



(12) Wirtschaftspatent

(11) DD 268 618 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 19/02  
A 23 C 19/076

## DEUTSCHES PATENTAMT

(21) DD A 23 C / 312 962 8

(22) 16.02.88

(45) 07.06.89

(44) 03.01.91

(71) VEB Wissenschaftlich-technisch-ökonomisches Zentrum der Milchindustrie, Sachsenhausener Straße 7,  
Oranienburg, 1400, DD

(72) Borgwardt, Jörg, Dr. rer. nat. Dipl.-Leb.-Chem.; Wunderlich, Wolf, Dr. agr. Dipl.-Ing.; Schmalfeldt, Bernd,  
Dipl.-Ing.; Lange, Joachim, Dr. Dipl.-Ing., DD

(54) Verfahren zur Herstellung von Frischkäseerzeugnissen

(55) Frischkäse; Speisequark; Buttermilcherzeugnis; Sauerrahmerzeugnis; Ultrafiltration; Anlage; Protein; Fett;  
Trockenmasse; Strömungsgeschwindigkeit; Grenzviskosität; Druck; Qualität

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Frischkäseerzeugnissen wie Speisequark, Buttermilch- und Sauerrahmerzeugnisse unter Anwendung der Ultrafiltration. Es sollen durch Veränderung der verfahrenstechnischen Parameter der Ultrafiltration die physiko-chemischen Eigenschaften des Frischkäseerzeugnisses so beeinflusst werden, daß die Milchinhaltsstoffe Eiweiß und Fett nahezu vollständig ausgenutzt werden bei gleichzeitiger Verbesserung der Effektivität der Ultrafiltrationsanlagen und Erhöhung der Qualität des Frischkäseerzeugnisses. Dazu wird die Konzentrierung des Frischkäsebruches während des Ultrafiltrationsprozesses in der 1. Prozeßstufe bis zu einem Gehalt an fettfreier Trockenmasse von 8 bis 10 % und einer Grenzviskosität von  $4,5 \cdot 10^{-3} \text{ Nsm}^{-2}$  bei einer Strömungsgeschwindigkeit von  $1,5 \text{ bis } 2,0 \text{ ms}^{-1}$  und einem Betriebsdruck von 0,30 bis 0,40 MPa, in der 2. Prozeßstufe bis zu einem Gehalt an fettfreier Trockenmasse von 10 bis 14 % und einer Grenzviskosität von  $80 \cdot 10^{-3} \text{ Nsm}^{-2}$  bei einer Strömungsgeschwindigkeit von  $1,0 \text{ bis } 1,5 \text{ ms}^{-1}$  und einem Betriebsdruck von 0,40 bis 0,55 MPa und in der Endprozeßstufe bei einem Gehalt an fettfreier Trockenmasse von mehr als 14 % und einer Grenzviskosität von über  $80 \cdot 10^{-3} \text{ Nsm}^{-2}$  bei einer Strömungsgeschwindigkeit von  $0,12 \text{ bis } 0,25 \text{ ms}^{-1}$  bei einem Betriebsdruck von 0,80 bis 1,20 MPa durchgeführt.

## Patentanspruch:

Verfahren zur Herstellung von Frischkäseerzeugnissen aus auf den Endsäuregehalt gesäuerter, koagulierter Milch, Buttermilch oder Sahne mittels Ultrafiltration bei Temperaturen von 35 bis 65°C, dadurch gekennzeichnet, daß die Konzentrierung des Frischkäsebrüches während des Ultrafiltrationsprozesses in der 1. Prozeßstufe bis zu einem Gehalt an fettfreier Trockenmasse von 8 bis 10% und einer Grenzviskosität von  $4,5 \cdot 10^{-3} \text{ Nsm}^{-2}$  bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 1,5 bis  $2,0 \text{ ms}^{-1}$  und einem Betriebsdruck von 0,30 bis 0,40 MPa, in der 2. Prozeßstufe bis zu einem Gehalt an fettfreier Trockenmasse von 10 bis 14% und einer Grenzviskosität von  $80 \cdot 10^{-3} \text{ Nsm}^{-2}$  bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 1,0 bis  $1,5 \text{ ms}^{-1}$  und einem Betriebsdruck von 0,40 bis 0,55 MPa und in der Endprozeßstufe bei einem Gehalt an fettfreier Trockenmasse von mehr als 14% und einer Grenzviskosität von über  $80 \cdot 10^{-3} \text{ Nsm}^{-2}$  bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,12 bis  $0,25 \text{ ms}^{-1}$  bei einem Betriebsdruck von 0,80 bis 1,20 MPa durchgeführt wird.

## Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Frischkäseerzeugnissen wie Speisequark, Buttermilch- und Sauerrahmerzeugnisse unter Anwendung der Ultrafiltration.

## Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Die Anwendung der Ultrafiltration zur Herstellung von verschiedenen Milchprodukten wie Weichkäse, nichtreifender Käse, Sauermilchgetränke ist in den letzten Jahren vielfach erprobt worden. Ziel dieser Arbeiten zum Einsatz der Ultrafiltration in der Milchindustrie ist im allgemeinen eine Ausbeutesteigerung von etwa 20 bis 25% durch die Mitverwertung der in der Milch enthaltenen Molkenproteine, die gegenwärtig als lösliche Proteinfraction in die Molke übergehen und damit für die Käseherstellung nicht genutzt werden.

Für die Herstellung von verschiedenen Weichkäsesorten, einiger nichtreifender Käsesorten, die Herstellung von Sauermilchgetränken und die Milcheiweißstandardisierung wird die Ultrafiltration heute bereits in technischem Umfang genutzt. Die Herstellung reifender Käsesorten wie Hartkäse aus ultrafiltrierter Milch bereitet besonders durch einen veränderten Reifungsverlauf und untypische Konsistenz noch erhebliche technische und technologische Probleme.

Auch die Herstellung von Frischkäse mit einer den Verbrauchererwartungen entsprechenden sahnigen, cremigen Konsistenz ist bis heute technisch und technologisch nicht gelöst. Bei der Frischkäseherstellung durch Ultrafiltration werden zwar die erwarteten hohen Ausbeutesteigerungen von etwa 25% erreicht, die Qualität des Käses ist jedoch nicht zufriedenstellend. Nach dem von MAUBOIS entwickelten Verfahrensprinzip werden die Milch- und Molkenproteine gemeinsam bei einem pH-Wert von 6,2 bis 6,4 auf den für das jeweilige Käseprodukt gewünschten End-Trockenmassegehalt durch Ultrafiltration konzentriert. Das erhaltene Konzentrat wird mit Käsekeimkulturen und der erforderlichen Labmenge versetzt. Nach Säuerung bis zum gewünschten Säuregrad wird das Käseprodukt abgepackt und ggf. weiterbehandelt. Nach diesem, für die gesamte Ultrafiltrations-Käseertechnologie grundlegenden Verfahren, werden durch die vollständige Mitverwertung der Molkenproteine in dem Frischkäse optimale Ausbeutesteigerungen von 25 bis 30% erreicht. Die Qualität der gewonnenen Frischkäseprodukte entspricht jedoch nicht den Verbrauchererwartungen, so werden Geschmacksfehler wie pappig, leimig und bitter genannt (GÜNGERICH, north europ. dairy J., Vanloose 47 [1981] 7, S. 212). Das Auswaschen der als Ursache für die Geschmacksfehler verantwortlichen Calciumverbindungen durch Diafiltration führte nicht zu einer wesentlichen Qualitätsverbesserung.

Auch die Vorsäuerung der Milch auf pH 5,3 bis 5,4 und anschließende Eiweißkonzentrierung durch Ultrafiltration und ggf. Diafiltration löste die Qualitätsprobleme nur zum Teil (FLÜELER und PUHAN: dt. Milchwirtschaft, Gelsenkirchen-Buer 28 [1977] 21, S. 676; PUHAN und GALLIMANN, north europ. dairy J., Vanloose 47 [1981] 1, S. 4). Der bittere Geschmack konnte nicht beseitigt werden. Zusätzlich treten bei diesem Verfahren beim Frischkäse Konsistenzfehler wie griesig und molkelässig auf. Mit einem weiteren Verfahrensprinzip, nach dem die Milch in herkömmlicher Weise auf den End-Säuregrad gesäuert und anschließend durch Ultrafiltration dieses Brüches sowohl Kasein als auch die Molkenproteine konzentriert werden, sollten die Geschmacks- und Konsistenzfehler beseitigt werden. Durch die Säuerung auf einen pH-Wert von 4,4 bis 4,6 werden die Ca-Ionen, die die Ultrafiltrationsmembranen passieren können, aus den Ca-Verbindungen freigesetzt. Auf diese Weise, oft in Verbindung mit der Diafiltration zur Verbesserung des Auswascheffektes für Ca-Ionen, konnte Frischkäse mit dem natürlichen Calcium- und Aschegehalt hergestellt werden. Die Geschmacksfehler wie bitter, pappig wurden damit beseitigt (BÄUERLE, VALENTA und KESSLER; Dt. Molkerei-Ztg., München 105 [1984] 12, S. 356). Noch auftretende Konsistenzfehler wie griesig und molkelässig, sollten durch Temperaturvorbehandlung der eingesetzten Käseimilch verhindert werden. Für die Käseimilch wurden „Temperierungen“ von 5 bis 15 min bei 90 bis 95°C vorgeschlagen. Unter diesen Bedingungen tritt eine Denaturierung der Molkenproteine ein, die wiederum zu Gefügefehlern wie griesig und molkelässig führt. Daneben ist der Säuerungsvorgang des „Milchbrüches“ bei der Ultrafiltration kaum zu kontrollieren und zu steuern. Durch die bei der Ultrafiltration eintretenden Temperaturschwankungen von 30 bis 50°C und unterschiedliche Verweilzeiten des Brüches in der Ultrafiltrationsanlage ist der End-Säuregrad des Frischkäses breiten Schwankungen unterworfen, das heißt, die pH-Schwankungen und damit die Qualitätsschwankungen, sind von Frischkäsecharge zu Frischkäsecharge sehr hoch.

Zur Verbesserung der Konsistenz des Frischkäses, insbesondere zur Verringerung der Molkelässigkeit vgl. nach DE-OS 1 909 199 eine Behandlung von Frischkäse oder Sauermilch mittels Ultraschall vorgeschlagen. Die Behandlung der Milch oder des Frischkäses erfolgt kontinuierlich oder diskontinuierlich bei Frequenzen von 16 bis 1000 kHz, bei Temperaturen von 0,5 bis 40°C,

insbesondere bei Zimmertemperatur. Zur Verhinderung geschmacklich negativer Beeinträchtigungen wird die Ultraschallbehandlung von fettreichen Produkten vorzugsweise in einer Inertgas-Atmosphäre durchgeführt. Durch die vorgenommene Ultraschallbehandlung wird eine Senkung der Molkelässigkeit des Frischkäses um max. 50% erreicht. Das in der DE-OS 1909199 vorgeschlagene Verfahren zur Verringerung der Molkelässigkeit durch Ultraschallbehandlung verringert zwar die Molkelässigkeit des Frischkäses, führt aber zu einer nur unbedeutenden Verbesserung der Konsistenz. Der außerordentlich hohe technische und ökonomische Aufwand der Ultraschallbehandlung, besonders der Ultraschallbehandlung unter Inertgas, wird durch die erreichte Strukturverbesserung nicht gerechtfertigt. Aus diesen Gründen ist die technische Anwendung des Verfahrens bisher nicht erfolgt.

Ein Verfahren zur Herstellung von streichfähigen Rahmfrischkäseprodukten mit weichem Gefüge wird auch in der DE-OS 3030628 beschrieben. Danach wird eine Mischung von Milchfett mit 42% Fett und eingedickter Magermilch mit 30% Trockenmasse hergestellt und bei 76,7°C 17 s pasteurisiert. Die erhaltene Mischung wird auf Raumtemperatur abgekühlt und in einem Inkubationstank mit Rahm-Frischkäse-Starterkultur gesäuert. Die Säuerung erfolgt 8 bis 13 h, bis ein pH-Wert von 4,5 bis 5,1 erreicht ist. Nach Beendigung der Fermentation wird die gebildete fermentierte Rahm-Frischkäsezubereitung mittels Rührereinrichtung zerkleinert, dann nochmals auf 73,9 bis 76,7°C erhitzt, um die Einarbeitung von Salz und Stabilisatoren wie Johannisbrotkernmehl zu erleichtern. Anschließend erfolgt ein Vermischen mit einem Rahm-Frischkäsebruch mit festem Gefüge und eine Homogenisierung des Gemisches bei einem Homogenisierdruck von mindestens 110 bar. Durch diese aufwendige Behandlung wird ein Frischkäseprodukt mit weichem, streichfähigem Gefüge erzielt.

Das vorgeschlagene Verfahren zur Herstellung von Frischkäse mit weichem, streichfähigem Gefüge durch zweifache Pasteurisation und anschließende Hochdruckhomogenisation wird nur für Frischkäseprodukte mit hohem Fettgehalt von mindestens 30% Fett in Trockenmasse eingesetzt. Frischkäseprodukte mit hohem Fettgehalt weisen nach dem Homogenisieren eine weiche Konsistenz auf, so daß die hier vorgeschlagene technisch und technologisch sehr aufwendige Verfahrensführung nicht notwendig ist. Weiterhin ist der Zusatz von Fremdstoffen, wie Stabilisatoren in Milchprodukten unerwünscht, bei diesem Verfahren jedoch unumgänglich.

Die bisher angewendeten Verfahren zur Herstellung von Frischkäse unter Anwendung der Ultrafiltration zur Verwertung der Molkenproteine haben eine Reihe von Nachteilen, die dazu führten, daß sich diese Verfahren industriell nicht durchsetzen konnten.

So führen die Verfahren zur Frischkäseherstellung durch Anwendung der Ultrafiltration zur Konzentrierung von Milch bei natürlichem pH-Wert von 6,2 bis 6,4 auf den Endtrockenmassegehalt und anschließende fermentative Säuerung des Milchkonzentrates zu Ausbeutesteigerungen von 25 bis 30%. Die Qualität des Käses kann jedoch nicht befriedigen. Es treten die Fehler pappig, leimig und bitter auf. Diese Fehler lassen sich auch nicht durch Auswaschen der für die Fehler verantwortlich gemachten Ca-Ionen durch Diafiltration beseitigen.

Eine Vorsäuerung der Milch zur Freisetzung der Ca-Ionen aus dem Ca-Kasein-Komplex und anschließende Ultrafiltration führt zwar zur Verminderung der genannten Fehler, kann sie jedoch nicht beseitigen. Zusätzlich treten bei diesem Verfahren beim Frischkäse Konsistenzfehler wie grießig und molkelässig auf. Bei der Säuerung der Milch auf den End-pH-Wert des Frischkäseproduktes und die anschließende Ultrafiltration dieses Quarkbruches werden zwar die Geschmacksfehler durch weitgehende Ca-Ionen-Entfernung beseitigt, die Konsistenzprobleme jedoch wie die Fehler molkelässig und grießig, treten verstärkt hervor. Diese lassen sich auch nicht durch die vorgenommene Milchvorbehandlung umgehen. Zusätzlich ist der Milchsäuerungsvorgang des Quarkbruches bei der Ultrafiltration starken Schwankungen unterworfen, so daß starke pH-Wert-Schwankungen und damit Qualitätsschwankungen der Produkte auftreten.

Die Verfahren zur Verbesserung der Konsistenz von Frischkäse durch Ultraschallbehandlung führen zwar zu einer Strukturverbesserung, jedoch steht der technische, technologische und ökonomische Aufwand in keinem Verhältnis zu den erreichten Verbesserungen.

Konsistenzverbesserungen von Frischkäse sollen auch durch zweimalige Pasteurisation und Homogenisation unter Zusatz von Stabilisatoren erreicht werden. Auch in diesem Fall ist der technische und ökonomische Aufwand unverhältnismäßig hoch. Zusätzlich müssen Stabilisatoren verwendet werden und die Molkenproteine werden nicht mitverwertet.

## Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, Frischkäseerzeugnisse durch Ultrafiltration so herzustellen, daß die Milchinhaltsstoffe Eiweiß und Fett nahezu vollständig ausgenutzt werden bei gleichzeitiger Verbesserung der Effektivität der Ultrafiltrationsanlagen und Erhöhung der Qualität des Frischkäseerzeugnisses.

## Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, durch Veränderung der verfahrenstechnischen Parameter der Ultrafiltration die physiko-chemischen Eigenschaften des Frischkäseerzeugnisses so zu beeinflussen, daß die Milchinhaltsstoffe Eiweiß und Fett bei der Ultrafiltration nahezu vollständig in das Frischkäseerzeugnis übergehen, wobei eine Verbesserung der Leistungsfähigkeit der Ultrafiltrationsanlage durch eine höhere Filtratstromdichte der Membranen erzielt und eine sahnige, cremige Konsistenz des Frischkäseerzeugnisses erreicht wird.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Konzentrierung des Frischkäsebruches während des Ultrafiltrationsprozesses in der 1. Prozeßstufe bis zu einem Gehalt an fettfreier Trockenmasse von 8 bis 10% und einer Grenzviskosität von  $4,5 \cdot 10^{-3} \text{ Nsm}^{-2}$  bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 1,5 bis 2,0 m/s bei einem Betriebsdruck von 0,30 bis 0,40 MPa, in der 2. Prozeßstufe bis zu einem Gehalt an fettfreier Trockenmasse von 10 bis 14% und einer Grenzviskosität von  $80 \cdot 10^{-3} \text{ Nsm}^{-2}$  bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 1,0 bis 1,5 m/s und einem Betriebsdruck von 0,40 bis 0,55 MPa und in der Endprozeßstufe bei einem Gehalt an fettfreier Trockenmasse von mehr als 14% und einer Grenzviskosität von über  $80 \cdot 10^{-3} \text{ Nsm}^{-2}$  bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,12 bis 0,25 m/s bei einem Betriebsdruck von 0,80 bis 1,2 MPa durchgeführt wird.

Das Verfahren zur Herstellung von pastösen, cremigen Frischkäseerzeugnissen unter Anwendung der Ultrafiltration ist so gestaltet, daß die in herkömmlicher Weise auf den Endsäuregehalt gesäuerte, koagulierte Milch, Buttermilch oder Sahne mittels Ultrafiltration auf den Endtrockenmassegehalt konzentriert wird, wobei die Ultrafiltrations-Prozeßparameter Strömungsgeschwindigkeit und Betriebsdruck in Abhängigkeit vom Trockenmassegehalt und der Viskosität des Frischkäseerzeugnisses bzw. seiner Vorstufe so angepaßt werden, daß beim jeweiligen Verfahrenspunkt optimale Prozeßparameter für die Leistungsfähigkeit der Ultrafiltrationsanlage und die Konsistenz des erhaltenen Frischkäses erreicht werden.

So werden während des Ultrafiltrationsprozesses die zu bearbeitenden Produkte in Abhängigkeit vom fettfreien Trockenmassegehalt von 7 bis 22 % und der Viskosität von  $1,5 \cdot 10^{-3}$  bis  $9 \text{ Nsm}^{-2}$  mit Strömungsgeschwindigkeiten von 0,12 bis 2,0 m/s und Betriebsdrücken von 0,3 bis 1,2 MPa behandelt.

Es hat sich überraschenderweise als zweckmäßig erwiesen, mit steigender Viskosität ab  $80 \cdot 10^{-3} \text{ Nsm}^{-2}$  des Produktes die Strömungsgeschwindigkeit in der Ultrafiltrationsanlage extrem zu senken und den Betriebsdruck zu erhöhen, um Produkte mit glatter, geschmeidiger, pastöser, cremiger Konsistenz zu erzielen, ohne die Leistungsfähigkeit der Ultrafiltrationsanlage, das heißt die Filtratstromdichte für das zu behandelnde Produkt wesentlich zu beeinträchtigen. So werden bis zum Erreichen eines Trockenmassegehaltes von 8 bis 10 % fettfreier Trockenmasse, das entspricht bei fettarmen Produkten einer Viskosität von  $\leq 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ Nsm}^{-2}$ , Strömungsgeschwindigkeiten von vorzugsweise 1,5 bis 2,0 m/s angewendet. Der Betriebsdruck unter diesen Bedingungen wird mit 0,3 bis 0,40 MPa relativ niedrig gewählt. Die Arbeitstemperaturen bei der Ultrafiltration betragen 32 bis 62 °C, wobei mit steigendem Fettgehalt der Erzeugnisse auch höhere Arbeitstemperaturen gewählt werden.

In diesem Bereich geringen Trockenmassegehaltes erfolgt auf Grund der noch geringen Viskosität  $< 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ Nsm}^{-2}$  bei der vorliegenden Strömungsgeschwindigkeit von 1,5 bis 2,0 m/s durch die geringen Wandschubspannungen  $\tau_w < 1,5 \text{ kg/ms}^2$  noch keine irreversible Beeinträchtigung der rheologischen Eigenschaften und des strukturviskosen Verhaltens der Sauermilchprodukte. Die Filtratstromdichte der Ultrafiltrationsanlage weist unter diesen Bedingungen den Optimalwert auf, da die Konzentrationspolarisation über den Membranen völlig abgebaut wird.

Bei Fortführung der Konzentrierung über diese Viskositätsgrenze hinaus kommt es bei gleichbleibenden Strömungs- und Druckverhältnissen in der Ultrafiltrationsanlage zu wesentlich höheren Schub- und Scherkräften, die Wandschubspannungen können Werte von  $10 \text{ kg/ms}^2$  übersteigen und damit zu einer Zerstörung der micellaren Strukturen des Eiweißes und zu einer Beeinträchtigung der rheologischen Eigenschaften des Produktes führen. Bis zu einem Viskositätswert von  $80 \cdot 10^{-3} \text{ Nsm}^{-2}$ , das entspricht einem Trockenmassegehalt an fettfreier Trockenmasse von 10 bis 13 %, wird deshalb die Strömungsgeschwindigkeit auf 1,0 bis 1,5 m/s gesenkt und gleichzeitig der Betriebsdruck auf 0,40 bis 0,55 MPa gesteigert. Hierdurch werden die Schub- und Scherkräfte auf einen Wert gesenkt, der zu keiner negativen Beeinträchtigung der rheologischen Eigenschaften des Produktes führt. Die Ultrafiltrations-Prozeßparameter gestatten jedoch noch einen nahezu vollständigen Abbau der Konzentrationspolarisation über den Membranen und damit eine nahezu optimale Filtratstromdichte und Leistungsfähigkeit der Ultrafiltrationsanlage.

Bei Fortführung der Konzentrierung über diese Viskositätsgrenze hinaus bei den genannten Strömungs- und Druckbedingungen kommt es durch die extremen, exponentiell ansteigenden Schub- und Scherkräfte – die Wandschubspannung kann auf Werte von  $\tau_w > 100 \text{ kg/ms}^2$  ansteigen – zu einer irreversiblen Zerstörung der micellaren Netzstrukturen der Proteine und der Eiweißkomplexe und -konglomerate und damit zu einer Schädigung und irreversiblen Beeinträchtigung der rheologischen Eigenschaften der Frischkäseprodukte. Die Struktur der Erzeugnisse ist dann, wie in der Literatur oft beschrieben, stark molkelässig und suppig. Um diesen irreversiblen Abbau der Strukturviskosität zu vermeiden und Produkte mit glatter, cremiger Konsistenz zu gewinnen, erfolgt die weitere Ultrafiltration der Medien bis zu einer gewünschten Endkonzentration der Trockenmasse bei Viskositätswerten  $> 80 \cdot 10^{-3} \text{ Nsm}^{-2}$  bei extrem verminderten Strömungsgeschwindigkeiten und erhöhten Betriebsdrücken in der Ultrafiltrationsanlage. Die Strömungsgeschwindigkeit liegt vorzugsweise im Bereich von 0,12 bis 0,25 m/s, während der Betriebsdruck auf 0,8 bis 1,2 MPa erhöht wird.

Üblicherweise geht mit der Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit auch eine Erniedrigung des Betriebsdruckes einher. Durch diese Kombination der extrem erniedrigten Strömungsgeschwindigkeit und dem extrem ansteigenden Betriebsdruck wird erreicht, daß die während der Ultrafiltration auftretenden Schub- und Scherkräfte so vermindert werden, daß das strukturviskose Verhalten der Milcherzeugnisse vollständig erhalten bleibt und unter diesen Bedingungen Frischkäseerzeugnisse mit einer glatten, cremigen Konsistenz bei maximaler Ausnutzung der Milchinhaltsstoffe Eiweiß und Fett erzielt werden. Zur Erzielung dieser Frischkäseerzeugnisse mit hervorragenden Konsistenzeigenschaften ist es auch nicht erforderlich, die Ausgangsprodukte, wie in der Literatur beschrieben, thermisch extrem zu belasten, um die gewünschten Konsistenzeigenschaften zu erreichen. Die thermische Vorbehandlung der unfermentierten Milch oder Sahne kann bei Temperaturen von 75 bis 85 °C bei Heißhaltezeiten von 0,5 bis 3 min erfolgen.

Bei den bei der Ultrafiltration genannten geringen Strömungsgeschwindigkeiten von 0,12 bis 0,24 m/s erfolgt üblicherweise ein rapider Abfall der Filtratstromdichte durch Deckschichtbildung auf der Membran und die Ausbildung der Konzentrationspolarisation, die bei der Ultrafiltration von Milch bald zu einem völligen Erliegen der Leistung führen.

Das in den ersten beiden Stufen des Ultrafiltrationsprozesses ausgebildete Strukturverhalten des Frischkäseproduktes, das sich durch eine globuläre, micellare Netzstruktur der Proteine auszeichnet, gestattet auch unter den genannten Strömungs- und Druckbedingungen eine Ultrafiltration mit nur geringer Deckschichtbildung und damit einer hohen Filtratstromdichte. Die Zerstörung der gebildeten, globulären micellaren Strukturen des Frischkäseproduktes, zum Beispiel durch zu hohe Schub- und Scherkräfte oder Temperaturen, führt zur Ausbildung von fibrillären Proteinstrukturen, die zu einem rapiden Abfall der Filtratstromdichte und zu den genannten Konsistenz- und Gefügefehlern, wie molkelässig, pappig führen.

Die Einhaltung aller genannten Prozeßparameter ist für das Erzielen hoher Filtratstromdichten und einer cremigen Konsistenz von entscheidender Bedeutung. Aber auch die Eigenschaften des gesäuerten Ausgangsproduktes beeinflussen die Qualität des Frischkäseproduktes und die Filtratstromdichte der Ultrafiltrationsmembranen. Die Säuerung der Ausgangsmilch oder -sahne muß soweit erfolgen, daß sich die globuläre, micellare Proteinstruktur herausgebildet. Eine nicht gesäuerte oder nur ansaure Milch ist nicht geeignet; der pH-Wert der Ausgangsmilch sollte von pH 4,25 bis 4,35 nicht wesentlich abweichen und der Bruch soll eine glatte Konsistenz aufweisen. Die Ausbildung des Bruches kann positiv beeinflusst werden, indem ein Teil des in der ersten Ultrafiltrations-Vorverfahrensstufe abgetrennten Filtrates in den Ausgangsbruch zurückgeführt wird, bis dieser die gewünschten Eigenschaften aufweist. Durch die zugeführte natürliche Milchsäure wird das Säuerungsverhalten verbessert. Eine

Übersäuerung des Bruches tritt durch diese „Säureregulierung“ nicht ein, da überschüssige Säure in der 2. und 3. Ultrafiltrationsprozeßstufe wieder entfernt wird. Auf diese Weise kann durch die Säureregulierung eine gleichbleibende Konsistenz des Frischkäseproduktes und konstante Filtratstromdichte der Membranen gewährleistet werden.

### Ausführungsbeispiele

Das erfindungsgemäße Verfahren wird nachstehend an vier Beispielen erläutert.

#### Beispiel 1

10000l Milch werden separiert und bei 85°C 5 min pasteurisiert und auf Inkubationstemperatur von 25 bis 27°C gekühlt. Die Dicklegung der Milch erfolgt 16h mit einem Zusatz von 60l Kultur und 10ml Ostra-Lab 1:20000. Nach Erreichen des pH-Wertes von 4,3 bis 4,4 wird der Bruch kräftig durchgerührt. Der Käsebruch wird über ein Vorlaufgefäß der ersten Ultrafiltrationsprozeßstufe zugeführt, die in drei Ultrafiltrationstrenneinheiten realisiert wird. In den Trenneinheiten wird bei einer Überströmung von  $35\text{ m}^3\text{h}^{-1}$  und einer Strömungskanalhöhe von 0,7 mm eine Strömungsgeschwindigkeit von  $1,7\text{ ms}^{-1}$  realisiert. Während der Zirkulation des Bruches durch die drei Trenneinheiten steigt der Trockenmassegehalt auf 9,7% und die Viskosität von  $1,8 \cdot 10^{-3}\text{ Nsm}^{-2}$  auf  $4,2 \cdot 10^{-3}\text{ Nsm}^{-2}$  an. Der Betriebsdruck in der Ultrafiltrationsanlage beträgt 0,32 bis 0,38 MPa. Der Quarkbruch tritt nach dem Durchströmen der dritten Trenneinheit in die zwei Ultrafiltrationstrenneinheiten der zweiten Prozeßstufe. Diese beiden Trenneinheiten zeichnen sich durch eine Überströmung von  $35\text{ m}^3\text{h}^{-1}$  bei einer Kanalhöhe von 1,3 mm aus. Es wird eine Überströmungsgeschwindigkeit von  $1,2\text{ ms}^{-1}$  realisiert. Der Betriebsdruck wird auf 0,52 bis 0,54 MPa eingestellt. Beim Durchströmen des Bruches durch die zwei Trenneinheiten steigt der Trockenmassegehalt auf 13,0% an, die Viskosität der Lösung erhöht sich von  $4,2 \cdot 10^{-3}$  auf  $76,4 \cdot 10^{-3}\text{ Nsm}^{-2}$ . Nach Erreichen dieser Werte tritt das Produkt in die Endprozeßstufe, die ebenfalls aus zwei Trenneinheiten besteht, ein. In ihr erfolgt die Konzentrierung auf den Endtrockenmassegehalt von 18,2% mit einer Viskosität von  $7,54\text{ Nsm}^{-2}$ . Diese Werte werden bei einem Druck von 0,82 und 1,05 MPa bei Überströmungsgeschwindigkeiten von 0,14 und  $0,18\text{ ms}^{-1}$  bei einer Kanalhöhe von 3,0 mm und einem Überströmvolumen von  $8000\text{ l h}^{-1}$  erreicht. Die erzielte Filtrationsstromdichte beträgt in der ersten Prozeßstufe  $52,2\text{ l h}^{-1}\text{ m}^{-2}$ ,  $44,1\text{ l h}^{-1}\text{ m}^{-2}$  in der zweiten Stufe und  $38,4\text{ l h}^{-1}\text{ m}^{-2}$  in der Endkonzentrationsstufe. Die Arbeitstemperatur bei der Ultrafiltration beträgt 24 bis 36°C. Der erhaltene Magerquark weist eine glatte cremige Konsistenz auf, die durch das Abkühlen auf 6°C stabilisiert wird. Aus 10000l Milch wurden 2325 kg Quark gewonnen. Das entspricht einem Milchverbrauch von 4,2l je kg Quark. Im Vergleich dazu werden bei der herkömmlichen Technologie 5,4l Milch je kg Quark benötigt.

#### Beispiel 2

10000l Buttermilch mit einem Trockenmassegehalt von 7,5% und einem Fettgehalt von 0,2% mit einer Viskosität von  $1,7 \cdot 10^{-3}\text{ Nsm}^{-2}$  wird einem dreistufigen Ultrafiltrationsprozeß mit Ultrafiltrationsmembranen mit einem Cut-off-Wert von 20000 unterworfen. Die erste Ultrafiltrationsstufe wird in zwei Trenneinheiten realisiert, die eine Überströmung von  $35\text{ m}^3\text{h}^{-1}$  bei einer Strömungskanalhöhe von 0,7 mm aufweisen. Damit wird in der Trenneinheit eine Strömungsgeschwindigkeit von  $1,7\text{ ms}^{-1}$  erreicht. Während der Zirkulation des Bruches durch die Trenneinheiten steigt der Trockenmassegehalt auf 9,8% und die Viskosität auf  $4,4 \cdot 10^{-3}\text{ Nsm}^{-2}$  an. Der Betriebsdruck bei den Trenneinheiten beträgt 0,34 und 0,38 MPa. Der Buttermilchbruch wird von der zweiten Trenneinheit in die erste Trenneinheit der zweiten Prozeßstufe gedrückt. Die zweite Prozeßstufe besteht gleichfalls aus zwei Trenneinheiten. Diese Trenneinheiten weisen eine Kanalhöhe von 1,3 mm auf, wodurch bei einer Überströmung von  $35\text{ m}^3\text{h}^{-1}$  eine Strömungsgeschwindigkeit von  $1,2\text{ ms}^{-1}$  in der Trenneinheit realisiert wird. Der Betriebsdruck wird auf 0,52 und 0,55 MPa eingestellt. Während des Durchströmens der Trenneinheiten steigt der Trockenmassegehalt von 9,8% auf 13,8% an, die Viskosität der Lösung erhöht sich auf  $78,0 \cdot 10^{-3}\text{ Nsm}^{-2}$ . Die dritte Prozeßstufe, die Endkonzentrationsstufe, besteht gleichfalls aus zwei Trenneinheiten. Sie weisen eine Kanalhöhe von 3,0 mm auf, bei der bei einer Überströmung von  $8\text{ m}^3\text{h}^{-1}$  eine Strömungsgeschwindigkeit von 0,18 und  $0,22\text{ ms}^{-1}$  erzielt wird. Der Betriebsdruck wird auf Werte von 0,85 und 0,95 MPa eingestellt. Es wird ein Buttermilchquark mit einer glatten, cremigen Konsistenz, der einen Trockenmassegehalt von 18,6 und eine Viskosität von  $3,27\text{ Nsm}^{-2}$  aufweist, hergestellt. Die Filtratstromdichten betragen  $48,4\text{ l h}^{-1}\text{ m}^{-2}$  in der ersten Stufe,  $44,6\text{ l h}^{-1}\text{ m}^{-2}$  in der zweiten Stufe und  $41,4\text{ l h}^{-1}\text{ m}^{-2}$  in der Endkonzentrationsstufe. Aus den 10000l Buttermilch wurden 2350 kg Buttermilchquark hergestellt. Damit beträgt der Verbrauch an Buttermilch pro kg Quark 4,05l. Im Vergleich dazu ist nach der herkömmlichen Buttermilchquarktechnologie ein Verbrauch von 6 bis 7l/kg erforderlich.

#### Beispiel 3

10000l Vollmilch mit einem Fettgehalt von 2,5% und einer Viskosität von  $1,8 \cdot 10^{-3}\text{ Nsm}^{-2}$  wird wie in Beispiel 1 mit Kultur und Lab dickgelegt und der im Beispiel 1 aufgeführten Ultrafiltrationsanlage zugeführt und einem dreistufigen Ultrafiltrationsprozeß unterzogen. Die Strömungsgeschwindigkeiten und Betriebsdrücke werden wie im Beispiel 1 eingestellt. In der ersten Prozeßstufe wird eine Viskosität von  $4,0 \cdot 10^{-3}\text{ Nsm}^{-2}$  und eine Filtratstromdichte von  $38,6\text{ l h}^{-1}\text{ m}^{-2}$  bei 32°C erreicht. Die Viskosität steigt in der zweiten Prozeßstufe auf  $71 \cdot 10^{-3}\text{ Nsm}^{-2}$  an, die Filtratstromdichte sinkt auf  $34,6\text{ l h}^{-1}\text{ m}^{-2}$ . In der Endkonzentrationsstufe steigt die Viskosität auf  $2,91\text{ Nsm}^{-2}$ , die Filtratstromdichte beträgt  $32,8\text{ l h}^{-1}\text{ m}^{-2}$ . Das Endprodukt weist einen Gehalt an fettfreier Trockenmasse von 21,5% und einen Fettgehalt von 11,9% auf. Die Konsistenz des erhaltenen Frischkäses ist sahnig-cremig.

#### Beispiel 4

10000l Rahm mit einem Fettgehalt von 10,5% und einer Viskosität von  $2,1 \cdot 10^{-3}\text{ Nsm}^{-2}$  wird wie in Beispiel 1 mit Kultur und Lab dickgelegt und der in Beispiel 1 aufgeführten Ultrafiltrationsanlage zugeführt und einem dreistufigen Ultrafiltrationsprozeß unterzogen. Die Strömungsgeschwindigkeiten und Betriebsdrücke werden wie in Beispiel 2 eingestellt. In der ersten Prozeßstufe wird eine Viskosität von  $4,5 \cdot 10^{-3}\text{ Nsm}^{-2}$  bei einer fettfreien Trockenmasse von 8,1% erreicht. Die Viskosität steigt in der zweiten Prozeßstufe auf  $79 \cdot 10^{-3}\text{ Nsm}^{-2}$  bei einer fettfreien Trockenmasse von 10,2% und in der Endprozeßstufe steigt die Viskosität auf  $5,04\text{ Nsm}^{-2}$  bei einer fettfreien Trockenmasse von 22,1%.

Die Filtratstromdichten betrugen in der ersten Stufe  $40,2 \text{ l h}^{-1} \text{ m}^{-2}$ ,  $35,6 \text{ l h}^{-1} \text{ m}^{-2}$  in der zweiten Stufe und  $28,4 \text{ l h}^{-1} \text{ m}^{-2}$  in der dritten Prozeßstufe.

Die erhaltene Sahnecreme ist, wie der Name sagt, sahnig-cremig.