



Hochschule Neubrandenburg
Fachbereich Agrarwissenschaft und Lebensmittelwissenschaften
Studiengang Lebensmitteltechnologie
WS 2018/19

Reduzierung des Bräunungsverhaltens von schnittfestem Mozzarella

Bachelorarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades Bachelor of Science (B.Sc.)

Verfasser: Sara Schuhmacher

Betreuer der Hochschule: Prof. Dr. Siegfried Bolenz

Betreuer des Unternehmens: Dr.-Ing. Simon Bauer

URN: urn:nbn:de:gbv:519-thesis 2018-0842-5

Neubrandenburg, 30.01.2019

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen, Symbole und Einheiten	4
1 Einleitung	5
2 Stand der Wissenschaft und Technik	6
2.1 Lebensmittelrechtliche Grundlagen	6
2.2 Herstellung	7
2.2.1 Vorbehandlung der Milch	7
2.2.2 Vom Käseprozess bis zur Verpackung	8
2.3 Bräunung	11
2.4 <i>Lactobacillus helveticus</i>	13
2.4.1 Morphologie und Physiologie	13
2.4.2 Einfluss auf die funktionellen Eigenschaften des Käses	14
3 Material und Methoden	15
3.1 Versuchsplanung	15
3.2 Anlagen und Zusätze	16
3.3 Durchführung im großtechnischen Maßstab	16
3.4 Analytische Methoden	17
3.4.1 Inaktivierungstest	17
3.4.2 pH-Wert	17
3.4.3 Schmelztest	17
3.4.4 Bestimmung der Farbe und Helligkeit	18
3.4.5 Bestimmung des Zuckergehaltes	19
3.5 Sensorik nach dem DLG 5 Punkte Schema	19
3.6 Statistische Auswertung der Daten	20
4. Ergebnisse	21
4.1 Inaktivierungstest der eingesetzten Kulturen	21
4.1.1 RF-3 Kultur	21
4.1.2 TD-MN Kultur	22
4.2 Produktion des Käses	23
4.3 Schmelztest	24
4.4 Farbmessung	25
4.5 Zuckergehalt	26
4.5 Sensorik	27
5 Diskussion	28

6	Zusammenfassung.....	33
7	Abstract	34
8	Literaturverzeichnis.....	35
	Abbildungsverzeichnis	38
	Tabellenverzeichnis.....	38
	Verzeichnis der Anhänge	38

Verzeichnis der verwendeten Abkürzungen, Symbole und Einheiten

Abkürzung	Bezeichnung
°Bé	Gradeinteilung der Aräometerskala zur Dichtebestimmung von Flüssigkeiten, besonders Kochsalzlösungen
DEU	Deutschland
DNK	Dänemark
F.i.Tr.	Fett in Trockenmasse [%]
HPLC	Hochleistungsflüssigkeitschromatografie
<i>Lb. helveticus</i>	<i>Lactobacillus helveticus</i>
NLD	Niederlande
QM	Qualitätsmanagement
<i>Sc. thermophilus</i>	<i>Streptococcus salivarius ssp. thermophilus</i> auch <i>Streptococcus thermophilus</i> genannt
ssp.	Subspezies

1 Einleitung

Die Bayerische Milchindustrie produzierte an zwei Standorten 2017 knapp 15.000 Tonnen die Käsestandardsorte Pasta Filata. Knapp 42 Prozent wurden in Jessen als schnittfester Mozzarella produziert.

Der Großteil des Käses gelangt nicht auf dem direkten Weg zum Endverbraucher, sondern wird an die weiterverarbeitende Industrie verkauft. Damit steigen auch die Ansprüche an die funktionellen Eigenschaften des Käses (Jana, 2001). Darunter sind die Festigkeit, das Schmelzverhalten, die Elastizität, die freie Ölbildung, aber auch das Bräunungsverhalten zu verstehen (Jana und Tagalpallewar, 2017). Diese Eigenschaften werden von der Rohmilch, viel mehr jedoch vom Herstellungsprozess und den individuellen Zutaten, wie z.B. der Starterkultur, beeinflusst (Jana und Mandal, 2011).

Die Bayerische Milchindustrie möchte sich auf dem asiatischen Markt weiter etablieren. Dazu wird ein schnittfester Mozzarella erwartet, der keine Bräunung beim Überbacken von z.B. Aufläufen aufweist. Melanoidine sind für diese Bräunung des Käses, die aufgrund der Maillard-Reaktion bei ca. 140 °C entstehen, verantwortlich. Grundlage für diese Reaktion bilden reduzierende Zucker wie Galactose und Glucose, welche mit Aminosäuren reagieren (Nursten, 2005; Belitz et al. 2008).

Um die Bräunung zu minimieren muss der Zuckergehalt im Käse reduziert werden. Dies kann auf zwei Wegen erfolgen, so kann durch Diffusionsvorgängen zwischen Waschwasser und Bruch der Zuckergehalt reduziert werden, aber auch durch das Einbringen einer Zusatzkultur z.B. *Lactobacillus helveticus*, welcher Galactose zusätzlich verstoffwechselt.

Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, den Zuckergehalt, besonders den Galactosegehalt, durch die erhöhte Waschwasserzugabe, aber auch durch die zusätzliche Zugabe des *Lb. helveticus* auf ein Minimum zu reduzieren. Dafür ist es notwendig, eine Farbmessung nach der Erhitzung des schnittfesten Mozzarellas (45 Prozent F.i.Tr.) durchzuführen und diese in Bezug zu den ermittelten Zuckergehalten zu setzen. Es sollen Kenntnisse über den Zusammenhang und Einfluss zwischen zugegebener Kulturenmenge und Waschwasserzugabe und des damit einhergehenden Molkenentzugs auf den Galactose- bzw. Glucosegehalt im Käse gewonnen werden. Durch die anschließende statistische Ergebnisbetrachtung können mögliche Zusammenhänge quantitativ dargestellt werden.

2 Stand der Wissenschaft und Technik

2.1 Lebensmittelrechtliche Grundlagen

Unter Käse sind Erzeugnisse zu verstehen, die aus dickgelegter Käsereimilch hergestellt werden und sich in verschiedenen Graden der Reifung befinden. Diese Definition schließt auch Erzeugnisse ein, welche eine Behandlung der Bruchmasse unter Verwendung von heißem Wasser, Salzwasser oder Molke, sowie durch Kneten und Ziehen der Masse erfahren. Die plastische Masse wird anschließend in eine bestimmte Form gebracht (KäseV, 1986).

Die letztere Beschreibung bezieht sich auf das typische Herstellverfahren von Pasta Filata Käse. Schnittfester Mozzarella gehört zu dieser Standardsorte und erfährt aus diesem Grund eine spezielle Bruchbehandlung. Das Aussehen von schnittfestem Mozzarella ist gekennzeichnet durch eine weiße bis leicht gelbliche, glatte und geschlossene Oberfläche. Im Inneren ist der Mozzarella ebenfalls weiß bis gelblich. Der Teig ist dabei elastisch bis geschmeidig und hat, bedingt durch die Bruchbehandlung, eine faserige Struktur. Der Geschmack ist neutral, milchig, kann aber mild säuerliche Nuancen beinhalten. Mozzarella ist ein frischer Käse, daher gibt es keine Reifezeit. Er gelangt im Anschluss der Produktion zu der weiterverarbeitenden Industrie bzw. in den Einzelhandel. Schnittfester Mozzarella wird von der Halbfettstufe bis zur Doppelrahmstufe angeboten. Die Trockenmasse des Käses muss, abhängig vom Fettgehalt, zwischen 36 und 46 Prozent betragen (KäseV, 1986).

Für die Herstellung von schnittfestem Mozzarella darf neben Käsereimilch, Wiederkäuermagenlab und Zubereitungen aus diesem, Wiederkäuermagenpepsin und Schweinemagenpepsin verwendet werden. Zu beachten ist dabei der Chymosingehalt von mindestens 25 Prozent. Darüber hinaus finden Labaustauschstoffe bei der Dicklegung von Käsereimilch Einsatz. Auch die Einbringung von Trockenmilcherzeugnissen und Milcheiweißerzeugnissen ist gestattet, wenn der Gesamteiweißgehalt eines Kilos Käsereimilch nicht um 3 Gramm ansteigt. Ausgenommen davon sind jedoch Casein, Caseinat und eiweißangereichertes Molkenpulver, welche der Eiweißstandardisierung dienen. Auch Trinkwasser, Wasserdampf aus Trinkwasser und Speisesalz dürfen für die Produktion von schnittfestem Mozzarella verwendet werden (KäseV, 1986).

Des Weiteren dürfen dem schnittfesten Mozzarella Essig-, Milch-, Citronensäure und Gluconolacton zugesetzt werden. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass es keine Höchstmenge gibt. Es sollte aber gezielt und nur so viel wie nötig eingesetzt werden, um die gewünschte Wirkung zu erreichen (ZZulV, 1998).

2.2 Herstellung

2.2.1 Vorbehandlung der Milch

Schnittfester Mozzarella wird in Deutschland vor allem aus Kuhmilch hergestellt. Dafür wird die angelieferte Milch durch ein im Betrieb befindliches Labor, unter anderem auf Hemmstoffe, Dichte, Fett-, Eiweißgehalt, Trockenmasse, Gefrierpunkt, SH-Zahl, pH-Wert, Keimzahl und Zellzahl untersucht. Die hemmstofffreie Kuhmilch erfährt eine Kurzzeit-Pasteurisation. Das heißt, die Milch wird zunächst auf mind. 72 °C erhitzt und anschließend für mindestens 15 Sekunden auf dieser Temperatur gehalten. Die Pasteurisation dient der Abtötung von pathogenen Keimen. Es schließt sich das Separieren der Milch bei ca. 55 °C, z.B. in einem hermetisch geschlossenen Separator an. Dabei wird die Milch in Rahm, Magermilch und Sediment getrennt. Durch die Rotationsgeschwindigkeit des Tellerpaketes, die sich darin befindlichen Steigkanäle und die sich daraus resultierenden turbulenten Strömungen wird die Milch aufgrund von Dichteunterschieden der Phasen getrennt. Die Fettmoleküle bewegen sich durch die einwirkende Zentripetalkraft nach innen. Wodurch diese als Rahm aus dem Separator gelangen. Die leichtere Magermilch wird durch Zentrifugalkraft nach außen getragen. Diese wird durch den Magermilchgreifer entnommen. Im Anschluss kann eine weitere Keimreduzierung mittels Bactofuge stattfinden. Dabei gelangt nur die Magermilch in die Bactofuge. In dieser werden anaerobe Sporen aus der Magermilch abgetrennt. Die Funktionsweise einer Bactofuge ist ähnlich wie die eines Separators. Anschließend strömt die Magermilch durch einen Kühler. Durch Eiswasser, welches im Gegenstrom zur Magermilch fließt, wird diese auf ca. 6 °C gekühlt. Die kühle Magermilch fließt in einen Stapeltank und wird dann durch den Rahm auf den gewünschten Fettgehalt von ca. 3,4 Prozent erhöht. Diese Form der Fettstandardisierung wird als Tankstandardisierung bezeichnet. Eine weitere Standardisierungsform ist die In-Line Standardisierung. Dabei wird der Durchfluss und die durch die Magermilch bedingte Spannung gemessen und die für den bestimmten Fettgehalt benötigte Menge Rahm zudosiert. Eine weitere Standardisierung kann im Eiweißgehalt vorgenommen werden, diese erfolgt unter Verwendung der Ultrafiltration. Die im Tank befindliche Käseimilch wird bis zum Gebrauch im sogenannten Kesselmilchtank bei ca. 6 °C zwischengelagert. Für die weitere Verarbeitung muss die Milch auf ca. 37 °C erwärmt werden, dies wird auch als Thermisieren bezeichnet (Tetra Pak, 2012; Kammerlehner, 2015).

2.2.2 Vom Käseungsprozess bis zur Verpackung

Nach der Thermisierung der Käsereimilch schließt sich der Käseungsprozess an (siehe Abbildung 1). Dazu werden im Käsefertiger Calciumchlorid, als 34 %-ige Lösung, Milchsäurekulturen und Lab der Milch beigemischt. Das Calciumchlorid wird bereits während des Befüllens des Käsefertigers in die Milch gegeben.

Calcium ist ein natürlicher Bestandteil der Milch und hat einen Anteil von ca. 0,12 Prozent. Durch Hitzeeinwirkungen, wie der Pasteurisation, treten z.B. die freien Calcium-Ionen aus der Milch. Durch Zugabe des Calciumchlorids wird einem weichen Käsebruch und hohen Ausbeuteverlusten, bedingt durch den Calciumverlust während der Pasteurisation, entgegengewirkt. Calcium-Phosphat-Brücken bilden sich zwischen 400 und 500 Submizellen aus, sodass sie sich während der Dicklegungszeit zu einem gelartigen Netz zusammenschließen (Kammerlehner, 2015; Tetra Pak 2012). Durch die Einbringung von Calciumchlorid wird darüber hinaus das Salzgleichgewicht und die Gerinnungsfähigkeit der Milch verbessert (Rimbach, 2010).

Milchsäurebakterien, auch als Starterkulturen bezeichnet, leiten die Vorreifung der Milch bereits im Käsefertiger ein. Die Zugabe der Starterkulturen kann sowohl während des Milcheinlaufs als auch bei einer bestimmten Füllmenge stattfinden. Für die Herstellung von schnittfestem Mozzarella werden thermophile Kulturen wie *Streptococcus salivarius ssp. thermophilus* oder auch *Lactobacillus bulgaricus* als Starterkulturen in gefrorener aber auch in gefriergetrockneter Form genutzt. Diese säuern die Milch durch die Entstehung von Lactat aufgrund der homofermentativen Vergärung der Lactose. Das heißt die Lactose wird durch β -Galactosidase in Glucose und Galactose gespalten. Durch Glycolyse wird die Glucose zu Pyruvat metabolisiert und wird weiter zu Lactat reduziert. Galactose wird durch die *Sc. thermophilus* und *Lactobacillus bulgaricus* nicht verstoffwechselt. Der pH-Wert sinkt durch die Bildung des Lactates von 6,6 bzw. 6,8 auf 6,55. Erst mit dem Erreichen des pH-Wertes von 6,55 wird der Milch Lab zugegeben, dabei hat die Milch eine Temperatur von ca. 38 °C. Nach dem Verteilen des Labs in der Milch wird diese für ca. 30 Minuten dick gelegt. Die Dicklegung geschieht in zwei Phasen. Während der Primärphase, auch als enzymatische Phase bezeichnet, spaltet das im Lab enthaltene Chymosin das κ -Casein an der 105. und 106. Aminosäure. Das Glykomakropeptid ragt, vor der Spaltung, in die wässrige Phase der Milch hinein und bildet durch seine hydrophilen Eigenschaften eine Hydrathülle. Aufgrund dieser Spaltung werden die Glykomakropeptide von der Casein-Mizelle getrennt. Mit Wegfallen des Schutzkolloides stoßen sich die Casein-Mizellen nicht mehr voneinander ab und es entsteht unter Einbindung des Calciumchlorids ein wasserunlösliches Calcium-para-

Caseinat-Gerüst. Dieses Gerüst wird als Labgallerte bezeichnet. In der sich anschließenden Sekundärphase erfolgt eine unspezifische Proteolyse, diese führt zur Spaltung bestimmter Peptidbindungen im Casein. Diese kann sich negativ

auf die Sensorik auswirken (Fuchs, 2017; Riemelt, 2007; Spreer, 2011).

Nach der Dicklegung erfolgt die Prüfung der Gallerte, ob diese porzellanartig bricht. Die Gallerte wird im Käsefertiger bei positiver Prüfung in Walnuss- bzw. Haselnussgröße geschnitten. Daraus entsteht ein weicher Käse, da mehr Molke in der Gallerte eingeschlossen ist. Nach dem Schneiden wird der Bruch gerührt und anschließend nicht mehr bewegt. In dieser Zeit zieht sich der Bruch zusammen und Molke tritt aus, dies wird auch als Synärese bezeichnet. Durch die Milchsäurebakterien werden der Bruch und die Molke weiter gesäuert. Der pH-Wert liegt bei 6,45. Mit dem Erreichen des pH-Wertes werden ca. 30 Prozent Molke aus dem Fertiger abgelassen. Folglich treten aus dem Bruch Mineralsalze, Lactose, Glucose und Galactose aus. Den Milchsäurebakterien wird dadurch ein Teil der Nährstoffe genommen, sodass die Säuerung des Bruchs verlangsamt wird. Im Anschluss wird Washwasser zugegeben. Durch Diffusion gelangen noch mehr Mineralsalze und Zucker aus dem Bruch in die Molke. Der Bruch wird bei ca. 37 °C gewaschen. In diesem Schritt wird die Synärese weiter gefördert. Das Bruch-Molke-Gemisch gelangt in einen Reifetrog (Kammerlehner, 2015).

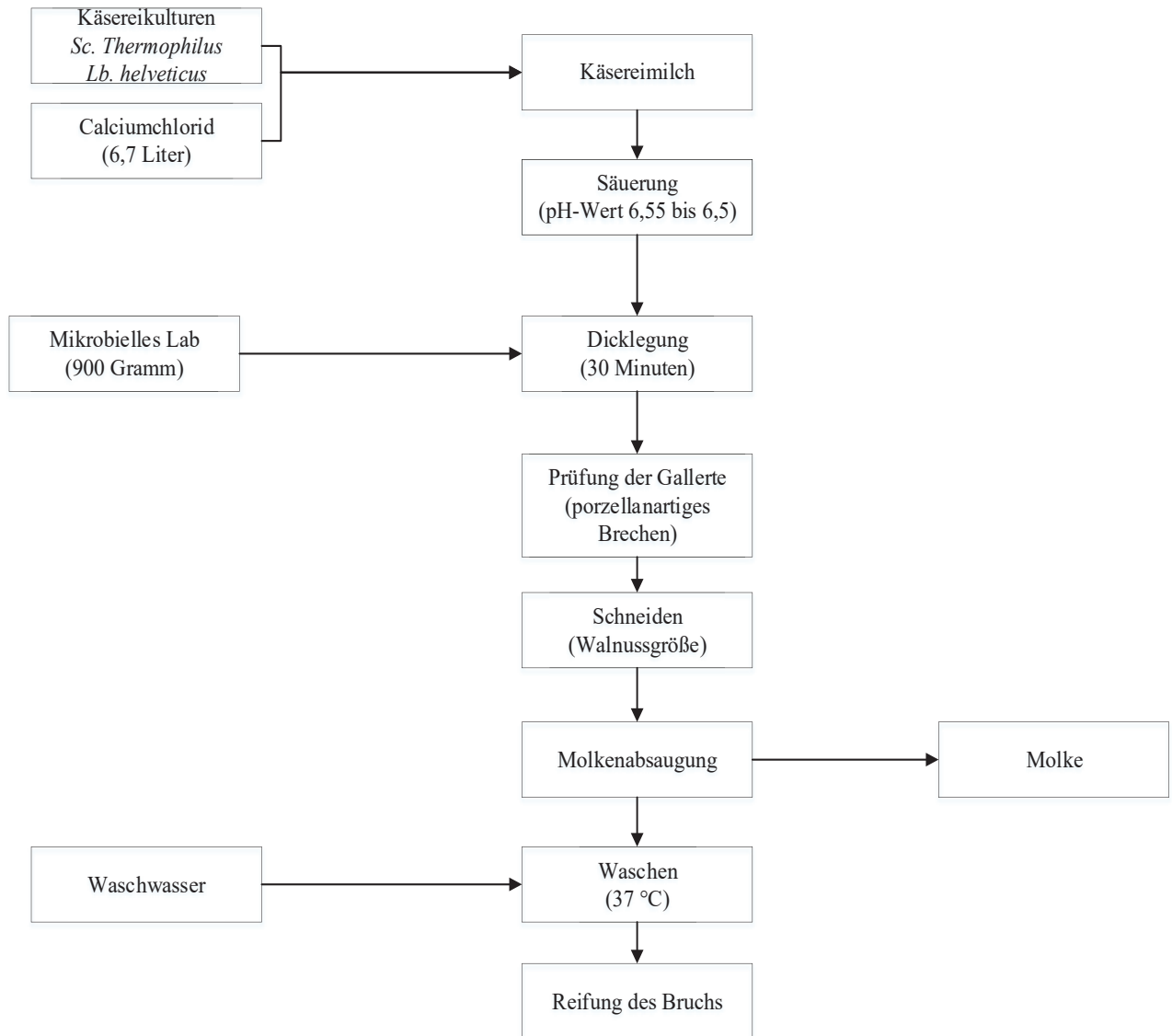


Abbildung 1: Käseprozess von schnittfestem Mozzarella

Im Reifetrog findet weiterer Molkenaustritt und –abzug statt. Aufgrund der immer noch aktiven Milchsäurebakterien sinkt der pH-Wert auf ca. 5,5. Ist dieser pH-Wert erreicht, so wird der Reifetrog geöffnet. Mittels Förderschnecke gelangt der Bruch zu zwei Zerkleinungseinheiten, welche den Bruch in feine Schnitzel zerteilen. Es schließt sich die Filierung an. Dabei wird der Bruch mit ca. 80 °C heißem Filierwasser vermengt und gezogen, sodass der Käseteig im Inneren eine Temperatur von ca. 61°C aufweist. Eine Trockensalzung bzw. Bruchsalzung findet anschließend statt. Dabei wird dem Bruch zwischen 0,1 und 0,6 Prozent Speisesalz beigemengt. Die Salzmenge, welche durch das Bruchsalzen in den Teig gelangt, ist vom Kundenwunsch abhängig, da durch das Salzbad immer eine definierte, konstante Menge in den Käse diffundiert.

Durch weitere Schneckenförderer gelangt der Käseteig in den Groß-Block-Former, auch Prater genannt. Hier wird der Teig in Formen für ca. 60 Minuten in Form gepresst, sodass er sein späteres

Gewicht von 15 Kilogramm erreicht. Der Block wird währenddessen mit Eiswasser gekühlt und gelangt im Anschluss in einen Schwemmkanal. In diesem findet eine weitere Kühlung des Blockes statt, sodass er eine Temperatur von ca. 20 °C aufweist.

Es folgt das Salzbad. Dieses hat eine Temperatur von ca. 4 °C, eine Salzkonzentration von ca. 21 °Bé und einen pH-Wert von ca. 4,6. Dort dringt durch Diffusion weiter Salz in den Mozzarella ein und der gewünschte Endsalzgehalt wird erreicht. Das Salz hat einen großen Einfluss auf Geschmack, Festigkeit und Haltbarkeit des Käses. Nach 6 Stunden gelangt der Mozzarella aus dem Salzbad, nach kurzer Abtropfzeit wird der Käse verpackt und im Kühlhaus gelagert (siehe Abbildung 2).

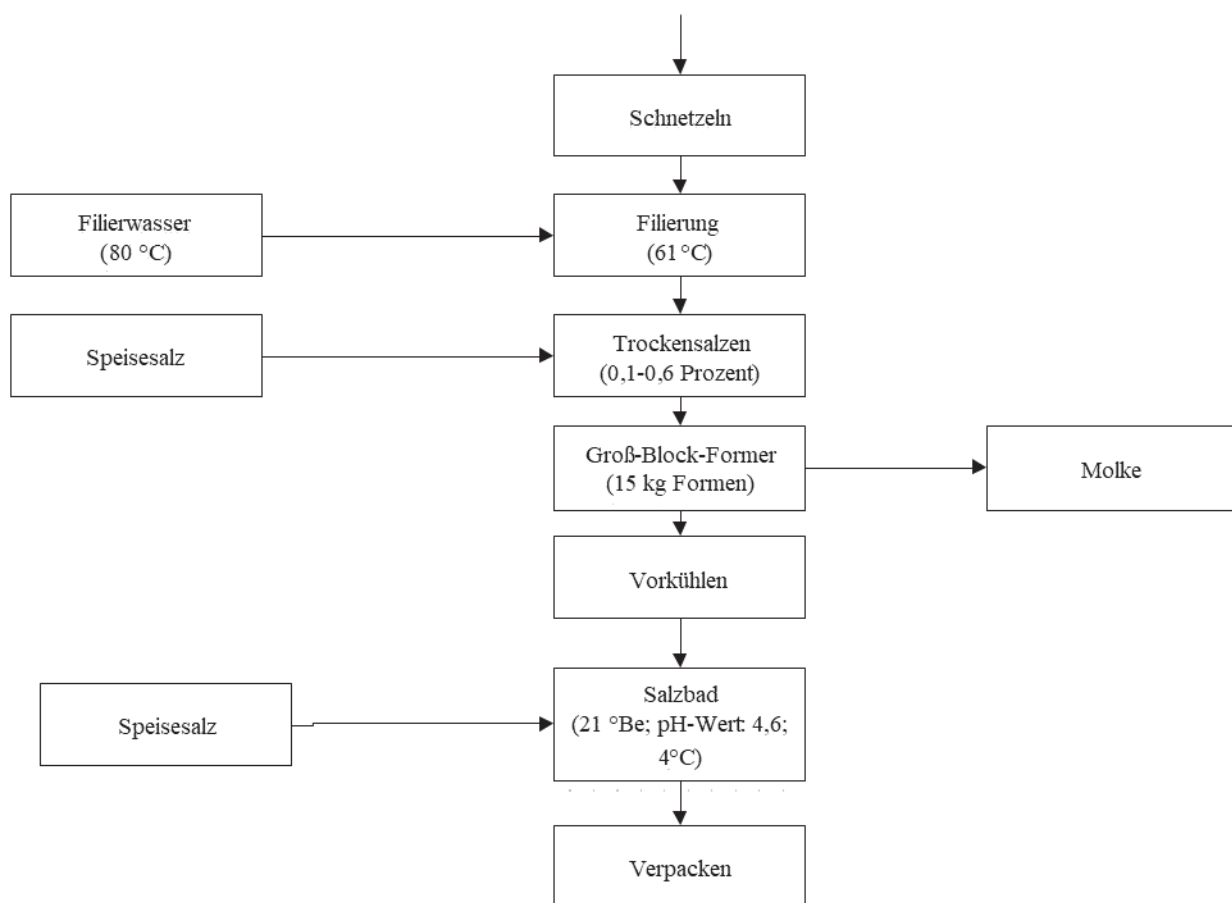


Abbildung 2: Filierungsprozess bis zur anschließenden Verpackung des Käses

2.3 Bräunung

Die Bräunung des Käses wird durch die Maillard-Reaktion verursacht, auch als nicht-enzymatische Bräunung bezeichnet. Die Maillard-Reaktion ist ein komplexer Prozess, in welchem unterschiedliche Reaktionen ablaufen. Diese Reaktionen bauen aufeinander auf, finden aber auch

gleichzeitig statt. Eine Unterscheidung in früher oder Anfangsphase, fortgeschrittener und Endphase wird dennoch vorgenommen.

Im Allgemeinen beruht die Maillard-Reaktion auf der Bildung von N-Glycoside, welche durch die Reaktion von reduzierenden Zuckern, wie z.B. Glucose, Galactose, mit Proteinen, Peptide, Aminosäuren oder Amine bei Anwesenheit von 12 bis 18 Prozent Wasser entstehen.

In Lebensmitteln kommen vor allem Aminosäuren vor, die eine primäre Aminogruppe besitzen. In proteinreichen Lebensmitteln sind vor allem die ϵ -Aminogruppen des Lysins an der Bildung von N-Glycosiden beteiligt. Durch weitere Umwandlungsschritte entstehen Melanoidine, welche für die bräunliche Verfärbung während der Erwärmung des schnittfesten Mozzarellas verantwortlich sind.

Die Anfangsphase der Maillard-Reaktion ist durch die Zuckerammin-Kondensation und der Amadori-Umlagerung gekennzeichnet. Amine lagern sich als nucleophile Verbindungen an die Carbonylgruppe von z.B. Galactose und Glucose. Die dabei entstehenden Imine werden auch als Schiff'sche Basen bezeichnet. Durch weitere Umlagerungsprozesse und Reaktionen entstehen Amadori-Verbindungen. Alle Zwischenschritte der Zuckerammin-Kondensation sind reversibel. Im Gegensatz dazu ist die Amadori-Umlagerung irreversibel, diese Umlagerung findet bereits ab 25 °C spontan statt. Die entstehenden Produkte der beiden Reaktionen sind farblos und absorbieren nicht im ultravioletten Licht.

In der zweiten Phase laufen sowohl eine Zucker-Dehydratisierung, eine Zucker-Fragmentierung als auch der sogenannte Streckerabbau ab. Bei einem pH-Wert zwischen 4 und 7, der pH-Wert des schnittfesten Mozzarellas liegt bei ca. 5,3, entstehen bei der Zucker-Dehydratisierung 1-, 3- und 4-Desoxyosone und Reduktone. Durch die reaktive α -Dicarbonylverbindungen entstehen eine Reihe verschiedener Folgeprodukte. Folgeprodukte der 3-Desoxyosone können unter anderem 5-Hydroxymethylfurfural und Furfural. Als Streckerverbindungen werden Reaktionen zwischen α -Dicarbonylverbindungen und Desoxyosone bezeichnet. Dabei entstehen unter oxidativer Decarboxylierung Aldehyde, Kohlenstoffdioxid und α -Aminoketone. Die wichtigsten aromatischen Aldehyde sind Methional, Pehylacetaldehyd, 3- und 2-Methylbutanal. Die entstehenden Produkte der zweiten Phase sind farblos bis gelb und absorbieren stark im ultravioletten Licht.

In der letzten Phase der Maillard-Reaktion finden die Aldolkondensation und die Aldehydamin-kondensation statt. Die aus den vorhergehenden Reaktionen entstandenen Aldehyde reagieren durch Aldolkondensation miteinander. Melanoidine entstehen durch die Kondensationsreaktion zwischen nucleophilen bzw. elektrophilen Zwischenprodukten (Nursten, 2005; Belitz et al. 2008).

2.4 *Lactobacillus helveticus*

2.4.1 Morphologie und Physiologie

Lactobacillus delbrückii subsp. helveticus auch *Lactobacillus helveticus* genannt, wurde von Bergey et. al 1925 entdeckt. 2005 entdeckten Cachat und Priest *Lactobacillus suntoryeus*. Durch verschiedene gentechnische Analysen stellte sich jedoch heraus, dass es sich um dieselbe Bakterienart handelt. Aus diesem Grund stellt *Lactobacillus suntoryeus* ein Synonym zum *Lb. helveticus* dar. (Leibnitz- Institut DSMZ GmbH, 2019).

Lb. helveticus ist eine Unterart der Gattung *Lactobacillus*. Es handelt sich um ein stäbchenförmiges Milchsäurebakterium und bildet pro Kilogramm Milch über 220 Milimol Milchsäure. Dabei bildet der *Lactobacillus* sowohl L- als auch D- Milchsäure. Es handelt sich um ein Säurebildner, der keine Gase, wie z.B. CO₂ durch die Fermentation von Lactose, Galactose und Glucose hervorbringt. Das Temperaturoptimum dieser Art liegt zwischen 38 °C und 42 °C. Es gehört dadurch zu den thermophilen Bakterien. Der optimale pH-Wert für ein Wachstum liegt zwischen 5,2 und 5,5. Der *Lactobacillus* wächst unter microaerophilen bis hin zu anaeroben Bedingungen. Die maximale Salztoleranz liegt bei 6,5 Prozent (Riemelt, 2007, Kammerlehner, 2015).

Durch die obligatorische Homofermentation wird zuerst Lactose, dann Galactose fermentiert. Des Weiteren sind einige Stämme des *Lactobacillus* auxotroph und aus diesem Grund auf bestimmte Aminosäuren, wie z.B. Arginin, Leucin und Lysin angewiesen (Widyastuti1 et al., 2014). Darüber hinaus ist der *Lb. helveticus* schwach lipolytisch, jedoch stark proteolytisch. Durch ihn wird vor allem die Proteolyse in der Tiefe verstärkt, was z.B. zu einem bitteren Geschmack führen kann. In anderen Käsen wird er dadurch zur intensiven Reifung eingesetzt, jedoch ist auch das Nachgärrisiko für den Käse erhöht. Durch die Proteolyse findet der Abbau von Caseinen statt. Die Endprodukte der Reaktionen sind Ammoniak, Alkohole und Säuren. Aber auch Phenole, Indole und Schwefelverbindungen können entstehen (Jakob et al. 2005).

2.4.2 Einfluss auf die funktionellen Eigenschaften des Käses

1993 beschrieb Merrill, dass durch Verwendung einzelner Stämme oder Stammpaare von *Lb. helveticus* der Mozzarella dieselbe Schmelzbarkeit, jedoch eine höhere Ziehbarkeit und weniger Bräunung aufwies, als Käse der mittels *Sc. thermophilus* bzw. *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* hergestellt wurde. Auch Mukhurjee und Hutkins (1994) bestätigten in ihren Versuchen, dass der Mozzarella, welcher unter Verwendung von *Lb. helveticus* hergestellt wurde, deutlich heller nach dem Erhitzen erscheint, als ohne Zugabe dieser Kultur. Durch den Galactoseabbau wird mehr Lactat produziert, sodass der Käse säuerlicher wird (Oberg et. al, 1991). Matzdorf und weitere Autoren stellten 1994 in ihren Untersuchungen mit Galactose reduziertem Mozzarella fest, dass das ausgewählte Panel keinen Unterschied in der Textur und dem Geschmack im Vergleich zum Käse mit nicht reduzierten Galactosegehalt vernommen hat. Lediglich die Farbe der Käse wurde von dem Panel als signifikanter Unterschied wahrgenommen. Dave, Sharman und McMahon stellten 2003 fest, dass der Feuchtigkeitsgehalt in Mozzarella mit *Lb. helveticus*, als Zusatzkultur, deutlich höher ist. Grund dafür könnte die schnellere Säuerung durch die zusätzliche Kultur und deren Verstoffwechslung von Galactose sein. Anwendung findet *Lb. helveticus* vor allem als Starterkultur für italienischen und Schweizer Käse. Dabei reduziert er die Bitterkeit und formt einen charakteristischen Geschmack (Griffiths und Tellez, 2013).

3 Material und Methoden

3.1 Versuchsplanung

Als Vorlage für die Versuche gilt die Industriepraktikumsarbeit von Schuhmacher (2018). Auch die folgenden Versuche werden großtechnisch angelegt. Dabei werden für jeden Versuch zwei Chargen schnittfester Mozzarella produziert. Es entstehen bei einem Versuch 4.200 Kilogramm Käse. Die Versuche werden bei laufender Produktion unabhängig voneinander und an unterschiedlichen Tagen realisiert.

Es werden zwei unterschiedliche *Lactobacillus helveticus* Kulturen für die Versuche genutzt, da es sich um verschiedene Subspezies handelt. Des Weiteren wird zwischen den Versuchen mit dem Molkenabzug und der Wasserzugabe variiert, um durch Diffusionsvorgänge den Zuckergehalt im Bruch weiter zu reduzieren. Die Kulturen müssen aus diesem Grund weniger Substrat verstoffwechseln und der Käse sollte heller während des Bräunungstests erscheinen.

Die verwendeten Rezepturen befinden sich in Tabelle 1. Von jedem Versuch werden jeweils zwei Blöcke zum Anfang, in der Mitte und am Ende des Verpackungsprozesses entnommen.

Tabelle 1: Übersicht der Versuchsrezepturen

Versuch Nr.	<i>Streptococcus salvarius</i> ssp. <i>thermophilus</i> Kultur	Menge <i>Streptococcus salvarius</i> ssp. <i>thermophilus</i> [Units]	<i>Lactobacillus helveticus</i> Kultur	Menge <i>Lactobacillus helveticus</i> [Units]	Molkenabzug [m ³]	Wasserzugabe [m ³]
1	STI 06	1000	RF-3	7,2	6,0	1,2
2	STI 06	1000	TD-MN	10	5,4	1,1

3.2 Anlagen und Zusätze

Produktionsanlagen zur Herstellung von schnittfestem Mozzarella:

- Käsefertiger (Fa. Tetra Pak) Typ: Ost 5.1 (Reinbek/ DEU)
- Reifetröge (Fa. CMT/GEA) Typ: Drainagereifemaschine (Düsseldorf/ DEU)
- Filierung (Fa. CMT/ GEA) Typ: Combi 2400 (Düsseldorf/ DEU)
- Presse (Fa. CMT/ GEA) Typ: Prater 60 (Düsseldorf/ DEU)

Zusätze zur Käseemilch für die Herstellung von schnittfestem Mozzarella:

- Calciumchlorid 34%-ige Lösung, Jäckle Chemie (Nürnberg/ DEU)
- Lab: Hannilase 750XP, Chr. Hansen, (Hoersholm/ DNK)
- *Lactobacillus helveticus*: RF-3, DSM (AX Delft/ NLD)
- *Lactobacillus helveticus*: TD-MN, DSM (AX Delft/ NLD)
- Siede-Speisesalz mit Calciumcarbonat, Südwestdeutsche Salzwerte AG (Regensburg/DEU)
- *Streptococcus salvarius* ssp. *thermophiles*: STI06, Chr. Hansen (Hoersholm/ DNK)

3.3 Durchführung im großtechnischen Maßstab

Für die Durchführung im großtechnischen Maßstab muss vorerst sichergestellt werden, ob die verwendeten Kulturen den vorgegebenen Standards, wie VLOG (Verband Lebensmittel ohne Gentechnik), Halal und Koscher, entsprechen. Dazu werden die vom Hersteller abgegebenen Zertifikate von dem Qualitätsmanagement überprüft. Erst nach der Freigabe durch das QM können die Versuche in der Produktion eingeplant werden. Dazu werden großtechnische Versuchsanträge erstellt, siehe Anhang 1. In diesen muss bereits erkennbar sein, was die Kultur bewirken soll und wie sie eingesetzt wird.

Während der Herstellung des schnittfesten Mozzarellas muss besonders auf den pH-Wert geachtet werden, da dieser durch die erhöhte Säurebildung unter den Vorgaben sinken kann. Die Temperatur des Bruches während der Filierung ist genau zu dokumentieren, da bei einer Temperatur unter 60 °C davon ausgegangen werden kann, dass die Kulturen aber auch das Lab (Hannilase) nicht vollständig deaktiviert werden können.

3.4 Analytische Methoden

3.4.1 Inaktivierungstest

Der Inaktivierungstest findet mit den in den Punkt 3.2 genannten Kulturen statt. Dabei werden je 500 Gramm der Kultur in 10 Liter isotoner Lösung gebracht. Aus dieser Lösung wird je Probe 1 ml entnommen und zu 100 ml pasteurisierter Milch gegeben. Diese Milch hat bei der Beimpfung eine Temperatur von 36 °C. Je nach Probe wird die Milch zwischen 54 °C und 66 °C für jeweils 13 Minuten erhitzt. Die Aufheizphase der Heizplatte dauert ca. 2 Minuten. Anschließend wird die Milch auf 36 °C gekühlt und bei 36 °C bis 37 °C für 17 Stunden bebrütet. Die pH-Wertmessung findet bereits während der Aufheizphase kontinuierlich statt und wird dokumentiert. Als Vergleich dient eine Nullprobe, diese wird nicht mit der Kultur beimpft, erfährt aber auch die Erhitzung und die Bebrütungszeit. Die Filierung des Käsebruchs wird mit den Temperaturen zwischen 54 °C und 61 °C und der Heißhaltung von 13 Minuten simuliert. Der Inaktivierungstest soll in erster Linie die Filierung des Bruchs nachempfinden und zu einer Inaktivität der Kultur führen. So kann während der Lagerung und des Transportes davon ausgegangen werden, dass es zu keinen durch die Kultur bedingten Veränderungen im Käse kommt. Die Bebrütungszeit simuliert die Zeit zwischen Dicklegung der Milch bis zum Austritt des fertigen Käses aus dem Salzbad (Bachschneider, 2018).

3.4.2 pH-Wert

Während der Produktion wird der pH-Wert der Milch, der Molke und des Bruchs mit einem pH-Meter (Fa. Knick, Portamess 911, Berlin/ DEU) gemessen. Es wird dadurch die Aktivität der Kulturen und die damit verbundene Säuerung, durch Lactatbildung, kontrolliert. Für die pH-Wertmessung wird eine Doppelbestimmung durchgeführt.

3.4.3 Schmelztest

Für den Schmelztest wird der Käse mittels einer Handreibe verrieben. Dabei entstehen Schnitzel, die 2 bis 4 cm lang sind und eine Dicke von ca. 3 mm aufweisen. Von diesen Schnitzeln werden 15 Gramm abgewogen und diese auf eine vorgeformte Aluschale verteilt. Der Ofen (WON-W115 Fa. Witeg Labortechnik GmbH, Wertheim/ DEU) wird auf 220 °C aufgeheizt. Die Schalen mit dem Käse werden einzeln für jeweils 6 Minuten in den Ofen gestellt. Nach Ablauf der Zeit

wird der Käse aus dem Ofen genommen und der Bräunungsgrad fotografisch dokumentiert. Der Schmelztest findet mit den drei Blöcken jeder Charge statt (Fielenbach und Hager, 2018).

3.4.4 Bestimmung der Farbe und Helligkeit

Die Farbmessung des Käses erfolgt nach dem Abkühlen des voran gegangenen Schmelztestes. Hierbei wird die Farbe des Käses durch das 400/410 Chroma Meter (Fa. Konica Minolta GmbH, Langenhagen/ DEU) erfasst. Der Käse wird dazu mittig unter den Messkopf des Gerätes gestellt. Die Bräunung wird als Durchschnitt wiedergegeben.

Es handelt sich bei dem Chroma Meter um ein Dreibereichsmessgerät, welches vor allem zur Farbdifferenzmessung genutzt wird. Das Dreibereichsverfahren ist dem menschlichen Auge nachempfunden, aufgrund der 3 Sensoren, die den Zapfen des menschlichen Auges entsprechen. Dabei wird die Farbe in das $L^*a^*b^*$ -Farbsystem erfasst. Die L^* -Koordinate steht dabei für die Helligkeit und die a^* - und b^* -Koordinaten für Farben. Die Skale von a^* reicht von grün (-) bis rot (+), wohingegen die b^* -Skale von gelb (+) nach blau (-) reicht. Im Koordinatenmittelpunkt befindet sich ein neutrales Grau. In den $L^*a^*b^*$ -Farbraum fließt der geometrische und der empfundene Farbabstand ein und die Farbe wird als Zahlenwert wiedergegeben (Konica Minolta GmbH, Langenhagen, 2008).

3.4.5 Bestimmung des Zuckergehaltes

Für diese Untersuchung werden 4,5 Gramm des geriebenen Käses in einer 50 ml Schottflasche abgewogen. Danach werden ca. 40,5 ml destilliertes Wasser dazu gegeben. Im Anschluss werden die verschlossenen Schottflaschen auf 70 °C für 15 bis 20 Minuten erhitzt. Nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur werden 2 ml der Probe aus der Flasche entnommen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Flüssigkeit zwischen Käse und Fettschicht pipettiert wird. Die 2 ml werden in ein Becherglas überführt und mit 10 µl 60 %-igen Perchlorsäure (Fa. Merck KGaA, Darmstadt/ DEU) vermischt. Die Caseine fallen nach ca. 30 Sekunden aus. Nach dieser Reaktion werden die Vials, durch einen Spritzfilter, bis zur Hälfte mit der Probe gefüllt und verschlossen. Reinstwasser wird ebenfalls in ein Vial gegeben und verschlossen. Dies dient als Referenzprobe. Außerdem werden eine Waschlösung und eine Standardlösung in ein Vial überführt und in den Probenehmer der Hochleistungsflüssigkeitschromatografen 1260 (Fa. Agilent, Santa Clara/ USA) gegeben. In der Standardlösung sind jeweils 0,3 mg/ml Lactose, Galactose und Glucose enthalten. Die Standardlösung wird aus Pulver (Fa. Merck KGaA, Darmstadt/ DEU) der einzelnen Zucker hergestellt. Durch ionenchromatografische Wechselwirkungen werden die Zucker voneinander getrennt. Das Eluent, welches auch die Referenz für den Refractive Index Detektor darstellt, ist Schwefelsäure (Fa. VWR, Darmstadt /DEU) (Schmitz-Schug, 2014).

3.5 Sensorik nach dem DLG 5 Punkte Schema

Die Blöcke werden 10 Tage nach der Produktion durch Fachkundige verkostet. Dabei findet das DLG- 5-Punkte-Schema Anwendung. Dieses Schema vereint eine deskriptive Prüfung mit einer integrierten Bewertung. Sensorische Prüfmerkmale und lebensmittelspezifische Produkteigenschaften werden durch dieses Prüfverfahren miteinander gekoppelt. Dabei bezieht sich die Prüfung auf die DIN 10964, DIN 10975 und die DIN 10969. 5 Punkte stellen das optimale Qualitätsstandard dar. 0 Punkte hingegen gelten als ungenügend und die Abweichungen von den Qualitätserwartungen sind so groß, dass sie nicht bewertbar sind. Für die sensorische Analyse wird das Aussehen für Innen und Außen, die Konsistenz bzw. Textur, der Geruch und der Geschmack bewertet. Durch dieses Schema wird eine unternehmensinterne Qualitätssicherung und -kontrolle durchgeführt (Hildebrandt und Schneider, 2009).

3.6 Statistische Auswertung der Daten

Um die Versuche miteinander vergleichen zu können, werden aus den erhobenen Daten der arithmetische Mittelwert und die Standardabweichung mit folgenden Formeln berechnet:

arithmetischer Mittelwert:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_n}{n}$$

Varianz:

$$s^2 = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + (x_n - \bar{x})^2}{n - 1}$$

Standardabweichung:

$$s = \sqrt{s^2}$$

Durch die Verwendung einer Varianzanalyse (ANOVA) wird überprüft, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den Proben vorliegt. Als Analyseverfahren dient dazu der Tukey-Test. Da er zur Gruppe der post-hoc Tests gehört, werden verschiedenste Gruppenkombinationen miteinander verglichen. Es wird dabei die Differenz der beobachteten Mittelwerte berechnet, weist diese Differenz keinen großen Unterschied auf, so ist zwischen den Gruppen kein signifikanter Unterschied vorhanden. Das heißt, dass alle Proben, die ein Indiz mit A aufweisen, keinen signifikanten Unterschied aufweisen. Zwischen den Proben mit den Indizes A und B liegt jedoch ein signifikanter Unterschied vor.

Dieses Verfahren wird zwischen Lactose-, Galactose- und Glucosegehalt in Bezug auf die Menge der zu dosierten *Lb. helveticus* Kultur durchgeführt, aber auch zwischen den L*-, a*- und b*-Farbwerten in Bezug auf die Menge der zudosierten *Lb. helveticus* Kultur. Die Varianzanalyse mit dem Tukey-Test wird mit der Statistiksoftware SPSS von IBM in der Version 25 durchgeführt. Des Weiteren wird für die Überprüfung des Bräunungsverhaltens auf einen signifikanten Unterschied der Farbwerte, ΔE ermittelt. Dazu dient folgende Formel:

$$\Delta E = \sqrt{(L^*_2 - L^*_1)^2 + (a^*_2 - a^*_1)^2 + (b^*_2 - b^*_1)^2}$$

Für ΔE werden die arithmetischen Mittelwerte der Farben benutzt.

4. Ergebnisse

4.1 Inaktivierungstest der eingesetzten Kulturen

4.1.1 RF-3 Kultur

Die RF-3 Kultur wird in einer Abpackung von 1,8 Units pro 500 Gramm Beutel in den Verkehr gebracht. 1,8 Units säuern nach Herstellerangaben 10.000 Liter Milch. Die Spezifikation der Kultur ist dem Anhang 2 zu entnehmen.

Der Säuerungsverlauf der RF-3 Kultur ist in Abbildung 3 zusehen. Der Ausgangs-pH-Wert der Milch liegt, vor der Bebrütung, bei allen sieben Proben bei 6,5. Die Proben drei bis sieben wurden für 13 Minuten auf Temperaturen zwischen 58 °C und 66 °C erwärmt. Die Probe, welche mit der Kultur versetzt, jedoch nicht erhitzt wurde, hat einen End-pH-Wert von 4,60 nach 16 Stunden Bebrütungszeit. Die sogenannte Nullprobe, die Probe, welche nicht mit der Kultur versetzt worden ist, hat nach der Bebrütungszeit einen pH-Wert von 5,85. Durch das Erhitzen wurde die Kultur inaktiviert und eine Säuerung wurde unterbunden. Da alle Proben, die eine Erhitzung erfuhren, einen End-pH-Wert von 5,85 hatten. Damit ist der pH-Wert deutlich höher, als der der unerhitzten Probe.

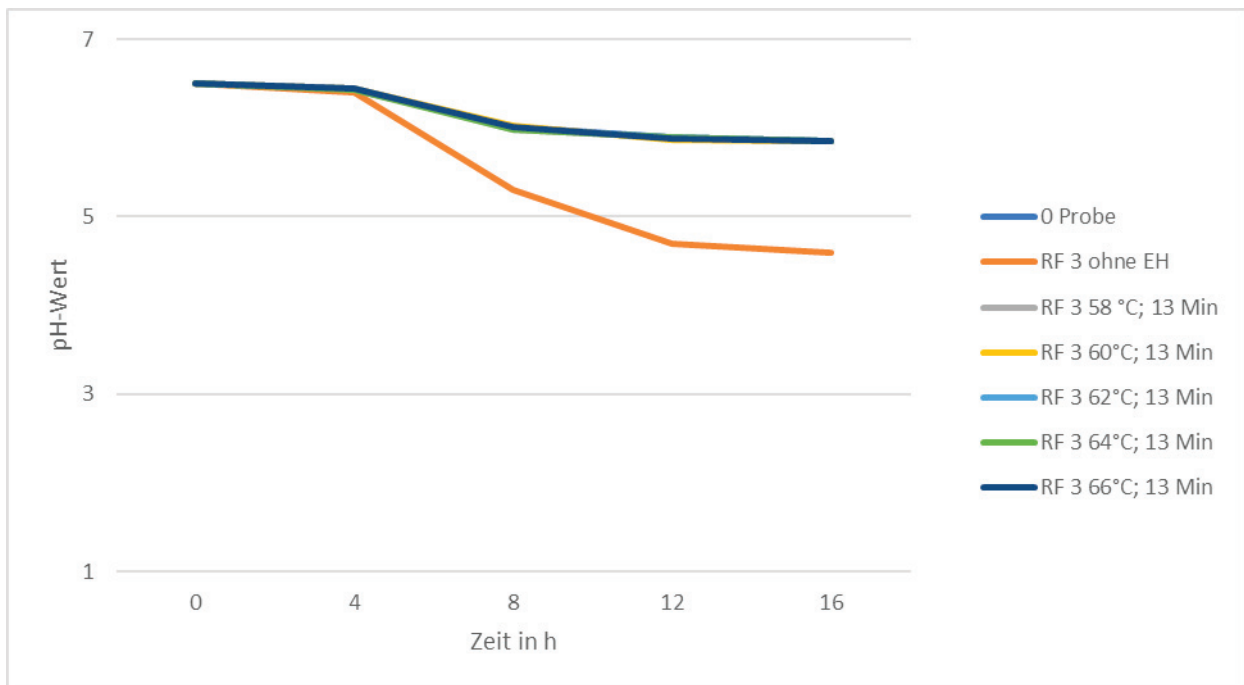


Abbildung 3: Säuerungsverlauf des Inaktivierungstestes der RF-3 Kultur

4.1.2 TD-MN Kultur

Ein Beutel dieser Kultur beinhaltet 5 Units, welche nach Herstellerangaben zur Säuerung von 10.000 Liter Milch vorgesehen sind. Die Spezifikation der TD-MN Kultur ist dem Anhang 3 zu entnehmen.

In Abbildung 4 ist der Säuerungsverlauf der TD-MN Kultur bei unterschiedlichen Temperaturen in Abhängigkeit von der Zeit in einem Diagramm dargestellt. Durch den direkten Vergleich mit der Kurve der Probe, welche nicht erhitzt wurde, zeigt sich, dass eine Erhitzung auf 61 °C für 13 Minuten zu einer Säuerungsverzögerung führt. Die Säuerung durch die Kultur setzt erst nach ca. 9 Stunden Bebrütung bei 36 °C ein. Der End-pH-Wert der Probe, welche auf 61 °C erhitzt wurde, liegt bei ca. 4,00 nach 16 Stunden. Im Allgemeinen lässt sich feststellen, dass durch eine Erhitzung die Kultur nicht inaktiviert wird.

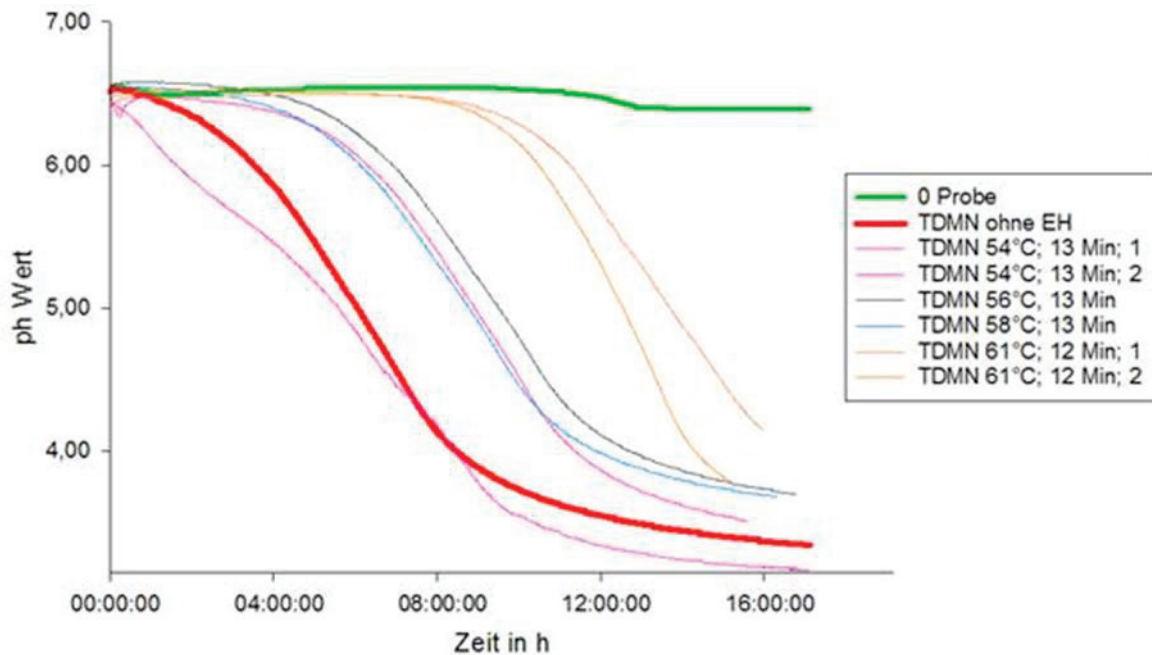


Abbildung 4: Säuerungsverlauf des Inaktivierungstestes der TD-MN Kultur

4.2 Produktion des Käses

Der pH-Wert-Verlauf während der Produktion ist in Abbildung 5 dargestellt. Dazu wurden die zwei produzierten Chargen je Versuch durch Bildung des arithmetischen Mittels zusammengefasst.

Die pH-Wertverläufe der Käse ist fast identisch, trotz der unterschiedlichen Kulturen und des zusätzlichen Molkenabzugs und Waschwasserzugabe in Versuch 1. Der pH-Wert nach dem Salzbad des ersten Versuches liegt bei 5,21. Der Käse, welcher im zweiten Versuch hergestellt wurde, hat nach dem Salzbad einen pH-Wert von 5,34 und ist damit deutlich höher.

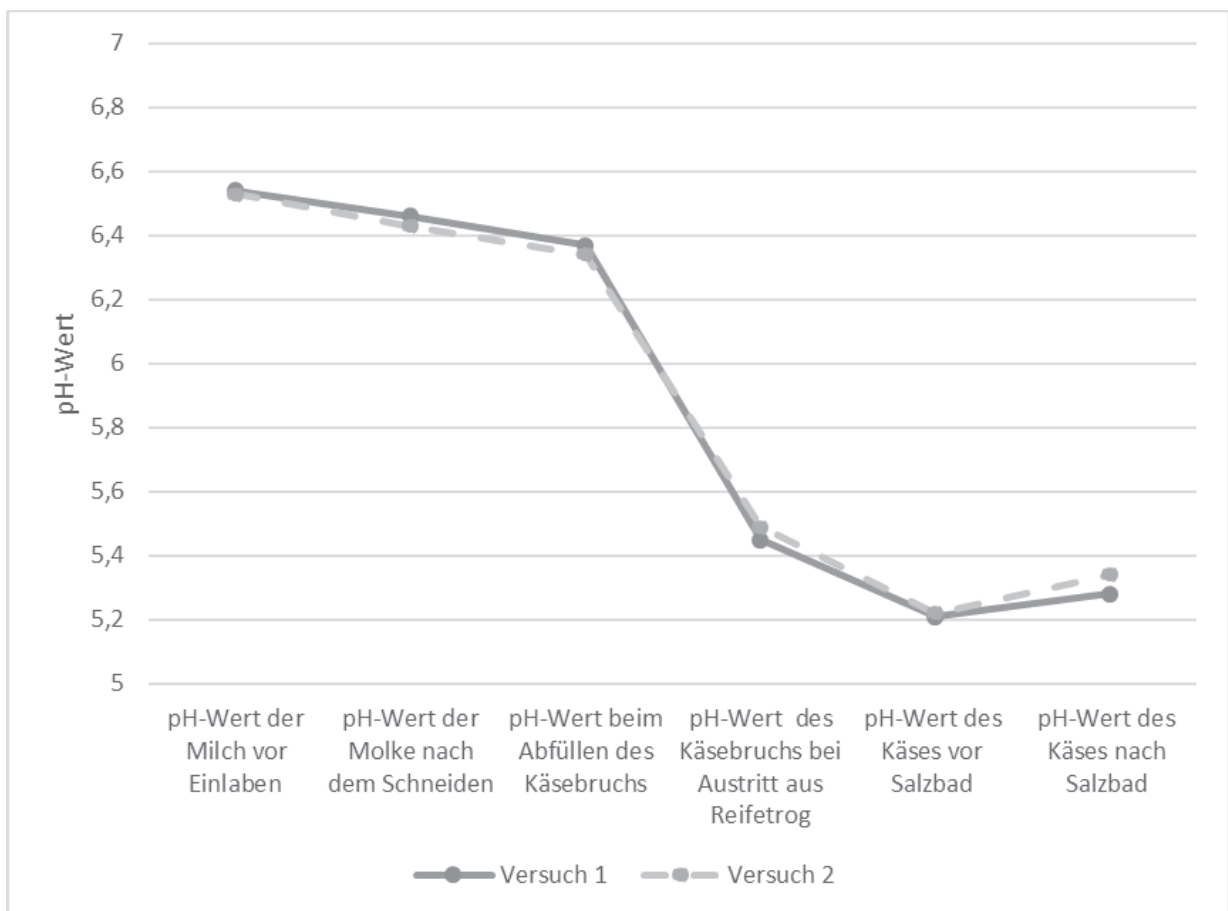


Abbildung 5: pH-Wert-Verlauf der Milch bis zum Käse nach dem Salzbad

Die Filierterperatur im Inneren des Käses, während des ersten Versuches, lag im Durchschnitt bei 60,2 °C. Dabei liegt die Höchsttemperatur bei 61,4 °C und die niedrigste bei 59,6 °C. Im zweiten Versuch liegt die Temperatur im Durchschnitt bei 61,6 °C. Die Höchsttemperatur in diesem Versuch liegt bei 65,3 °C und die niedrigste bei 59,3 °C.

Während der Produktion der zweiten Charge, des zweiten Versuches, gab es eine Auffälligkeit des Käses während der Bruchsalzung. Der Käsestrang ist rissig, dies ist auf der erhöhte Temperaturführung während des Filierens zurückzuführen.





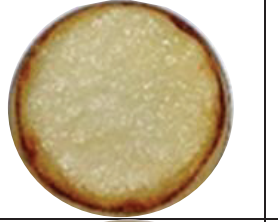







4.3 Schmelztest

Der Schmelztest, siehe Tabelle 2, zeigt einen geringen Unterschied zwischen dem ersten und zweiten Versuch. Im ersten Versuch, bei welchem 7,2 Units der RF-3 Kultur verwendet wurde, sowie eine Erhöhung des Molkenabzugs sowie Waschwasserzugabe erfolgte, weist nicht nur am Rand der Aluminiumschale, sondern auch im Inneren braune Flecken auf. Es fällt jedoch auf, dass besonders zur Mitte und Ende der ersten Charge diese Bräunung vorhanden ist. Die Charge 2 des ersten Versuches erscheint heller, jedoch sind auch hier zum Anfang und Ende der Charge braune Flecken im Inneren zu sehen.

Der zweite Versuch ist optisch deutlich heller als der erste Versuch. Die beiden produzierten Chargen weisen zu keiner Zeit bräunlichen Flecken auf.

Alle vier Chargen weisen am Rand der Aluminiumschale eine Bräunung auf. Diese kommen durch den veränderten Wärmeübergang durch das Aluminium.

Tabelle 2: Bräunungsverhalten der produzierten Mozzarellas

Versuch	Charge	Anfang	Mitte	Ende
Nr. 1	1			
	2			
Nr. 2	1			
	2			

4.4 Farbmessung

Die Farbmessung wurde, für einen besseren Vergleich, ebenfalls mit einem schnittfesten Mozzarella ohne *Lb. helveticus*, als Zusatzkultur, durchgeführt. In Tabelle 3 ist die Farb- und Helligkeitsbestimmung der beiden Versuche, sowie des Standards dargestellt. Als Standard wird der Käse ohne *Lb. helveticus* bezeichnet.

Tabelle 3: Farb- und Helligkeitsbewertung der unterschiedlichen Versuche und des Standards mit der dazugehörigen Standardabweichung

Probe	L*-Wert	a*-Wert	b*-Wert
Standard	71,29 ^A ±4,44	-0,23 ^A ±3,44	29,99 ^A ±3,13
Versuch 1	74,65 ^{AB} ±0,78	-2,49 ^{AB} ±1,35	28,21 ^{AB} ±1,02
Versuch 2	77,32 ^B ±0,55	-5,38 ^B ±0,20	26,91 ^B ±1,33

Exponenten Indizes: A, B beschreiben durch Gruppenbildung die signifikanten Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Proben nach dem Tukey Test (HSD) bei Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha=0,001$

Bereits durch Verwendung der ANOVA stellen sich signifikante Unterschiede in den gemessenen Werten heraus. Es zeigt sich, dass sich der, im zweiten Versuch, hergestellte Mozzarella besonders in den L*- und a*-Werten signifikant vom Standard unterscheidet. Die b*-Werte unterscheiden sich nur zwischen dem Standardkäse und dem Käse des zweiten Versuches signifikant.

Tabelle 4: ermittelte ΔE der einzelnen Paarungen

Paarung	ΔE
Standard + Versuch 1	4,42
Standard + Versuch 2	8,51
Versuch 1 + Versuch 2	4,14

In Tabelle 4 ist das ΔE für die verschiedenen Paarungen gezeigt. Es stellt sich dabei heraus, dass, wie bereits durch den Turkey-Test bekannt, der größte Farbunterschied zwischen dem Standard Mozzarella und dem aus dem zweiten Versuch hergestellten Mozzarella ist. Das geringste ΔE tritt bei der Paarung des ersten und zweiten Versuches auf.

4.5 Zuckergehalt

Der Käse, welche nur mit *Streptococcus thermophilus* hergestellt wurde, hat einen Lactosegehalt von 0,11 Prozent, einen Glucosegehalt von 0,04 Prozent und einen Galactosegehalt von 0,78 Prozent. Der Gehalt an Milchsäure beträgt 0,74 Prozent und der Zitronensäuregehalt 0,14 Prozent. Die Zuckergehalte der Käse aus den verschiedenen Versuchen sind in Tabelle 5 dargestellt. Der erste Versuch bringt einen Käse mit hohem Galactosegehalt hervor, dieser ist im Vergleich zum Standardkäse nicht reduziert.

Tabelle 5: Zuckergehalt der verschiedenen Versuche mit der dazugehörigen Standardabweichung

Versuch	Lactose [%]	Glucose [%]	Galactose [%]	Zitronensäure [%]	Milchsäure [%]
Standard	0,11 ^A ±0,043	0,04 ^A ±0,012	0,78 ^{AB} ±0,030	0,14 ^A ±0,011	0,74 ^{AB} ±0,052
Nr. 1	0,08 ^A ±0,041	0,03 ^B ±0,018	0,80 ^A ±0,059	0,14 ^A ±0,016	0,77 ^A ±0,077
Nr. 2	0,11 ^A ±0,054	0,11 ^A ±0,035	0,73 ^B ±0,033	0,13 ^A ±0,009	0,68 ^B ±0,033

Exponenten Indizes A, B, C beschreiben durch Gruppenbildung die signifikanten Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Proben nach dem Tukey Test (HSD) bei Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha=0,05$

Unter Anwendung der ANOVA wurden, für die gemessenen Werte, signifikante Unterschiede, bei einer Signifikanz von $\alpha = 0,05$, gefunden. Dabei ergeben sich signifikante Unterschiede im Glucosegehalt zwischen dem Standard Mozzarella und dem im ersten Versuch produzierten Mozzarella., des Weiteren gibt es signifikante Unterschiede zwischen dem ersten und zweiten Versuch. Im Galactosegehalt liegt ein signifikanter Unterschied zwischen dem ersten und zweiten Versuch vor, ebenso der Milchsäuregehalt. Zwischen dem Standard und den beiden Versuchen, aber auch zwischen den beiden Versuchen liegt kein signifikanter Unterschied im Lactose- und Zitronensäuregehalt vor.

Bei einer geringeren Signifikanz ($\alpha = 0,001$) ergeben sich nur für den Glucosegehalt signifikante Unterschiede zwischen dem ersten und zweiten Versuch.

4.5 Sensorik

Die Versuche werden beide gleich bewertet. Jedoch ist der Geschmack der beiden Käse säuerlich, sodass hier nur 4 Punkte vergeben werden können. Die gesamte Sensorik ist in Tabelle 6 dargestellt. Die Konsistenz der beiden Versuche wurde mit 5 Punkten bewertet. Das heißt, dass durch die proteolytischen Eigenschaften des *Lb. helveticus* keinen Einfluss auf die Konsistenz genommen wurde.

Tabelle 6: sensorische Bewertung des Mozzarellas

Versuch	Aussehen Außen	Aussehen Innen	Geruch	Geschmack	Konsistenz
1	5	5	5	4	5
2	5	5	5	4	5

5 Diskussion

Um das Bräunungsverhalten von schnittfestem Mozzarella zu reduzieren, wurden zwei Varianten von *Lb. helveticus* Zusatzkulturen mit unterschiedlichen Konzentrationen verwendet. Des Weiteren wurde während der Produktion von schnittfestem Mozzarella Einfluss auf die abgezogene Molkenmenge und die Waschwassermenge genommen. Beide Faktoren wurden gesteigert. Es wurden pro Versuch zwei Chargen á 4.200 kg von schnittfestem Mozzarella produziert und jeweils 3 Blöcke aus jeder Charge entnommen, um diese analytisch zu untersuchen. Bei den gewonnenen Ergebnissen handelt es sich immer um Mittelwerte, die durch eine störungsfreie Produktion gewonnen werden konnten.

Zur Sicherstellung der Eignung von Kulturen für die Produktion dient ein betriebsintern erstellter Inaktivierungstest. Durch den Inaktivierungstest sollte geprüft werden, inwieweit die Filierungstemperatur die verwendeten Kulturen deaktivieren kann. Während der Test bei der RF-3 Kultur die Inaktivierung bestätigt wird, wie bereits auf Seite 21 geschrieben, die TD-MN nicht deaktiviert. Im Vergleich zur Produktion zeigt sich, dass im Gegensatz zu den Erwartungen auch die TD-MN Kultur scheinbar inaktiviert bzw. die proteolytische Aktivität herabgesetzt wird (siehe Abbildung 3). Es ist jedoch anzumerken, dass es sich um eine geringe Zeitspanne handelt, in der keine Proteolyse auftritt. Vergleichbare Tests zur Inaktivierung von diesen Kulturen, aber auch zu vergleichbaren *Lb. helveticus* Kulturen sind in der Literatur nicht zu finden.

Für die Überprüfung des Bräunungsgrades wurde im Gegensatz zu Schuhmacher (2018) nicht nur ein optischer Vergleich gezogen, der oft subjektiven Aspekten unterliegt, sondern durch die Farb- und Helligkeitsmessung eine objektive und vergleichbare Grundlage geschaffen. Die erreichten Farbwerte sind auf Seite 24 zu finden. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Mukhurjee und Hutkins (1994) stellt sich aus den gewonnenen Ergebnissen für den b^* -Wert ein signifikanter Unterschied zwischen dem Standardkäse und dem Käse aus dem zweiten Versuch heraus. Der zweite Versuch wurde mit der TD-MN Kultur durchgeführt. Mukhurjee und Hutkins (1994) gaben an, dass der b^* -Farbwert keinen Aufschluss über den Grad der Bräunung gibt. Drei Jahre früher erfolgte durch Oberg et al (1991) die Aussage, dass nur der b^* -Farbwert signifikante Unterschiede erreicht und somit die Bräunung des Käses beschreibt. Oberg et al (1991) untersuchten jedoch nicht das eigentliche Bräunungsverhalten beim Überbacken, sondern vielmehr das Farbverhalten von Mozzarella während des Filierens und während der anschließenden Lagerung.

Der a^* -Farbwert von Mukhurjee und Hutkins (1994) ist vergleichbar mit den gewonnenen Ergebnissen auf Seite 24. So liegt der a^* -Farbwert bei 232°C für 2 Minuten zwischen -2,9 und 3,4. Der durch die beiden Forscher ermittelte L^* -Farbwert ist deutlich geringer, als die in den Versuchen eins und zwei erreichten Werte, siehe Seite 24.

Anders als Mukhurjee und Hutkins (1994) wurden für die vorliegende Arbeit *Sc. thermophilus* in einer höheren Menge genutzt und der prozentuale Anteil dieser Kultur ist im Verhältnis zur Milch wesentlich höher als die der *Lb. helveticus* Kultur.

Der produzierte Käse liegt in Bezug auf die Farbwerte somit über den Erwartungen, wenn man diese mit den Ergebnissen von Mukhurjee und Hutkins (1994) sowie mit den Ergebnissen von Matzdorf et al. (1994) vergleicht.

Matzdorf et al. beschrieben 1994 signifikante Unterschiede der L*- und a*-Werte, sodass diese für die Bräunung des Mozzarellas als Vergleich dienen. Auch die Ergebnisse auf Seite 24 unterstreichen diese Aussage.

In den Versuchen von Johnson und Olson (1985), in denen diese wenig bräunenden Mozzarella herstellten, lag das ΔE zwischen 58,7 und 63,9. Um ΔE zu berechnen, diente eine weiße Fliese als Vergleichsobjekt.

In der vorliegenden Bachelorarbeit lag jedoch das Augenmerk darauf, einen Käse zu entwickeln der wenig bräunt, jedoch gelblich erscheint. Die ΔE -Werte sind der Tabelle 4 auf Seite 24 zu entnehmen. Der Vergleich des ΔE mit einer Fliese, wie von Johnson und Olson (1985) vollzogen, für die vorliegende Arbeit nicht nötig. Aus diesem Grund lassen sich die ΔE -Werte der vorliegenden Arbeit nicht mit den in den Versuchen von Johnson und Olson (1985) ermittelten Werten vergleichen.

Die Ergebnisse der Zuckergehaltbestimmungen, siehe Tabelle 5 auf Seite 24, entsprechen nicht den Erwartungen, wenn man diese mit dem Schmelztest, siehe Tabelle 2 auf der Seite 22, aber auch mit den Farbwerten der Farb- und Helligkeitsbestimmung, siehe Tabelle 3 auf der Seite 24, vergleicht. Trotz des hohen Galactosegehaltes des zweiten Versuches wurde ein Käse produziert, der keine Bräunung aufweist. Wenn man die Ergebnisse des Zuckergehaltes von Schuhmacher (2018) mit den Werten auf Seite 25 vergleicht, ist ein deutlich höherer Galactosegehalt aus der vorliegenden Arbeit erkenntlich. Schuhmacher (2018) produzierte aufgrund einer Störung einen Käse, dem 7 m³ Molke entzogen und 3 m³ Waschwasser zugeführt worden sind. Durch die Störung hatte die benutzte RF-3 Kultur eine verlängerte Aktivitätszeit und konnte aus diesem Grund den Käsebruch bis zu einem pH-Wert von 5,1 durch Lactatbildung säuern. Der von Schuhmacher (2018) produzierte Käse mit 7,2 Units der RF-3 Kultur wies jedoch, trotz des niedrigen Galactosegehaltes von 0,48 Prozent, im Schmelztest eine Bräunung auf. Sowohl der Glucose-, als auch der Lactosegehalt lagen bei 0 Prozent.

Der erste Versuch der vorliegenden Arbeit, baute auf den von Schuhmacher (2018) gemachten Angaben auf und sollte ähnliche Werte hervorbringen. Diese Erwartung wurde jedoch nicht erfüllt. Lediglich im optischen Vergleich sehen die produzierten Käse nahezu identisch aus. Die Bräunung

des Käses, welcher im ersten Versuch hergestellt worden ist, ist deutlich auf die Maillard- Reaktion zurückzuführen. Die Maillard-Reaktion beginnt durch die reduzierenden Zucker Glucose und Galactose. Bei dem Versuch von Schuhmacher (2018) reicht der niedrige Galactosegehalt für eine Bräunung immer noch aus. Eine Reduzierung des Galactosegehaltes erfolgte unter Verwendung der RF-3 Kultur. Jedoch wird unter Beachtung der von Schuhmacher (2018) gemachten Angaben deutlich, dass die RF-3 Kultur erst signifikante Unterschiede zum Standardkäse erreicht, wenn ihre Dosierung höher ist, als die vom Hersteller empfohlene Dosierung. Diese Dosierung muss jedoch im Zusammenhang mit einer Erhöhung des Molkenentzugs und der Waschwassermenge angewendet werden. Des Weiteren benötigt diese Kultur einige Zeit, um die Galactose zu Lactat zu metabolisieren. Eine Erhöhung der Volumina von Molkenabzug und Waschwassermenge bedeutet jedoch immer auch eine Verlängerung der Prozesszeit, sodass weniger Käse in gleicher Zeit produziert werden.

Wenn man den Zuckergehalt des zweiten Versuches (siehe Seite 25), in welchem die TD-MN Kultur verwendet wurde, mit den Literaturwerten von Johnson und Olson (1985) vergleicht, ist ersichtlich, dass sowohl der gemessene Galactose- als auch der Lactosegehalt deutlich höher ist, als der von Johnson und Olson. Daher ist durch weitere Versuche mit der TD-MN Kultur eine weitere Reduzierung der Zuckergehalte möglich. Wie bereits in den Versuchen von Schuhmacher (2018) und im ersten Versuch der vorliegenden Arbeit ersichtlich, führen die Erhöhung der Waschwassermenge und des Molkenentzugs zu einer weiteren Reduzierung des Zuckergehaltes. Zusätzlich fällt im Vergleich zum Standardkäse auf, dass sowohl der Lactose- als auch der Glucosegehalt nicht reduziert ist. Im Vergleich zu den Versuchen von Schuhmacher (2018) zeigt sich jedoch durch Einbringung der RF-03 Kultur immer auch eine Senkung dieser Gehalte. So ist es möglich, dass die *Lb. helveticus* Kultur nur die Galactose verstoffwechselt und Lactose sowie wie Glucose nur von *Sc. thermophilus* abgebaut werden. Dies steht auch im Konflikt zu den Literaturwerten von Kammerlehner (2005).

Durch die Farbmessung aus dem Versuch mit der TD-MN Kultur wird jedoch ersichtlich, dass trotz des hohen Lactose-, Glucose- und Galactosegehaltes ein Käse erzeugt wurde, der wenig bräunt und die höchsten L-Farbwerte hervorbringt.

Jedoch müssen diese Werte durch weitere Versuche überprüft werden, da die Temperatur im Ofen für den vorangegangenen Schmelztest nicht konstant hält. So sinkt die Temperatur bei jedem Öffnen des Ofens um bis zu 10 °C, abhängig von der Dauer der Bestückung. Des Weiteren ist die Genauigkeit der verwendeten HPLC nicht untersucht. Es wird jedoch von einer Gesamtfehlerquote von etwa 3 Prozent ausgegangen, diese wird vor allem durch die Probenvor- und aufbereitung beeinflusst. Werden die erreichten Farbwerte in Bezug zum Zuckergehalt gesetzt, so zeigt sich

in dieser Arbeit, dass allein durch die signifikante Reduzierung des Galactosegehaltes im Vergleich zum Standardkäse eine Bräunung unterbleibt. Jedoch erzielte Schuhmacher einen noch geringeren Galactosegehalt, und die Gehalte von Lactose und Glucose waren nahezu 0 Prozent - dieser Käse wies allerdings Bräunung auf. Der Versuch mit der TD-MN Kultur sollte daher noch einmal durchgeführt und besonders die Temperatur des Ofens für den Schmelztest überprüft werden.

Für den sensorischen Teil dieser Arbeit ist zu erwähnen, dass der Milchsäuregehalt, siehe Seite 25, im Versuch mit der TD-MN Kultur niedriger ist als der des schnittfesten Mozzarellas ohne *Lb. helveticus* als Zusatzkultur. Dennoch wird dieser Käse, welcher mit der TD-MN Kultur hergestellt wurde, als sauer eingestuft. Auch der produzierte Käse des ersten Versuches, wird trotz niedrigen Milchsäure- aber auch Zitronensäuregehalt als sauer eingestuft.

Durch Reduzierung des Zuckers tritt die säuerliche Note des Käses aus dem Geschmacksprofil heraus. Für die sensorische Untersuchung von Mozzarella, welcher in der Bräunung reduziert war, nutzten Matzdorf et al (1994) ein Panel von 50 Studenten. Diese Studenten verkosteten Pizza, der einzige signifikante Unterschied war für dieses Panel die Farbe des Käses. Im Geschmacksprofil unterschieden sich die beiden Pizzen nicht. Matzdorf et al. (1994) gab jedoch zu bedenken, dass persönliche Präferenzen vorhanden sein können, die zu einer Abneigung gegenüber wenig bräunenden Käse führen.

Die in der vorliegenden Arbeit gewonnen Ergebnisse reihen sich in die Angaben der Literatur ein. Durch die Verwendung des *Lb. helveticus* als Zusatzkultur kann der Galactosegehalt im Käse reduziert werden, siehe Seite 25 und Tabelle 5. Durch eine Erhöhung des Molkenabzugs und der Waschwassermenge kann Einfluss auf die Reduzierung des Lactosegehaltes des Käses genommen werden, wenn man diesen mit schnittfestem Mozzarella vergleicht, welcher nur mit *Sc. thermophilus* hergestellt wurde. Eine zusätzliche Reduzierung des Galactosegehaltes konnte durch die realisierten Versuche nicht festgestellt werden, da für beide Versuche unterschiedliche Kulturen verwendet wurden. Um Aussagen über den Einfluss eines höheren Molkenabzuges und einer größeren Waschwassermenge tätigen zu können, müssen weitere Versuche erfolgen. So ist es notwendig, z.B. ohne Zusatzkultur oder unter Verwendung der TD-MN Kultur, adäquate Versuche durchzuführen.

Eine Reduzierung von Lactose, Glucose als auch Galactose beeinflusst nicht nur die funktionelle Eigenschaft- Bräunung, sondern auch den Geschmack, da durch eine Reduzierung mehr Lactat gebildet wird, aber ebenfalls auch die Säure bei geringerem Gehalt (siehe Tabelle 5 auf Seite 25, sowie Seite 26) hervortritt.

Die Reduzierung des Bräunungsverhaltens lässt sich objektiv durch eine Farbmessung festhalten und macht so die Bräunung vergleichbar. Dabei gelangt man zu dem Schluss, dass sich besonders durch den L*- und dem a*-Farbwert Aussagen zum Grad der Bräunung aufstellen lassen. Der b*-Farbwert ist, wie aus der vorliegenden Arbeit hervorgeht, nicht zu vernachlässigen und sollte immer in die Betrachtung mit einbezogen werden, da auch hier signifikante Unterschiede auftreten können.

Durch Vergleich der beiden Kulturen miteinander und den bereits gewonnenen Ergebnissen von Schuhmacher (2018), lässt sich darauf schließen, dass die TD-MN Kultur Galactose abbaut. Lactose wird durch diese Kultur auch gespalten, jedoch nimmt dieser Prozess mehr Zeit in Anspruch.

6 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war, das Bräunungsverhalten von schnittfestem Mozzarella zu reduzieren. Hierzu wurden in zwei großtechnischen Versuchen jeweils zwei Chargen schnittfester Mozzarella mit einem Fett in Trockenmassegehalt von 45 Prozent produziert. Für jeden Versuch wurde eine andere *Lb. helveticus* Kultur verwendet, mit dem Hintergrund, dass *Lb. helveticus* thermophil ist und Galactose verstoffwechselt. Diese bleibt bei der homofermentativen Milchsäuregärung von Lactose durch *Sc. thermophilus* im Käse, in unveränderter Form erhalten. Der erste Versuch baute auf den bereits gemachten Versuchen von Schuhmacher (2018) auf.

Um die Bräunung objektiv vergleichbar zu machen, wurde eine Farb- und Helligkeitsmessung im Anschluss an den Schmelztest durchgeführt. Ebenfalls wurden die Zucker Lactose, Galactose und Glucose im Käse durch eine HPLC bestimmt. Des Weiteren wurden die sensorischen Eigenschaften im Vergleich zum schnittfesten Mozzarella ohne Zusatzkultur mittels DLG- 5-Punkteskala erfasst.

Durch Verwendung des *Lb. helveticus* ist es möglich, die Zuckergehalte signifikant gegenüber einem schnittfesten Mozzarella, ohne Zusatzkultur, zu reduzieren. Dies geht mit einer Erhöhung des L*-Farbwertes einher, sodass der Käse nach dem Schmelztest heller erscheint. Der a*-Farbwert sinkt hingegen mit Abnahme des Zuckergehaltes. Der b*-Farbwert bleibt nahezu konstant, tendiert jedoch zur Abnahme. Die Reduzierung des Zuckers führt zu Lactatbildung, dies wiederum beeinflusst den Geschmack, sodass der Käse säuerlich wirkt, auch wenn weniger Lactat im Vergleich zum Standardkäse gebildet wurde.

Hinzuzufügen ist, dass die Kultur, welche in einer geringeren Menge (Units) eingesetzt wurde, zu der hier angeführten Produktionslinie zu langsam die Galactose abbaut. Mit den Ergebnissen von Schuhmacher (2018) stimmt dies überein. Erst durch Erhöhung der Molkenabzugs- und der Waschwassermenge werden signifikante Unterschiede zum Standard erreicht. Die zweite Kultur baut im Vergleich zur ersten Kultur schneller Galactose ab. Ohne Veränderung des Molkenabzuges und der Waschwassermenge wurde ein geringerer Galactosegehalt, im Vergleich zur anderen Kultur, erzielt. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass der Lactosegehalt und der Glucosegehalt im Vergleich zum Standardkäse jedoch nicht sanken. Es lässt sich daraus schlussfolgern, dass die Lactose-, aber auch die Glucosespaltung durch diese Kultur länger dauert, als die bereits durch Schuhmacher (2018) verwendete Kultur.

7 Abstract

The focus of this Bachelor thesis is on the reduction of mozzarella cheese browning. In this case *Lactobacillus helveticus* was used as an addition culture for the production. Two types of *Lb. helveticus* cultures were used for the experiments. Additionally, more wash water and increase whey reduction were used.

To compare the browning level of the cheeses the color and lightness were measured after a melting test. Also, the sugar content was analyzed by using a high-performance liquid chromatograph. One low browning cheese were produced – even if this cheese had a high galactose content.

The analyses of the sensory properties showed that the cheese can be described as sour. This is not a result of the lactate content which didn't rise significantly in the cheese. The acidic taste is an effect of sugar reduction.

8 Literaturverzeichnis

- Bachschneider, R.: Inaktivierungstest Helveticus zur Bräunungsreduktion. Bayerische Milchindustrie eG internes Dokument Wang: 2018
- Belitz, H.-D., Grosch, W., Schieberle, P.: Lehrbuch der Lebensmittelchemie. 6. Auflage. Berlin: Springer, 2008
- Dave, R. I., Sharman, P., McMahon D. J.: Melt and rheology properties of Mozzarella cheese as affected by starter culture and coagulating enzymes. *Lait* 83 (2003), S. 61-77
- Fielenbach, D., Hager, I.: Methodenbeschreibung der Bayerischen Milchindustrie. Wang: Juli 2018
- Fuchs, G., Schlegel, H.: Allgemeine Mikrobiologie. 10.Auflage. Stuttgart: Thieme, 2017
- Griffirhs, M. W., Tellez, A. M.: *Lactobacillus helveticus*: the proteolytic system. *Frontiers in microbiology* 4 (2013), Nr. 40, S. 1-9
- Hildebrandt, G., Schneider, B.: Sensorische Analyse: Methodenüberblick und Einsatzbereiche- Teil 1 DLG-Sensorik. DLG Arbeitsblätter (2009), Sensorik 02
- Jakob, E., Eugster, E., Fröhlich-Wyder, M.T.: Gärungsvorgänge im Käse. 3. Auflage Bern: agroscope Liebefeld-Posieux, 2005
- Jana, A. H., Mandal, P. K.: Manufacturing and quality of Mozzarella cheese-a review. *International Journal of Dairy Science* 4 (2011) Nr.6, S.199–226
- Jana, A. H., Tagalpallewar, G.P.: Functional properties of Mozzarella cheese for its end use application. *Journal of Food Science and Technology* 54 (2017) Nr. 12, S. 3766-3778
- Jana, A. H.: Mozzarella cheese and pizza-the compatible partners. *Beverage Food World* 10 (2001) Nr. 28, S.14 – 19
- Johnson, M., E., Olson, N. F.: Non enzymatic browning of mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science* 68 (1985), Nr. 12, S. 3143–3147
- Kammerlehner, J.: Käsereitechnologie. 3. Auflage. Hilden: B&L Mediengesellschaft mbH, 2015
- Käseverordnung: (i. d. F. v. 14.4.1986, zuletzt geändert durch Art. 18 V v. 5.7.2017) §§1 ff

Konica Mionolta: Exakte Farbkombination. Vom Farbgefühl bis zur objektiven Messung. 04.08.2008. http://www.cwaller.de/pcc_deutsch.pdf. Stand: 03.12.2018

Leibniz-Institut DSMZ GmbH: *Lactobacillus helveticus*. 17.06.2016. <http://https://www.dsmz.de/catalogues/details/culture/DSM-3748.07.01.2019>

Matzdorf, B., Cuppett, S. L., Keeler, L.J., Hutkins, R. W.: Browning of mozzarella cheese during high temperature pizza baking. *Journal of Dairy Science* 77 (1994), Nr. 10, S. 2850-2853

Merrill, R. K.: A Study of Factors Controlling Physical Properties of Mozzarella Cheese and the Manufacture of a Reduced Fat Mozzarella Cheese. Logan (Utah): Utah State University, 1993

Mukhurjee, K. K., Hutkins R. W.: Isolation of galactose-fermenting thermophilic cultures and their use in the manufacture of low browning mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science* 77 (1994), Nr: 10, S. 2839-2849

Nursten, H.: The Maillard Reacton. Chemistry, Biochemistry and Implications. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2005

Oberg, C. J., Merrill, R. K., Moyes, L.V., Brown, R. J., Richardson, G.H.: Effects of *Lactobacillus helveticus* Culture on Physical Properties of Mozzarella Cheese. *Journal of Dairy Science* 74 (1991) Nr. 12, S. 4101-4107

Riemelt, I., Bartel, B., Malczan, M.: *Michwirtschaftliche Mikrobiologie*. 2. Auflage. Hamburg: Behr's, 2007

Rimbach, G., Möhring, J., Ebersdobler, H. F.: *Lebensmittel-Warenkunde für Einsteiger*. 1. Auflage. Heidelberg: Springer, 2010

Schmitz-Schug, I.: Improving the nutritional quality of dairy powders – analyzing and modeling lysine loss during spray drying as influenced by drying kinetics, thermal stress, physical state and molecular mobility. 1. Auflage. München: Verlag Dr. Hut, 2014

Schuhmacher, Sara: Einbringung einer Zusatzkultur im Produktionsprozess von Mozzarella Block. 2018

Spreer, E.: *Technologie der Milchverarbeitung*. 10. Auflage. Hamburg: Behr's, 2011

Tetra Pak Processing GmbH: *Handbuch der Milch- und Molkereitechnik*. Essen: Verlag Th. Mann GmbH, 2012

Verordnung über die Zulassung von Zusatzstoffen zu Lebensmitteln zu technologischem Zweck (i. d. F. 29.01.1998, zuletzt geändert 5.7.2017) Teil C

Walther, B.: Milchsäure in Lebensmitteln und ihre Bedeutung für die menschliche Ernährung. ALP science 1 (2006), Nr. 505, S. 1-28

Widyastuti¹, Y., Lisdiyanti¹, P., Tisnadjaja, D.: Role of *Lactobacillus helveticus* on Flavor Formation in Cheese: Amino Acid Metabolism. *Annales Bogorienses* 18 (2014) Nr. 1, S: 1-12

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Käseprozess von schnittfestem Mozzarella.....	10
Abbildung 2: Filierungsprozess bis zur anschließenden Verpackung des Käses.....	11
Abbildung 3: Säuerungsverlauf des Inaktivierungstestes der RF-3 Kultur.....	21
Abbildung 4: Säuerungsverlauf des Inaktivierungstestes der TD-MN Kultur.....	22
Abbildung 5: pH-Wert-Verlauf der Milch bis zum Käse nach dem Salzbad.....	23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Versuchsrezepturen	15
Tabelle 2: Bräunungsverhalten der produzierten Mozzarellas.....	24
Tabelle 3: Farb- und Helligkeitsbewertung der unterschiedlichen Versuche und des Standards mit der dazugehörigen Standardabweichung	25
Tabelle 4: ermittelte ΔE der einzelnen Paarungen	25
Tabelle 5: Zuckergehalt der verschiedenen Versuche mit der dazugehörigen Standardabweichung	26
Tabelle 6: sensorische Bewertung des Mozzarellas	27

Verzeichnis der Anhänge

Anhang 1: Großtechnischer Versuchsantrag.....	39
Anhang 2: Spezifikation der RF-3 Kultur	40
Anhang 3: Spezifikation der TD-MN-Kultur.....	42

Anhang 1: Großtechnischer Versuchsantrag



GTV-Auftrag

 DOK: FB-UG-PE115
 Ausg.: 28.01.2013

Werk: Jessen

Ziel: Einsatz einer Zusatzkultur für Verkaufsware Mozzarella Block

GTV-Auftrag zu Projekt-Nr.:	Mozzarella Block Zusatzkultur von DSM (TD-MN 1/19)		
Beschreibung/Begründung	Durch Einsatz der Zusatzkultur ULTRA-GRO® DIRECT™TD-MN soll ein vermindertes Bräunungsverhalten beim Aufbacken erreicht werden (Kundenwunsch) <ul style="list-style-type: none"> • Mithilfe des Lactobacillus helveticus soll verstärkt Lactose und Galactose abgebaut werden • Reduzierung der Maillard- Reaktion (Bräunungseffekt) • 2 Packungen pro Fertiger 		
Produkt:	Mozzarella Block 45% für Reibe		
Produktionsort:	Jessen		
Produktionstag:	KW 3	MHD-Tage: 90	MHD Produktion: April 19 (KW 16)

Handelsbemusterung

Milchlager am:

Langzeit-GTV

UHT am:

Ansatzmenge:

Abfüllung am:

Anlage:

Lieferant	Rezeptur	Anteil (%)	Ist-Menge (kg)
-	-	-	4.200Kg
-	-	-	-
Verpackung	Artikel	Menge/Einheit	
-	3772068	4.200Kg → 2 Chargen	
-	-	-	

Abfüllmenge	Einheiten Produktion	Mustermenge PE	Mustermenge Labor	Mustermenge Vertrieb
2 Chargen	Siehe jeweiliges Produktionsprotokoll	Anfang/Mitte/Ende	-	-
Restmengen	Werden verwendet als:			
Regulärer Verkauf	ja			
Lagertest	ja			

Laboruntersuchung	Sollwert	Ergebnis

Beurteilung / Sensorik
Direkt vor Ort Produktion / Labor (Sensorisch/Chemisch/ Mikrobiologisch)

Beurteilung nach HACCP
Die Produktion entspricht dem vorhandenen HACCP-Konzept: <input checked="" type="checkbox"/> JA <input type="checkbox"/> NEIN
Bemerkung/Anderung HACCP: -
Freigabe durch HACCP-Team: <input checked="" type="checkbox"/> JA <input type="checkbox"/> NEIN

Anhang 2: Spezifikation der RF-3 Kultur



Product Specification Sheet

04/20/2018

DSM Food Specialties B.V.

ULTRA-GRO® DIRECT RF-3

Last revision: 15 February 2018

P.O. Box 1
2600 MA Delft
The Netherlands

1,8 Units - SKU 17098

www.dsm.com**Product Information**

Description	Concentrated lactic acid bacteria culture blend for direct inoculation into milk.
Form	Frozen starter as a free-flowing granular material (pelletised).
Appearance	Off-white to brown (the product color may vary from one batch to another without any effect on the efficiency of the product)
Application market	Cheddar No liability accepted in case of undue application <i>Lactobacillus helveticus</i>
Status	<ul style="list-style-type: none"> • Kosher approved • Halal approved • Culture and formulating agents of non GMO-origin. Detailed GM statement available upon request. • Contains milk. Detailed allergen statement available upon request.
Country of Origin	United States of America

Functionality

Single dose: use whole bag only.

Refer to the application data sheet or contact your sales account for the recommendation of use.

Chemical properties

Lead	Max 1 ppm
Mercury	Max 0.1 ppm
Cadmium	Max 0.5 ppm
Arsenic	Max 1 ppm

Based on reference method: EPA 3050 (acid digestion); EPA 3051 (acid digestion); EPA 6020 (ICP-MS); USP 731 (Loss on drying)



Microbiological properties

	Specification	Reference method
Coliforms	< 1 CFU/g	FDA, BAM Method Edition 8 Revision A, 1998
Coagulase positive staphylococci	< 1 CFU/g	ISO 6888-1:1999
Total non-lactic acid bacteria	< 500 CFU/g	IDF Std. 153:1991
<i>Enterobacteriaceae</i>	< 1 CFU/g	AOAC 2003.01
Yeasts & Molds	< 1 CFU/g	AOAC #997.02 / SMEDP
<i>Salmonella</i> ssp	absent in 25 g	BAX® System / AOAC #2003.09
<i>Listeria</i> species	absent in 25 g	BAX® System / AOAC #2003.12 RI 030502

Regulatory information

DSM cultures are legally manufactured for DSM Food Specialties B.V. according to production recommendations and sanitary measures as defined in the local applicable regulations. Local legislation should however be consulted before use of product. The product does not contain components or admixtures injurious to the health of the consumer. It is fit for food application.

Storage and shelf life

The product should be stored in the original sealed container.

The recommended storage temperature is - 45 °C (-49 °F)

Storage between - 50 °C (- 58 °F) and - 80 °C (- 112 °F) can extend shelf life.

Kept in the original packaging under the recommended storage condition, the product has an optimal shelf life of 12 months from the date of packaging.

Packaging

Available in different packaging sizes, please contact our sales representative for more information.

Frozen culture pellets are sealed in pouches.

On each individual product packaging the following information is reported: product name, batch number, best before date and net weight.

The culture blend is packed in sachets grouped in cardboard box or plastic bag.

Shipments are performed in polystyrene boxes with dry ice to ensure optimum quality.

Safety & Handling

Please refer to the Safety Data Sheet available on request.

Anhang 3: Spezifikation der TD-MN-Kultur



Product Specification Sheet

04/20/2018

DSM Food Specialties B.V.

ULTRA-GRO® DIRECT™ TD-MN

Last revision: 11 March 2016

P.O. Box 1
2600 MA Delft
The Netherlands

5 Units - SKU 16991

www.dsm.com

Product Information

Description	Concentrated lactic acid bacteria for direct inoculation into milk. for acidification and galactose utilization in the manufacture of Italian-type cheeses or as an adjunct for aged cheeses, reduced fat cheeses, and any other cheese applications benefiting from extra flavor development and reduction of off-flavors.
Composition	<i>Lactobacillus helveticus</i>
Country of Origin	United States of America
Status	<ul style="list-style-type: none"> • Kosher approved • Halal approved
Packaging	Frozen culture pellets are sealed in 500 gram pouches
Storage	A minimum storage temperature of -45°C (-49°F) is recommended. Storage between -50°C (-58°F) and -80°C (-112°F) can extend shelf life. Store pouches in original cardboard case and avoid direct contact with dry ice.
Shelf-life	12 months when stored at recommended storage temperature.

Recommendations for use**Do not thaw pouches of pellets prior to use.**

Frozen culture in pouches thaws quickly, minimize exposure time outside of frozen conditions.

It is **very important** that the entire package of this product pellets is used all at once. Due to varying densities of the pellets, these packages do not contain uniform blends so use of partial packages may result in inconsistent product performance.

When used in combination with a coccus culture:

1 x 500 gram pouch per 960 U.S. gallons (8,300 lbs / 3,600 liters) of milk

Complete Technical Bulletins on DSM's programs for accelerated cheese ripening and for reduced fat cheese production are available.



Microbiological properties

	Specification	Reference method
Coliforms	< 1 CFU/g	FDA, BAM Method Edition 8 Revision A, 1998
Coagulase positive staphylococci	< 1 /g	ISO 6888-1:1999
Non lactic acid bacteria	< 500 CFU/g	IDF Std. 153:1991
<i>Enterobacteriaceae</i>	< 1 CFU/g	AOAC 2003.01
Yeasts & Molds	< 1 CFU/g	AOAC #997.02 / SMEDP
<i>Salmonella</i> ssp	Absent / 25 g	BAX® System / AOAC #2003.09
<i>Listeria</i> species	Absent / 25 g	BAX® System / AOAC #2003.12 RI 030502

Head Office

DSM Food Specialties B.V.
A. Fleminglaan 1
P.O. Box 1
2600 MA Delft
The Netherlands
tel. +31 15 279 9111

USA

DSM Food Specialties USA Inc.
620 Progress Ave Waukesha
WI 53187
USA
Tel: 262.549.2500 /
800.342.5724

Australia

DSM Food Specialties Australia Pty
Ltd.
9 Moorebank Avenue
NSW 2170, Moorebank
Australia
Tel: +61 (2) 877 89800

Although diligent care has been used to ensure that the information provided herein is accurate, nothing contained herein can be construed to imply any representation or warranty for which we assume legal responsibility, including without limitation any warranties as to the accuracy, currency or completeness of this information or of non-infringement of third party intellectual property rights. The content of this document is subject to change without further notice. This document is non-controlled and will not be automatically replaced when changed. Please contact us for the latest version of this document or for further information. Since the user's product formulations, specific use applications and conditions of use are beyond our control, we make no warranty or representation regarding the results which may be obtained by the user. It shall be the responsibility of the user to determine the suitability of our products for the user's specific purposes and the legal status for the user's intended use of our products.

©DSM Food Specialties B.V. | A. Fleminglaan 1 | 2613 AX Delft | The Netherlands | info.food@dsm.com | Trade Register Number 27235344

Erklärung über die selbstständige Anfertigung der Arbeit

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt habe, und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Ich erkläre weiterhin, dass die abgegebenen elektronischen Fassungen mit der eingereichten Arbeit identisch sind.

Ort, Datum

Unterschrift: Schuhmacher, Sara