1997; SCHARF & ELMADFA, 1998]. Für die laboranalytische Untersuchung wurden im Zeitraum von Jänner-Februar 2008, jeweils 3 Packungen von jeder Sorte mit der gleichen Ablauffrist gekauft. Aus jeder Packung wurden 2 Eier entnommen und jedes Ei getrennt analysiert.

Für die sensorische Analyse wurden die Eier im Zeitraum von April bis Mai 2008 auf dieselbe Art eingekauft und in frischem Zustand verkostet.

3.2. Chemische Analyse

Die Aufgabe der chemischen Analyse war es herauszufinden, wie stark sich die drei Ei-Sorten (*Toni's Freilandeier*, *Vital Ei* und *EiVit*) in ihrem Fettsäuremuster unterscheiden und wie groß die Unterschiede innerhalb der beiden Omega-3 Eier sind.

3.2.1. Bestimmung des Fettsäuremusters mittels

Gaschromatographie (GC)

Im Zuge der vorliegenden Arbeit wurden alle Fettsäuren (FS) die mittels der gaschromatographischen Methode detektiert werden konnten, analysiert und dokumentiert (Tabelle 3-1).

Jedes einzelne, für die Analyse ausgewählte Ei, wurde zuerst mit Schale abgewogen, danach geöffnet und der gesamte Inhalt in ein 70 ml Becherglas gegeben. Die an der Schale zurückgebliebenen Eiklarreste wurden mittels Plastiklöffel eingesammelt und dann das Gewicht des gesamten Ei-Inhaltes notiert. Anschließend wurde jedes einzelne Ei exakt 2 min auf Stufe 5,5 homogenisiert.

Für die Bestimmung des Fettsäuremusters wurde das frische Homogenisat weiter verwendet. Der Rest wurde abpipetiert und bei -18°C bis zur Analyse des Gesamtfettgehaltes aufbewahrt.

Tabelle 3-1: Gaschromatographisch detektierte Fettsäuren des Hühnereis

Gesättigte Fettsäuren (SAFAs)			
Myristinsäure	C14:0	Heptadecansäure	C17:0
Pentadecansäure	C15:0	Stearinsäure	C18:0
Palmitinsäure	C16:0	Arachinsäure	C20:0
Einfach ungesättigte Fettsäuren (MUFAs)			
Myristinoleinsäure	C14:1	Ölsäure	C18:1 ω 9c
Palmitoleinsäure	C16:1 ω 7	Eicosaensäure	C20:1 ω 9
Heptadecaensäure	C17:1	Nervonsäure	C24:1
Mehrfach ungesättigte Fettsäuren (PUFAs)			
<i>ω-6 Fettsäuren:</i>			
Linolsäure	C18:2 ω 6c	Eicosatriensäure	C20:3 ω 6
γ -Linolensäure	C18:3 ω 6	Arachidonsäure	C20:4 ω 6
Eicosadiensäure	C20:2 ω 6		
<i>ω-3 Fettsäuren:</i>			
α -Linolensäure	C18:3 ω 3	Docosapentaensäure	C22:5 ω 3
Eicosapentaensäure	C20:5 ω 3	Docosahexaensäure	C22:6 ω 3

Die Fettfraktionen der homogenisierten Proben wurden jeweils in Doppelbestimmung extrahiert und mittels Verseifung und Veresterung zu Methylestern derivatisiert (FAME- fatty acids methyl esters).

Dies erfolgte in 2 Stufen:

- Extraktion der Lipide aus dem homogenisierten Ei nach FOLCH et al, 1957 und

- Transmethylierung der Fettsäuren [WAGNER et al, 2000]

3.2.1.1. Extraktion der Ei-Lipide

Reagenzien:

- Methanol (CH_3OH) – Fa. Merck
- Chloroform (CHCl_3) – Fa. Merck
- Butylhydroxytoluol (BHT) – Fa. Sigma
- Calciumchlorid (CaCl_2) – Fa. Sigma
- Wasserfreies Natriumsulfat (NaSO_4) – Fa. Riedel-de Haën

Geräte und Hilfsmittel:

- Bechergläser (70ml)
- Einmal-Pipetten
- Pyrexflaschen (100ml) mit Schraubverschluss und Teflondichtung
- Homogenisator (IKA T10 Ultra-Turrax)
- Waage
- Rüttler
- Messzylinder (50ml)
- Trichter aus Glas
- Faltenfilter (d = 11cm)
- Scheidetrichter (100ml) inkl. Normschliff (NS)-Stopfen
- Pasteurpipette
- Aufbewahrungsfläschchen (ca. 20ml) mit dichten Verschlüssen und Parafilm

Durchführung:

Vom frischen Homogenisat wurde jeweils 1 g mittels Einmal-Pipette in eine Pyrexflasche eingewogen und die Einwaage notiert. Anschließend wurden je 30 ml des Extraktionsgemisches (Methanol:Trichlormethan (1:2 v/v) + 0,05% BHT) mit der Probe versetzt und vermischt. Die verschlossenen Pyrexflaschen

wurden für 30 min im Kühlraum mit Hilfe des Rüttlers geschüttelt und über Nacht (ca. 15 Stunden) im Kühlraum (4 °C) stehen gelassen.

Am nächsten Tag wurde das Gemisch über einen Faltenfilter in einen Scheidetrichter filtriert und mit 6 ml 0,05 M CaCl_2 -Lösung versetzt (Abbildung 3-1). Der Scheidetrichter wurde mittels NS-Stopfen verschlossen und 2 min händisch geschüttelt. Danach wurde der Stopfen abgenommen und die Phasentrennung abgewartet. Es waren deutlich 2 Phasen zu erkennen (Abbildung 3-2). Nach der Auftrennung der Phasen wurden mittels Pasteurpipette ein paar Tropfen Methanol in die untere Phase (Chloroformphase) gespritzt um die restlichen wasserlöslichen Anteile aus der Chloroformphase zu vertreiben. Die Chloroformphase wurde über 1,5 Löffel wasserfreies Natriumsulfat in einem Faltenfilter in einen Meßkolben filtriert. Das Volumen wurde am Messkolben abgelesen und notiert. Das Extrakt wurde in ein Aufbewahrungsfläschchen transferiert, in dem es anschließend mit Stickstoff begast und bei -18 °C tiefgekühlt wurde.



Abbildung 3-1: Filtration der Extrakte (Bild links)



Abbildung 3-2: Phasentrennung (Bild rechts)

3.2.1.2. Verseifung und Veresterung zu Methylestern

Reagenzien:

- Methanol (CH_3OH) – Fa. Merck

- Natriumhydroxidplättchen (NaOH) – Fa. Riedel-de Haën
- Boran-Triflourid-Methanol 14% (BF₃) – Fa. Sigma
- Hexan p.a. – Fa. Riedel-de Haën

Geräte und Hilfsmittel:

- Pyrexröhrchen mit Schraubverschluss
- Glas-Eprouvetten
- Bechergläser
- N₂-Verdampfer
- Wasserbad (100 °C)
- Vortex, Rüttler
- Crashed Eis
- Eppendorfpipetten
- GC-Vials und Verschlüsse

Durchführung:

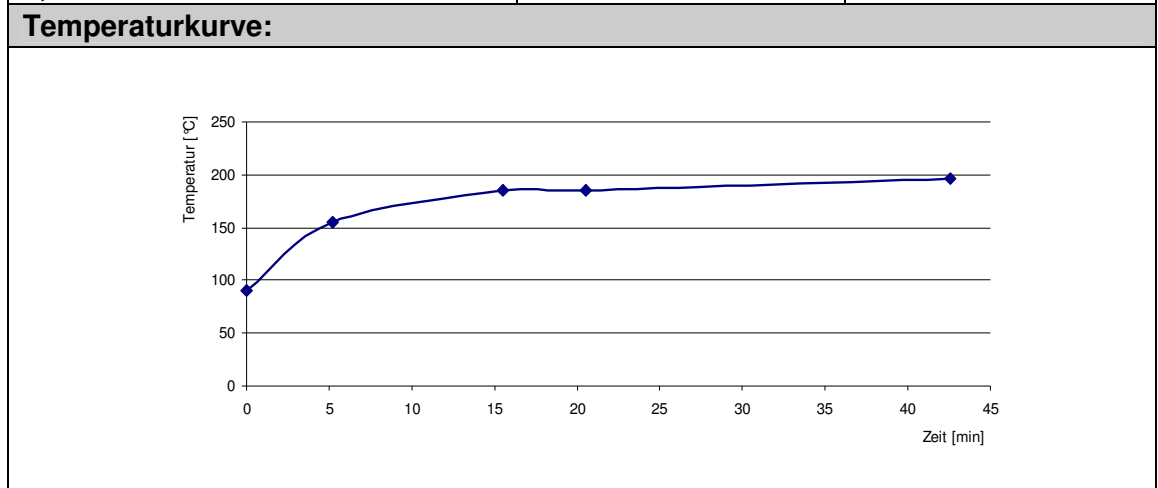
In ein Pyrexröhrchen wurden 0,7 ml des Lipidextraktes pipettiert, das anschließend über Stickstoff abgedampft wurde. Der Rückstand wurde mit 1 ml einer 0,5 N methanolischer Natronlauge versetzt und mittels Vortex gut vermischt. Das gut verschlossene Pyrexröhrchen wurde für 5 min im 100 °C heißen Wasserbad verseift und anschließend 5 min im Eis wieder abgekühlt. Die verseiften FS wurden nun durch Zugabe von 1ml BF₃ zu Methylestern derivatisiert. Dafür wurde das Gemisch erneut im Wasserbad bei 100 °C für 5 min erhitzt und anschließend wieder 5 min im Eis abgekühlt. Zur Gewinnung der Fettsäuremethylester wurde die Lösung insgesamt mit viermal 1ml Hexan extrahiert. Dabei wurde das Gemisch bei jedem Durchgang 5 min am Rüttler geschüttelt. Aus der vereinigten Hexanphase wurden nun 3 ml abgenommen und in eine Epruvette pipettiert, dessen Inhalt wiederum über Stickstoff abgedampft wurde. Der Rückstand wurde in 500 µl Hexan aufgenommen und mittels Vortex gut geschüttelt. Für die Analyse im Gaschromatographen wurden 200 µl davon in GC-Vials abgefüllt und verschlossen. Die GC-Analyse erfolgte noch am selben Tag.

3.2.1.3. Analyse mittels Gaschromatographie

Die qualitative Zusammensetzung der Fettsäuremethylester wurde gaschromatographisch mittels Flammenionisationsdetektor (FID) bestimmt.

Gaschromatograph:	Perkin Elmer (Auto System 1)
Software:	TotalChrom Navigator, Version 6.2.1, Perkin Elmer, Inc
Trennsäule:	Rtx-2330 (10% Cyanopropylphenyl – 90% Biscyanopropylpoly-siloxane) Länge: 30m Innendurchmesser: 0,25mm Filmdicke: 0,2 µm
Laufzeit:	43,55 min
Attenuation:	-5
Offset:	15,0 mV
Injektionsvolumen mittels Autosampler	1 µl
Injektor-Temperatur:	250 °C
Detektor-Temperatur:	275 °C
Split-Verhältnis:	1:50
Trärgas:	Helium 12,0 psi
Detektorgase:	Wasserstoff: 45ml/min Synthetische Luft: 450 ml/min

Temperaturprogramm:		
Aufheizrate (°C/min)	Temperatur (°C)	Haltezeit (min)
	90 °C	0 min
12,5°C	155°C	0 min
2,9°C	185°C	5 min
0,5°C	196°C	1 min



3.2.1.4. Qualitätskontrolle

Die qualitative Auswertung der einzelnen FS erfolgte auf Basis der Retentionszeiten des 37 Komponenten Standards von SUPELCO (18919 AMP) und einem Einzelstandard für Docosahexaensäure (DHA: C22:5 ω3) ebenfalls von SUPELCO. Die quantitative Auswertung erfolgte über die Peakfläche.

Jede Ei-Probe wurde als Duplikatbestimmung durchgeführt. Nach jeder zehnten Probe (entsprach einem Transmethylierungs-Durchgang) wurde eine Ei-Probe, die als interner Standard diente, mitanalysiert.

3.2.1.5. Reproduzierbarkeit der Methode

Unter der Wiederholbarkeit oder Präzision einer Methode versteht man den Grad der Übereinstimmung mehrerer Analyseergebnisse einer homogenen Probe in einer Mess-Serie. Die Genauigkeit wird mittels Variationskoeffizient (VK) angegeben. Er wird mittels folgender Gleichung berechnet:

$$\text{VK (\%)} = \frac{\text{SD} * 100}{\text{MW}}$$

VK...Variationskoeffizient

SD....Standardabweichung

MW.....Mittelwert

Zur Bestimmung der Wiederholbarkeit der Methode wurden 10 Proben aus einem Ei extrahiert, transmethyliert und gaschromatographisch analysiert. Die Variationskoeffizienten der einzelnen FS sind in der Tabelle 3-2 zusammengefasst.

Tabelle 3-2: Variationskoeffizient (VK) der Methode für die einzelnen Fettsäuren

Fettsäure	VK(%)	Fettsäure	VK(%)	Fettsäure	VK(%)	Fettsäure	VK(%)
C14:0	3,67	C17:0	4,20	C18:3 ω 6	5,50	C20:3 ω 6	4,57
C14:1	i.S.	C17:1	6,21	C20:0	i.S.	C20:4 ω 6	2,32
C15:0	i.S.	C18:0	0,46	C18:3 ω 3	0,62	C20:5 ω 3	3,93
C16:0	0,74	C18:1 ω 9c	0,33	C20:1 ω 9	9,47	C22:5 ω 3	2,88
C16:1 ω 7	1,42	C18:2 ω 6c	0,30	C20:2 ω 6	7,31	C22:6 ω 3	1,22

i.S.: Fettsäure ist in Spuren enthalten

3.2.1.6. Statistische Auswertung

Die Ergebnisse der FS-Analyse wurden mit dem Statistikprogramm SPSS 15.0 statistisch ausgewertet.

Pro Eisorte wurden sechs Eier jeweils in Doppelbestimmung (zweimal extrahieren und zweimal transmethylieren) untersucht. Aus diesen zwölf Analyseergebnissen wurden der Mittelwert und die Standardabweichung ermittelt. Zusätzlich wurden die Ergebnisse mittels Kolmogorov-Smirnoff-Test auf Normalverteilung geprüft. Da alle Stichproben normalverteilt waren, konnte mittels T-Test für unabhängige Stichproben überprüft werden, ob zwischen den einzelnen Eisorten signifikante Unterschiede feststellbar sind. Die gewählten Signifikanzniveaus betrugen dabei 95%, 99% und 99,5% ($p < 0,05$; $p < 0,01$; $p < 0,001$). Zusätzlich wurde eine einfaktorielle ANOVA durchgeführt.

3.2.2. Bestimmung des Gesamtfettgehaltes mittels ASE® 100

Die Analyse (Doppelbestimmung) des Gesamtfettgehaltes erfolgte in 2 Stufen

- Freilegung der Lipide mittels Säureaufschluss nach einer modifizierten Methode nach WEILBULL-STOLDT und
- Analyse des Fettgehaltes mittels Extraktionssystem ASE® 100 (Accelerated Solvent Extraction System)

3.2.2.1. Säureaufschluss

Reagenzien:

- Salzsäure (HCl) mind. 25% - Fa. Riedel-de Haën
- Deionisiertes Wasser

Geräte und Hilfsmittel:

- Bechergläser (600ml), hohe Form
- Bechergläser (25ml)
- Heizplatten
- Urgläser (d= 10cm)
- Magnetrührer
- Glastrichter (Länge ca. 30cm)
- Erlenmeyerkolben (1000ml)
- Faltenfilter (d= 240mm)
- Indikatorpapier (pH 1-14)
- Trockenschrank (103 °C)
- Wasserkocher
- Waage

Durchführung:

Nach dem Auftauen der homogenisierten und tiefgekühlten Ei-Proben wurden ca. 10 g in ein Becherglas eingewogen und die Einwaage notiert. Anschließend wurden der Probe 100 ml deionisiertes Wasser, 100 ml Salzsäure, sowie ein

Magnetrührer zugegeben. Der Inhalt wurde mit einem Urglas bedeckt und auf der Wärmeplatte bei voller Stufe (300 °C) und 500 U/min für 60 min zum Kochen gebracht (Abbildung 3-3 und 3-4). Der Inhalt des Becherglases sollte dabei auf dem Ausgangsvolumen gehalten werden und bei Bedarf mit heißem, deionisiertem Wasser aufgefüllt werden. Nach der angegebenen Kochzeit wurden das Urglas und der Magnetrührer mit kochendem, deionisiertem Wasser abgespült (um eventuell anhaftende Fettreste nicht zu verlieren) und zusätzlich 100 ml kochendes, deionisiertes Wasser zu der Mischung dazugegeben. Nachdem der Faltenfilter vorsichtig mit heißem, deionisiertem Wasser benetzt wurde, konnte die Mischung bis zum neutralen pH-Wert filtriert werden. Dies geschah durch ständige Zugabe von heißem, deionisiertem Wasser und Kontrolle mittels Indikatorpapier. Anschließend wurden die Filter mit dem Rückstand in kleine Bechergläser gegeben und im Trockenschrank bei 103 °C für 2 Stunden getrocknet.



Abbildung 3-3: Säureaufschluss nach 10 min Kochzeit (Bild links)

Abbildung 3-4: Säureaufschluss nach 60 min Kochzeit (Bild rechts)

3.2.2.2. Analyse mittels ASE® 100

Reagenzien

- Petrolether – Fa. Merck
- Stickstoff

Geräte und Hilfsmittel:

- Accelerated Solvent Extraction System (ASE® 100)
- Extraktionsflaschen mit Standarddeckel und Dichtung (250 ml)
- Zelle (Zellgröße: 66ml)
- Stopfer zum Bestopfen der Zelle
- Watte
- Küchenrolle
- Rotavapor
- Trockenschrank
- Rundkolben (250ml) und Korken
- Waage

Durchführung:

Die Zelle wurde in der Reihenfolge Watte, Küchenrolle, Filter, Watte und Küchenrolle befüllt und festgestopft. Dabei wurde mit der zweiten Lage Watte das Becherglas mit etwas Petrolether ausgewischt um alle Rückstände in die Zelle zu bekommen. Anschließend wurde die Zelle in die Steckvorrichtung der ASE® 100 gespannt und die Messung durchgeführt.

Das Extrakt wurde in der Extraktionsflasche gesammelt wo es direkt in den vorher abgewogenen Rundkolben gegeben wurde. Die Extraktionsflasche wurde zweimal mit Petrolether ausgespült. Anschließend wurde der Inhalt des Rundkolbens mittels Rotavapor eingedampft. Die Rotavaporeinstellung beliefen sich auf 50 °C Wassertemperatur, 500 U/min und etwa 450 bar Druck. Anschließend wurden die Proben für 10 min in den Trockenschrank gestellt und dann mit Stickstoff begast um die letzten Reste Lösungsmittel zu verdrängen.

Nach dem Abkühlen wurden die Kolben zurückgewogen und der Fettgehalt nach folgender Formel berechnet:

$$F(\%) = \frac{(M2 - M1)}{E * 100}$$

F(%) Fettgehalt in %

M1 Gewicht vom leeren Rundkolben in g

M2 Gewicht vom Rundkolben mit Fett, nach der Trocknung in g

E Einwaage der Eiprobe in g

3.2.2.3. Qualitätskontrolle und Reproduzierbarkeit der Methode

Zur Bestimmung der Wiederholbarkeit der Methode wurden 6 Eier aufgeschlagen und der gesamte Inhalt vermischt und homogenisiert. Diese Probe wurde zehn Mal mit Säure aufgeschlossen und im ASE® 100 gemessen. Der Variationskoeffizient (VK) für die Methode betrug 4,7%.

3.2.2.4. Statistische Auswertung

Pro Eisorte wurden sechs Eier jeweils in Doppelbestimmung analysiert. Aus den zwölf Messergebnissen wurden der Mittelwert und die Standardabweichung berechnet.

3.3. Sensorische Analyse

3.3.1. Quantitativ Deskriptive Analyse (QDA)

Die Quantitativ Deskriptive Analyse (QDA), die zu den analytischen Prüfungen zählt, wurde nach STONE et al (1974) durchgeführt. Sie ist eine objektive Prüfung, bei der persönliche Einflüsse und Meinungen ausgeschlossen werden. Die QDA besteht aus zwei Phasen, der qualitativen und der quantitativen Beschreibung. In der Phase der qualitativen Beschreibung werden beschreibende Begriffe (Produktattribute) gesucht um die Charakteristika des Produktes bzgl. Aussehen, Geruch, Geschmack, Textur und Nachgeschmack so genau wie möglich zu definieren. In der zweiten Phase, der quantitativen Beurteilung, evaluieren die Prüfer mit Hilfe ihrer Sinne die ausgewählten Produktattribute in ihrer Intensität [STONE et al, 1974].

Mit der QDA sollten Veränderungen der sensorischen Qualität des Hühnereis, bedingt durch die unterschiedliche Fütterung und den erhöhten ω -3 Fettsäuregehalt (sowie dem allgemein höheren PUFA-Gehalt), festgestellt werden.

Die QDA wurde in zwei Teile aufgeteilt, nämlich in die Beurteilungen der rohen und gekochten Eier, welche an zwei separaten Tagen erfolgten. Es wurden jeweils an einem Tag zwei Durchgänge durchgeführt. Der erste erfolgte am Vormittag und der zweite am Nachmittag. Dazwischen lagen mindestens zwei Stunden Pause. Die Produktbeurteilung erfolgte durch zehn geschulte Personen (deskriptives Panel) in einem speziell dafür eingerichteten Prüfraum.

Alle Proben (die beiden Omega-3 Eier *Vital Ei* und *EiVit* sowie das Referenz-Ei *Toni's Freilande*) wurden mit einer dreistelligen Zufallszahl verschlüsselt, randomisiert und in gleicher Weise den Panelisten präsentiert.

Die Planung, Durchführung, sowie die Auswertung der QDA erfolgte auf ANALSENS, einem speziell für Lebensmittelsensorik konstruierten Computerprogramm.

3.3.1.1. Probenaufbereitung für die sensorische Analyse

Rohes Ei: Die Eier wurden jeweils eine Stunde vor der sensorischen Analyse aus dem Kühlschrank genommen und auf Raumtemperatur gebracht. In einem speziell eingerichteten Prüfraum wurden den Prüfern die unversehrten Eier dargeboten. Die Eier wurden dabei von jedem einzelnen Panelisten in der Kabine aufgeschlagen und der Inhalt in einen dafür hergerichteten, weißen Porzellanteller gegeben, um die Intensität des Geruchs gleich nach dem Öffnen der Eier beurteilen zu können (Abbildung 3-5).



Abbildung 3-5: Darreichung der rohen Eier

Gekochtes Ei: Eine halbe Stunde vor dem Kochen wurden die Eier aus dem Kühlschrank genommen und auf Raumtemperatur gebracht. Ein großer Topf (20 cm Durchmesser) wurde mit 2,5 l kaltem Wasser befüllt, welches gemeinsam mit jeweils 10 Eiern zum Kochen gebracht wurde. Als Heizquelle diente ein Elektroherd (Elektra Bregenz, Durchmesser der Kochplatte 20 cm, 220 V, 1500 W, 3-Stufen-Schaltung). Ab dem Zeitpunkt des Siedens wurden die Eier genau 11 min lang auf Stufe 2 gekocht. Anschließend wurden sie 5 min lang unter laufendem, kaltem Wasser abgeschreckt und bis zur sensorischen

Analyse bei Raumtemperatur gelagert. Kurz vor der Analyse wurden sie geschält und halbiert. Jeweils eine Eihälfte wurde in eine weiße Porzellantasse gelegt und diese mit Frischhaltefolie abgedeckt, damit einerseits der Geruch des hartgekochten Eis nicht verloren geht und andererseits bei der Analyse der anderen Eier nicht stört. Für die Beurteilung wurde den Panelisten Wasser und Weißbrot zur Neutralisation gereicht (Abbildung 3-6 und 3-7).

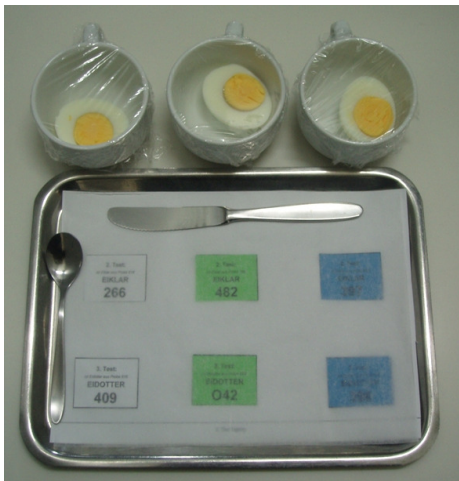


Abbildung 3-6: Darreichung der gekochten Eier (links)

Abbildung 3-7: Darreichung der gekochten Eier - Eiklar und Dotter separat (rechts)

3.3.1.2. Produktattribute Hühnerei

Zur Beurteilung der Intensität wurden für das rohe und gekochte Ei die in Tabelle 3-3 und 3-4 zusammengestellten Produktattribute herangezogen.

Tabelle 3-3: Attribute für ein rohes Ei

ATTRIBUTE FÜR ROHES EI:	
ATTRIBUT:	DEFINITION:
GERUCH:	
allgemeiner Eigeruch	Beurteilung der Intensität bzw. Ausprägung des wahrnehmbaren Eigeruchs.
typischer Eigeruch	Beurteilung der Intensität bzw. Ausprägung des typischen Eigeruchs (eifrisch).
süß	Beurteilung eines süßen Geruchs (nach Karamell).
milchig (dairy)	Beurteilung eines milchigen Geruchs, erinnernd an Milchprodukte.
sauer	Beurteilung eines sauren Geruchs (nach Sauerkraut).
fischig	Beurteilung eines fischigen Geruchs, erinnernd an Fisch oder Fischprodukte.
schwefelig	Beurteilung eines schwefeligen Geruchs, erinnernd an H ₂ S und Verderb.
ranzig	Beurteilung eines ranzigen Geruchs, assoziiert mit Oxidation von Fettsäuren.
muffig	Beurteilung eines muffigen Geruchs, erinnernd an einen alten Keller oder Dachboden, feuchte Erde.
Kartongeruch	Beurteilung des Geruches nach der Verpackung (Karton)
KONSISTENZ	
Kompaktheit des Eiklars	kompakt / zähflüssig: Dotter ist mit zähflüssigem Eiklarmantel umgeben, Eiklar umschließt hochgewölbt den Dotter, Abgrenzung deutlich sichtbar. dünnflüssiges Eiweiß: Eiklar stark ausgelaufen, fließt breit auseinander, keine Abgrenzungen erkennbar.
Kompaktheit des Eidotters	Dotter hochgewölbt: Dotter ist im Profil rund und ovalförmig. Dotter abgeflacht: Dotter ist im Profil abgeflacht.
OPTIK / AUSSEHEN	
Klarheit / Trübheit des Eiklars	Beurteilung der Klarheit bzw. der Trübung des Eiklars
Dotterfarbe eitypisch	Beurteilung der typischen Dotterfarbe, mit Hilfe des ROCHE Dotterfarbfächers.
Dotter fremdfarbig, untypisch	Beurteilung einer pink- oder grünstichigen Dotterfehlfärbung (abhängig von der Fütterung)
Marmorierter Dotter („egg mottling“)	Beurteilung von blassen Punkten oder Flecken auf der Dotterhaut (ist abhängig von der Intaktheit und Stärke

	des Vitelline-Membrans. Ist dieser beschädigt so vermischen sich Dotter und Albumin und in diesen Bereichen kommt es zu einer Veränderung der Farbe).
--	---

Beim gekochten Ei wurden neben dem gesamten Ei zusätzlich das Eiklar und der Eidotter separat beurteilt.

Tabelle 3-4: Attribute für ein gekochtes Ei

ATTRIBUTE FÜR GEKOCHTES EI:	
ATTRIBUT	DEFINITION
1. GESAMTES EI	
GERUCH:	
typischer Eigeruch	Beurteilung der Intensität bzw. Ausprägung des typischen Eigeruchs.
süß	Beurteilung eines süßen Geruchs (nach Karamell).
milchig („dairy“)	Beurteilung eines milchigen Geruchs, erinnernd an Milchprodukte.
sauer	Beurteilung eines sauren Geruchs (nach Sauerkraut).
fischig	Beurteilung eines fischigen Geruchs, erinnernd an Fisch oder Fischprodukte.
schwefelig	Beurteilung eines schwefeligen Geruchs, erinnernd an H ₂ S und Verderb.
ranzig	Beurteilung eines ranzigen Geruchs, assoziiert mit Oxidation von Fettsäuren.
muffig	Beurteilung eines muffigen Geruchs, erinnernd an einen alten Keller oder Dachboden, feuchte Erde.
Kartongeruch	Beurteilung des Geruchs nach der Verpackung (Karton).
OPTIK / AUSSEHEN:	
Dotterlage	Beurteilung der zentralen Lage des Dotters.
Dotterfarbe eitypisch	Beurteilung der typischen Dotterfarbe, mit Hilfe des ROCHE Dotterfarbfächers.
Dotter fremdfarbig, untypisch	Beurteilung einer pink- oder grünstichigen Dotterfehlfärbung (abhängig von der Fütterung).
Eiklarfarbe	Beurteilung der typischen Eiklarfarbe.
Eiklar Fehlfärbung	Beurteilung einer pink- oder grünstichigen Fehlfärbung des Eiklars.

2. EIKLAR	
GESCHMACK:	
typischer Eiklargeschmack	Beurteilung der Intensität bzw. Ausprägung des typischen Eiklar-Geschmacks.
süß	Beurteilung eines süßen Geschmacks (nach Saccharose-Lösung).
milchig („dairy“)	Beurteilung eines milchigen Geschmacks, erinnernd an Milchprodukte.
sauer	Beurteilung eines sauren Geschmacks (nach Zitronen-Lösung).
fischig	Beurteilung eines fischigen Geschmacks, erinnernd an Fisch oder Fischprodukte.
schwefelig	Beurteilung eines schwefeligen Geschmacks, erinnernd an H ₂ S und Verderb.
ranzig	Beurteilung eines ranzigen Geschmacks, assoziiert mit Oxidation von Fettsäuren.
bitter	Beurteilung eines bitteren Geschmacks, (nach Koffein-Lösung).
muffig	Beurteilung eines muffigen Geschmacks, erinnernd an einen alten Keller oder Dachboden, feuchte Erde.
Kartongeschmack	Beurteilung des Geschmacks nach der Verpackung (Karton).
MUNDGEFÜHL	
Härtegrad	Beurteilung des Härtegrades des Eiklars. Beschreibt die Kraft die mit den Zähnen aufgebracht werden muss um das Eiklar mit dem ersten Bissen zu durchbeißen. weich: Kartoffelpüree (0), mittelhart: Frankfurter (5), sehr hart: Keks (10).
Krümeligkeit	Beurteilung eines krümeligen Mundgefühls, erinnernd an Brotteig. Beschreibt die Größe und Form der Partikel im Mund.
Gummiartigkeit	Beurteilung eines gummigen Mundgefühls. nicht gummig: Frischkäse (0), stark gummig: Haribo-Gummibären (10)
NACHGESCHMACK (1 Minute nach Hinunterschlucken)	
typischer Nachgeschmack	Beurteilung der Intensität bzw. Ausprägung eines für Eiklar typischen Nachgeschmacks.
untypischer Nachgeschmack	Beurteilung der Intensität bzw. Ausprägung eines für Eiklar untypischen Nachgeschmacks.

3. EIDOTTER	
GESCHMACK:	
typischer Eidottergeschmack	Beurteilung der Intensität bzw. Ausprägung des typischen Eidotter-Geschmacks.
süß	Beurteilung eines süßen Geschmacks (nach Saccharoselösung).
milchig („dairy“)	Beurteilung eines milchigen Geschmacks, erinnernd an Milchprodukte.
sauer	Beurteilung eines sauren Geschmacks (nach Zitronen-Lösung).
fischig	Beurteilung eines fischigen Geschmacks, erinnernd an Fisch oder Fischprodukte.
schwefelig	Beurteilung eines schwefeligen Geschmacks, erinnernd an H ₂ S und Verderb.
ranzig	Beurteilung eines ranzigen Geschmacks, assoziiert mit Oxidation von Fettsäuren.
bitter	Beurteilung eines bitteren Geschmacks (nach Koffein-Lösung).
muffig	Beurteilung eines muffigen Geschmacks, erinnernd an einen alten Keller oder Dachboden, feuchte Erde.
Kartongeschmack	Beurteilung des Geschmacks nach der Verpackung (Karton).
MUNDGEFÜHL:	
Härtegrad	Beurteilung des Härtegrades des Dotters. Beschreibt die Kraft die mit den Zähnen aufgebracht werden muss um den Dotter mit dem ersten Bissen zu durchbeißen. weich: Kartoffelpüree (0), mittelhart: Frankfurter (5), sehr hart: Keks (10).
Cremigkeit	Beurteilung eines cremigen, schmierigen Mundgefühls. nicht cremig: Magertopfen (0), sehr cremig: Creme Fraiche (10).
Krümeligkeit	Beurteilung eines krümeligen Mundgefühls, erinnernd an Brotteig. Beschreibt die Größe und Form der Partikel im Mund.
Gummiartigkeit	Beurteilung eines gummigen Mundgefühls. nicht gummig: Frischkäse (0), stark gummig: Haribo-Gummibären (10)
Klebrigkeit an den Zähnen	Beurteilung eines klebrigen Gefühls an den Zähnen. Beschreibt das Ausmaß mit welchem ein Produkt nach dem Kauen an oder zwischen den Zähnen haften bleibt. nicht klebrig: Frischkäse (0), sehr klebrig: Datteln (10).

NACHGESCHMACK (1 Minute nach Hinunterschlucken):	
typischer Nachgeschmack	Beurteilung der Intensität bzw. Ausprägung eines für Eidotter typischen Nachgeschmacks.
untypischer Nachgeschmack	Beurteilung der Intensität bzw. Ausprägung eines für Eidotter untypischen Nachgeschmacks.

Jedes Attribut wurde ganz genau definiert um Unklarheiten von Seiten der Panelisten zu vermeiden. Vor der sensorischen Analyse wurden die Panelisten auf diese Eigenschaften geschult.

3.3.1.3. Durchführung

Die Durchführung erfolgte in den Kabinen im speziell dafür eingerichteten Sensorikraum (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Licht, usw.) mittels dem Sensorikprogramm ANALSENS. Die Intensität wurde auf einer Linien-Skala von 0-10 beurteilt, wobei die Intensität von links nach rechts zunahm (z.B. nicht wahrnehmbar bis sehr intensiv).

Aufgrund der zahlreichen Attribute beim gekochten Ei, wurde die QDA von gekochten Eiern in drei Teil-Tests aufgeteilt. Zuerst wurde das gesamte Ei beurteilt, dann Eiklar und Dotter separat. Zwischen jedem Test waren etwa 5 Minuten Pause.

3.3.1.4. Statistische Auswertung

Nach der Dateneingabe erfolgte die Auswertung der QDA mittels Sensorikprogramm ANALSENS. Die statistische und graphische Auswertung wurde zusätzlich mit SPSS 15.0. und Senstools 3.0.11. unterstützt.

Es wurde innerhalb jeder Eisorte für jedes einzelne Attribut der Mittelwert errechnet, welcher sich aus den beiden Durchgängen (Wiederholungen) und den Beurteilungen der 10 Panelisten zusammensetzte (insgesamt 20 Ergebnisse).

Die Attribute wurden unter den Eisorten mittels einer einfaktoriellen ANOVA, die Mittelwerte der Produktattribute mittels Student'schen T-Test verglichen (Voraussetzung hierfür war Normalverteilung und Varianzhomogenität).

Die Ergebnisse der QDA, d.h. die Produktprofile, wurden grafisch als Spiderwebs und PCAs dargestellt.

3.3.1.5. Principal Component Analysis (PCA)

Die Principal Component Analysis (PCA), auch Hauptkomponentenanalyse genannt, ist ein Verfahren der multivariaten Statistik. Sie dient dazu, umfangreiche Datensätze zu strukturieren und dadurch vereinfacht darzustellen. Das Verfahren beruht darauf, eine große Anzahl von Produktattributen (Variablen) einer geringen Zahl, aber möglichst aussagekräftigen Linearkombinationen anzunähern. Diese Linearkombinationen sind Hauptkomponenten, welche den Anteil an der Gesamtvarianz beschreiben. Die erste Hauptkomponente erklärt soviel wie möglich von der Variation zwischen den Produkten. Die Anzahl an Komponenten ist unterschiedlich. Zusammen sollten sie einen möglichst hohen Anteil an der Gesamtvarianz erklären [MEYNERS & KUNERT, 2006; DERNDORFER, 2006].

Eine Ergänzung der Hauptkomponentenanalyse ist der Biplot, indem sowohl die Produkte als auch die Variablen (Produktattribute) dargestellt werden. Dies ermöglicht nun die Unterschiede zwischen den Produkten durch die Variablen (Attribute) zu erklären.

Durch die Kovarianzmatrix können hier zusätzlich die Gewichte der Variablen bestimmt werden, mit denen sie zur Bestimmung der Hauptkomponenten beitragen. Sie werden oft in Form eines Pfeils dargestellt, der je nach Gewichtung unterschiedlich lang ist. Dadurch kann abgelesen werden, welche Produkte stärker in einem bestimmten Attribut ausgeprägt sind [MEYNERS & KUNERT, 2006; DERNDORFER, 2006].

3.3.2. Paarweise Vergleichsprüfung

Die Paarweise Vergleichsprüfung gehört zu den attributbezogenen Unterschiedsprüfungen. Sie erlaubt mit einer konkreten Fragestellung die Untersuchung eines spezifischen Unterschieds in Produkten. Sie kann sowohl bei analytischen als auch hedonischen Fragestellungen herangezogen werden. Das Ziel dieser Prüfung ist der Vergleich von zwei Proben, die sich in einem, oder manchmal auch mehreren Attributen, voneinander unterscheiden.

Die Methode kann auch bei kleinen Produktunterschieden angewendet werden, sie ist einfach zu verstehen und ist somit für hedonische Untersuchungen, welche in der Regel mit ungeschulten Personen durchgeführt werden, gut geeignet [BUSCH-STOCKFISCH, 2006].

Mit der im Rahmen der vorliegenden Arbeit angewandten Paarweisen Vergleichsprüfung sollten die Präferenzen der Konsumenten festgestellt werden, d.h. die Paarweise Vergleichsprüfung wurde als hedonische Prüfung eingesetzt. Das Ziel war herauszufinden, ob Konsumenten das Referenz-Ei gegenüber den Omega-3 Eiern bevorzugen.

Als Probenmaterial dienten hartgekochte Eier. In zwei separaten Durchgängen wurde jeweils das Referenz-Ei (*Toni's Freilande*) gegen die beiden Omega-3 Eier (*EiVit* und *Vital Ei*) getestet. Als Probanden dienten 100 Studenten bzw. Mitarbeiter vom Department für Ernährungswissenschaften. Die Proben wurden mit einer dreistelligen Zufallszahl verschlüsselt, randomisiert und in gleicher Weise den Probanden präsentiert.

3.3.2.1. Probenaufbereitung für die hedonischen Verkostungen

Die Eier wurden wie im Kapitel 3.3.1.1. gekocht. Kurz vor der Verkostung wurden die Eier geschält und angerichtet. Dafür wurde je ein Viertel vom abgekühlten Ei auf ein Tablett, welches mit Backpapier bedeckt war, gelegt und mit Hilfe eines Trinkglases abgedeckt, damit der Geruch des hartgekochten Eis

nicht verloren geht. Zusätzlich wurden Wasser und ein Stück Weißbrot zur Neutralisation des Mundes gereicht (Abbildung 3-8 und 3-9). Die Beurteilung erfolgte mittels eines Protokolls. Die Fragestellung lautete: Welches Ei in jedem Probenpaar bevorzugen Sie?

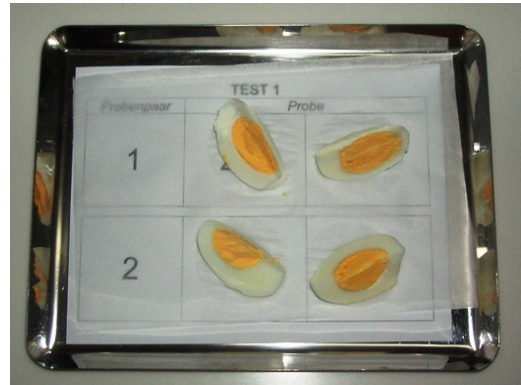


Abbildung 3-8: Darreichung der Proben - mit Abdeckung
Abbildung 3-9: Probe nach Entfernen der Abdeckung

3.3.2.2. Statistische Auswertung

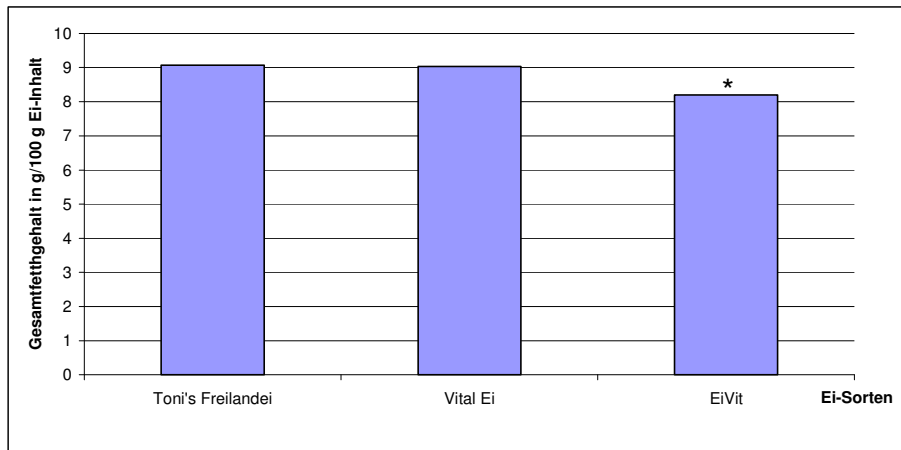
Die Auswertung erfolgte nach von JELLINEK (1981) zitierten statistischen Tabellen für eine zweiseitig gerichtete paarweise Vergleichsprüfung.

4. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

4.1. Chemische Analyse

4.1.1. Gesamtfettgehalt

Der Gesamtfettgehalt betrug bei allen Eiern im Durchschnitt zwischen 8 und 9% und lag damit etwas unterhalb der Angaben von Souci-Fachmann-Kraut (2000), entsprach jedoch der Packungskennzeichnung der jeweiligen Anbieter. Das *EiVit* mit dem niedrigsten Gesamtfettgehalt (8,2%) unterschied sich signifikant ($p < 0,05$) von den anderen analysierten Ei-Sorten (Abbildung 4-2).



Toni's Freilandei = Referenz-Ei; *Vital Ei* und *EiVit* = Omega-3 Eier
LSD-Test: * $p < 0.05$

Abbildung 4-1: Gesamtfettgehalt der untersuchten Hühnereier in mg/100 g Ei-Inhalt (ohne Schale)

4.1.2. Fettsäuremuster

Die genaue Zusammensetzung des Fettsäureprofils der untersuchten Hühnereier ist in den Tabellen 4-1 und 4-2 ersichtlich, wobei Tabelle 4-1 die prozentuelle Verteilung der Fettsäuren (FS) an GFS wiedergibt und Tabelle 4-2 die absoluten Mengen an FS in mg/100 g Ei-Inhalt auflistet.

Tabelle 4-1: Fettsäuremuster der untersuchten Hühnereier in % der GFS

	Toni's Freilandei		Vital Ei		EiVit		
Fettsäure	MW	± SD	MW	± SD	MW	± SD	p
SAFA							
C14:0	0,24	± 0,02	0,20	± 0,01	0,21	± 0,01	***
C15:0	i. S.	± 0,00	i. S.	± 0,00	i. S.	± 0,00	
C16:0	23,90	± 0,80	19,53	± 0,72	19,44	± 0,52	***
C17:0	0,15	± 0,01	0,18	± 0,02	0,21	± 0,01	***
C18:0	8,40	± 0,52	9,07	± 0,48	8,66	± 0,22	**
C20:0	i. S.	± 0,00	i. S.	± 0,00	i. S.	± 0,00	
MUFA							
C14:1	i. S.	± 0,00	i. S.	± 0,00	i. S.	± 0,00	
C16:1 ω7	2,42	± 0,32	2,11	± 0,29	1,64	± 0,16	***
C17:1	0,13	± 0,01	0,16	± 0,01	0,17	± 0,01	***
C18:1 ω9c	46,83	± 1,07	40,26	± 2,26	37,55	± 1,64	***
C20:1 ω9	0,31	± 0,02	0,20	± 0,02	0,21	± 0,02	***
C24:1	0,18	± 0,01	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	***
PUFA							
C18:2 ω6c (LA)	12,82	± 1,25	13,35	± 1,17	19,62	± 1,09	***
C18:3 ω6	0,09	± 0,01	0,05	± 0,00	0,06	± 0,01	***
C18:3 ω3 (ALA)	0,65	± 0,06	11,21	± 1,58	8,53	± 0,65	***
C20:2 ω6	0,13	± 0,02	0,12	± 0,01	0,19	± 0,02	***
C20:3 ω6	0,23	± 0,03	0,21	± 0,02	0,23	± 0,02	**
C20:4 ω6 (AA)	2,03	± 0,09	0,84	± 0,06	1,19	± 0,11	***
C20:5 ω3 (EPA)	0,00	± 0,00	0,23	± 0,02	0,15	± 0,01	***
C22:5 ω3 (DPA)	0,13	± 0,01	0,35	± 0,03	0,29	± 0,07	***
C22:6 ω3 (DHA)	1,12	± 0,10	1,63	± 0,11	1,38	± 0,17	***
Σ EPA, DPA , DHA	1,25	± 0,11	2,21	± 0,13	1,82	± 0,23	
SAFA	32,77	± 0,72	29,15	± 0,94	28,68	± 0,39	
MUFA	50,03	± 0,92	42,87	± 2,47	39,68	± 1,78	
PUFA	17,20	± 1,20	27,99	± 2,77	31,64	± 1,94	
Σ ω-6	15,30	± 1,26	14,57	± 1,22	21,29	± 1,17	
Σ ω-3	1,90	± 0,12	13,41	± 1,61	10,35	± 0,84	
ω-6: ω-3-Ratio	8,09	± 1,02	1,09	± 0,06	2,06	± 0,09	
Gesamtfettgehalt ^a	9,07	± 0,76	9,03	± 0,65	8,20	± 0,91	*

^a in g/100 g des gesamten Ei-Inhaltes (ohne Schale)

einfaktorielle ANOVA: * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001

i.S. (in Spuren enthalten), SAFA (saturated fatty acids), MUFA (monounsaturated fatty acids),

PUFA (polyunsaturated fatty acids), LA (Linolsäure), ALA (α-Linolensäure), AA

(Arachidonsäure), EPA (Eicosapentaensäure), DPA (Docosapentaensäure), DHA

(Docosahexaensäure), MW (Mittelwert), SD (Standardabweichung)

Σ ω-6 (Summe an ω-6 FS): C18:2ω6c, C18:3ω6, C20:2ω6, C20:3ω6, C20:4ω6

Σ ω-3 (Summe an ω-3 FS): C18:3ω3, C20:5ω3, C22:5ω3, C22:6ω3

Tabelle 4-2: Fettsäuregehalt der untersuchten Hühnereier

Fettsäure	<i>Toni's Freilande</i>		<i>Vital Ei</i>		<i>EiVit</i>	
	mg/100 g ^a	mg/Ei ^b	mg/100 g ^a	mg/Ei ^b	mg/100 g ^a	mg/Ei ^b
SAFA						
C14:0	21,34	10,88	18,16	9,26	16,98	8,66
C15:0	i.S.	i.S.	i.S.	i.S.	i.S.	i.S.
C16:0	2.166,74	1.105,04	1.763,85	899,56	1.593,86	812,85
C17:0	13,25	6,76	16,56	8,44	17,07	8,71
C18:0	761,54	388,38	818,94	417,66	709,69	361,94
C20:0	i.S.	i.S.	i.S.	i.S.	i.S.	i.S.
MUFA						
C14:1	i.S.	i.S.	i.S.	i.S.	i.S.	i.S.
C16:1 ω7	219,25	111,82	190,41	97,11	134,09	68,38
C17:1	11,59	5,91	14,75	7,52	13,51	6,89
C18:1 ω9c	4.245,79	2.165,35	3.636,89	1.854,82	3.078,51	1570,04
C20:1 ω9	27,98	14,27	18,41	9,39	17,62	8,99
C24:1	16,17	8,25	0,00	0,00	0,00	0,00
PUFA						
C18:2 ω6c (LA)	1.162,08	592,66	1.206,07	615,10	1.608,50	820,33
C18:3 ω6	8,39	4,28	4,30	2,19	5,36	2,74
C18:3 ω3 (ALA)	59,15	30,17	1.012,39	516,32	682,65	348,15
C20:2 ω6	11,97	6,10	10,84	5,53	15,40	7,85
C20:3 ω6	20,68	10,55	18,93	9,65	18,72	9,55
C20:4 ω6 (AA)	183,87	93,77	76,08	38,80	97,25	49,60
C20:5 ω3 (EPA)	0,00	0,00	20,50	10,45	11,92	6,08
C22:5 ω3 (DPA)	11,57	5,90	31,90	16,27	23,42	11,95
C22:6 ω3 (DHA)	101,69	51,86	146,91	74,92	113,47	57,87
Σ EPA, DPA, DHA	113,26	57,76	199,31	101,64	148,81	75,90
	g/100g ^a	g/Ei ^b	g/100g ^a	g/Ei ^b	g/100g ^a	g/Ei ^b
SAFA	2,97	1,51	2,63	1,34	2,35	1,20
MUFA	4,54	2,31	3,87	1,97	3,25	1,66
PUFA	1,56	0,79	2,53	1,29	2,59	1,32
Σ ω-6	1,39	0,70	1,31	0,67	1,75	0,89
Σ ω-3	0,17	0,09	1,21	0,61	0,85	0,43

^a alle Angaben beziehen sich auf 100 g des gesamten Ei-Inhaltes (ohne Schale).

^b Angabe bezieht sich auf ein Ei (51 g Ei-Inhalt) (durchschnittliches Ei-Gewicht = 58 g, davon 7 g Schale = 51 g Ei-Inhalt)

i.S. (in Spuren enthalten), SAFA (saturated fatty acids), MUFA (monounsaturated fatty acids), PUFA (polyunsaturated fatty acids), LA (Linolsäure), ALA (α-Linolensäure), AA (Arachidonsäure), EPA (Eicosapentaensäure), DPA (Docosapentaensäure), DHA (Docosahexaensäure), MW (Mittelwert), SD (Standardabweichung)

Σ ω-6 (Summe an ω-6 FS): C18:2ω6c, C18:3ω6, C20:2ω6, C20:3ω6, C20:4ω6

Σ ω-3 (Summe an ω-3 FS): C18:3ω3, C20:5ω3, C22:5ω3, C22:6ω3

4.1.2.1. Gesättigte Fettsäuren (SAFA)

Wie bereits JIANG et al (1991) und BAUCELLS et al (2000) beschrieben haben, ist der Anteil an gesättigten Fettsäuren (SAFA) im Eidotter recht konstant und lässt sich über die Fütterung kaum beeinflussen. Der SAFA-Anteil der zwei untersuchten Omega-3 Ei-Sorten betrug ca. 29% der Gesamtfettsäuren (GFS), was im Mittel einem Gehalt von ca. 2,5 g/100 g Ei-Inhalt entsprach und somit einerseits mit den Ergebnissen von CACHALDORA et al (2007) und andererseits mit SCHARF & ELMADFA (1998), die handelsübliche, österreichische Hühnereier untersuchten vergleichbar war.

Der %-Anteil der Palmitinsäure (C16:0) an den GFS war am größten und betrug für das Referenz-Ei (*Toni's Freilandeier*) im Mittel 24% (etwa 2,2 g/100 g Ei-Inhalt) und für die beiden untersuchten Omega-3 Eier ca. 19,5% (1,6 - 1,8 g/100 g Ei-Inhalt). Die durchschnittlichen Anteile der Stearinsäure (C18:0) waren bei allen drei Ei-Sorten sehr ausgeglichen und lagen zwischen 8-9% der GFS, was einem Gehalt von durchschnittlich 0,7 - 0,8 g/100 g Ei-Inhalt entsprach. Hingegen waren die Myristin- (C14:0) und Heptadecansäure (C17:0) in sehr geringen Anteilen von 0,15 - 0,24% der GFS (ca. 13-21 mg/100 g Ei-Inhalt) und die Pentadecan- (C15:0) und Arachinsäure (C20:0) sogar nur in Spuren (<0,1% der GFS) vertreten (Tabelle 4-1 und 4-2).

4.1.2.2. Einfach ungesättigte Fettsäuren (MUFA)

Der prozentuelle Anteil an einfach ungesättigten Fettsäuren (MUFA) verzeichnete im Vergleich zu den SAFA's die größeren Unterschiede und lag bei beiden untersuchten Omega-3 Eiern mit durchschnittlich 41% der GFS signifikant ($p < 0,001$) unter den *Toni's Freilandeier*, die einen Anteil von 50% der GFS aufwiesen (4,5 g/100 g des Ei-Inhaltes der *Toni's Freilandeier*, bzw. 3,6 g/100 g des Ei-Inhaltes der beiden untersuchten Omega-3 Eier).

Die Ölsäure (C18:1 ω 9c) war dabei die am stärksten vorkommende Monoen-Fettsäure. Sie nahm bei den *Toni's Freilandeiern* einen Anteil von ca. 47% der GFS ein, was einem Gehalt von rund 4,2 g/100 g Ei-Inhalt entsprach. Bei den untersuchten Omega-3 Eiern lag sie mit Werten zwischen 37,6% (*EiVit*) und

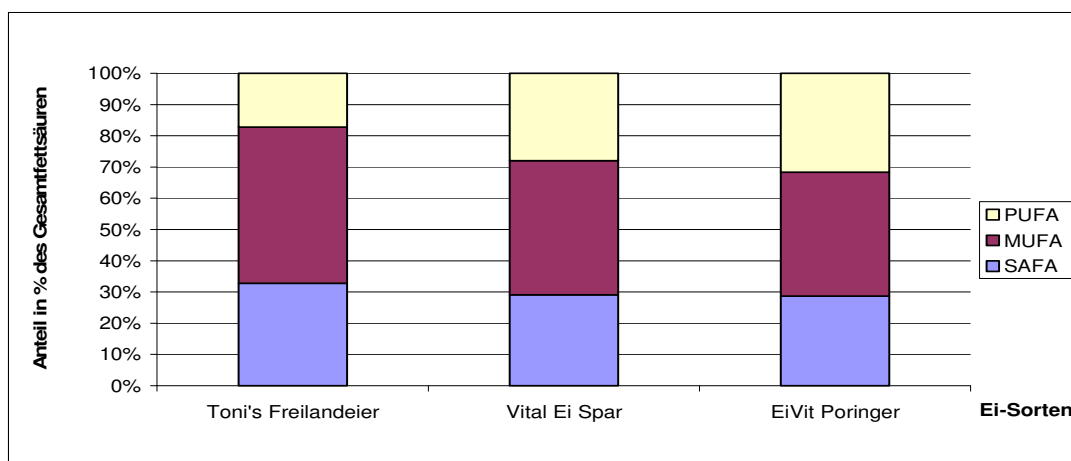
40,3% (*Vital Ei*) der GFS signifikant ($p < 0,001$) niedriger (*EiVit* und *Vital Ei*: 3,1 g bzw. 3,6 g /100 g Ei-Inhalt), was einer Differenz von 6,5 - 9,3% im Vergleich zu den *Toni's Freilandeiern* entsprach. Beim Vergleich der beiden Omega-3 Eier konnte beim *EiVit* ein signifikant ($p < 0,01$) niedrigerer Ölsäure-Anteil um ca. 3% als im *Vital Ei* festgestellt werden.

Der durchschnittliche Anteil an Palmitoleinsäure (C16:1 ω 7) war bei allen Eiern ausgeglichen und betrug zwischen 1,6 - 2,4% der GFS (ca. 1,3 - 2,2 g/100 g Ei-Inhalt).

Weitere Monoensäuren waren bei allen Ei-Sorten entweder in sehr geringen Mengen, oder nur in Spuren enthalten, was sich in den %-Anteilen der GFS widerspiegelte (Tabelle 4-1 und 4-2).

4.1.2.3. Mehrfach ungesättigte Fettsäuren (PUFA)

Der Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren (PUFA) war bei den Omega-3 Eiern signifikant ($p < 0,001$) höher als beim Referenz-Ei (*Toni's Freilandeier*: 17% der GFS; 1,6 g/100 g Ei-Inhalt) und bewegte sich im Bereich zwischen 28 - 32% der GFS (*Vital Ei* und *EiVit*: 2,5 - 2,6 g/ 100 g Ei-Inhalt). Somit konnte beobachtet werden, dass sich der erniedrigte %-Anteil an Monoenfettsäuren bei den Omega-3 Eiern zu Gunsten der Polyenfettsäuren verschob (Abbildung 4-2).



Toni's Freilandeier = Referenz-Ei; *Vital Ei* und *EiVit* = Omega-3 Eier

Abbildung 4-2: %-Anteile von SAFA, MUFA und PUFA an den GFS in den untersuchten Ei-Sorten

Unter den PUFA's hatte die Linolsäure (LA: C18:2 ω 6c) bei allen untersuchten Ei-Sorten den größten Anteil an den GFS und betrug beim *Toni's Freilandeier* und *Vital Ei* durchschnittlich ca. 13% (ca. 1,2 g/100 g Ei-Inhalt), während sie beim *EiVit* mit 19,6% (ca. 1,6 g/100 g Ei-Inhalt) signifikant ($p < 0,001$) höher lag.

Die Arachidonsäure (AA: C20:4 ω 6) verzeichnete beim Referenz-Ei einen Anteil an GFS von durchschnittlich 2% und lag damit signifikant ($p < 0,001$) höher als bei den beiden Omega-3 Eiern (ca. 0,84 – 1,19%). Das entsprach einem Gehalt von 184 mg/100g Ei-Inhalt im *Toni's Freilandeier* und 76 - 97 mg /100 g Ei-Inhalt in den beiden Omega-3 Eiern.

Der Anteil an Linolensäure (ALA: C18:3 ω 3) war bei den beiden Omega-3 Eiern mit Werten von 8,5% (*EiVit*) und 11% (*Vital Ei*) der GFS signifikant ($p < 0,001$) höher, als jener in den *Toni's Freilandeier* (<1%) (Gehalt ALA: 0,68 g (*EiVit*) und 1 g (*Vital Ei*) /100 g Ei-Inhalt; bzw. <0,1 (*Toni's Freilandeier*) g/100 g Ei-Inhalt). Innerhalb der beiden Omega-3 Eier konnte auch ein signifikanter ($p < 0,001$) Unterschied festgestellt werden.

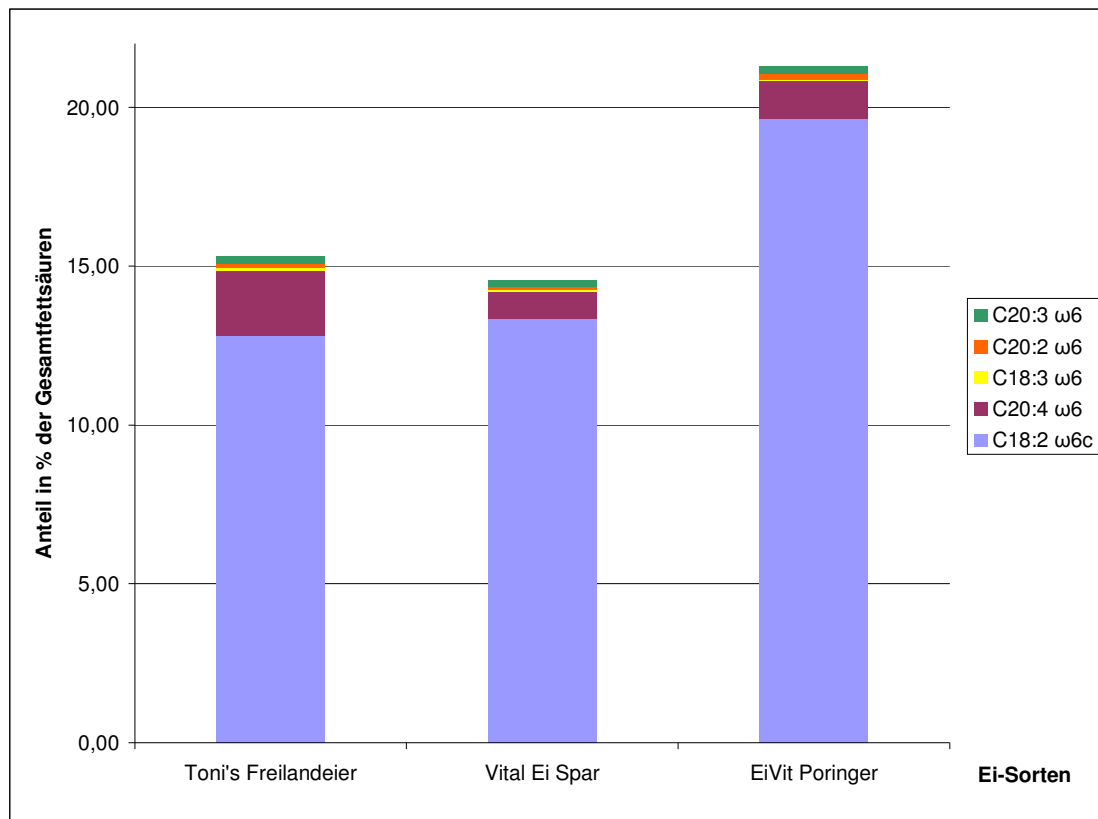
Die %-Anteile der hochungesättigten, langkettigen ω -3 FS (LC ω -3PUFA's) wie Eicosapentaensäure (EPA: C20:5 ω 3), Docosapentaensäure (DPA: C22:5 ω 3) und Docosahexaensäure (DHA: C22:6 ω 3) an den GFS waren im Vergleich zu anderen FS gering. In den Omega-3 Eiern waren jedoch die Werte signifikant ($p < 0,001$) höher als im Referenz-Ei und betrugen im Mittel für EPA und DPA ca. 0,2-0,3% und für DHA 1,5%. DHA war mengenmäßig mit einem Anteil von 1-1,6% der GFS die am stärksten vertretene FS unter den LC ω -3PUFA's. In Summe lag der Gesamt-Anteil von EPA, DHA und DPA an den GFS in den untersuchten Omega-3 Eiern mit Werten zwischen 1,8 - 2,2% der GFS (149 - 199 mg/100 g Ei-Inhalt) im Vergleich zum *Toni's Freilandeier* (1,3% der GFS; 113 mg/100 g Ei-Inhalt) signifikant ($p < 0,001$) höher. Innerhalb der beiden Omega-3 Eier war der Gesamt-Anteil von EPA, DHA und DPA im *Vital Ei* signifikant ($p < 0,001$) höher als im *EiVit* (Tabelle 4-1 und 4-2).

4.1.2.3.1. ω -6 Polyenfettsäuren

Zu den analysierten ω -6 Polyenfettsäuren zählten C18:2 ω 6c (LA), C18:3 ω 6, C20:2 ω 6, C20:3 ω 6 und C20:4 ω 6 (AA) (Abbildung 4-3).

Der %-Anteil von allen FS der ω -6 FS-Gruppe an den GFS betrug beim Referenz-Ei (*Toni's Freilande*) und bei einem der beiden Omega-3 Eier, dem *Vital Ei*, ca. 15% (1,3-1,4 g/100 g Ei-Inhalt), beim anderen Omega-3 Ei, dem *EiVit*, war der Wert mit ca. 21% der GFS (1,8 g/100 g Ei-Inhalt) signifikant ($p < 0,001$) höher, was mit dem Gehalt an LA zusammenhängt, welcher beim *EiVit* signifikant ($p < 0,001$) höher war (ca. 20% der GFS) als bei den beiden anderen untersuchten Ei-Proben (ca. 13% der GFS). So konnte zwischen den beiden Omega-3 Eiern eine Differenz im LA-Gehalt von 0,4 g/100 g Ei-Inhalt festgestellt werden. Auch der Anteil an C20:2 ω 6 war im *EiVit* (0,19% der GFS; 15,4 mg/100 g Ei-Inhalt) signifikant ($p < 0,001$) höher als im *Vital Ei* (0,12% der GFS; 10,8 mg/100 g Ei-Inhalt) und *Toni's Freilande* (0,13% der GFS; 12,0 mg/100 g Ei-Inhalt). Der %-Anteil an den GFS von C20:3 ω 6 war allgemein in den untersuchten Eiern sehr niedrig, aber im *Vital Ei* mit 0,21% der GFS signifikant ($p < 0,05$) niedriger wie in den beiden anderen Ei-Sorten (0,23% der GFS).

Die AA nahm gefolgt von der LA den zweithöchsten Anteil an den ω -6 FS ein, der - wie bereits erwähnt - bei den *Toni's Freilande* signifikant ($p < 0,001$) höher war (ca. 2%), als bei den beiden Omega-3 Eiern (ca. 1%).



Toni's Freiland Eier = Referenz-Ei; *Vital Ei* und *EiVit* = Omega-3 Eier

Abbildung 4-3: %-Anteil der ω -6 FS an den GFS

4.1.2.3.2. ω -3 Polyenfettsäuren

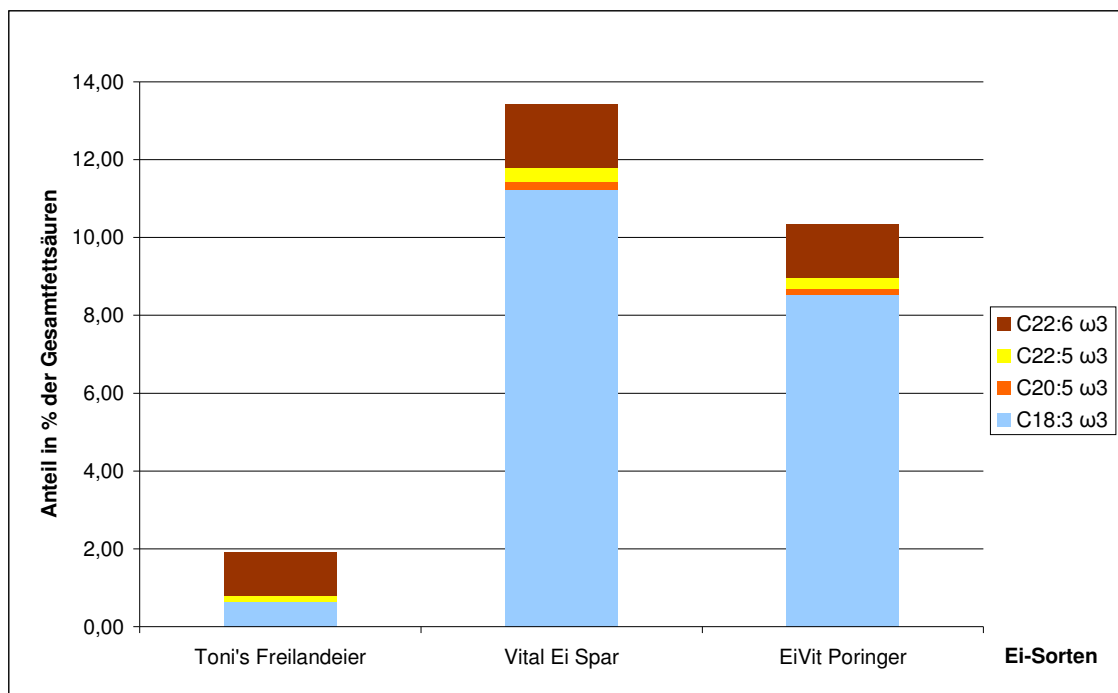
Zu den analysierten ω -3 Polyenfettsäuren zählten C18:3 ω 3 (ALA), C20:5 ω 3 (EPA), C22:5 ω 3 (DPA) und C22:6 ω 3 (DHA) (Abbildung 4-4).

Der %-Anteil von allen ω -3 FS der ω -3 FS-Gruppe betrug in den beiden Omega-3 Eiern ca. 10-13% der GFS und war somit signifikant ($p < 0,001$) höher als im Referenz-Ei (1,9% der GFS). Das entsprach beim *Toni's Freiland Eier* einem Gehalt von 0,17 g/100 g Ei-Inhalt und bei den Omega-3 Eiern von 0,85 g (*EiVit*) und 1,21 g (*Vital Ei*) /100 g Ei-Inhalt. Das *Vital Ei* lag mit seinem Gesamt-Anteil an ω -3 FS signifikant ($p < 0,001$) höher als das andere Omega-3 Ei.

Die festgestellten Unterschiede sind hauptsächlich auf die höheren ALA-Gehalte (Anteile) zurückzuführen, die in den untersuchten Omega-3 Eiern stärker vertreten waren als im *Toni's Freiland Eier* (Vgl. *EiVit*: 0,68 g/100 g Ei-

Inhalt, 8,5% der GFS; *Vital Ei*: 1 g/100g Ei-Inhalt, 11% der GFS und *Toni's Freilandeier*: <0,1 g/100 g Ei-Inhalt, <1% der GFS).

Bei der Berücksichtigung der Summe der ω -3 und ω -6 FS und Berechnung des ω -6: ω -3-Ratio konnte festgestellt werden, dass die beiden untersuchten Omega-3 Eier ein signifikant ($p < 0,001$) besseres Verhältnis (ω -6: ω -3-Ratio: *Vital Ei* 1,09 und *EiVit* 2,06) der beiden Gruppen aufwiesen als das Referenz-*Toni's Freilandeier* (ω -6: ω -3-Ratio: 8,09).



Toni's Freilandeier = Referenz-Ei; *Vital Ei* und *EiVit* = Omega-3 Eier

Abbildung 4-4: %-Anteil der ω -3 FS an den GFS

Die Ergebnisse der prozentuellen FS-Anteile an den GFS waren im direkten Vergleich der beiden untersuchten Omega-3 Eier sehr ähnlich. Signifikante Unterschiede konnten im Anteil der Ölsäure (C18:1 ω 9c), LA (C18:2 ω 6c), ALA (C18:3 ω 3) und der langkettigen ω -3 FS EPA (C20:5 ω 3), DPA (C22:5 ω 3) und DHA (C22:6 ω 3) festgestellt werden. Auf Grund der Unterschiede im Gehalt an LA, ALA, und der langkettigen (LC) ω 3PUFA's (EPA, DPA und DHA) wies das *Vital Ei* eine vorteilhaftere ω -6: ω -3-Ratio auf als das *EiVit* (1,09 vs. 2,06) (Tabelle 4-1 und 4-2).

Für die Unterschiede zwischen dem Referenz-Ei und den beiden Omega-3 Eiern war auch der Gehalt (Anteil) an ALA ausschlaggebend. Im Vergleich dazu differierten die anderen ω -3 FS wie EPA, DPA und DHA weniger.

Diese Tatsache spricht dafür, dass die ω -3 FS im Futter der Legehennen aus einer rein pflanzlichen Quelle stammten.

Ein Indiz dafür ist, dass EPA und DHA aquatischen Ursprungs (Fisch und Fischprodukte) sind, ALA hingegen in pflanzlichen Lebensmitteln wie Rapsöl, Leinöl oder Sojaöl vorkommt [ELMADFA, 2004; KAMAL-ELDIN & YANISHLIEVA, 2002; BLANCH & GRANSHORN, 1996].

Weiters ist auch aus zahlreichen Fütterungsversuchen mit Legehennen ersichtlich, dass der Anteil an LC ω -3PUFA's bei einer Futterzugabe von marinen, tierischen Quellen stets größer war als bei Zugabe von rein pflanzlichen Lebensmitteln, wie z.B. Leinöl, Rapsöl, Sojaöl. Im Gegensatz dazu ist der Anteil an ALA durch Zugabe von ω -3 FS reichen pflanzlichen Quellen zum Futter stark angestiegen, während er bei der Zugabe von marinen, tierischen Quellen relativ konstant blieb [SHIMIZU et al, 2001; BAUCCELLS et al, 2000; GANZALES-ESQUERRA & LEESON, 2000; SCHREINER et al, 2004; ROWGHANI et al, 2007; CHACHALDORA et al, 2007]. Das in der vorliegenden Studie analysierte Fettsäureprofil der untersuchten Omega-3 Eier war den Ergebnissen von CHACHALDORA et al (2007), die den Futtermitteln der Legehennen 50 g/kg Leinöl zuführten, ähnlich (LA: 15,3%; AA: 0,98%; ALA: 7,94%; EPA: 0,24%; DHA: 1,89%; DPA: 0,46% der GFS; ω 6: ω 3-Ratio: 1,56). Bei einem anderen Fütterungsversuch von ROWGHANI et al (2007), bei dem 5% Rapsöl zum Futtermittel der Legehennen zugegeben wurden, konnte zwar im Vergleich zur Basaldiät ein starker Anstieg von ω -3 FS im Dotter festgestellt werden, jedoch war dieser Gesamt-Anteil mit 6,8% der GFS nicht so hoch wie der in der vorliegenden Studie (10 - 13% der GFS).

Nach der Berücksichtigung der Tatsache, dass bei einer Untersuchung von JEROCH et al (2002) durch Zugabe von Leinsamen und Leinöl zum Futtermittel der Legehennen der ALA-Anteil deutlich stärker anstieg, als etwa bei Zugabe von Rapsöl und dass schon eine Futtermittel-Kombination von 6% Rapsöl mit 2% Leinöl den höheren Anteil von ω -3 FS im Eidotterfett (beinahe das

Doppelte) bewirkte, als eine Zugabe von 8% Rapsöl alleine können die Ergebnisse der vorliegenden Studie darauf hinweisen, dass auch in diesem Fall die Futtermittelzusammensetzung großteils aus Leinöl bestand.

Die zahlreichen und umfassend diskutierten positiven Auswirkungen von ω -3 FS auf den menschlichen Körper liegen auf der Hand und machen sie interessanter denn je. Laut der DACH-Referenzwerte (2000) soll die tägliche Zufuhr an ω -3 FS für einen Erwachsenen, bezogen auf die tägliche Energiezufuhr, 0,5% betragen. Das bedeutet, dass eine 60 kg schwere Frau mit einer sitzenden Tätigkeit und einer empfohlenen täglichen Energiezufuhr von 1800 kcal, etwa 9,07 kcal in Form von ω -3 FS zu sich nehmen sollte, was umgerechnet ca. 1 g entspricht. Für einen Mann mit 75 kg Gewicht und sitzender Tätigkeit mit einer empfohlenen täglichen Energiezufuhr von 2500 kcal liegen die Empfehlungen an ω -3 FS bei rund 1,3 g täglich.

Da es aufgrund einer entsprechenden Fütterung durchaus möglich ist, Eier herzustellen, die reich an ω -3 FS sind, stellt sich nun die wichtige Frage, ob mit dem Konsum von ω -3 FS reichen Hühnereiern die Zufuhr von ω -3 FS entsprechend der Empfehlungen erhöht werden kann. Gerade in den mitteleuropäischen Ländern (auch in Österreich), in denen Fischmahlzeiten zu selten in den Speiseplan integriert werden, liegt laut dem österreichischen Ernährungsbericht (2003) die tägliche Aufnahme von ω -3 FS deutlich unter den Empfehlungen.

Da in den in der vorliegenden Arbeit untersuchten Omega-3 Eiern mit dem durchschnittlichen Gewicht von 58 g (mit Schale) zwischen 0,4 und 0,6 g ω -3 FS enthalten sind, ist ersichtlich dass ein Ei einen großen Beitrag zur Deckung der Empfehlungen leisten könnte (Tabelle 4-2).

Allerdings muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass die Eidotter-Anreicherung mit ω -3 FS wahrscheinlich ausschließlich über eine pflanzliche Futtermittelzusammensetzung der Legehennen erfolgte, was sich aus den Ergebnissen der Gehalte an ALA und den anderen ω -3 FS-Gruppen ableiten lässt.

Während in den untersuchten Omega-3 Eiern der ALA-Gehalt bei 348-516 mg/Ei lag, wurde ein Gesamt-Gehalt von DHA, EPA und DPA (die als Vorstufe für EPA gilt) zwischen 76-100 mg/Ei ermittelt. Im Vergleich dazu enthielt das Referenz-Ei einen ALA-Gehalt von 30 mg/Ei und einen Gesamt-Gehalt von DHA, EPA und DPA von durchschnittlich 58 mg/Ei, das sind zwischen 18-42 mg (ca. 44%) weniger pro Ei (Tabelle 4-2).

Der menschliche Körper ist in der Lage ALA in die langen Kettenversionen EPA und DHA umzuwandeln. Diese Umwandlung ist aber stark begrenzt. Deshalb ist es heute unbestritten, dass dem menschlichen Organismus auch die langkettigen ω -3 FS DHA und EPA und nicht nur die Vorstufe ALA zugeführt werden müssen [Bundesamt für Gesundheit, 2007].

Der normale Tagesbedarf eines Menschen für DHA und EPA zusammen entspricht gemäß ISSFAL (International Society for Study of Fatty Acids and Lipids) etwa 500 mg bzw. 200 mg (EANS: European Academy of Nutritional Science).

Genaue Empfehlungen der 3 deutschsprachigen Länder (Deutschland, Österreich und Schweiz) existieren bisher nur über die allgemeine ω -3 FS Aufnahme und es gibt keine separaten Empfehlungen für ALA und ihre langkettigen Derivate.

Bei dem Konsum von Eiern ist die Tatsache nicht zu vergessen, dass sie wegen ihres hohen Cholesteringehalts von 200-250 mg lange umstritten waren. Da die Empfehlung bei max. 300 mg Cholesterin täglich liegt, ist somit der Cholesterinbedarf eines erwachsenen Menschen bei einem Ei (mit einem Durchschnittsgewicht von 58 g) pro Tag gedeckt. Neue Studien besänftigen jedoch die Theorie, dass sich Nahrungscholesterin schlecht auf die Blutfette auswirkt. Das Ausmaß, in dem Nahrungscholesterin die Blutlipide negativ beeinflusst, soll bei gesunden Menschen weit geringer sein als ursprünglich angenommen [BLANCH & GRASHORN, 1996].

Nichts desto trotz soll in einer ausgewogenen Ernährung an Cholesterin gespart werden. In Kombination mit ω -3 FS reichen Pflanzenölen und gelegentlichen

Fischmahlzeiten stellen die Omega-3 Eier aber eine gute Ergänzung zur Ernährung dar und haben großes Potenzial die ω -3 FS Zufuhr zu erhöhen.

4.2. Sensorische Analyse

4.2.1. Quantitativ deskriptive Analyse (QDA)

4.2.1.1. Rohes Ei

Bei der Betrachtung des Produktprofils (Abbildung 4-5) der rohen Eier konnte festgestellt werden, dass sich die Eier im Hinblick auf die Fremdgerüche wie sauer, fischig, schwefelig, ranzig, muffig und Kartongeruch nicht voneinander unterscheiden ließen. Das hat einerseits zu bedeuten, dass alle untersuchten Eier frisch waren und andererseits, dass die andere Art der Fütterung keine negativen Auswirkungen auf die Geruchseigenschaften hatte.

Der typische Eigeruch wurde beim *Toni's Freilande* am intensivsten (3 Pkt.) und beim *Vital Ei* am geringsten (2 Pkt.) wahrgenommen und somit waren diese Unterschiede signifikant ($p < 0,05$). Das *Vital Ei* lag mit 2,5 Punkten dazwischen.

Die Dotterfarbe variierte von Ei zu Ei sehr stark, auch innerhalb derselben Packung und Ei-Sorte konnten starke Unterschiede verzeichnet werden.

Dennoch wurde die Dotterfarbe beim *Vital Ei* am intensivsten beurteilt und unterschied sich signifikant ($p < 0,05$) von den anderen untersuchten Eiern. Bei der Farbe des Eiklars konnte beim *EiVit* und beim *Vital Ei* im Vergleich zum *Toni's Freilande* (Referenz-Ei) eine intensivere Trübung (1,5 bzw. 1,3 vs. 0,8 Pkt.) festgestellt werden. Der Unterschied war aber nur zwischen *EiVit* und dem *Toni's Freilande* signifikant ($p < 0,05$).

Die größeren Unterschiede wurden jedoch bei der visuellen Beurteilung der Konsistenz des Eiklars festgestellt. Die Kompaktheit des Eiklars war beim *EiVit* am niedrigsten ausgeprägt (2 Pkt.) und im Vergleich zum *Toni's Freilande* (6,5 Pkt.) war der Unterschied statistisch signifikant ($p < 0,05$). Im Gegensatz dazu unterschied sich das andere Omega-3 Ei (*Vital Ei*) bezüglich der Konsistenz des Eiklars kaum vom Referenz-Ei (*Toni's Freilande*).

Die Kompaktheit des Eidotters war bei allen 3 untersuchten Ei-Sorten ausgeglichen und betrug für das *Toni's Freilandeier* 7,7, *Vital Ei* 8,0 und *EiVit* 6,8 Punkte. Die Unterschiede waren statistisch nicht signifikant (Abbildung 4-5).

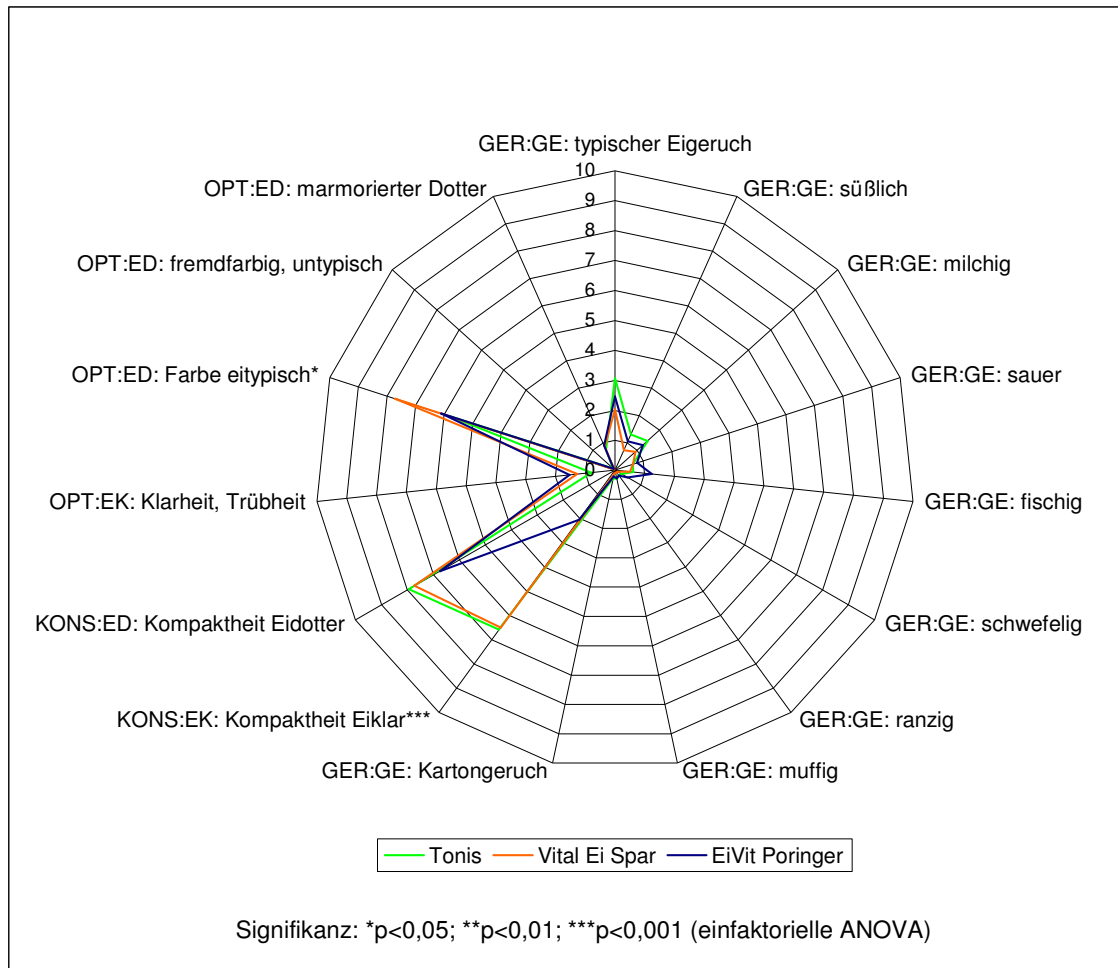


Abbildung 4-5: Produktprofil von rohem Ei (QDA)

Die Principal Component Analysis (PCA) (Abb. 4-6) bestätigte die im Spiderweb aufgezeichneten Unterschiede hinsichtlich der oben genannten optischen Ei-Eigenschaften wie Farbe und Kompaktheit des Dotters und Eiklars. Aufgrund der Verteilung innerhalb der ersten Hauptkomponente, die 82% der Produktunterschiede erklärt, ist deutlich ersichtlich, dass die *Toni's Freilandeier* und *Vital Eier* in den optischen Eigenschaften sehr ähnlich sind. Man sieht, dass die Kompaktheit des Eiklars stark positiv mit der Kompaktheit des Eidotters korreliert und dass die Kompaktheit des Eiklars sehr stark zur Charakterisierung

der Produkte beiträgt, wobei das Ausmaß der Ausprägung beim *Toni's Freilande* und beim *Vital Ei* fast gleich und beim *EiVit* am wenigsten stark ausgeprägt war. Das *Vital Ei* zeigte auch die stärkste Ausprägung der eitypischen Dotterfarbe.

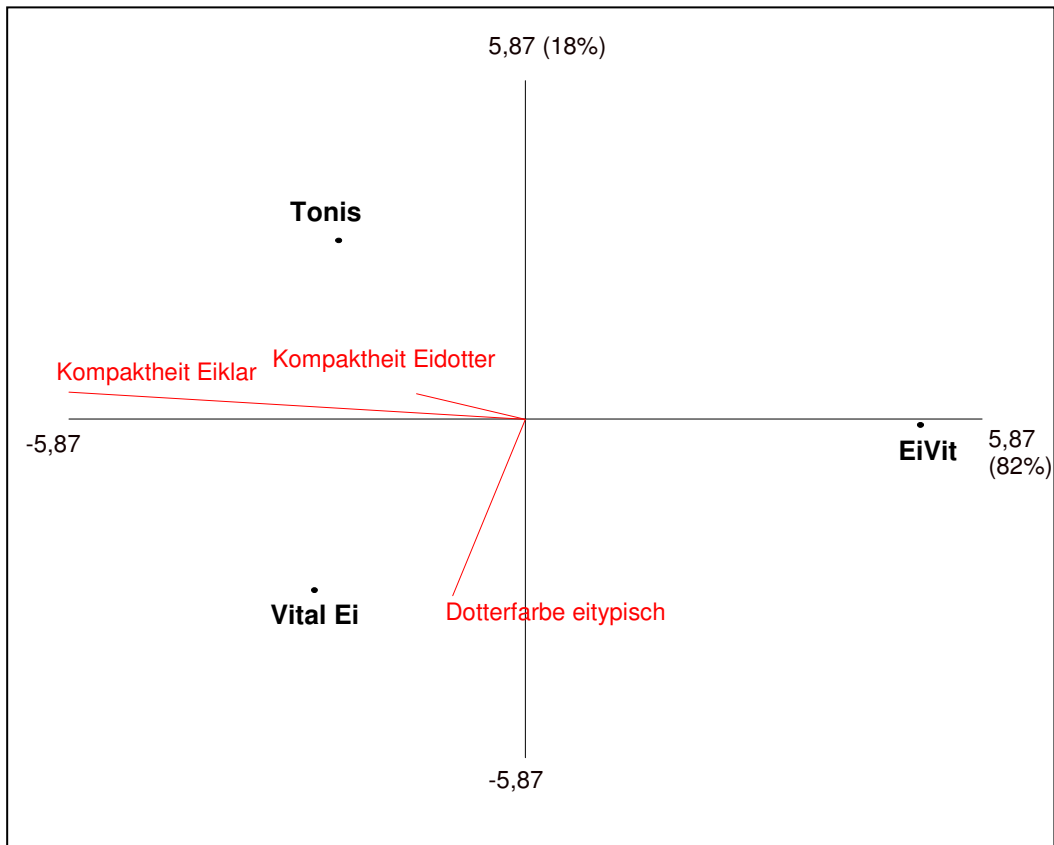


Abbildung 4-6: PCA-Biplot (Kovarianz) für Rohes Ei - Optische Eigenschaften

4.2.1.2. Hartgekochtes Ei

Gesamtes Ei

Beim hartgekochten Ei zeigten die Ergebnisse der QDA (Abbildung 4-7), dass sich die drei untersuchten Ei-Sorten unabhängig von der Fütterung im Geruch kaum unterschieden. Sowohl die Ausprägung des typischen Eigeruchs, als auch der milchige Geruch wurden bei allen Eisorten gleich beurteilt (typischer Eigeruch zwischen 5,7 und 5,9 Pkt; milchiger Geruch zwischen 2,9 und 3,2

Pkt.). Die Fremdgerüche wie fischig, schwefelig, ranzig, muffig und Kartongeruch waren bei allen Eiern fast nicht wahrnehmbar, wurden auf der Skala stets zwischen 0 und 1 beurteilt und bestätigten die beim Rohei-Profil festgestellte Tatsache, dass die Eier frisch waren.

Geringe, nicht signifikante Unterschiede wurden nur in der Intensität des süßen und sauren Geruchs festgestellt, was möglicherweise auf die Art der Fütterung zurückzuführen ist.

Die Beurteilung der Dotterfarbe zeigte das gleiche Bild wie beim rohen Ei. Das *Vital Ei* wies zwar wieder die intensivste, aber im Vergleich zu den beiden anderen Eiern nicht signifikante Dotterfarbe auf.

Fehlfärbungen von Dotter bzw. Eiklar konnten auch bei allen 3 untersuchten Ei-Sorten nicht festgestellt werden (Abbildung 4-7).

Die Dotterlage variierte bei allen Eiern sehr stark und die Beurteilungen der Panelisten rangierten für alle Ei-Sorten zwischen 0 und 10.

Im Spiderweb ist ersichtlich, dass der Dotter vom *EiVit* jedoch am wenigsten zentral gelegen ist.

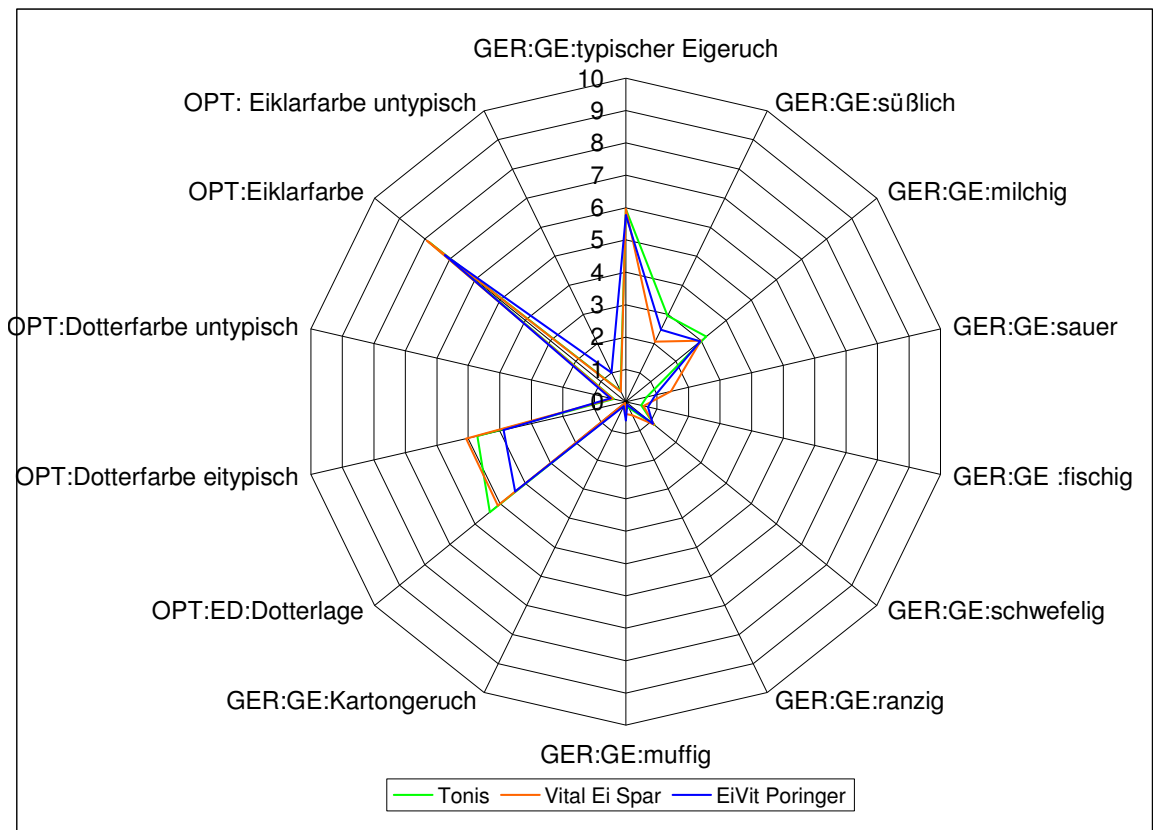


Abbildung 4-7: Produktprofil gekochtes Ei (gesamtes Ei) (QDA)

Die PCA (Abbildung 4-8) zeigte wie beim rohen Ei die größeren Ähnlichkeiten zwischen dem Referenz- *Toni's Freilandeier* und dem Omega-3 *Vital Ei*. Sie lagen innerhalb der ersten Hauptkomponente, die 69% der Produktunterschiede erklärt, viel enger zusammen als zum *EiVit*.

Aufgrund der ersten Dimension lassen sich einige Unterschiede in den Produkteigenschaften erklären. Es bestand eine positive Korrelation zwischen der untypischen Eiklarfarbe und der untypischen Dotterfarbe die sehr stark im *EiVit* ausgeprägt waren.

Die typische Eiklarfarbe korrelierte sowohl mit der eitypischen Dotterfarbe, als auch mit der Dotterlage. Der typische Eigeruch zeigte eine positive Korrelation mit dem milchigen Geruch. Die *Toni's Freilandeier* wurden am stärksten durch die typischen Ei-Geruchseigenschaften charakterisiert und das das *Vital Ei* durch die Dotterfarbe.

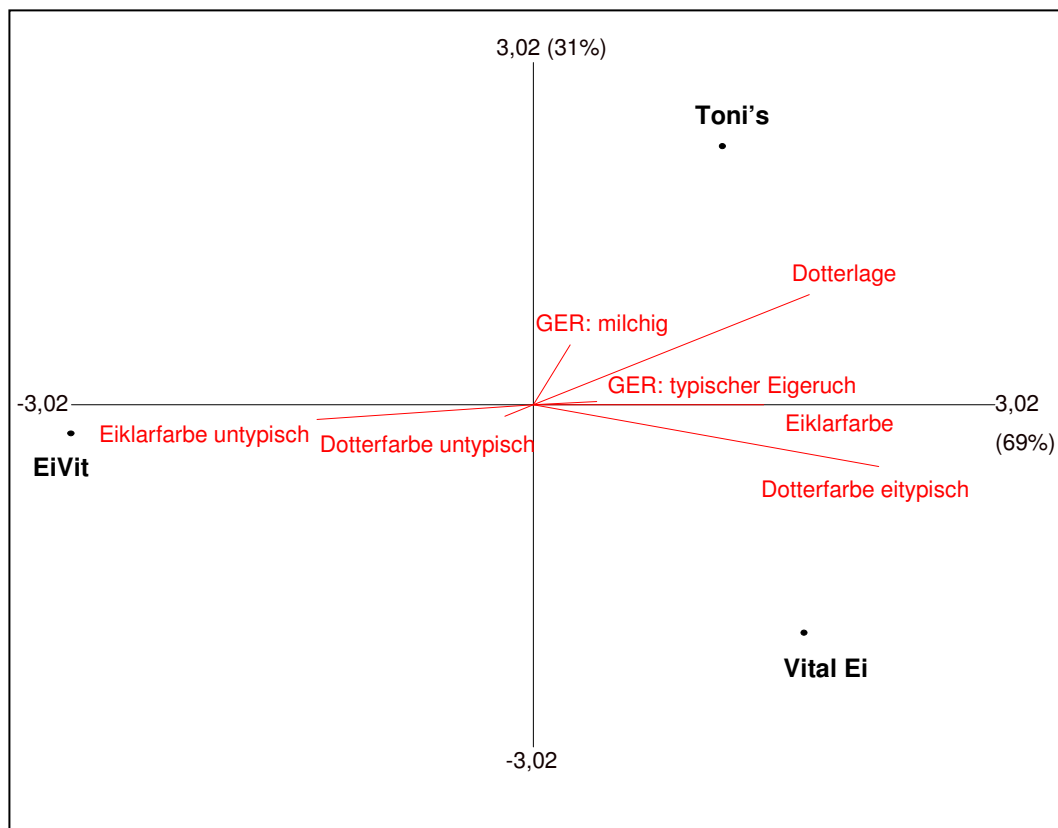


Abbildung 4-8: PCA (Kovarianz): gekochtes Ei (gesamtes Ei)

Eiklar

Bei der Beurteilung des Eiklars wurden keine signifikanten Unterschiede im Geschmack festgestellt. Die Ausprägung des typischen und untypischen Geschmacks, sowie der Nachgeschmack waren bei allen drei untersuchten Eisorten ähnlich stark ausgeprägt.

Deutliche Unterschiede wurden aber wiederum in der Konsistenz des Eiklars beobachtet. Das Eiklar vom *Toni's Freilande*i wurde als weicher (3,8 Pkt), weniger krümelig (3,5 Pkt.) und weniger gummiartig (3,8 Pkt.) beschrieben. Das *EiVit* hingegen wurde deutlich härter (5,5 Pkt.), mehr krümelig (4,8 Pkt.) und gummiartiger (5,0 Pkt.) beurteilt. Der Unterschied beim Härtegrad und der Krümeligkeit war zwischen dem *EiVit* und *Toni's Freilande*i statistisch signifikant ($p < 0,01$ bzw. $p < 0,05$) und was die Gummiartigkeit betrifft, konnte eine deutliche Tendenz festgestellt werden ($p = 0,059$). Das andere Omega-3 *Vital Ei*, wurde

auch als spürbar, aber nicht signifikant härter (4,3 Pkt.), krümeliger (3,8 Pkt.) und gummiartiger (4,5 Pkt.) als das *Toni's Freilande* beschrieben, jedoch waren diese Eigenschaften im Vergleich zum *EiVit* weniger stark ausgeprägt (Abbildung 4-9).

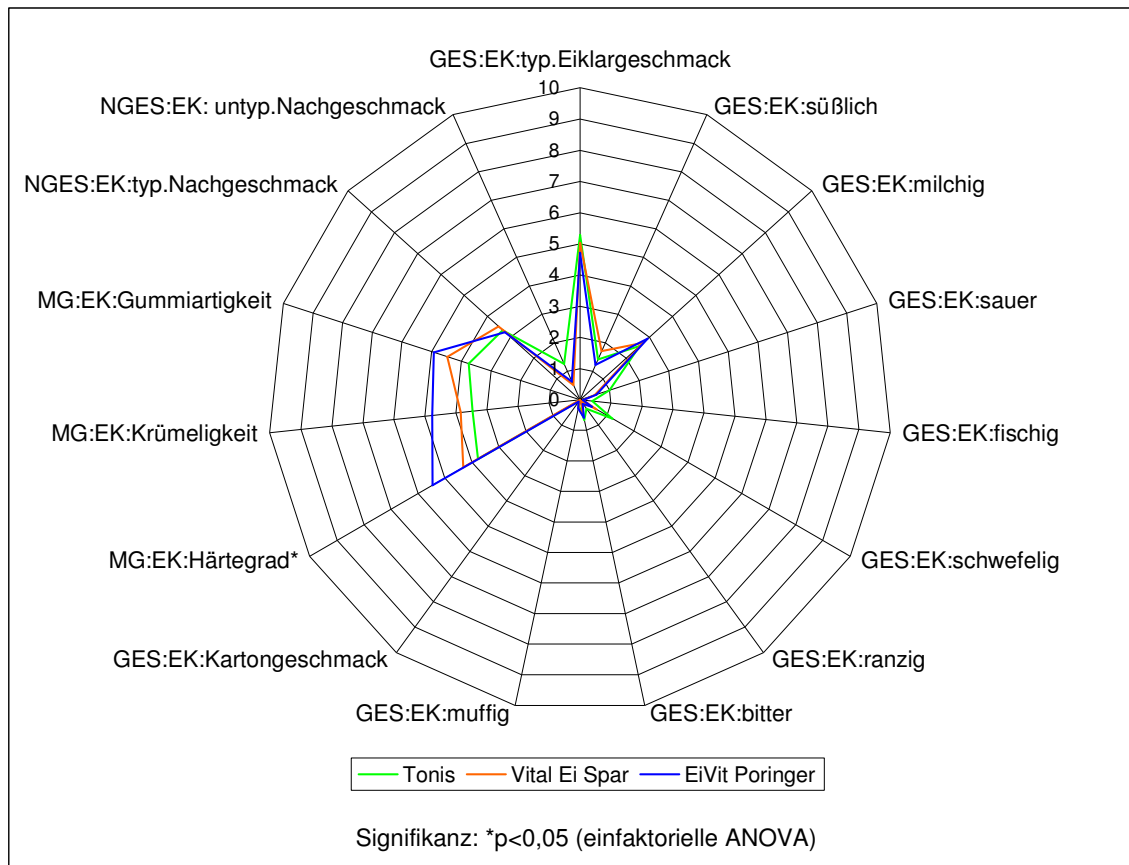


Abbildung 4-9: Produktprofil gekochtes Ei (Eiklar) (QDA)

Die PCA (Abb. 4-10) bestätigte die großen Konsistenz-Unterschiede des Eiklars der untersuchten Eier. Alle 3 Sorten lagen innerhalb der ersten Hauptkomponente (88%) weit auseinander und zeigten somit kaum Ähnlichkeiten. Die größte Ausprägung des Härtegrads, der Krümeligkeit und der Gummiartigkeit zwischen denen eine positive Korrelation ersichtlich ist, zeigte das *EiVit*.

Der typische Eiklargetschmack korrelierte mit einem sauren Geschmack und die größere Ausprägung dieser Eigenschaften zeigten das *Vital Ei* und *Toni's Freilande*, wobei letzteres am stärksten.

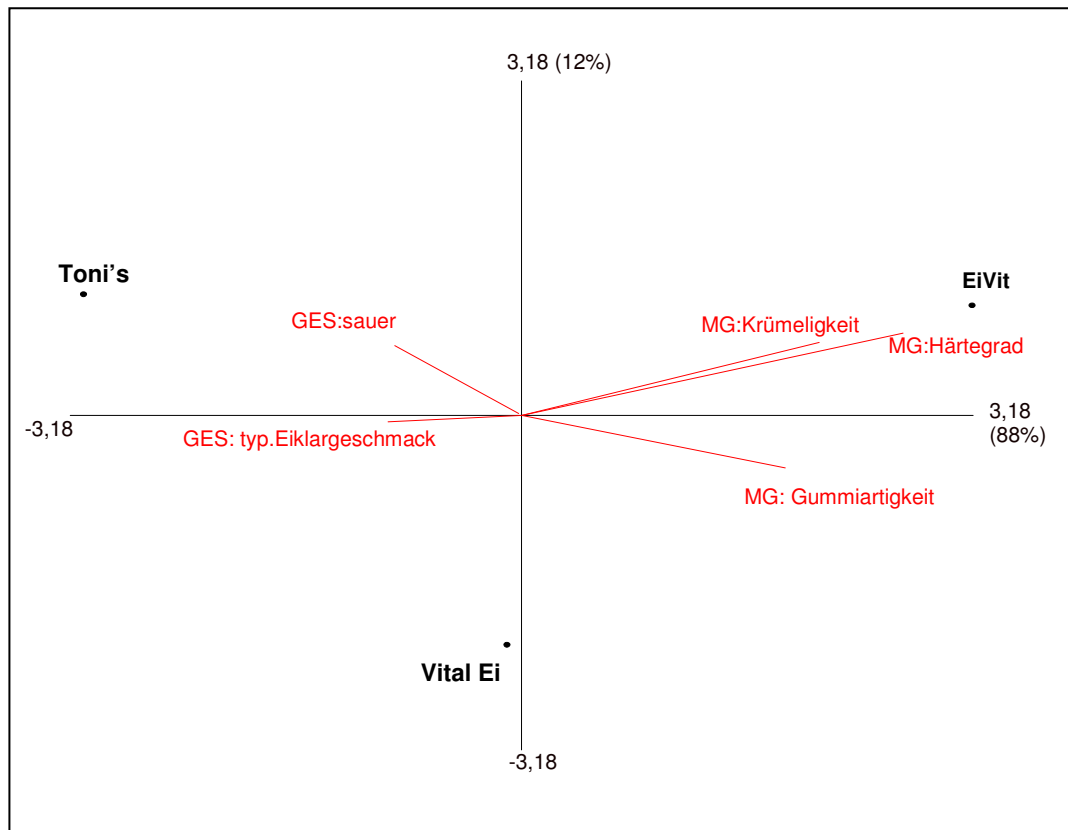


Abbildung 4-10: PCA (Kovarianz): gekochtes Ei (Eiklar)

Eidotter

Die Ergebnisse der QDA (Abbildung 4-11) zeigten, dass im Geschmack zwischen den untersuchten Eiern nur geringe Unterschiede festgestellt werden konnten.

Bei der Konsistenz des Eidotters wurden wieder eindeutige, obwohl statistisch nicht signifikante Unterschiede beobachtet. Das eine Omega-3 *EiVit* wies im Vergleich zu den beiden anderen Ei-Sorten den niedrigsten Härtegrad (3,0 Pkt.), d.h. es war weicher als die anderen Eier und infolge dessen wies es die höchste Cremigkeit (5,2 Pkt.), bei niedrigster Krümeligkeit und Gummiartigkeit

(jeweils 2,3 Pkt.) auf. Beim *Toni's Freilande* und *Vital Ei* waren im Mittel diese Eigenschaften (Härtegrad 3,6 bzw. 4,0; Cremigkeit 4,2 bzw. 4,5; Krümeligkeit 2,8 bzw. 3,0 und Gummiartigkeit 3,0 bzw. 3,3 Pkt.) in ihrer Intensität sehr ausgeglichen.

Die Klebrigkeit an den Zähnen war mit Werten zwischen 3,3 und 3,7 Punkten bei allen Eisorten sehr ähnlich ausgeprägt (Abbildung 4-11).

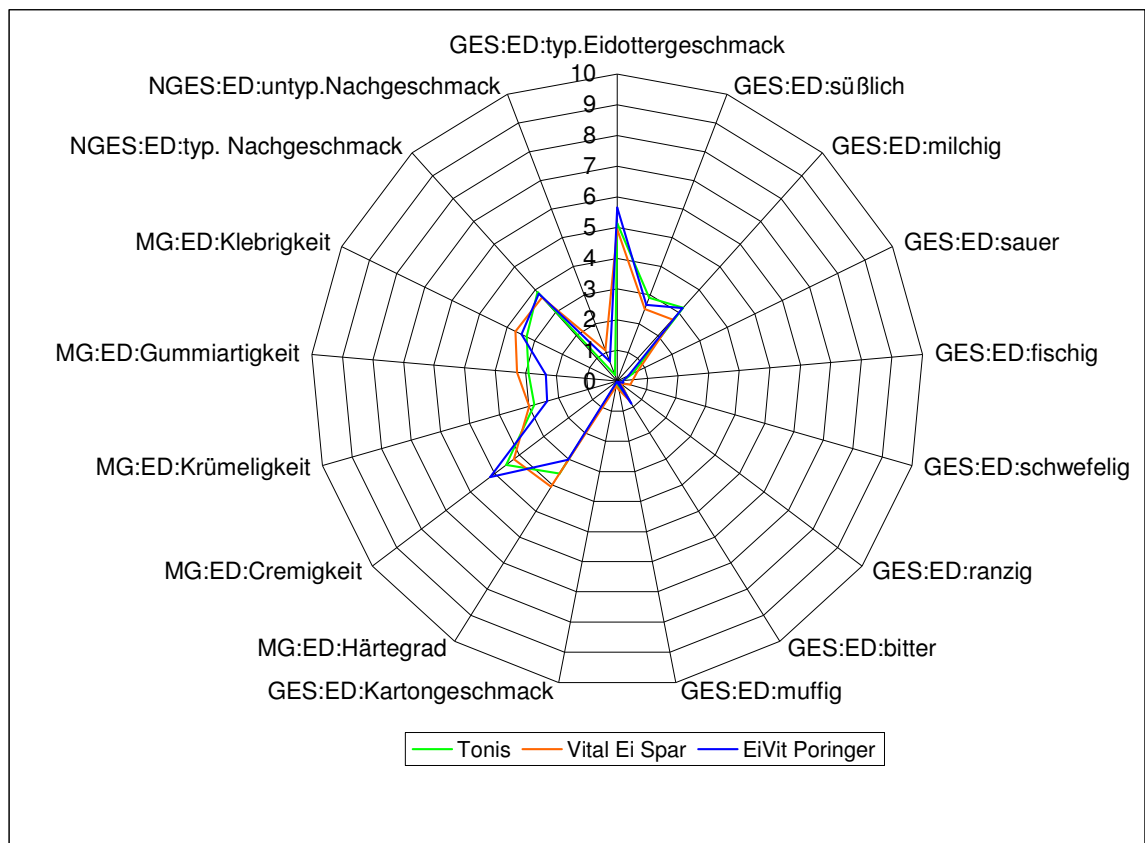


Abbildung 4-11: Produktprofil gekochtes Ei (Eidotter) (QDA)

Die PCA mit den Geschmackskomponenten (Abb. 4-12) zeigte eine positive Korrelation zwischen dem typischen Eidottergeschmack und milchigen Geschmack. Der milchige Geschmack korrelierte noch stärker mit dem typischen Nachgeschmack. Zudem war noch eine positive Korrelation zwischen untypischem Nachgeschmack und den Geschmacksattributen schwefelig, fischig und sauer erkennbar. Das *EiVit* war unter den untersuchten Eiern am stärksten durch den „typischen“ Eidottergeschmack charakterisiert.

Im zweiten PCA Diagramm, das die Konsistenzigenschaften darstellt (Abb. 4-13), ist ersichtlich, dass der Härtegrad, die Gummiartigkeit und die Krümeligkeit, die die Dotterkonsistenz beschreiben, positiv miteinander korrelieren und am stärksten das Omega-3 *Vital Ei* charakterisieren. Im Gegensatz dazu war die Cremigkeit vor allem für das zweite Omega-3 *EiVit* charakteristisch.

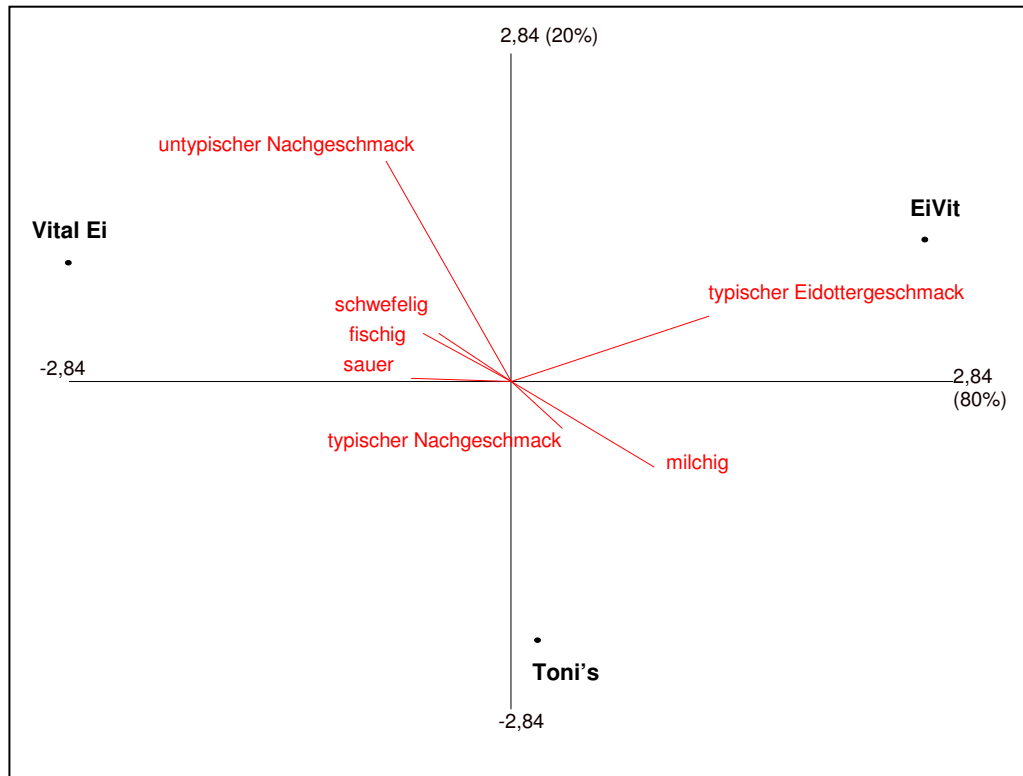


Abbildung 4-12: PCA (Kovarianz): gekochtes Ei (Eidotter) - Geschmackseigenschaften

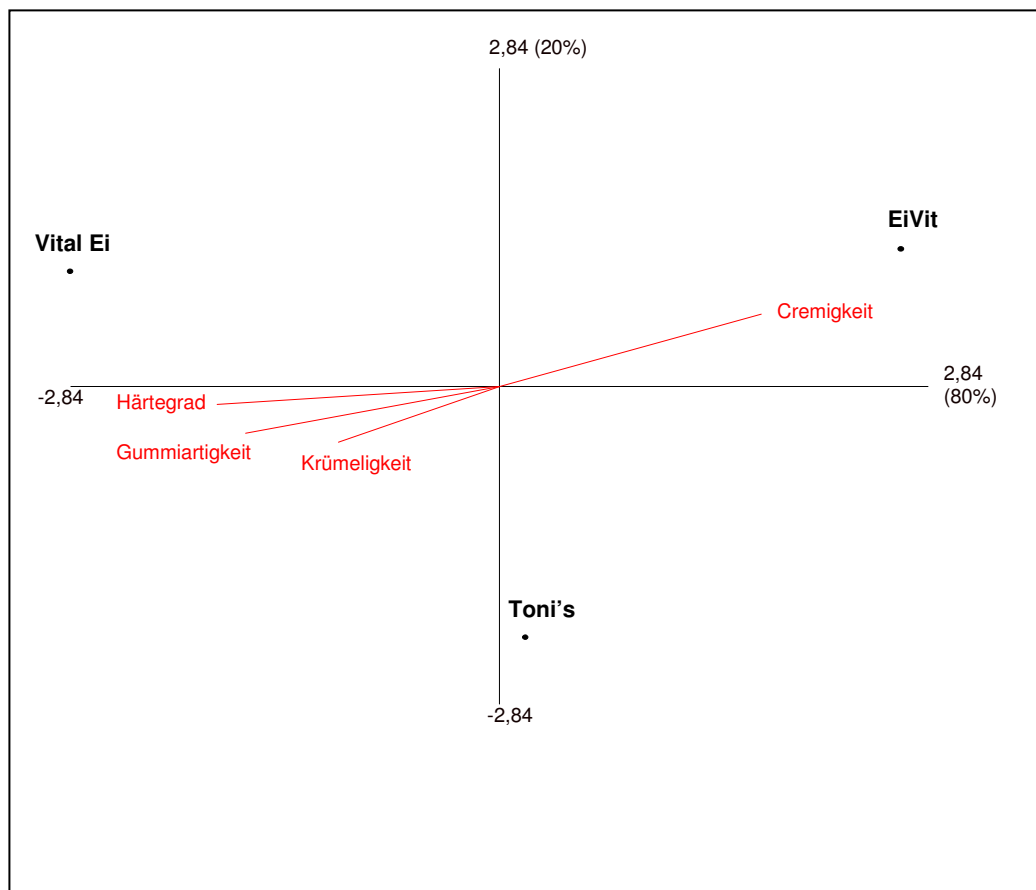


Abbildung 4-13: PCA (Kovarianz): gekochtes Ei (Eidotter) – Konsistenzeigenschaften (Mundgefühl)

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich die untersuchten ω -3 FS reichen Hühnereier (*Vital Ei* und *EiVit*) im Geschmack und Geruch nicht vom Referenz-Ei (*Toni's Freilande*) unterschieden haben. Die Fütterung der Legehennen mit ω -3 FS reichen Futtermittel hatte somit keine Auswirkungen auf die Entwicklung von Fehlgerüchen und Fehlgeschmäckern im Hühnerei. Damit bestätigen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit die anderen Daten zahlreicher Studien, die keinen negativen Einfluss der Fütterung auf die sensorischen Eigenschaften zeigten [WILLIAMS & DAMRON, 1999; HERBER-MC NEILL & VAN ELSWYK, 1998]. Dies könnte wahrscheinlich mit der Fütterung mit pflanzlichen ω -3 FS-Quellen in Verbindung gebracht werden, da zahlreiche Studien bisher berichteten, dass ω -3 FS reiche Hühnereier, die von Legehennen stammen, die mit tierischen ω -3 FS-Quellen wie Fisch und Fischöl gefüttert wurden, negative Geruchs- und Geschmackseigenschaften wie eine

fischige Aroma- und Geschmackskomponente im Ei aufwiesen [HERBER-MCNEIL & VAN ELSWYK, 1998; AUSTIC & NESHEIM, 1999; GONZALES-ESQUERRA & LEESON, 2000]. Allerdings können auch hohe Anteile von cholinhaltigen, pflanzlichen Futtermitteln wie z.B. Raps und Soja die Geschmacks- und Geruchseigenschaften von Hühnereiern negativ beeinflussen, indem das Cholin mikrobiell zu Trimethylamin abgebaut wird. [KALLWEIT et al, 1988; WILLIAMS & DAMRON, 1999; LEIBETSEDER, 1992]. In einem Fütterungsversuch mit Legehennen die 25% Purpurweizen erhielten, stellten sich deutliche Einbußen in den sensorischen Eiqualität und der damit verbunden Kundenakzeptanz heraus [MAJCHRZAK et al, 2006]. Weitere Komponenten wie z.B. verdorbene Futterfette, anutritive Substanzen, mikrobielle Kontaminationen des Eis, Legehennenrasse und Erkrankungen der Legehenne haben ebenfalls einen großen Einfluss auf die Geruchs- und Geschmackseigenschaften der Hühnereier [LEIBETSEDER, 1992; WILLIAMS & DAMRON, 1999; DAMME & HILDEBRAND, 2002].

Anzunehmen ist hingegen sehr wohl, dass die Konsistenz-Eigenschaften durch die Art der Fütterung sehr beeinflusst werden. Bei beiden Omega-3 Eiern (besonders beim *EiVit*), die im Rahmen der vorliegenden Arbeit untersucht wurden, war das gekochte Eiklar deutlich fester, gummiartiger und krümeliger als beim Referenz-Ei, wobei auch innerhalb der beiden Omega-3 Eier diese Eigenschaften noch einmal unterschiedlich stark ausgeprägt waren.

Im Gegensatz dazu hatte das *EiVit* mit dem härtesten und gummiartigsten Eiklar zugleich den weichsten und cremigsten Dotter. Während der Dotter vom *Vital Ei* am härtesten, krümeligsten und gummiartigsten war.

Bereits 1992 berichtete LEIBETSEDER, dass Veränderungen im Eiklar durch Zufütterung von z.B. Ackerbohnen (>10% im Futter der Legehenne) entstehen können. Bei der Untersuchung von MAJCHRZAK et al (2006) konnte auch festgestellt werden, dass sich bei einem Fütterungsversuch in dem 25% der Maisanteile im Futter der Legehennen durch Purpurweizen ersetzt wurden, die

Konsistenzeigenschaften des gekochten Hühnereis im Vergleich zum Kontroll-Ei veränderten.

Intoxikationen (z.B. mit Vanadium, Methylquecksilber und Pestizide) und mikrobielle Kontaminationen werden auch als die Ursache dafür angegeben [LEIBETSEDER, 1992].

4.2.2. Hedonische Prüfung - Paarweise Vergleichsprüfung nach Beliebtheit

4.2.2.1. *Toni's Freilande* – *Vital Ei*

Die Ergebnisse der Paarweisen Vergleichsprüfung nach Beliebtheit, in der das Referenz- *Toni's Freilande* und das Omega-3 *Vital Ei* gegenübergestellt wurden (Abbildung 4-14), zeigten, dass das Referenz-Ei von den Prüfpersonen bevorzugt wurde. Die Bevorzugung war aber nicht signifikant. Von den 100 erhobenen Urteilen wurden 58 für das *Toni's Freilande* und 42 für das *Vital Ei* vergeben.

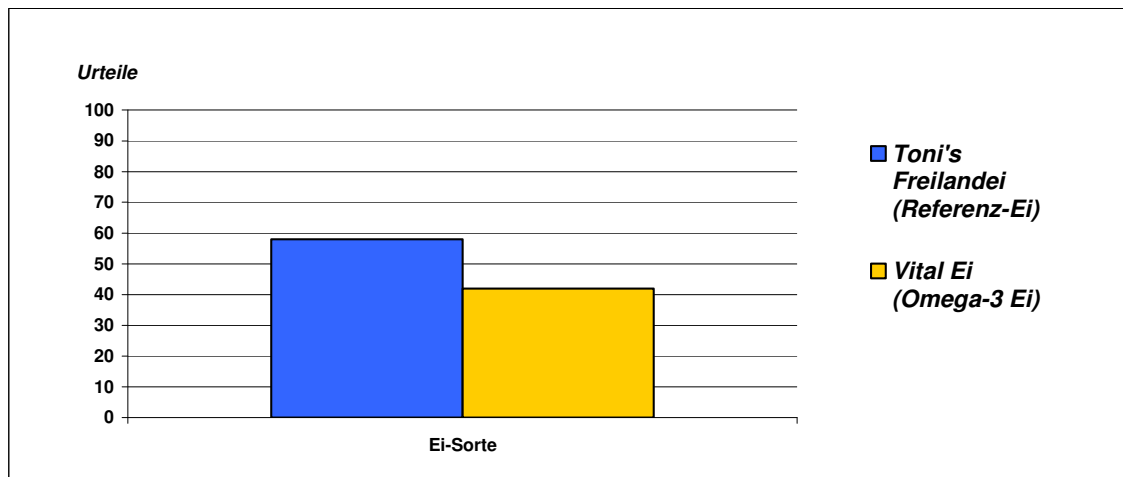


Abbildung 4-14: Paarweise Vergleichsprüfung von *Toni's Freilande* (Referenz-Ei) und *Vital Ei* (Omega-3 Ei)

4.2.2.2. *Toni's Freilande* – *EiVit*

Die Paarweise Vergleichsprüfung nach Beliebtheit, in der das Referenz- *Toni's Freilande* mit dem Omega-3 *EiVit* verglichen wurde (Abbildung 4-15), ergab, dass das Referenz-Ei wiederum bevorzugt wurde. Die Bevorzugung war aber wieder nicht signifikant. 54 der insgesamt 100 Urteile wurden für das *Toni's Freilande* und 46 für das *EiVit* vergeben.

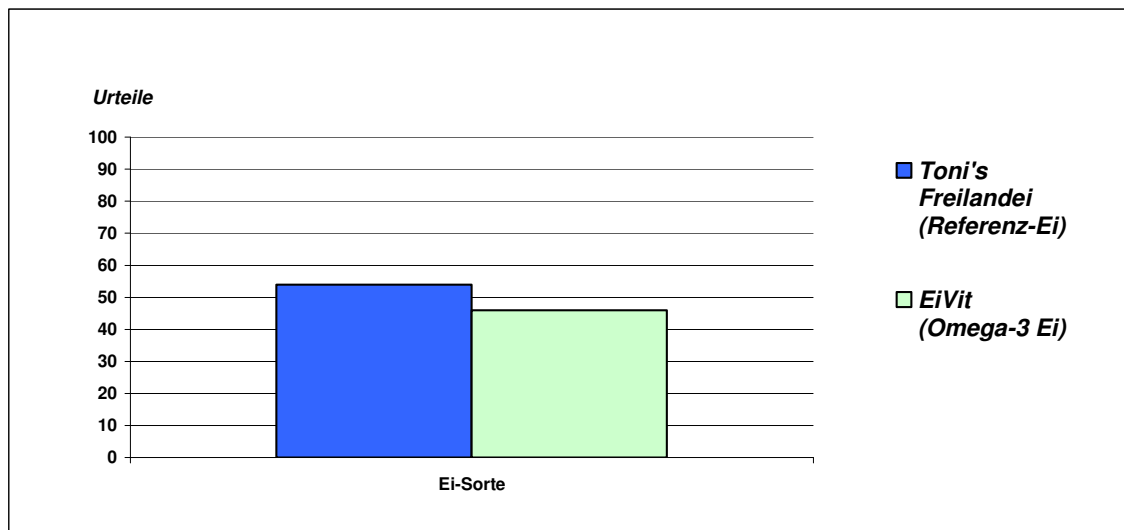


Abbildung 4-15: Paarweise Vergleichsprüfung von Toni's Freilandei (Referenz-Ei) und EiVit (Omega-3 Ei)

Laut NESS & GERHARDY (1994) wird die Kundenakzeptanz sehr stark von einer hohen Eiqualität beeinflusst, die mit der Frische und dem typischen Eigengeschmack und –geruch einhergeht.

Weiters zeigten auch mehrfach durchgeführte Konsumentenerhebungen, dass die Intensität der Dotterfarbe einen starken Einfluss auf die Kundenakzeptanz nimmt und diese in unterschiedlichen Ländern stark variiert [JACOB et al, 2000]. Laut WPSA (2000) ziehen zahlreiche europäische Verbraucher, die generell eine sehr intensive Dotterfarbe bevorzugen, von der Farbe des Eidotters Rückschlüsse auf die Frische der Eier und somit weist für viele Konsumenten eine dunkelgelbe Dotterfarbe darauf hin, dass das Ei gesund und frisch ist. Diese sensorische Eigenschaft kann relativ leicht über natürliche und synthetische Carotinoide gesteuert werden kann [KALLWEIT, 1988; GRANSHORN & STEINBERG, 2002]. Die Ergebnisse von TSERVENI-GOUSHI et al (2006), die ω -3 FS reiche Hühnereier, die zum Zeitpunkt ihrer Untersuchung auf dem griechischen Markt erhältlich waren, sensorisch miteinander verglichen haben, zeigten auch unabhängig von der Art der Legehennenfütterung mit ω -3 FS reichen Futtermitteln, keine signifikanten Unterschiede in der Kundenakzeptanz.

Bei der Paarweisen Vergleichsprüfung, bei der jeweils das Referenz- *Toni's Freilandei* mit den beiden Omega-3 Eiern (*Vital Ei* und *EiVit*) verglichen wurde, konnten keine statistisch signifikanten Präferenzen festgestellt werden. Diese Tatsache ist wahrscheinlich dadurch zu erklären, dass alle untersuchten Eier frisch waren, sie unabhängig von der Fütterung kaum Unterschiede im Geruch und Geschmack aufwiesen und alle Ei-Sorten eine vergleichbar intensive Dotterfärbung (in der QDA für das gekochte Eigelb zwischen 4,5 und 5,5 Pkt.) hatten. Damit kann festgestellt werden, dass die in der QDA beobachteten Unterschiede in den Konsistenzeigenschaften des gekochten Eiklars (Härtegrad, Krümeligkeit und Gummiartigkeit) und des Eidotters (Härtegrad, Cremigkeit, Krümeligkeit und Gummiartigkeit) keinen Einfluss auf die Verbraucherpräferenz hatten.

5. SCHLUSSBETRACHTUNG

Gerade in den mitteleuropäischen Ländern, in denen Fischmahlzeiten zu selten in den Speiseplan integriert werden, liegt die Aufnahme von ω -3 Fettsäuren (FS) deutlich unter den Empfehlungen. Laut den DACH-Referenzwerten (2000) soll ein Erwachsener täglich 0,5% an ω -3 FS bezogen auf die Energiezufuhr zu sich nehmen. Zudem wird eine ω -6: ω -3-Ratio von 5:1 geraten, die derzeit bei weitem zu Gunsten der ω -6 FS ausfällt.

Um dieses Defizit in der menschlichen Ernährung auszugleichen, steigt das Interesse, Lebensmittel mit ω -3 FS anzureichern. Ein relativ einfacher und effizienter Weg ist z.B. die natürliche Anreicherung von Hühnereiern über die Futtermittel der Legehennen. Hühnereier sind aufgrund ihres Protein-, Vitamin- und Nährstoffgehaltes eines der wertvollsten Lebensmittel in unserer Ernährung. Gleichzeitig zählen sie aber auch zu den Lebensmitteln, die in der Öffentlichkeit häufig negativ bewertet werden. Nicht zuletzt wegen dem relativ hohen Cholesteringehalt [BLANCH & GRASHORN, 1996].

Zahlreiche Untersuchungen beschäftigen sich mit der Anreicherung des Eidotters mit ω -3 FS und der damit verbundenen Zusammenstellung der Futtermittelkomponenten. Prinzipiell gibt es zwei verschiedene Möglichkeiten ω -3 FS in die Futtermittel zu integrieren, nämlich über Fisch und Fischöl oder über pflanzliche Öle, wie Leinöl, Rapsöl und Sojaöl die reich an ω -3 FS sind. Die Eier, die von Legehennen gewonnen werden, welche mit Fisch bzw. Fischöl gefüttert werden, sind oft mit einem „fischigen“ Fehlaroma assoziiert, was natürlich einen negativen Einfluss auf die Konsumentenakzeptanz hat [AUSTIC & NESHEIM, 1990].

Derzeit gibt es auf dem österreichischen Markt zwei verschiedene Sorten von Omega-3 Eiern, das *Vital Ei* von der Eigenmarke *Spar* und das *EiVit*, welches von der Fa. Poring in Ried im Innkreis produziert wird. Die beiden Sorten Omega-3 Eier wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit mit dem *Toni's*

Freilandeier, das als Referenz-Ei diente, verglichen. Um die Frage zu beantworten, ob mit dem Konsum von ω -3 FS reichen Hühnereier die Zufuhr von ω -3 FS entsprechend der Empfehlungen erhöht werden kann, wurde das Fettsäuremuster gaschromatographisch analysiert und über den Gesamtfettgehalt wurden die Gehalte der einzelnen FS in mg/Ei (=58 g mit Schale) ermittelt.

Da laut den DACH-Empfehlungen eine 60 kg schwere Frau mit einer sitzenden Tätigkeit und Energiezufuhr von 1800 kcal, täglich etwa knapp 1 g ω -3 FS und ein Mann mit 75 kg und sitzender Tätigkeit mit einer Energiezufuhr von 2500 kcal ca. 1,3 g an ω -3 FS zu sich nehmen sollte, konnte durch die vorliegende Untersuchung festgestellt werden, dass die untersuchten Omega-3 Eier einen großen Beitrag zur Deckung der Empfehlungen leisten können.

Obwohl der menschliche Körper in der Lage ist ALA (C18:3 ω 3) in die langen Kettenversionen EPA (C20:5 ω 3) und DHA (C22:6 ω 3) umzuwandeln, ist diese Umwandlung begrenzt und liegt bei etwa 10% [DACH-Referenzwerte, 2000]. Um eine stärker gesundheitsfördernde und protektive Wirkung zu erzielen, werden von verschiedenen Gremien separate Empfehlungen für EPA und DHA aufgestellt [BLANCH & GRANSHORN, 1996] die zwischen 200 mg (EANS = European Academy of Nutritional Science) und 500 mg pro Tag (ISSFAL = International Society for Study of Fatty Acids and Lipids) liegen.

Im deutschsprachigen Raum existieren aber keine genauen Empfehlungen über die Zufuhr von EPA und DHA und es gibt auch keine separaten Empfehlungen für ALA und ihre langkettigen Derivate EPA und DHA.

Die vorliegende Untersuchung hat gezeigt, dass sich in den beiden analysierten Omega-3 Eiern die Gehalte an ω -3 FS pro Ei (=58 g mit Schale) zwischen 0,4 g (*EiVit*) und 0,6 g (*Vital Ei*) bewegten (10 bzw. 13% der GFS). Somit war der Gehalt an ω -3 FS in den untersuchten Omega-3 Eiern um fast das 4-6 fache höher als in den *Toni's Freilandeiern*, die als Referenz-Eier herangezogen wurden.

Die beiden untersuchten Omega-3 Eier hatten pro Ei (= 58 g mit Schale) mit Werten zwischen 0,3 g im *EiVit* und 0,5 g im *Vital Ei* (8,5 bzw. 11% der GFS) einen 10-16 fach höheren ALA-Gehalt als das *Toni's Freilande*i (0,03 g/Ei; 0,5% der GFS).

Auch der Gesamt-Gehalt von DHA, EPA und DPA (C22:5 ω 3, die als Vorstufe für DHA gilt) in einem Ei (= 58 g mit Schale) lag mit Werten zwischen ca. 76 und 102 mg (1,8 - 2,2% der GFS) im Vergleich zum *Toni's Freilande*i (ca. 58 mg; 1,25% der GFS) um 24-43% höher. Der Gehalt an AA (C20:4 ω 6), die in der Eicosanoidproduktion mit ALA um die Enzymsysteme konkurriert, lag hingegen in den beiden Omega-3 Eiern signifikant ($p < 0,001$) niedriger als im Referenz-Ei (Omega-3 Eier: ca. 39-50 mg/Ei, 0,8 - 1,2% der GFS vs. *Toni's Freilande*i: ca. 94 mg/ Ei, 2% der GFS).

Somit wiesen die beiden untersuchten Omega-3 Eier ein signifikant ($p < 0,001$) besseres ω -6: ω -3-Verhältnis auf (*Vital Ei*: 1,09 und *EiVit*: 2,06), als das Referenz-Ei (*Toni's Freilande*i: 8,09).

Die Ergebnisse der Quantitativ Deskriptiven Analyse (QDA) zeigten, dass sich alle drei untersuchten Ei-Sorten im Geschmack und Geruch kaum unterschieden haben. Im Gegensatz dazu deuten die Konsistenz-Eigenschaften sowohl des Eiklars als auch des Eidotters des hartgekochten Eis auf signifikante Unterschiede hin, die wahrscheinlich auf die spezielle Fütterung der Legehenne zurückzuführen sind.

Das gekochte Eiklar vom *EiVit* wurde als härter (5,5 Pkt.; $p < 0,001$), mehr krümelig (4,8 Pkt.; $p < 0,05$) und gummiartiger (5,0 Pkt.; $p = 0,059$) im Vergleich zum Referenz-Ei (*Toni's Freilande*i: Härtegrad: 3,8 Pkt., Krümeligkeit: 3,5 Pkt., Gummiartigkeit: 3,8 Pkt.). beurteilt. Das andere Omega-3 Ei (*Vital Ei*) wurde auch als spürbar krümeliger und gummiartiger als das *Toni's Freilande*i beschrieben, jedoch waren diese Eigenschaften im Vergleich zum *EiVit* weniger stark ausgeprägt.

Bei der Konsistenz des Eidotters konnten wieder eindeutige, obwohl statistisch nicht signifikante Unterschiede beobachtet werden. Das *EiVit* wies im Vergleich zu den beiden anderen Ei-Sorten den niedrigsten Härtegrad (3,0 Pkt.), d.h. es

wies den weichsten Dotter und infolge dessen die höchste Cremigkeit (5,2 Pkt.), bei niedrigster Krümeligkeit und Gummiartigkeit (jeweils 2,3 Pkt.) auf.

Bei der hedonischen Prüfung, in der 100 Konsumenten jeweils das Referenz-Ei mit den beiden Omega-3 Eiern in der Paarweisen Vergleichsprüfung auf Präferenz zur Verkostung gegeben wurde, konnte beobachtet werden, dass das Referenz-Ei keinesfalls statistisch signifikant präferiert wurde.

Somit konnte ermittelt werden, dass die durch die Fütterung veränderten Konsistenz-Eigenschaften der Omega-3 Eier die Präferenz der Konsumenten nicht beeinflusst haben.

Bei Betrachtung des großen Potentials, die ω -3 FS Zufuhr über die Ei-Konsumation zu erhöhen (mit einem Ei pro Tag könnte eine durchschnittliche Frau beinahe ihren Bedarf decken) und auf Grund der Tatsache, dass die auf dem österreichischen Markt erhältlichen Omega-3 Eier sensorisch eine gute Qualität aufweisen, kann in Kombination mit ω -3 FS reichen Pflanzenölen, Vollkornbrot, Nüssen und gelegentlichen Fischmahlzeiten der Verzehr von Omega-3 Eiern nur empfohlen werden.

6. ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit wurden 2 verschiedene Sorten von Omega-3 Eiern (*Vital Ei* und *EiVit*), die zu diesem Zeitpunkt auf dem österreichischen Markt angeboten wurden, mit einem Referenz-Ei (*Toni's Freilande*) bezüglich Fettsäuremuster und sensorischen Eigenschaften verglichen. Das Fettsäuremuster wurde von jeweils 6 Eiern pro Ei-Sorte gaschromatographisch analysiert und über den Gesamtfettgehalt mengenmäßig erfasst. Zur Beurteilung der sensorischen Eigenschaften wurden die Quantitativ deskriptive Analyse (QDA) und die Paarweise Vergleichsprüfung nach Präferenz eingesetzt.

Die gaschromatographische Untersuchung ergab bei allen drei Ei-Sorten einen relativ konstanten und ausgeglichenen SAFA-Anteil. Der %-Anteil an MUFA's an den GFS lag in den beiden Omega-3 Eiern um 15-20% niedriger als im Referenz-Ei. Im Gegensatz dazu war der PUFA-Anteil der Omega-3 Eier mit Werten von 28-32% der GFS (2,5-2,6 g/ 100 g Ei-Inhalt) um 11-15% signifikant ($p < 0,001$) höher als im Referenz-Ei. Die LA (C18:2 ω 6c) hatte unter den PUFA's bei allen Eiern den größten Anteil (13-20% der GFS; 1,2-1,6 g/100 g Ei-Inhalt). Der ALA-Anteil (C18:3 ω 3) der Omega-3 Eier lag zwischen 9-11% der GFS (0,7-1 g/100 g Ei-Inhalt) und war somit signifikant ($p < 0,001$) höher als im Referenz-Ei (<1%). Der Gesamt-Anteil von EPA (C20:5 ω 3), DHA (C22:6 ω 3) und DPA (C22:5 ω 3) in den untersuchten Omega-3 Eiern mit Werten von 1,8-2,2% der GFS (149-199 mg/100 g Ei-Inhalt) unterschied sich auch signifikant ($p < 0,001$) im Vergleich zum Referenz-Ei (1,3% der GFS; 113 mg/100 g Ei-Inhalt). In Summe war der Gesamt- ω -3 FS-Anteil in den beiden Omega-3 Eiern um das 4-6 fache höher als im Referenz-Ei ($p < 0,001$). Zudem zeigte das *Vital Ei* ein um 3% höherer ω -3 FS-Anteil ($p < 0,001$) als das *EiVit* (10% der GFS; 0,85 g /100 g Ei-Inhalt vs. 13% der GFS; 1,21 g/100 g Ei-Inhalt). Die beiden untersuchten Omega-3 Eier (1,09-2,06) wiesen ein signifikant ($p < 0,001$) besseres ω -6: ω -3-Ratio auf als das Referenz-Ei (8,09).

Die objektive Beurteilung der Eier mittels QDA ergab sowohl beim rohen, als auch beim gekochten Ei keine wesentlichen Unterschiede im Geruch und Geschmack. Im Gegensatz dazu konnten sowohl beim Eiklar als auch beim Eidotter Unterschiede in den Konsistenz-Eigenschaften festgestellt werden. So war das gekochte Eiklar von beiden Omega-3 Eiern im Vergleich zum Referenz-Ei härter und krümeliger, wobei zwischen *EiVit* und *Toni's Freilande* die Unterschiede statistisch signifikant ($p < 0,01$ bzw. $p < 0,05$) waren. Außerdem hatte das *EiVit* den weichsten Dotter und infolge dessen die höchste Cremigkeit bei niedrigster Krümeligkeit und Gummiartigkeit.

Den durchgeführten Paarweisen Vergleichsprüfungen haben keine signifikanten Präferenzen der Konsumenten bei der Konsumation der Eier gezeigt.

Somit konnte festgestellt werden, dass die beiden Omega-3 Eier, die zum Zeitpunkt der Untersuchung auf dem österreichischen Markt erhältlich waren, im Vergleich zum Referenz-Ei einen 4-6 fach höheren Gehalt an ω -3 FS aufwiesen, sensorisch gesehen keine negativen Geschmacks- und Geruchseigenschaften verzeichneten und trotz signifikanter Unterschiede der Konsistenzeigenschaften vom Konsumenten fast in gleicher Maßen angenommen wurden.

7. SUMMARY

This study was conducted in order to evaluate the fatty acid composition and sensory properties of two different sorts, of in Austria commercially available ω -3 fatty acids enriched hen's eggs (*Vital Ei* and *EiVit*), in comparison to regular eggs (*Toni's Freilande*). For the determination of the fatty acid composition 6 regular eggs and 6 enriched eggs from each of the two brands were analysed by gaschromatography. The content was calculated as wt% of total fatty acids. The sensory evaluation was performed by using the Quantitative Descriptive Analysis (QDA) and paired difference test for preference.

The total-SAFA content of all eggs was relatively constant. The percentage of total-MUFA was 15-20% lower in the two Omega-3 Eggs than in the regular eggs. In contrast, the percentage of the total-PUFA was approximately 11-15% significantly ($p < 0,001$) higher in the Omega-3 eggs (app. 28-32% of TFA (total fatty acids); 2,5-2,6 g/ 100 g egg content) than in the regular eggs. The LA (C18:2 ω 6c) had the highest percentage of all PUFA (for all eggs 13-20% of TFA; 1,2-1,6 g/100 g egg content). The percentage of ALA (C18:3 ω 3) ranged between 9 and 11% of TFA (0,7-1 g/100 g egg content) in the Omega-3 eggs and was significantly ($p < 0,001$) higher than in the regular eggs ($< 1\%$). The total percentage of EPA (C20:5 ω 3), DHA (C22:6 ω 3) and DPA (C22:5 ω 3) ranged between 1,8-2,2% of TFA (149-199 mg/100 g egg content) and was significantly higher than in the regular eggs (1,3 of TFA; 113 mg/100 g egg content). In sum the amount of total ω -3 fatty acids in the Omega-3 eggs was 4 to 6 times higher than in the regular eggs ($p < 0,001$). In addition the Omega-3 egg *Vital Ei* had a 3% significantly ($p < 0,001$) higher ω -3 fatty acid content than the other Omega-3 *EiVit* (10% of TFA; 0,85 g/100 g egg content vs. 13% of TFA; 1,21 g/100 g egg content).

Both sorts of Omega-3 Eggs (1,09-2,06) had a significantly ($p < 0,001$) lower ω -6: ω -3 ratio than the regular eggs (8,09).

The results of QDA reported no substantial differences regarding the taste or aroma of all investigated eggs, whether they were raw or cooked. In contrast,

significant differences regarding the texture of the egg yolk and egg white were observed. The cooked egg whites of the two Omega-3 Eggs were firmer and more crumbly in comparison to the regular egg. The results were statistically significant ($p < 0,01$ and $p < 0,05$) between the *EiVit* and *Toni's Freilande*. In addition the *EiVit* had the softest egg yolk and therefore the highest creaminess paired with the lowest crumbliness and gumminess.

Applying the paired difference test revealed no significant preference in regard to the egg sorts.

Based on the analytical determination it can be stated that both ω -3 fatty acids enriched eggs in the Austrian market had a 4 to 6 times higher ω -3 fatty acid content than the regular eggs. The results of sensory evaluation reported no significant difference in consumer's preference regarding the egg sorts, despite of observed variability of texture properties.

8. LITERATURVERZEICHNIS

AUSTIC, R.E.; NESHEIM, M.C.:

The feed ingredients. In: Poultry Production. Lea & Febiger, Philadelphia, PA, 1990: 196-207

BARLOW, S.M.; YOUNG, F.V.K.; DUTHIE, I.F.:

Nutritional recommendations for omega-3 polyunsaturated fatty acids and the challenge to the food industry. Proceeding of the Nutrition Society 1990; 49: 13-21

BÄSSLER, K.H.; GOLLY, I.; LOEW, D.; PIETRZIK, K.:

Vitamin Lexikon für Ärzte, Apotheker und Ernährungswissenschaftler. Urban & Fischer Verlag, München und Jena 2002

BAUCCELLS, M.D.; CRESPO, N.; BARR'OETA, A.C.; LOPEZ-FERRER, S.; GRASHORN, M.A.:

Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. Poultry Science 2000; 79: 51-59

BELITZ, H.D.; GROSCH, W.; SCHIEBERLE, P.:

Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Springer-Verlag; Berlin, Heidelberg, New York 2001: 537-550

BIESALSKI, H.K.; SCHREZENMEIR, J.; WEBER, P.; WEIß, H.:

Vitamine. Georg Thieme Verlag; Stuttgart 1997

BLANCH, A.; GRASHORN, M.A.:

Ernährungsphysiologische Bedeutung der Omega-3-Fettsäuren und Möglichkeiten der Anreicherung in Eiern. Archiv für Geflügelkunde 1996; 60 (2): 49-58

BOURRE, J.M.; GALEA, F.:

An important source of omega-3-fatty acids, Vitamins D and E, Carotenoids, Iodine and Selenium: a new natural multi-enriched egg. The Journal of Nutrition, Health & Aging 2006; 10 (5): 371-376

BOVET, P.; FAEH, D.; MADELEINE, G.; VISWANATHAN, B.; PACCAUD, F.:

Decrease in blood triglycerides associated with the consumption of eggs of hens fed with food supplemented with fish oil. Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases 2007; 17: 280-287

Bundesamt für Gesundheit (BAG), Schweiz:

Fett in unserer Ernährung – Empfehlungen des Bundesamtes für Gesundheit.

<http://www.bag.admin.ch/themen/ernaehrung/00211/03529/03530/index.html?lang=de>

letzte Änderung: 06.11.07; Zugriff: 16.05.08

BUSCH-STOCKFISCH, M. (Hg):

Praxishandbuch: Sensorik in der Produktentwicklung und Qualitätssicherung.

14. Aktualisierungs-Lieferung Oktober 2006

Behr's Verlag, Hamburg 2006

CACHALDORA, P.; GARCIA-REBOLLAR, P.; ALVAREZ, C.; DE BLAS J.C.;

MENDEZ, J.:

Effect of type and level of basal fat and level of fish oil supplementation on yolk fat composition and n-3 fatty acids deposition efficiency in laying hens. Animal Feed Science and Technology 2007, doi:10.1016/j.anifeedsci.2007.05.024

CARILLO-DOMINGUEZ, S.; CARRANCO-JAUREGUI, M.E.; CASTILLO-DOMINGUEZ, R.M.; CASTRO-GONALEZ, M.I.; AVILA-GONZALEZ, E.; PEREZ-GIL, F.:

Cholesterol and n-3 and n-6 fatty acid content in eggs from laying hens fed with crab meal (*Pleuroncodes planipes*). Poultry Science 2005; 84: 167-172

CASTON, L.; LEESON, S.:

Research note: Dietary flax and egg composition. Poultry Science 1990; 69: 1617-1620

CHAPKIN, R.S.; DAVIDSON, L.A.; LY, L.; WEEKS, B.R.; LUPTON, J.R.; Brad R.; MCMURRAY, D.N.:

Immunomodulatory Effects of (n-3) Fatty Acids: Putative Link to Inflammation and Colon Cancer. Journal of Nutrition 2007; 137: 200-204

CHERIAN, G.; SIM J.S.:

Effect of feeding full fat flax and canola seeds to laying hens on the fatty acid composition of eggs, embryos and newly hatched chicks. Poultry Science 1991; 70: 917-922

DACH-Reference Values for Nutrient Intake.

1st Edition, Umschau/Braus Verlag; Frankfurt am Main, 2000

DAMME, K.; HILDEBRAND, R.A.:

Geflügelhaltung - Legehennen, Puten- und Hähnchenmast. Eugen Ulmer Verlag; Stuttgart 2002

DERNDORFER, E.:

Lebensmittelsensorik. Facultas Universitätsverlag, Wien 2006

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR ERNÄHRUNG (DGE):

Deutscher Ernährungsbericht 2004; Bonn 2005

DIE LANDWIRTSCHAFT (Hrsg.): Tierische Erzeugung. BLV Buchverlag, München 2007

DUBOIS, V.; BRETON, S.; LINDER, M.; FANNI, J.; PARMENTIER, M.:

Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential.

European Journal of Lipid Science and Technology 2007; 109: 710-732

EISENBRAND, G.; SCHREIER, P.:

RÖMPP Lexikon Lebensmittelchemie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2006:

282

EL BAGIR, N.M.; HAMA A.Y.; HAMED R.M.; ABD EL RAHIM A.G.; BEYNEN, A.C.:

Lipid Composition of egg yolk and serum in laying hens fed diets containing

black cumin (*Nigella sativa*). International Journal of Poultry Science 2006; 5 (6):

574-578

ELMADFA, I.:

Ernährungslehre. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart 2004

ELMADFA, I.; AIGN, W.; MUSKAT, E.; FRITZSCHE, D.:

Die große GU Nährwert Kalorien Tabelle. Ausgabe 2006/07. Gräfe & Unzer

Verlag, München 2005

ELMADFA, I.; LEITZMANN, C.:

Ernährung des Menschen. 4. Auflage. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart 2004

ELMADFA, I.; FREISLING, H.; et al.

Österreichischer Ernährungsbericht 2003.

1. Auflage; Wien 2003

FLIEDNER, I.; WILHELMI, F.:

Grundlagen und Prüfverfahren der Lebensmittelsensorik. Behr's Verlag,

Hamburg 1989

FOLCH, J.; LEES, M.; SLOANE STANLEY, G.H.:

A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. Journal of Biological Chemistry 1957; 226: 497-509

FRANZKE, C.:

Allgemeines Lehrbuch der Lebensmittelchemie. Behr's Verlag; Hamburg 1996

GARCIA-REBOLLAR, P.; CACHALDORA, P.; ALVAREZ, C.; DE BLAS J.C.;

MENDEZ, J.:

Effect of combined supplementation of diets with increasing levels of fish and linseed oils on yolk fat composition and sensorial quality of eggs in laying hens.

Animal feed science and technology 2007, doi:10.1016/j.anifeedsci.2007.03.006

GIBNEY, M.J.:

Incorporation of n-3 polyunsaturated fatty acids into the processed foods.

British Journal of Nutrition 1997; 78: 193-195

GIL, A.:

Polyunsaturated fatty acids and inflammatory diseases. Biomedicine &

Pharmacotherapie 2002; 56: 388-396

GONZALES-ESQUERRA, R.; LEESON, S.:

Effect of feeding hens regular or deodorized menhaden oil on production parameters, yolk fatty acid profile, and sensory quality of eggs. Poultry Science 2000; 79: 1597-1602

GRASHORN, M.A.; STEINBERG, W.:

Deposition rates of canthaxanthin in egg yolks. Archiv für Geflügelkunde 2002; 66 (6): 258-262

HASIN, B.M.; FERDAUS, A.J.M.; ISLAM, M.A.; UDDIN, M.J.; ISLAM, M.S.:

Marigold and Orange skin as egg yolk color promoting agents. International Journal of Poultry Science 2006; 5 (10): 979-987

HERBER- MCNEILL, S.M.; VAN ELSWYK, M.E.:

Dietary marine algae maintains egg consumer acceptability while enhancing yolk color. Poultry Science 1998; 77: 493-496

HUOPALAHTI, R.; LOPEZ-FANDINO, R.; ANTON, M.; SCHADE, R. (Eds.):

Bioactive egg compounds. Springer Verlag, Berlin & Heidelberg 2007

INNIS, S.M.:

Dietary (n-3) Fatty Acids and Brain Development. Journal of Nutrition 2007; 137: 855-859

JACOB, J.P.; MILES, R.D.; MATHER, F.B.: Egg quality. University of Florida,

Institute of food and agricultural science (IFAS), Publication date: May, 2000.

homepage: <http://edis.ifas.ufl.edu>

JELLINEK, G.:

Sensorische Lebensmittelprüfung. Verlag D&PS; Pattersen 1981

JEROCH, H.; BRETTSCHEIDER, J.G.; BÖTTCHER, W.; PETER, W.;
SESKEVICIENE, J.; PRINZ, M.:

Einfluss von Rapsöl und Leinöl im Legehennenfutter auf das Fettsäuremuster
des Eidotterfettes. Veterinarija ir Zootechnika 2002; 20 (42): 72-74

JIANG, Z.; AHN, U.; SIM, J.S.:

Effects of feeding flax and two types of sunflower seeds on fatty acid
compositions of yolk lipid classes. Poultry Science 1991; 70: 2467-2475

KALLWEIT, E.; FRIES, R.; KIELWEIN, G.; SCHOLTYSEK, S.:

Qualität tierischer Nahrungsmittel. Ulmer Verlag, Stuttgart 1988: 293-345.

KAMAL-ELDIN, A.; YANISHLIEVA N.V.:

n-3 fatty acids for human nutrition: stability considerations. European Journal of
Lipid Science and Technology 2002; 104: 825-836

KELLEY, D.S.; RUDOLPH, I.L.:

Effect of individual fatty acids of ω -6 and ω -3 type on human immune status and
role of eicosanoids. Nutrition 2000; 16: 143-145

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

LEESON, S.; CASTON, L.:

Enrichments of eggs with lutein. Poultry Science 2004; 83: 1709-1712

LEIBETSEDER, J.:

Zusammensetzung und Qualität des Eies und deren Beeinflussung durch Haltung und Fütterung der Hennen. ÖGW Sonderheft 1992; 1: 15-18

LÜCK, G.; GAYMANN, P.:

Eiweisheiten. Experimente rund ums Ei. Verlag Herder Spektrum; Freiburg 2005

MAJCHRZAK, D.; ELMADFA, I.:

Gehalt an Vitamin A, Vitamin E und Carotinoiden in handelsüblichen Hühnereiern. Ernährung/Nutrition 1997; 21 (11): 492-495

MAJCHRZAK, D.; ELMADFA, I.:

Carotinoid- und Retinolgehalt in Hühnereiern. Fett /Lipid 1997; 99 (10): 365-368

MAJCHRZAK, D.; ELMADFA, I.:

Inhaltsstoffe von Hühnereiern. Freiland-Journal - Zeitschrift für ökologisch-tiergerechte Nutztierhaltung und gesunde Ernährung 1998; 3: 6-7

MAJCHRZAK, D.; ELMADFA, I.; PFEIFFER, K.:

Orientierende Untersuchung über den Einfluss der Fütterung von Legehennen mit Purpurweizen auf die Qualität des Eies. Ernährung/Nutrition 2006; 30 (1): 23-31

MATISEK, R.; STEINER, G.:

Extraktion nach Säureaufschluss – Methode nach Weibull-Stoldt. In: Lebensmittelanalytik. Springer Verlag, Berlin, 2006: 30-32

MEYNERS, M.; KUNERT J.:

Multivariate Verfahren.

In: BUSCH-STOCKFISCH, M. (Hg): Praxishandbuch: Sensorik in der

Produktentwicklung und Qualitätssicherung. 14. Aktualisierungs-Lieferung
Oktober 2006
Behr's Verlag, Hamburg 2006

NESS, M.R.; GERHARDY, H.:

Consumer preferences for quality and freshness attributes of eggs. British Food Journal 1994; 96 (3): 26-34

PARDIO, V.T.; LANDIN, L.A.; WALISZEWSKI, K.N.; PEREZ-GIL, F.; DIAZ, L.;
HERNANDEZ, B.:

The effect of soybean soapstock on the quality parameters and fatty acid composition of the hen egg yolk. Poultry Science 2005; 84: 148-157

ROWGHANI, E.; ARAB, M.; NAZIFI, S.; BAKHTIARI, Z.:

Effect of canola oil on cholesterol and fatty acid composition of egg-yolk of laying hens. International Journal of Poultry Science 2007; 6 (2): 111-114

SCHARF, G.; ELMADFA, I.:

Fettsäuremuster handelsüblicher Hühnereier. Ernährung/Nutrition 1997; 22: 99-102

SCHREINER, M.; HULAN, H.W.; RAZZAZI-FAZELI, E.; BÖHM, J.; IBEN, C.:

Feeding laying hens seal blubber oil: Effects of egg yolk incorporation, stereospecific distribution of Omega-3- fatty acids, and sensory aspects. Poultry Science 2004; 83: 462-473

SCHWEDT, G.:

Taschenatlas der Lebensmittelchemie. Wiley-VCH Verlag; Weinheim 2005

SHIMIZU, Y.; ARAI, K.; ISE, S.; SHIMASAKI, H.:

Dietary fish oil for hens affects the fatty acid composition of egg yolk phospholipids and gives a valuable food with an ideal balance of n-6 and n-3 essential fatty acids for human nutrition.

Journal of Oleo Science 2001; 50 (10): 797-803

SIMOPOULOS, A.P.:

The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids.

Biomedicine & Pharmacotherapie 2002; 56: 365-379

SIRTORI, C.R.; GALLI, C.:

n-3 fatty acids and diabetes. Biomedicine & Pharmacotherapie 2002; 56: 397-406

SOUCI, S.; FACHMANN, W.; KRAUT, H.:

Die Zusammensetzung der Lebensmittel – Nährwert-Tabellen.

6. revidierte und ergänzte Auflage

Herausgeber: Medpharm, Stuttgart 2000

STONE, H.; SIDEL, J.L.; OLIVERS, S.; WOOLSEY, A.; SINGLETON, R.C.:

Sensory Evaluation by Quantitative Descriptive Analysis. Food Technology 1974; 28: 24-33

TAPIERO, H.; NGUYEN BA, G.; COUVREUR, P.; TEW, K.D.:

Polyunsaturated fatty acids (PUFA) and eicosanoids in human health and pathologies. Biomedicine & Pharmacotherapie 2002; 56: 215-222

TERNES, W.; TÄUFEL, A.; TUNGER, L.; ZOBEL, M.:

Lexikon der Lebensmittel und der Lebensmittelchemie. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft; Stuttgart 2005: 444-449

TSERVENI-GOUSHI, A.; YANNAKOPOULOS, A.; BOTSOGLIOU, N.;
CHRISTAKI, E.; FLOROU-PANERI, P.; YANNAKAKIS, E.:
Sensory evaluation and oxidative stability of n-3 fatty acid enriched eggs in
Greece. Archiv für Geflügelkunde 2006; 70 (5): 228-231

VOLLMER, G.; JOSST, G.; SCHENKER, D.; STURM, W.; VREDEN, N.:
Lebensmittelführer Fleisch, Fisch, Eier, Milch, Fett, Gewürze, Süßwaren:
Inhalte, Zusätze, Rückstände. Gemeinschaftsausgabe der Verlage: Dt.
Taschenbuch-Verlag, München und Georg Thieme Verlag, Stuttgart und New
York 1990: 75-83

WAGNER, K.H.; AUER, E.; ELMADFA, I.:
Content of trans fatty acids in margarines, plant oils, fried products and
chocolate spreads in Austria. European Food Research and Technology 2000;
210: 237-241

WATZL, B.; LEITZMANN, C.:
Bioaktive Substanzen in Lebensmitteln. Hippokrates Verlag, Stuttgart 2005

WESLEY, A.J.:
Immunonutrition: The role of ω -3 fatty acids. Nutrition 1998; 14: 627-633

WILLIAMS, S.K.; DAMRON, B.L.:
Sensory and fatty acid profile of eggs from commercial hens fed rendered spent
hen meal. Poultry Science 1999; 78: 614-617

WPSA (2000):
Wonach beurteilt der Verbraucher die Eiqualität?
In: HERNANDEZ, J.M.; SEEHAWER, J.; HAMELIN, C.; BRUNI, M.;
WAKEMAN, W. (Hrsg.): Egg quality – The Europeans Consumer's Perception.
Roche Vitamins Europe Ltd. Basel

LEBENS LAUF

Persönliche Daten:

Name: Simone Fäßler

Geburtsdatum: 8. März 1982

Geburtsort:: Hohenems, Vorarlberg

Staatsbürgerschaft: Österreich

Beruf- und Bildungsgang:

1988 – 1992 Volksschule Schoren, Dornbirn

1992 – 1996 Hauptschule Baumgarten, Dornbirn

1996 – 2001 HTL-Dornbirn

Ausbildungsschwerpunkt: Bekleidungstechnik

Matura: Juni 2001 mit gutem Erfolg abgeschlossen

2001 – 2003 Arztassistentin bei Dr.Gebhard Lingg, Internist, Dornbirn

ab 2003 Studium der Ernährungswissenschaften, Universität Wien

Schwerpunkt: Lebensmitteltechnologie

Praktikas:

Juni bis September 2005

3- monatiges Praktikum bei Fa. Rupp Ag, Hörbranz

Februar 2006 bis dato

Praktikum bei Fa. Rupp Ag, Hörbranz

August / September 2007

6- wöchiges Praktikum bei Kraft Foods (Milka), Bludenz