(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PATENTSCHRIFT

(12) Wirtschaftspatent

(11) DD 255 472 B1

Teilweise bestätigt gemäß § 18 Absatz 1 Patentgesetz der DDR vom 27. 10. 1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) A 23 C 19/024
A 23 C 19/05
A 23 C 19/028

DEUTSCHES PATENTAMT

(21)	DD A 23 C / 295 767 8	(22)	31. 10. 86	(45)	28. 01. 93
				(44)	06. 04. 88

(72) Wunderlich, Wolf, Dr. agr. Dipl.-Ing.; Johst, Frank, Dr.-Ing. Dipl.-Ing.; Borgwardt, Jörg, Dr. rer. nat. Dipl.-Leb.-Chem.; Mehnert, Dieter, Dr.-Ing. Dipl.-Ing., DE

(73) Institut für Milchwirtschaft, Sachsenhausener Straße 7, O - 1400 Oranienburg, DE

(54) Verfahren zur Herstellung von Käse aus Milchproteinkonzentraten

ISSN 0433-6461

5 Seiten

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Herstellung von Käse aus Milchproteinkonzentraten, die durch Ultrafiltration von Milch gewonnen werden, durch Zusatz von Säuerungskulturen und proteolytischen Enzymen und anschließende Bearbeitung des Koagulums und Reifung der geformten und gesalzenen Käsemasse, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Milch nach einer partiellen enzymatischen Proteolyse und intensiven Mechanolyse bei gleichzeitiger fraktionierender Konzentrierung kontinuierlich im laminaren Strömungsbereich durch Zugabe eines Reaktionsgemisches koaguliert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß die partielle enzymatische Proteolyse der Milch bei einem *p*H-Wert im Bereich von 6,2 bis 6,8 durch 0,0005 bis 0,002 Gerinnungseinheiten eines proteolytischen Enzyms je 1 000 l Milch für 15 bis 50 min erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß die intensive Mechanolyse bei Strömungsgeschwindigkeiten $> 1{,}5\,ms^{-1}$ und Spaltbreiten von 0,5 bis 2,0 mm erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß die fraktionierende Konzentrierung durch semipermeable Membranen mit einem cut-off-Wert > 10 000 bis zu einem Anstieg des Proteingehaltes von 6,0 bis 18% und die Einstellung eines Protein-Calcium-Verhältnisses von 40:1 bis 90:1 erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß der Koagulations-*p*H-Wert des Milchproteinkonzentrates direkt durch kontinuierliche Zudosierung von Säuerungskultur auf Werte von 5,6 bis 6,4 eingestellt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß durch Zugabe eines Reaktionsgemisches des Protein-Calcium-Verhältnis im Milchproteinkonzentrat auf 10:1 bis 30:1 und die Konzentration der proteolytischen und/oder lipolytischen Enzymkomponente auf 0,02 bis 0,1 Enzymeinheiten je 1 000 l Milchproteinkonzentrat eingestellt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** daß die Koagulation im laminaren Strömungsbereich bei Re < 1 000 und Strömungsgeschwindigkeiten von 0,03 bis $0{,}18\,ms^{-1}$ erfolgt.
8. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet,** daß die partielle enzymatische Proteolyse durch eine Erhitzung des sensibilisierten Milchproteinkonzentrates auf Temperaturen von 75 bis 125 °C für 3 s bis 15 min abgebrochen wird.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Käse, vorzugsweise Weichkäse und halbfestem Schnittkäse, aus Milchproteinkonzentraten, die durch Ultrafiltration von Milch gewonnen werden.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Die bekannten Verfahren zur Herstellung von Käse aus durch Ultrafiltration gewonnenen Milchproteinkonzentraten sind dadurch gekennzeichnet, daß durch den Verfahrensschritt der Ultrafiltration der Trockensubstanzgehalt der Ausgangsmilch in unterschiedlichem Maß erhöht wird. Der anschließende Käseherstellungsprozeß wird dadurch effektiver, weil bei Verarbeitung gleicher Volumeneinheiten wesentlich höhere Ausbeuten erzielt werden.
So ist es möglich, durch die Ultrafiltration der Milch ein Milchproteinkonzentrat herzustellen, dessen Endkonzentration der des Rohkäses entspricht. Ein dazu beschriebenes Verfahren (DE-AS 2 035 534) sieht eine Diafiltration des gewonnenen Konzentrates vor, um den Mineralstoffgehalt zu vermindern. Anschließend erfolgt nach Zugabe von Säuerungskulturen und Gerinnungsenzymen die Verarbeitung in herkömmlicher Weise entsprechend der gewünschten Käsesorte.
Der Nachteil dieses Verfahrens besteht darin, daß die Diafiltration einen zusätzlichen anlagentechnischen und Arbeitsaufwand bedeutet und mit einer Reduzierung des Lactoseanteils verbunden ist. Dadurch können Aktivitätsminderungen der käsereitechnologisch wichtigen Säuerungskulturen und nachteilige Veränderungen des Reifungsverlaufes besonders im ersten Reifungsstadium des Käses auftreten. Weiterhin können die Milchproteinkonzentrate nach der Koagulation aufgrund der hohen Festigkeit der Gallerte nicht mehr mit herkömmlichen Geräten bearbeitet werden.
Es ist weiter ein Verfahren zur Verarbeitung von Milchproteinkonzentraten mit einem sogenannten Bandkoagulator bekannt (DE-OS 1 810 154). Die Koagulation der Konzentrate erfolgt dabei im Stillstand. Anschließend wird durch mechanisierte Bearbeitungsgeräte der Bruch traditionell bearbeitet. Die traditionelle Verarbeitung von Milchproteinkonzentraten bei beiden Verfahren über Käsebruch zu Rohkäse hat jedoch den Nachteil, daß die biochemischen Vorgänge langsamer als bei der herkömmlichen Bruchbearbeitung mit intensivem Lactose- und Laktataustausch zwischen Bruch und Molke verlaufen. Die Vermehrung der Milchsäurebakterien wird auch durch die hohen Trockensubstanzgehalte der Konzentrate verzögert. Die so hergestellten Käse erreichen deshalb den erforderlichen Gehalt an Milchsäure zu langsam, so daß die Reibung anormal verläuft.

Die mit der traditionellen Bruchbearbeitung bei Milchproteinkonzentraten verbundenen Probleme umgeht ein weiteres Verfahren (DE-OS 2545847), indem das auf die Endkonzentration des Rohkäses eingestellte Milchproteinkonzentrat nach einer Temperaturbehandlung mit Säuerungskultur und Gerinnungsenzymen versetzt und direkt in Formen abgefüllt wird, um dort zu koagulieren und zu verfestigen. Das dabei entstehende Endprodukt ist eine homogene, untypische dichte Masse, deren Konsistenz nicht der der vergleichbaren, herkömmlichen Käsesorten entspricht. Weiterhin kann die Entwicklung der Milchsäurebakterien und die Säurebildung nur unzureichend gesteuert werden.
Ein anderes Verfahren (DE-OS 2424031) ermöglicht durch die Ultrafiltration und Konzentrierung bereits koagulierter Milch eine bessere Steuerung des Säuerungsverlaufes während der Koagulationsphase. Aus dem so gewonnenen Konzentrat können aber ausschließlich nichtreifende Käsesorten wie Frischkäse oder Speisequark hergestellt werden. Eine Anwendung für die Herstellung reifender Käsesorten führt zu Erzeugnissen mit kurzer, bröckliger Struktur und minderer Qualität.
Weitere Verfahren (DE-OS 3344383; DE-OS 2659677) beinhalten eine kontinuierliche Verarbeitung von Milchproteinkonzentrat zu Käse. Das ultrafiltrierte Milchproteinkonzentrat wird dabei in Rohrsystemen nach Zusatz von Säuerungskultur und Gerinnungsenzym innerhalb der herkömmlichen Gerinnungszeiten von 15 min koaguliert und das Koagulum am Austritt aus der Rohrschlange in Portionen geschnitten. Auch bei diesem Verfahren liegt der Nachteil in einem verzögerten Säuerungsverlauf im Koagulum sowie einer nachteiligen Beeinflussung des Reifungsverlaufes und der Qualität des Käses.
Die Koagulation von ultrafiltrierten Milchproteinkonzentraten in Rohrsystemen bei Stillstand und das anschließende Ausschieben des Koagulums sieht das Verfahren gemäß WO 83/03523 vor. Der Nachteil dieses Verfahrens liegt zunächst in der Notwendigkeit des Koagulierens bei Stillstand des Systems. Ultrafiltrierte Milchproteinkonzentrate erreichen besonders bei höheren Konzentrationsverhältnissen, entsprechend 1:3 und darüber, nach der Koagulation extrem hohe Viskosität und Festigkeit. Das Ausdrücken dieser koagulierten Konzentrate aus dem Rohrsystem durch nicht koaguliertes Konzentrat führt zwangsläufig zur Zerstörung des Koagulums an den Randzonen des Rohres, besonders bei den vorgegebenen hohen Austritts- bzw. Zulaufgeschwindigkeiten bis zu 0,33 ms^{-1}, sowie zu Vermischungs- und Störzonen im Berührungsbereich von nicht koaguliertem und koaguliertem Konzentrat. Dadurch ergeben sich bei der Abfüllung des koagulierten Konzentrates schwerwiegende qualitative Nachteile für das Endprodukt.
Die wesentlichsten Nachteile der bekannten Verfahren zur Herstellung von Käse aus Milchproteinkonzentraten, die durch Ultrafiltration von Milch gewonnen werden, sind begründet durch die Verschiebungen im Gleichgewicht der Milchinhaltsstoffe bei der Ultrafiltration, insbesondere beim Lactosegehalt und dem Protein-Calcium-Verhältnis. Verzögerungen beim Säuerungs- und Reifungsverlauf der so hergestellten Käse treten auf. Der veränderte Säuerungs- und Reifungsverlauf führt zu Endprodukten, deren Qualität sich grundlegend, insbesondere bezüglich der Konsistenz, von der nach herkömmlichen Verfahren hergestellter Käse unterscheidet.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung ist es, ein anlagentechnisch und arbeitsökonomisch effektives Verfahren zur Herstellung von Käse, insbesondere von Weichkäse und halbfestem Schnittkäse, aus durch Ultrafiltration gewonnenen Milchproteinkonzentraten bei gleichzeitiger Sicherung und Einhaltung der sortentypischen Qualitätsmerkmale und unter Verringerung des Grundmaterialeinsatzes zu entwickeln.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, durch eine Kombination von intensiver mechanischer Behandlung, begrenzter enzymatischer Reaktion sowie Konzentrierung die Milchproteine so zu aktivieren, daß die Koagulation des im Prozeßverlauf entstehenden Milchproteinkonzentrates sowie die Weiterverarbeitung zu Käse vollkontinuierlich im Durchfluß erfolgen kann, ohne daß Verzögerungen im Säuerungs- und Reifungsverlauf auftreten.
Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Milch nach einer partiellen enzymatischen Proteolyse und intensiven Mechanolyse bei gleichzeitiger fraktionierender Konzentrierung kontinuierlich im laminaren Strömungsbereich durch Zugabe eines Reaktionsgemisches koaguliert wird.
Die partielle enzymatische Proteolyse und intensive Mechanolyse wird dadurch erreicht, daß der Milch bei *p*H-Werten von vorzugsweise 6,2 bis 6,8 Enzyme, vorzugsweise Gerinnungsenzyme, in Spuren von 0,0005 bis 0,002 Gerinnungseinheiten je 1000 l Milch zugesetzt werden und die Milch unter turbulenter Strömung und Strömungsgeschwindigkeiten von $\geq 1{,}5\ ms^{-1}$ durch Kanäle mit einer Spaltbreite von 0,5 bis 2,0 mm, die durch semipermeable Membranen mit einem cut-off-Wert > 10000 begrenzt werden, gefördert wird. Dabei sind Arbeitstemperaturen von vorzugsweise 30 bis 45°C einzuhalten. Die Dauer der partiellen Proteolyse wird auf 15 bis 50 min begrenzt. Durch die im Verlauf des mechanolytisch-proteolytischen Sensibilisierungs- und Aktivierungsprozesses gleichzeitig erfolgende fraktionierende Konzentrierung der makromolekularen Milchbestandteile wie Caseine und Molkenproteine und die gleichzeitige Abführung der löslichen Milchbestandteile wie Lactose, Calciumionen, Nichtproteinstickstoff, wird die Konzentration der Proteinbestandteile auf 6,0 bis 18,0% in der Milch erhöht.
Mit der Abtrennung der löslichen Milchkomponenten über die semipermeablen Membranen erfolgt ebenfalls der Entzug der bei der partiellen Proteolyse anfallenden Proteinspaltprodukte. Damit wird eine nachteilige Beeinflussung der Milchkonzentrate durch Bitterpeptide vermieden.
Durch den Entzug der löslichen Calciumionen aus der Milch wird die Gerinnung der Milch während des Aktivierungs- und Konzentrierungsprozesses verhindert, da für die Auslösung der Koagulation eine Mindestkonzentration an Ca-Ionen erforderlich ist. Vorzugsweise wird zur Vermeidung der Koagulation während des Aktivierungsvorganges ein Protein-Calcium-Verhältnis von 40:1 bis 90:1 eingestellt.

Die unter diesen Bedingungen gewonnenen Ca-sensiblen Milchproteinkonzentrate können anschließend sofort einer Temperaturbehandlung bei 75 bis 125°C und einer Heißhaltezeit von 3s bis 15min unterzogen werden, um die partielle Proteolyse abzubrechen. Anschließend wird auf Lagertemperatur von 4 bis 8°C bzw. auf Inkubationstemperatur von 25 bis 45°C abgekühlt. Bei Lagerungstemperaturen von 4 bis 8°C kann das Konzentrat mehrere Tage gelagert werden.
Das unter den genannten Bedingungen aktivierte und Ca-Ionen sensitive Milchproteinkonzentrat kann anschließend im Durchfluß kontinuierlich koaguliert und zu Käse weiterverarbeitet werden.
Das sensibilisierte Milchproteinkonzentrat wird bei Inkubationstemperaturen von 25 bis 45°C einem Rohrkoagulator zugeführt. Dabei wird zunächst eine für die gewünschte Käsesorte typische Mikroorganismenkultur zudosiert und der *p*H-Wert der Milchproteinkonzentrate auf Werte von 5,6 bis 6,6 eingestellt. Die Koagulation des Konzentrates wird durch die nachfolgende kontinuierliche Zudosierung eines Reaktionsgemisches aus Calciumsalzen und geringen Mengen proteolytisch aktiver und/oder lipolytisch aktiver Enzyme bewirkt. Dabei erfolgt eine Einstellung des Protein-Calcium-Verhältnisses auf 10:1 bis 30:1 und eine Zuführung von 0,02 bis 0,1 Enzymeinheiten je 1000l Konzentrat. Das Reaktionsgemisch besteht aus 10 bis 15% Calciumlactat, 15 bis 30% Calciumcitrat, 15 bis 30% Calciumhydrogenphosphat sowie 25 bis 50% eines proteolytischen Enzyms wie z.B. Chymosin, Pepsin oder mikrobielle Protease bzw. einem Gemisch aus 20 bis 40% Proteasen und 5 bis 10% eines beliebigen lipolytischen Enzyms. Diese Komponenten werden in Wasser im Verhältnis 1:13 bis 1:16 gelöst und in dieser Verdünnung dem Milchproteinkonzentrat zudosiert.
Die Zusammensetzung der Calciumsalze des Reaktionsgemisches kann in weiten Grenzen variieren. Derartige Salze sind als Käsereizusatzstoffe z.B. „Chlorophat" handelsüblich (siehe SPREER, E. Technologie der Milchverarbeitung, Fachbuchverlag Leipzig 1988, 6. Auflage, S. 285–286).
Infolge der Ca-Sensibilität des Milchproteinkonzentrates erfolgt die Koagulation als Folge der Vernetzungsreaktion der Milchproteine mit Calcium- und Phosphatsalzen innerhalb von 30s bis 15min je nach Käsesorte und gewähltem Protein-Calcium-Verhältnis. Gleichzeitig wird die Kontraktionsfähigkeit des Casein-Molkenprotein-Gels durch das exakt eingestellte Protein-Calcium-Verhältnis erhöht und die Molkensynärese in Abhängigkeit von der Milchproteinkonzentration beschleunigt. Diese speziellen, durch das erfindungsgemäße Verfahren erzielten, Koagulationseigenschaften ermöglichen eine kontinuierliche Koagulation des Milchproteinkonzentrates in Rohrsystemen bei streng laminaren Strömungsbedingungen ($Re < 1000$) und Durchflußgeschwindigkeiten von vorzugsweise 0,03 bis 0,18 ms^{-1}, ohne das koagulierende Konzentrat strukturell zu zerstören.
Der unter diesen Bedingungen gewonnene Bruch gleicht dem traditionell aus Milch hergestellten Käsebruch.
Der aus den koagulierten und dickgelegten Milchproteinkonzentraten gewonnene Käsebruch wird im Rohrsystem kontinuierlich geschnitten. Unmittelbar nach Austritt der geschnittenen Bruchwürfel werden diese direkt in Formen oder Form- und Portioniermaschinen abgefüllt.
Mit dem beschriebenen Verfahren ist es möglich, vorzugsweise alle bekannten Sorten von reifendem Weichkäse und halbfestem Schnittkäse herzustellen.
Die technisch-ökonomischen Auswirkungen der Erfindung bestehen darin, daß sowohl die Vorteile einer Konzentrierung der Käsereimilch durch Ultrafiltration bezüglich Kapazitätsauslastungen der Käsereianlagen als auch die arbeitsökonomischen und arbeitsorganisatorischen Vorteile eines kontinuierlichen Käseherstellungsprozesses effektiv genutzt werden, ohne daß Qualitätsverschlechterungen oder Abweichungen vom herkömmlichen Standard des Endproduktes auftreten.
Weitere Vorteile liegen in der Verkürzung der technologischen Prozeßzeiten und der Reifungsdauer des Käses, wodurch gegenüber herkömmlichen Verfahren erhebliche Kosteneinsparungen erzielt werden.

Ausführungsbeispiele

Die Erfindung wird nachstehend an vier Beispielen erläutert.

Beispiel 1
Zur Herstellung von Salzlakenkäse werden je 1000l Milch mit einem Fettgehalt von 3,2% und einem *p*H-Wert von 6,6 bei 38°C mit 0,001 Gerinnungseinheiten eines Labextraktes 1:20000 versetzt und kontinuierlich in einer Ultrafiltrationsanlage bei einer Arbeitstemperatur von 38°C, einer Druckdifferenz von 0,3MPa und einer Strömungsgeschwindigkeit von 2,9 ms^{-1} auf einen Proteingehalt von 12,85% und ein Protein-Calcium-Verhältnis von 65:1 eingestellt. Anschließend wird das Milchproteinkonzentrat mit einer Gesamttrockenmasse von 27,5% in einem Plattenwärmeübertrager auf 125°C für 3s pasteurisiert und auf Lagerungstemperatur von 8°C abgekühlt. Nach einer Zwischenlagerung von 16h wird das Milchproteinkonzentrat auf 35°C temperiert. Das erwärmte Konzentrat wird mittels einer Dosierpumpe mit einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,06 ms^{-1} durch einen Rohrkoagulator (Rohrdurchmesser = 29mm) gepumpt. Vor Eintritt des Konzentrates in den Reaktor werden über eine weitere Dosierpumpe 250 cm^3min^{-1} eines Gemisches mesophiler und thermophiler Käsereikulturen (1:1) zudosiert, wodurch ein *p*H-Wert im Konzentrat von 6,0 eingestellt wird. Über ein weiteres Dosiersystem erfolgt unmittelbar danach die Zugabe von 3,0 cm^3min^{-1} des Reaktionsgemisches, wodurch eine Enzymkonzentration von 0,04 Enzymeinheiten pro 1000l Konzentrat sowie ein Protein-Calcium-Verhältnis von 25:1 eingestellt wird. Die Dicklegung des Konzentrates ist nach 4min abgeschlossen, und das Koagulum wird mittels einer in den Rohrkoagulator eingebauten Vorrichtung geschnitten. Nach einer weiteren Verweilzeit von 15min bei gleichbleibender Strömungsgeschwindigkeit von 0,06 ms^{-1} tritt das Bruch-Molke-Gemisch aus dem Koagulator und wird in einer Form- und Portioniermaschine portioniert. Nach Abschluß einer Thermalphase von 30min wird der Rohkäse im Salzbad gesalzen und anschließend in Dosen mit Salzlake abgepackt.

Beispiel 2
Zur Herstellung von Camembert-Käse werden je 1000l Milch mit einem Fettgehalt von 2,6% und einem *p*H-Wert von 6,5 bei 32°C mit 0,0005 Gerinnungseinheiten eines Labextraktes 1:20000 versetzt und kontinuierlich in einer Ultrafiltrationsanlage bei 32°C, einer Druckdifferenz von 0,2MPa und einer Strömungsgeschwindigkeit von 2,7 ms^{-1} auf einen Proteingehalt von 10,4% und ein Protein-Calcium-Verhältnis von 43:1 eingestellt. Anschließend wird das mechanolytisch und proteolytisch aktivierte

Milchproteinkonzentrat mit einer Gesamttrockenmasse von 26,1 % in einem Plattenwärmeübertrager auf 95°C für 5 min pasteurisiert, auf Inkubationstemperatur von 32°C gekühlt und sofort ohne Zwischenlagerung mittels Dosierpumpe mit einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,095 ms^{-1} durch einen Rohrkoagulator gepumpt. Vor Eintritt des Konzentrates in den Koagulator werden über eine weitere Dosierpumpe 750 cm^3min^{-1} eines Gemisches einer mesophilen Käsereikultur und Weißschimmelkultur mit einem Trockenmassegehalt von 15 % zudosiert, wodurch ein *p*H-Wert von 5,8 eingestellt wird. Über ein weiteres Dosiersystem erfolgt die Zugabe von 5,4 cm^3min^{-1} des Reaktionsgemisches, wodurch eine Enzymkonzentration von 0,08 Enzymeinheiten pro 1 000 l Konzentrat sowie ein Protein-Calcium-Verhältnis von 12:1 eingestellt wird. Die Dicklegung des Konzentrates ist nach 3 min abgeschlossen, nach einer weiteren Verweilzeit von 10 min bei konstanter Strömungsgeschwindigkeit von 0,095 ms^{-1} im Rohrkoagulator wird das Gel geschnitten und das Bruch-Molke-Gemisch über eine Form- und Portioniereinrichtung abgefüllt.
Nach Erreichen eines *p*H-Wertes von 5,3 im Rohkäse wird im Salzbad gesalzen und anschließend in traditioneller Weise der Käse gereift. Für das Erreichen der Genußreife sind nur 60 % der üblichen Reifungszeit erforderlich.

Beispiel 3
Zur Herstellung von Edelpilzkäse werden je 1 000 l Milch mit einem Fettgehalt von 3,2 % und einem *p*H-Wert von 6,6 bei 38°C mit 0,002 Gerinnungseinheiten eines Labextraktes 1:20 000 versetzt und kontinuierlich ultrafiltriert, wobei eine Arbeitstemperatur von 38°C, eine Druckdifferenz von 0,4 MPa und eine Strömungsgeschwindigkeit von 3,2 ms^{-1} eingehalten werden. Die Käsereimilch wird auf einen Proteingehalt von 16,2 % und ein Protein-Calcium-Verhältnis von 87,5:1 eingestellt. Anschließend wird das Konzentrat mit einer Gesamttrockenmasse von 31,8 % in einem Plattenwärmeübertrager auf 78°C für 2 min pasteurisiert und auf Inkubationstemperatur von 32°C gekühlt. Über ein Dosiersystem wird vor Eintritt in den Rohrkoagulator ein Gemisch einer mesophilen Käsereikultur und Schimmelpilzkultur in einer Menge von 350 cm^3min^{-1} zudosiert und der *p*H-Wert des Konzentrates auf 6,4 eingestellt. Über ein weiteres Dosiersystem erfolgt die Zugabe des Reaktionsgemisches mit 4 cm^3min^{-1}, wodurch eine Enzymkonzentration von 0,02 Enzymeinheiten je 1 000 l Konzentrat sowie ein Protein-Calcium-Verhältnis von 30:1 eingestellt wird. Die Dicklegung des Konzentrates ist nach 10 min abgeschlossen. Nach einer weiteren Verweildauer von 15 min bei gleichbleibender Strömungsgeschwindigkeit von 0,12 ms^{-1} wird das Koagulat geschnitten, gesalzen und in Formen abgefüllt. Die weitere Behandlung der Rohkäse erfolgt in traditioneller Weise.

Beispiel 4
Zur Herstellung von Tollenser Käse werden je 1 000 l Milch mit einem Fettgehalt von 2,8 % und einem *p*H-Wert von 6,65 bei 36°C mit 0,001 Gerinnungseinheiten eines Labextraktes 1:20 000 versetzt und kontinuierlich ultrafiltriert, wobei eine Arbeitstemperatur von 36°C, eine Druckdifferenz von 0,4 MPa, Spaltbreite von 0,5 mm zwischen den semipermeablen Membranen mit einem cut-off-Wert von 11 800 sowie eine Strömungsgeschwindigkeit von 2,8 ms^{-1} eingehalten werden. Die Käsereimilch wird auf einen Proteingehalt von 10,4 und ein Protein-Calcium-Verhältnis von 43:1 eingestellt. Anschließend wird die partielle enzymatische Proteolyse im Milchproteinkonzentrat mit einer Gesamttrockenmasse von 26,1 % durch Erhitzen in einem Plattenwärmeübertrager auf 95°C für 5 min abgebrochen. Danach wird das Konzentrat auf 32°C gekühlt und mittels einer Dosierpumpe mit einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,095 ms^{-1} durch einen Rohrkoagulator gepumpt. Vor Eintritt des Konzentrates in den Koagulator werden über eine weitere Dosierpumpe 200 cm^3min^{-1} einer thermophilen Käsereikultur zudosiert, wodurch ein *p*H-Wert von 6,2 eingestellt wird. Danach erfolgt über ein Dosiersystem die Zugabe von 3 cm^3min^{-1} des Reaktionsgemisches, wodurch eine Enzymkonzentration von 0,04 Enzymeinheiten je 1 000 l Konzentrat sowie ein Protein-Calcium-Verhältnis von 25:1 eingestellt wird. Die Dicklegung des Konzentrates ist nach 4 min abgeschlossen, und das Koagulum wird mittels einer in den Rohrkoagulator eingebauten Vorrichtung geschnitten. Nach einer weiteren Verweilzeit von 10 min bei gleichbleibender Strömungsgeschwindigkeit von 0,095 ms^{-1} erfolgt in einem Röhrenwärmeübertrager eine Erwärmung des Bruch- Molke-Gemisches auf 38°C bei gleichzeitiger Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit auf 0,3 ms^{-1}. Nach einer Verweilzeit von 15 min bei diesen Temperatur- und Strömungsbedingungen wird das aus dem Rohrsystem austretende Bruch-Molke-Gemisch über eine Form- und Portioniereinrichtung abgefüllt. Nach Erreichen eines *p*H-Wertes von 5,3 im Rohkäse wird im Salzbad gesalzen und der Käse in herkömmlicher Weise weiter behandelt und gereift.