



Abschlussbericht

Jodsalzanwendung in der Käsefertigung

Ch. Zimmermann¹, K. Engler¹, A. Greiling¹, G. Jahreis², M. Leiterer¹ und F. Schöne¹

¹ Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Naumburger Straße 98, 07743 Jena

² Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Ernährungswissenschaften,
Dornburger Straße 24 – 29, 07743 Jena

1 Einleitung

Das Spurenelement Jod ist Bestandteil der Schilddrüsenhormone Trijodthyronin (T_3) und Tetrajodthyronin = Thyroxin (T_4). T_3 als die aus dem T_4 gebildete wirksamere Verbindung bindet an Rezeptoren des Zellkerns - das bedeutet, T_3 hat Aufgaben bei der Regulation der Proteinsynthese, des Wachstums, der Organdifferenzierung und Thermogenese (LÖFFLER und PETRIDES 2003).

Ein Schilddrüsenhormonmangel, hervorgerufen durch ein Nahrungsjoddefizit oder durch Hemmung der thyreoidalen Jodaufnahme bzw. der Hormonsynthese, ist Ursache des Kropfes entweder ohne weitere Symptome (kompensatorischer Kropf) oder mit klinischen Mangelsymptomen (LAURBERG et al. 2002).

Für Jugendliche und Erwachsene empfiehlt die DGE eine tägliche Zufuhr von 200 μg Jod (D-A-CH 2000). Jedoch werden diese Empfehlungen nur zu zwei Drittel erreicht und so zählt die WHO Deutschland nach wie vor zu den Jodmangelgebieten ersten Grades, das ist der Bereich der renalen Jodausscheidung von 50 – 100 $\mu\text{g}/\text{Tag}$ (GÄRTNER 2000).

Für die Verbesserung der Jodversorgung der Bevölkerung wird eine breitere Verwendung von jodiertem Speisesalz besonders in der Lebensmittelindustrie angestrebt und Fortschritte lassen sich für die Bereiche Backwaren und Wurst finden (GROßKLAUS und JAHREIS 2004). Die Steigerung des Käseverzehrs im letzten Jahrzehnt von 1993 15 kg auf nunmehr 22 kg pro Kopf und Jahr (BMELF 2003) würde für die verstärkte Jodsalzverwendung auch in der Käseherstellung sprechen.

Die vorliegende Untersuchung hatte folgende Ziele:

- Konzentrierung des Jods in Camembert aus Kuh- oder Ziegenmilch nach Salzung des Bruches mit Jodsalz und Vergleich mit der Jodkonzentration nach Verwendung von unjodiertem Salz (Ein solcher Vergleich war mit Salzung von Hand durchzuführen.)
- Technische Überprüfung der Jodsalzverwendung in der Salzmaschine - zur Überführung des Verfahrensschrittes in die Käsefertigung
- Bestimmung des Jodgehaltes in Rinde und Kern der Camemberts und Vergleich mit der Natriumverteilung
- Bestimmung des Jodgehaltes im Bruch und der abgetropften Molke zur Ermittlung des Jodverlustes im Käse und gegebenenfalls zur Aufstellung einer Jodbilanz

2 Material und Methoden

2.1 Proben – Handsalzung

In der Versuchsetappe mit Handsalzung kamen unjodiertes Siede-Speisesalz „fein“¹ (Salz) und jodiertes Siede-Speisesalz² (Jodsalz) mit vergleichbarer Körnung zur Verwendung: über 70 % Teilchen im Salz hatten einen Durchmesser von 0,20 – 0,63 mm und im Jodsalz von 0,13 – 0,60 mm. Der Versuch erfolgte in einer Käserei³ an drei ausgewählten Käsesorten: (1) Kuhcamembert 30 % Fett i.Tr., (2) Kuhcamembert 55 % Fett i.Tr. und (3) Ziegencamembert 50 % Fett i.Tr.. Es wurden je Käseart 2 x 6 Proben gezogen und gesalzen: ent-

¹ Südsalz GmbH, Saline Bad Friedrichshall, Bergrat-Bilfinger-Straße 3, 74177 Bad Friedrichshall

² esco – european salt company GmbH & Co.KG, Landschaftstraße 1, 30159 Hannover

³ Käserei Altenburger Land GmbH & Co. KG, Theo-Nebe-Straße 1, 04626 Lumpzig/OT Hartha

weder mit Salz oder mit Jodsalz; davon waren fünf, in Rinde (3 mm unter Oberfläche) und Kern separiert, für die Jod- und Na-Analyse bestimmt und die sechste Probe für die Analyse von Trockenmasse, Fett und Eiweiß. Ebenfalls wurde eine ungesalzene Bruchprobe entnommen.

Zur Herstellung des Bruches diente ein Koagulator⁴, in dem sich die Käsereimilch unter Zugabe von Starterkulturen und Lab bzw. die entstehende Gallerte, getrennt durch einzelne Wannensegmente vorwärts bewegen. Am Ende wurde die Gallerte zerschnitten und der Bruch in spezielle zylindrische Gefäße (Höhe 54 mm, Durchmesser 114 mm) gefüllt die man dann auf gestapelten Paletten bei mehrfachem Wenden der Stapel über 20 Stunden lagerte. Vor Erreichen der Salzmaschine wurden je Käseart 2 x 6 Proben geformter Bruch abgezweigt, gewogen und von Hand entweder mit Salz oder mit Jodsalz bestäubt (Dosierung: 2 % vom Bruchgewicht).

Während der sieben Tage dauernden Reifezeit (Luftfeuchtigkeit 97 %, Temperatur 15 °C) lagen die Proben auf Gittern in den gleichen Reiferäumen wie die normalen Käse und auch das Wenden der Proben erfolgte zeitgleich zu den üblichen Produktionschargen. Unter den Gittern mit den Proben der jeweiligen Käseart standen zwei Tablett zum Auffangen der abtropfenden Molke. Nach der Reifung wurden die Käseproben zurückgewogen. Die abgetropfte Restmolke entweder von den Proben mit Salz oder denen mit Jodsalz und das destillierte Wasser, welches zum Aufnehmen der Jod- und NaCl-Reste auf den Tablett diente, wurden ebenfalls gewogen.

2.2 Proben – Maschinensalzung

Der Versuch, ausschließlich mit Jodsalz, erfolgte mit Kuhcamembert 55 % Fett i.Tr. und Ziegenamembert 50 % Fett i.Tr.. Es wurden von jeder der beiden Käsearten zehn Proben gezogen, zusätzlich eine Probe der Ausgangsmilch, eine Probe ungesalzener Bruch und je eine Probe der jeweiligen während der Reifung abgetropften Restmolke.

Vor Erreichen der Salzmaschine wurden die zehn Proben geformter Bruch je Käsesorte abgezweigt, gekennzeichnet und gewogen. Diese 20 Proben durchliefen die Salzmaschine eine Viertelstunde nach Befüllung mit 25 kg Jodsalz. Das weitere „handling“ der Käseproben in der Reifung und die Erfassung der abgetropften Restmolke wurden bereits beschrieben.

Jeweils vier Käse je Käseart wurden wie unter 2.1 beschrieben separiert, jeweils vier Proben wurden als Ganzes eingefroren und die zwei verbleibenden Käseproben je Käseart dienten der Bestimmung von Fett, Eiweiß und Trockenmasse (siehe 2.3).

2.3 Analysen

Die Bestimmung von Trockenmasse, Fett und Eiweiß erfolgte in der Käsefrischmasse gemäß LMBG §35 (Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach §35 LMBG, Bd.1/1 und Methodenbuch des VDLUFA Bd. VI, 1985-2000).

Die Bestimmung des Jodgehaltes von Bruch und Käse erfolgte nach alkalischem Aufschluss durch ein induktiv gekoppeltes Plasma–Massenspektrometer (ICP-MS, ELAN 6000, Fa. Perkin_Elmer) (FECHER et al. 1998, LEITERER et al. 2001). Der Jodgehalt des Salzes, der gefriergetrockneten, homogenisierten Milch und der Molke wurde direkt ohne vorherigen Aufschluss bestimmt. Die Analyse aller Proben erfolgte als Doppelbestimmung bei gleichzeitiger Analyse von fünf Blindwerten.

Für den Aufschluss wurde 1 ml Tetramethylammoniumhydroxid – Lösung (TMAH, TAMA Chemicals, Japan) zu 500 mg fester Probe und 5 ml destilliertem Wasser in ein 50 ml Zentrifugenröhrchen gegeben und das Gefäß verschlossen. Nach drei Stunden bei 90°C im

⁴ Koagulator typ 150, ALPMA Alpenland Maschinenbau GmbH, Alpenstraße 39 – 43, 83543 Rott am Inn

Trockenschrank und Abkühlung auf Raumtemperatur füllte man mit 14 ml Reinstwasser auf und zentrifugierte 15 min bei 4000 U/min (Eppendorf Centrifuge 5810).

Bei der Bestimmung der Jodkonzentration in den Proben kam die Additionskalibration zur Anwendung. Die Proben wurden in einer 1:5 Verdünnung gemessen (4 Teile bidestilliertes Wasser + 1 Teil Probe) + 1 ml Tellur als interner Standard (Merck, Darmstadt, Deutschland), um die zu erwartende Konzentration entsprechend der Kalibration zu erreichen: 0, 5, 10 und 20 µg l/l. Als Kalibrationslösung wurde die Aufschlusslösung einer Käseprobe jeweils mit den erwähnten Joddosen in Form einer Kaliumjodidlösung versetzt. Die letzte, nicht aufgestockte Probe wurde nach der höchsten Kalibrationsprobe gemessen und diente der Software zur Erkennung des Auswertungsstarts. Als zertifizierte Referenzmaterialien wurden zwei Milchpulverstandards (BCR 150 und BCR 151), Community Bureau of Reference Brussels, Belgium, mitgeführt. Die wieder gefundene Jodkonzentration entsprach der der zertifizierten Jodkonzentration.

Für die Natriumbestimmung wurde jede der lyophilisierten Käse-, Bruch- bzw. Milchproben (0,2 bzw. 0,5 g) mit konzentrierter Salpetersäure und Wasserstoffperoxid versetzt und unter Druck bei 170°C über Nacht aufgeschlossen. Der in Hochdruck-Behälter aus Teflon eingewogene Molkenrest (5 g) wurde mit konzentrierter Salpetersäure versetzt, die Gefäße verschlossen und 32 min in der Mikrowelle (*m/s 1200 mega*, MLS GmbH Microwave Laboratory Systems) aufgeschlossen. Danach wurde der Gefäßinhalt mit Reinstwasser überspült, in 15 ml Röhrchen überführt und bis zur Marke mit Reinstwasser aufgefüllt. Die so aufbereiteten Proben wurden mittels induktiv gekoppeltem Plasma-Atom-Emissionsspektrometer (ICP-AES, Optima 3000, Fa. Perkin_Elmer) gemessen. Als zertifizierte Referenzmaterialien wurden 124, 129 und 950 sowie CTA-OTL-1 für die Molke parallel zu den Proben analysiert.

2.4 Statistik

Im Fall der Analyse einer Probe (Bruch, Molkenrest und Ausgangsmilch) sind die Werte der jeweiligen Untersuchungskriterien in den Tabellen 1 und 2 aufgeführt. Bei mindestens 4 analysierten Proben ist das arithmetische Mittel und die Standardabweichung in den Tabellen angegeben (Tab. 3, Tab. 4). Im Handsalzversuch wurde der Effekt von Salzart (1), Käseart (2) und Probenlokalisierung (Rinde versus Kern) (3) mittels dreifacher ANOVA untersucht. Die zweifache ANOVA fand Anwendung bei der Zusammenfassung der einzelnen Konzentrationen von Kern und Rinde zu einer Gesamtkonzentration: Salzart (Faktor 1), Käseart (Faktor 2). Im Anschluss an die ANOVA wurden die Mittelwerte mit dem multiplen Test nach STUDENT, NEWMAN, KEULS verglichen. Die Ergebnisse für die Ziegenamemberts und Kuhcamemberts im Maschinensalzversuch - bei ausschließlicher Jodsalzanwendung - repräsentieren einen Zweistichprobenvergleich, der mittels t-Test nach STUDENTS behandelt wurde. Die Tabellierung aller Einzelwerte erfolgte mit dem Programm Excel (Microsoft Office XP).

3 Ergebnisse

Für ein bestimmtes zu erwartendes Käsegewicht ist der Verlust in der Reifung zu berücksichtigen und es muss somit ein schwereres Bruchstück „vorgelegt“ werden. Die Bruchstücke im Handsalzversuch wogen $279,6 \pm 8,9$ g für den Kuhcamembert mit 30 % Fett i. Tr. (Vorgabe 250 g Käsegewicht), $151,4 \pm 7,3$ g für den Kuhcamembert mit 55 % Fett i. Tr. (Vorgabe 125 g Käsegewicht) und für den Ziegenamembert $173,6 \pm 5,4$ g (Vorgabe von 150 g Käsegewicht). Bei Maschinensalzung hatte der Kuhcamembert mit 55 % Fett i. Tr. im Vergleich zur Handsalzung ein niedrigeres Bruchgewicht von $136,1 \pm 6,0$ g (Vorgabe von 125 g Käsegewicht). Die Bruchgewichte des Ziegenamemberts ähnelten mit $177,0 \pm 6,7$ g (Vorgabe 150 g Käsegewicht) denen aus der Handsalzung. Im Handsalzversuch wurde die

jeweilige Salzart entsprechend dem Ausgangsgewicht jedes Bruchstückes berechnet und in Höhe der Vorgabe von 2 % dosiert. Im Maschinensalzversuch wurde in den Bruchstücken für den Kuhcamembert die Vorgabe eingehalten. Für den Ziegencamembert ergab die Wägung der 8 Bruchstücke einen Salzauftrag von lediglich 1,78 % - das bedeutet eine Fehlmenge an Jodsalz gegenüber der Vorgabe von etwa einem Zehntel.

3.1 Trockenmasse, Fett und Eiweiß

Die Gehalte an Trockenmasse, Fett und Eiweiß stimmen bei den Käsesorten, unabhängig von Versuchsetappe und Salzart, gut mit den zu erwartenden Werten überein. Der Kuhcamembert mit 55 % Fett i.Tr. sowie der Ziegencamembert mit 50 % Fett i.Tr. lassen sich der Rahmstufe (50 – 59 % Fett i.Tr.) und der Kuhcamembert mit 30 % Fett i.Tr. der Dreiviertelstufe (30 % Fett i.Tr.) zuordnen (Tab. 1).

Tabelle 1: Gehalt der Käse an Trockenmasse (TM), Fett, Fett in der TM, Wasser in der fettfreien Käsemasse (Wff) und Eiweiß in g/kg
(Wenn nicht anders angegeben beziehen sich die Werte auf Frischmasse)

	Kuhcamembert 30 % F.i.Tr.	Kuhcamembert 55 % F.i.Tr.	Ziegencamembert 50 % F.i.Tr.
<i>Handsatzung - Salz</i>			
Trockenmasse	448	529	569
Fett	142	284	298
Fett in der Trockenmasse	317	537	524
Wff	643	658	614
Eiweiß	245	198	217
<i>Handsatzung - Jodsalz</i>			
Trockenmasse	444	517	569
Fett	138	268	308
Fett in der Trockenmasse	311	518	541
Wff	645	660	623
Eiweiß	240	194	221
<i>Maschinensatzung - Jodsalz</i>			
Trockenmasse	nicht untersucht	510	497
Fett	“	255	268
Fett in der Trockenmasse	“	500	539
Wff	“	658	687
Eiweiß	“	201	194

3.2 Jod

Der analysierte Jodgehalt des Salzes betrug 1,4 µg l/g, der des Jodsalzes 23 µg l/g entsprechend einer Kaliumjodatkonzentration des Jodsalzes von 39 µg/g. Diese ermittelten 0,0039 % Kaliumjodat sind im oberen Bereich der Deklaration des Jodsalzes von 0,0025 – 0,0042 %.

Die Ziegenmilch (Entnahme nur in der Maschinensatzung) und der ungesalzene Bruch daraus hatten im Vergleich zu Kuhmilch und Bruch daraus jeweils die zweifache Jodkonzentration dies bei Übereinstimmung zwischen Hand- und Maschinenversuch und auch zwischen den beiden Kuhcamembertlinien im Handsatzversuch.

Bei Handsatzung mit Jodsalz erhöhte sich die Jodkonzentration im Molkenrest um ein Vielfaches im Vergleich zu der nach Salzverwendung (Tab. 2). Die Jodkonzentrationen der Restmolke bei maschineller Jodsalzanwendung waren, verglichen mit denen aus der Handsatzung, in ähnlicher Größenordnung.

Tabelle 2: Jodgehalte von Milch, ungesalzenem Bruch und dem während der Reifung gesammelten Molkenrest - die Molke unterschieden nach Salz- und Jodsalzanwendung (eine Probe je Käseart)

	Kuhcamembert 30 % Fett	Kuhcamembert 55 % Fett	Ziegencamembert 50 % Fett
Milch [$\mu\text{g/l}$]	nicht untersucht	175 ¹⁾	384 ¹⁾
Bruch [$\mu\text{g/kg}$]	290	228 - 251	515 - 524
Molkenrest [$\mu\text{g/l}$] ^{2) 3) 4)}	76	48	74
Molkenrest [$\mu\text{g/l}$] ^{1) 3) 5)}	3795 ²⁾	3382 ¹⁾ - 4118 ²⁾	3097 ²⁾ - 3896 ¹⁾

¹⁾ Maschinensalzung

²⁾ Handsalzung

³⁾ Über 7 Tage abgetropfte Flüssigkeit (einschließlich Salz bzw. Jodsalz). Bezugsbasis ist der abgetropfte Molkenrest ohne das zum Ablösen des NaCl und Jods von Gitter und Tablett zugesetzte und gewogene aqua bidest..

⁴⁾ Verwendung von Salz

⁵⁾ Verwendung von Jodsalz

Die Jodkonzentrationen der mit Salz hergestellten Käse zeigten die zu erwartende Ähnlichkeit mit den entsprechenden Bruchproben (Tab. 2 und 3). Die etwas höheren Jodkonzentrationen

des Käses im Vergleich zum Bruch resultieren daraus, dass in der Reifung der Anstieg der Konzentration der Trockenmasse und damit des Jods durch Verdunstung bzw. Trocknung den Jodverlust durch den abtropfenden Molkenrest übersteigt.

Die Jodkonzentration der Käseproben spiegelte erwartungsgemäß die Anwendung des Salzes oder des Jodsalzes wider. Weiterhin wirkten sich die Milchsorte und die Lokalisation - Rinde versus Kern - aus (Tab. 3).

Tabelle 3: Jodgehalt in $\mu\text{g/kg}$ Frischmasse (arithmetisches Mittel \pm Standardabweichung)

Salz- bzw. Jodsalzdosierung 20 g/kg des Bruches, ausgenommen Ziegenmilchbruch bei Maschinensalzung lediglich 17,8 g Jodsalz/kg Bruch.

Probenmatrix [Anzahl der Proben]	Kuhcamembert 30 % F.i.Tr.	Kuhcamembert 55 % F.i.Tr.	Ziegencamembert 50 % F.i.Tr.
<i>Handsalzung - Salz</i>			
Rinde [5] ¹⁾	405 ^e \pm 8	411 ^e \pm 9	939 ^b \pm 32
Kern [5] ¹⁾	263 ^f \pm 18	193 ^f \pm 4	450 ^e \pm 16
Gesamter Käse, errechnet [5] ^{2) 3)}	311 ^D \pm 12	262 ^E \pm 4	594 ^B \pm 11
<i>Handsalzung - Jodsalz</i>			
Rinde [5] ¹⁾	663 ^{cd} \pm 25	743 ^c \pm 54	1570 ^a \pm 253
Kern [5] ¹⁾	426 ^e \pm 19	394 ^e \pm 27	589 ^d \pm 48
Gesamter Käse, errechnet [5] ^{2) 3)}	502 ^C \pm 18	501 ^C \pm 31	866 ^A \pm 83
<i>Maschinensalzung - Jodsalz</i>			
Rinde [4]	nicht untersucht	701* \pm 48	1491 \pm 40
Kern [4]	“	392* \pm 33	462 \pm 30

Gesamter Käse, errechnet [4] ³⁾	“	479* ± 31	729 ± 38
Gesamter Käse, analysiert [4]	“	465* ± 24	758 ± 14
Gesamter Käse, errechnet ⁴⁾ und analysiert [8]	“	472* ± 27	744 ± 31

¹⁾ANOVA mit dreifacher Klassifikation: Signifikanz der Faktoren Salzart (1), Käseart (2) und Probenlokalisierung (3) (P<0,001). Keine Signifikanz von Interaktionen.

²⁾ANOVA mit zweifacher Klassifikation: Signifikanz der Faktoren Salzart (1) und Käseart (2). Keine Signifikanz von Interaktionen.

³⁾ aus den Einzelwerten von Rinde und Kern errechnet

⁴⁾ aus den beiden vorangehenden Positionen berechnet

^{abcDEF} unterschiedliche Indices charakterisieren signifikante Differenzen im multiplen Mittelwertsvergleich gemäß STUDENT, NEWMAN, KEULS (P<0,05)

^{ABCDE} unterschiedliche Indices charakterisieren signifikante Differenzen im multiplen Mittelwertsvergleich gemäß STUDENT, NEWMAN, KEULS (P<0,05)

* Signifikanz P < 0,05 im STUDENT's t-Test

Die ANOVA mit dreifacher Klassifikation zeigte für alle drei getesteten Faktoren Salzart (1), Käseart (2) und Probenlokalisierung (3) hohe Signifikanz (P<0,001).

In dem Versuch mit Handdosierung erhöhte die Anwendung des Jodsatzes in der Reihenfolge der Käsesorten die Jodkonzentration um 191, 239 und 272 µg/kg. Diese Differenz der Jodkonzentration nach Jodsatz- minus Salzanwendung betrug im Mittel der drei Käsesorten 623 minus 389 µg l/kg = 234 µg/kg das bedeutet eine Erhöhung der Jodkonzentration um zwei Drittel.

Ein im Maschinenversuch verglichen mit dem Handsalzversuch 14 % niedrigerer Jodgehalt im Ziegenamembert resultiert aus dem anfangs beschriebenen ein Zehntel zu niedrigen Jodsatzesinsatz.

Die mehr als zweifache Jodkonzentration des Ziegen- im Vergleich zu den beiden Kuhcamemberts spiegelte die hohe Jodkonzentration in der Ausgangsziegenmilch und dem entsprechenden Bruch wider (Tab. 3, Tab. 2).

Im Vergleich zwischen Rinde und Kern war bei allen untersuchten Käsesorten eine deutlich niedrigere Jodkonzentration im Kern erkennbar (Tab. 3). In beiden Kuhcamemberts (unabhängig von der Salzart und der Versuchsetappe) ist das Verhältnis zwischen der Jodkonzentration in Rinde und Kern in ähnlicher Größenordnung: im Kuhcamembert (30 % F.i.Tr., nur Handsalzversuch) die anderthalbfache, im Kuhcamembert (55 % F.i.Tr.) die zweifache Konzentration der Rinde gegenüber dem Kern.

Beim Ziegenamembert zeigte sich nach Jodsatzanwendung die Tendenz zu einem weiteren Verhältnis zwischen den Jodkonzentrationen in Rinde und Kern: die mehr als zweieinhalb – bis dreifache bei Jodsatzanwendung, die zweifache Rindenjodkonzentration bei Salzanwendung.

3.3 Natrium

Die untersuchten beiden Milchsorten zeigten mit 0,42 g Na/kg Kuhmilch und 0,34 g Na/kg Ziegenmilch keine wesentlichen Konzentrationsunterschiede. Ebenfalls stimmten die Natriumkonzentrationen des aus Ziegenmilch bzw. Kuhmilch hergestellten Bruches weitgehend überein und auch zwischen den Chargen im Maschinen- und Handsalzversuch zeigten sich nur geringfügige Abweichungen (Kuhcamembert 0,25 – 0,29 g und Ziegenamembert 0,19 – 0,24 g Na/kg Bruch).

Die Natriumkonzentrationen des Kuhcamemberts aus dem Handsalzversuch stimmten gut mit denen aus der Maschinensalzung überein (Tab. 4). Im Ziegenamembert zeigte sich durch die unzureichende Salzdosierung über die Salzmaschine eine deutlich niedrigere Natriumkonzentration im Vergleich zum Handsalzversuch.

Die in der Handsalzung untersuchten drei Faktoren Salzart (1), Käseart (2) und Probenlokalisierung (Kern versus Rinde) (3) zeigten Signifikanz in der ANOVA, jedoch führte nur der als drittes genannte Faktor zu signifikanten Unterschieden im sich anschließenden multiplen Mittelwertsvergleich.

Im Gegensatz zum Jod (Tab. 3) konzentrierte sich das Natrium stärker im Kern als in der Rinde (Tab. 4). In beiden Kuhcamembertsorten war die Natriumkonzentration im Kern bezogen auf die Rinde höher als im Ziegencamembert: 20 % in beiden Kuhcamemberts und 8 % im Ziegencamembert (Salz); 13 – 22 % in beiden Kuhcamemberts und 11 % im Ziegencamembert (Jodsalz, Handsalzung); 22 % im Kuhcamembert und 16 % im Ziegencamembert (Jodsalz, Maschinensalzung).

Tabelle 4: Natriumgehalt in g/kg Frischmasse (MW \pm s)

Salz- bzw. Jodsalzdosierung 20 g/kg des Bruches, ausgenommen Ziegenmilchbruch bei Maschinensalzung lediglich 17,8 g Jodsalz/kg Bruch.

Probenmatrix [Anzahl der Proben]	Kuhcamembert 30 % F.i.Tr.	Kuhcamembert 55 % F.i.Tr.	Ziegencamembert 50 % F.i.Tr.
<i>Handsalzung - Salz</i>			
Rinde [5] ¹⁾	6,16 ^c \pm 0,61	6,66 ^{bc} \pm 0,49	6,32 ^c \pm 0,82
Kern [5] ¹⁾	7,48 ^{ab} \pm 0,98	7,90 ^a \pm 0,43	6,83 ^{bc} \pm 0,57
Gesamter Käse, errechnet [5] ^{2) 3)}	7,04 \pm 0,77	7,51 \pm 0,33	6,68 \pm 0,60
<i>Handsalzung – Jodsalz</i>			
Rinde [5] ¹⁾	6,02 ^c \pm 0,39	6,31 ^c \pm 0,30	6,18 ^c \pm 0,43
Kern [5] ¹⁾	6,79 ^{bc} \pm 0,54	7,67 ^{ab} \pm 0,38	6,86 ^{bc} \pm 0,52
Gesamter Käse, errechnet [5] ^{2) 3)}	6,54 \pm 0,49	7,26 \pm 0,30	6,68 \pm 0,34
<i>Maschinensalzung - Jodsalz</i>			
Rinde [4]	nicht untersucht	5,83 \pm 0,48	4,08* \pm 0,63
Kern [4]	“	7,12 \pm 0,48	4,75* \pm 0,77
Gesamter Käse, errechnet [4] ³⁾	“	6,76 \pm 0,43	4,58* \pm 0,72
Gesamter Käse, analysiert [4]	“	6,59 \pm 0,54	4,84* \pm 0,68
Gesamter Käse, errechnet ⁴⁾ und analysiert [8] ²⁾	“	6,68 \pm 0,46	4,71* \pm 0,66

¹⁾ANOVA mit dreifacher Klassifikation: Signifikanz der Faktoren Salzart (1), Käseart (2) und Probenlokalisierung (3) (P<0,001). Keine Signifikanz von Interaktionen.

²⁾ANOVA mit zweifacher Klassifikation: Signifikanz der Faktoren Salzart (1) und Käseart (2). Keine Signifikanz von Interaktionen und keine Signifikanz (P>0,05) zwischen den Gruppen im STUDENT, NEWMAN, KEULS.

³⁾ aus den Einzelwerten von Rinde und Kern errechnet

⁴⁾ aus den beiden vorangehenden Positionen berechnet

^{abc} unterschiedliche Indices charakterisieren signifikante Differenzen im multiplen Mittelwertsvergleich gemäß STUDENT, NEWMAN, KEULS (P<0,05)

* Signifikanz P<0,05 im t-Test

4 Diskussion

Camembert gehört in die große Gruppe der gereiften Käse und dort in die Untergruppe Weichkäse mit Schimmelbildung. Die ermittelten Gehalte an Trockenmasse, Fett und Eiweiß stimmten mit den Daten der Nährwerttabellen überein (SCHERZ und SENSER 2002). Ein wichtiges Kriterium für die Eingruppierung der Käse ist der Wassergehalt in der fettfreien Käsemasse: 56 % und weniger sind charakteristisch für Hartkäse und 73 % und mehr für Frischkäse (KÄSEVERORDNUNG 1986). Weichkäse soll einen Wassergehalt von > 67 % in der fettfreien Käsemasse besitzen und die analysierten Camembertsorten wiesen Werte knapp unter diesem Grenzwert auf.

Mit der vorliegenden Untersuchung konnte gezeigt werden, dass die Verwendung von jodiertem Speisesalz den Jodgehalt im Camembert deutlich erhöhte. Bei der Herstellung von Fleischwaren und Brot findet Jodsalz eine breite Anwendung, jedoch wurden die damit erreichten Jodkonzentrationen der Produkte bislang nur in wenigen Studien veröffentlicht (KÜHNE 1993, JAHREIS et al. 2001, SCHÖNE et al. 2003a). Im Gegensatz zu Fleisch und Mehl mit deren niedrigem Jodgehalt enthalten heutzutage Milch und die Erzeugnisse daraus nennenswerte Mengen dieses Spurenelementes. Bei der Käseherstellung kommt es über die Molke zu Jodverlusten. Demzufolge ist an dieser Stelle die Jodkonzentration der Milch und des daraus hergestellten Bruches sowie Käses zu diskutieren.

Die in der vorliegenden Studie analysierten Kuh- (175 µg I/l) und Ziegenmilchproben (384 µg I/l) hatten einen deutlich höheren Jodgehalt im Vergleich zu den in den Nährwerttabellen für Milch angeführten Werten mit 27 und 30 µg I/kg Kuhmilch und 41 µg I/kg Ziegenmilch (SCHERZ und SENSER 2002; ELMADFA et al. 2003).

Diese Ergebnisse stimmen mit Untersuchungen von KAUFMANN et al. (1998), JAHREIS et al. (1999) und SCHÖNE et al. (2003b) überein, in denen die analysierten Jodgehalte von Kuhmilch ebenfalls um ein Vielfaches höher waren als in den Nährwerttabellen angegeben. Der tabellierte deutlich unterschätzte Jodgehalt steht für eine früher oft unzureichende Jodversorgung der Kühe und Ziegen. Der heutzutage höhere Jodgehalt der Milch resultiert aus der besseren Versorgung mit dem Spurenelement Jod über das verabreichte Mineralfutter. In der Ziegenmilch wurde verglichen mit Kuhmilch die mehr als zweifache Jodkonzentration gefunden. Dieser Unterschied drückt keinen Specieseffekt aus, könnte jedoch auf eine unterschiedliche Versorgung der Tiere mit Jod über das Futter in den milchliefernden landwirtschaftlichen Betrieben hindeuten. Die Futterjodsupplementation bei einem großen Thüringer Ziegenmilchlieferanten (über 1000 Ziegen in der Genossenschaft „Altenburger Land“ Dobitschen) betrug 500 µg Jod pro Ziege und Tag via Calciumjodat in 10 g Mineralfutter. Diese Joddosis von nahezu 10 µg/kg Körpergewicht Ziege und Tag würde signifikant die 15 – 30 µg I/kg Körpergewicht Kuh und Tag, die die Deutsche Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE 2001) gegenwärtig empfiehlt, unterschreiten. Bisher unterschieden die Empfehlungen auch nicht im Hinblick auf die Jodversorgung zwischen Kuh und Ziege und bevor eine bessere Jodverwertung der Ziege in Betracht gezogen wird, sollte zunächst die Ziegenmilch aus verschiedenen Betrieben in Beziehung zur Mineralfutterjodierung untersucht werden. Ebenfalls sollten weitere mögliche Jodquellen wie Lecksteine oder jodhaltige Zitzendesinfektionsmittel Beachtung finden.

Die ermittelten Jodgehalte von 262 – 311 µg/kg des mit Salz hergestellten Kuhcamemberts mit 30 % Fett i.Tr. bzw. 55 % Fett i.Tr. entsprechen weitgehend den Daten der Nährwerttabellen (300 – 390 µg/kg) (SCHERZ und SENSER 2002). Der Käse würde aus Milch mit angemessener Jodversorgung der Kühe resultieren und hier besteht eine Diskrepanz zu den diskutierten Tabellenwerten der zu jodarmen Milch. Die Nährwerttabellen sollten künftig ausgehend von gut mit Jod versorgten Kühen Kohärenz der Milch- und Käsejodkonzentrationen zeigen.

Unterschiedliche Verteilungen des Jods zwischen Rinde und Kern sind für halbfesten Schnittkäse von WIECHEN und HOFFMANN (1994) sowie HOFFMANN et al. (1997) beschrieben worden. Zwei physikalische Prozesse sind für die Ungleichverteilung des Jods von Bedeutung: auf der einen Seite steigt die Trockenmasse der Rinde während der Reifung an, auf der anderen Seite behindert die vermutete Eiweißbindung eine Joddiffusion bzw. eine Äquilibrierung Richtung Kern.

Käse gehört zu den Nahrungsmitteln, bei denen, trotz Diffusion des Salzes von dem Rindenauftrag in die Matrix, im gereiften Käse eine homogene Jodverteilung nicht eintreten muss. Im Käse könnte Jodid entstehen, das zu elementarem Jod oxidiert, zu einem geringen Teil sich verflüchtigt, zum großen Teil aber in Proteine eingebaut wird. Von dort kann es kaum noch diffundieren, woraus im Käse die nachgewiesene Ungleichverteilung resultiert.

Das Natrium mit seinem kleineren Ionenradius reagierte völlig anders als das Jod, indem es sich im Kern konzentrierte. Das Natrium kennzeichnet seine hohe Wasseraffinität und mutmaßlich dominierte es deshalb im Kern als dem wasserreichsten Käseteil.

Wenn wie gehabt Salz und kein Jodsalz Anwendung findet, so ist von 26 µg I/100 g Kuhcamembert (55 % Fett i.Tr.) bis zu 59 µg I/100 g Ziegencamembert auszugehen (Tab. 3). Diese nicht mit Jodsalz hergestellten Camemberts mit dem Ausgangsmaterial Kuhmilch erreichen in 100 g gut ein Zehntel der empfohlenen täglichen Jodmenge (D-A-CH 2000). Wird von Ziegenmilch mit ihrem höheren Jodgehalt ausgegangen so tragen die 100 g des Ziegencamemberts daraus zu gut einem Viertel genannter Empfehlungen bei.

Setzt man im Ergebnis der vorliegenden Untersuchung den Jodgehalt der mit Jodsalz hergestellten Käse mit 50 µg/100 g Kuhcamembert bzw. 87 µg/100 g Ziegencamembert an (Tab. 3), so würden diese 100 g Käse zu einem Viertel bzw. sogar der Hälfte der empfohlenen täglichen Jodzufuhr beitragen. Camembert wird in Form von Scheiben oder Ecken verzehrt, so dass die nachgewiesenen Ungleichverteilungen des Jods zwischen Rinde und Kern keine Auswirkungen auf die verzehrte Jodmenge haben dürften.

5 Zusammenfassung

Käse in der Ernährung gewinnt immer mehr an Bedeutung; im letzten Jahrzehnt stieg in Deutschland der Pro-Kopf-Verbrauch um ein Viertel. In der Käsefertigung wird Speisesalz angewendet und Gegenstand der vorliegenden Untersuchung war jodiertes Speisesalz einzusetzen und die Konsequenzen auf den Jodgehalt von Camembert aus Kuhmilch oder Ziegenmilch zu analysieren.

Die Untersuchung bestand aus zwei Versuchsetappen: 1. Teil Handsalzung von Bruch mit unjodiertem und jodiertem Speisesalz mit Analyse von je 2 x 6 Proben von zwei Kuhcamemberts (30 % Fett i.Tr., 55 % Fett i.Tr.) oder von ebenfalls 2 x 6 Proben eines Ziegencamemberts (50 % Fett i. Tr.); 2. Teil Maschinensalzung von Bruch ausschließlich mit jodiertem Speisesalz für je 10 Proben Kuhcamembert (55 % Fett i.Tr.) oder Ziegencamembert (50 % Fett i.Tr.). Weiterhin wurde in den Camemberts das Jod in seiner Lokalisation in Käserinde und Kern analysiert, dazu der Gehalt und die Verteilung des Natriums.

Die Jodkonzentration spiegelte erwartungsgemäß die Verwendung des Jodsalzes wider und im Mittel der Käsesorten fanden sich nach Jodsalzanwendung 623 µg Jod/kg Käse verglichen mit 389 µg Jod/kg Käse nach Salzanwendung. Die verwendete Ziegenmilch hatte einen höheren Jodgehalt (384 µg I/l) als die Kuhmilch (175 µg I/l), was zu deutlich höheren Jodgehalten des Ziegencamemberts (594 µg I/kg) gegenüber den Kuhmilchcamemberts (287 µg I/kg) führte. Die Natriumkonzentrationen unterschieden sich entsprechend der angewendeten konstanten Kochsalzmenge wenig zwischen den einzelnen Käsesorten. Natrium konzentrierte sich stärker im Kern als in der Rinde, dies im Gegensatz zum Jod, das sich angereichert in der Rinde fand.

Der Verzehr von 100 g mit Jodsalz hergestelltem Kuhcamembert deckt ein Viertel der empfohlenen Jodzufuhr von 200 µg, wogegen mit normalem Speisesalz hergestellter Kuhcamembert nur zu einem Achtel zum Jodbedarf beiträgt. Bei dem Ziegencamembert wirken der Jodreichtum der Milch und das Jodsalz zusammen, so dass 100 g davon nahezu die Hälfte des täglichen Jodbedarfs decken.

Als Fazit der vorliegenden Untersuchung sollte in den Weichkäseereien Speisesalz durch Jodsalz ersetzt werden, um über Milchprodukte noch stärker zur Jodversorgung beizutragen.

Die moderate Konzentrierung des Jods in der Rinde steht der breiten Anwendung von Jodsalz in der Produktion und im Konsum von Weichkäse nicht entgegen.

Danksagung

Die esco – european salt company GmbH & Co.KG, Hannover stellte das jodierte Speisesalz bereit, Herrn Katzenberger (Käserei Altenburger Land GmbH & Co. KG, Lumpzig/OT Hartha) wird für die Unterstützung der Untersuchungen gedankt. Frau Karla Engler von der TLL begleitete die Durchführung der Jodanalysen.

Literatur

Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren nach §35 LMBG, Bd.I/1 und Methodenbuch des VDLUFA Bd. IV (1985 – 2000)

BMELF - Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft (2003): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland. Landwirtschaftsverlag GmbH. Münster-Hiltrup. Vol. 47

D-A-CH (2000): Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Umschau Braus GmbH. Verlagsgesellschaft, Frankfurt am Main. 1. Auflage

Elmadfa, I.; Aign, W.; Muskat, E.; Fritzsche, D. (2003): Die große GU Nährwert Kalorien Tabelle. Neuauflage 2004/05. Gräfe und Unzer Verlag GmbH. München. Überarbeitete und erweiterte Neuauflage der großen GU-Nährwert-Tabelle

Fecher, P. A.; Goldmann, I.; Nagengast, A. (1998): Determination of iodine in food samples by inductively coupled plasma mass spectrometry after alkaline extraction. Journal of Analytical Atomic Spectrometry **13**, 977 – 982

Gärtner, R. (2000): Gibt es Risiken einer Jodmangelprophylaxe?, Ernährungs-Umschau **47**, 86 - 91

GfE (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie) (2001): Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Milchkühe und Aufzuchttrinder. DLG Verlag, Frankfurt, 99 - 100

Großklaus, R.; Jahreis, G. (2004): Universelle Salzzodierung für Mensch und Tier. Ernährungs-Umschau **51**, 138 - 143

Hoffmann, W.; Anke, M.; Buchheim, W. (1997): The use of iodized brine for iodine enrichment of semi-hard cheese. Milchwissenschaft **52**, 257 – 259

Jahreis, G., Hausmann, G., Kiessling, G., Franke, K., Leiterer, M. (2001): Bioavailability of iodine from normal diets rich in dairy products – results of balance studies in women. Exp Clin Endocrinol Diabetes **109**, 163 – 167

Jahreis, G., Leiterer, M., Franke, K., Maichrowitz, W., Schöne, F., Hesse, V. (1999): Jodversorgung bei Schulkindern und Jodgehalt der Milch. Untersuchungen in Thüringen. Kinderärztliche Praxis **3**, 172-181

Käseverordnung: In der Fassung der Bekanntmachung vom 14. April 1986.

Kaufmann, S., Wolfram, G., Delange, F., Rambeck, W.A. (1998): Iodine supplementation of laying hen feed: A supplementary measure to eliminate iodine deficiency in humans? *Z. Ernährungswiss.* **37**, 288-293

Kühne, D., Wirth, F., Wagner, H. (1993): Jodbestimmung in jodierten Fleischerzeugnissen. *Fleischwirtschaft* **73**, 175 – 178

Laurberg, P.; Andersen, S.; Knudsen, N.; Ovesen, L.; Nohr, S.B.; Bülow Pedersen, I. (2002): Thiocyanate in food and iodine in milk: from domestic animal feeding to improved understanding of cretinism. *Thyroid* **12**, 897 - 902

Leiterer, M.; Truckenbrodt, D.; Franke, K. (2001): Determination of iodine species in milk using ion chromatographic separation and ICP-MS detection. *Eur Food Res Technol* **213**, 150 – 153

Löffler, G.; Petrides, P.E. (2003): *Biochemie und Pathobiochemie.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. 7., völlig neu bearb. Aufl.

Scherz, H.; Senser, F. (2002): *Die Zusammensetzung der Lebensmittel. Nährwerttabellen.* (begründet von Souci, S.W.; Fachmann, W.; Kraut, H.). Medpharm Scientific Publishers. Stuttgart, 6. revidierte und ergänzte Auflage

Schöne, F.; Leiterer, M.; Franke, K. (2003a): Jod in Getreide, Mehl und Brot. *Proc. Germ. Nutr. Soc.*, **5**

Schöne, F.; Leiterer, M.; Hartung, H.; Kinast, C.; Greiling, A.; Böhm, V.; Jahreis, G. (2003b): Trace elements and further nutrition-related constituents of milk and cheese. *Milchwissenschaft* **58**, 486 - 490

Wiechen, A.; Hoffmann, W. (1994): Untersuchungen zur Jodierung von Käse beim Herstellungsprozess. *Milchwissenschaft* **49**, 74 – 78