

**Verfahren und Anlage zur Direkterhitzung eines proteinangereicherten
Milchprodukts mittels der Einbringung von Wasserdampf in dieses
Milchprodukt**

TECHNISCHES GEBIET

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Direkterhitzung eines proteinangereicherten Milchprodukts mittels der Einbringung von Wasserdampf in dieses Milchprodukt, bei dem bei der Direkterhitzung der Wasserdampf das Milchprodukt zur Bildung eines

5 keimfreien Zustands durch eine direkte Hoherhitzung auf eine Hoherhitzungs-Temperatur erhitzt. Vor der Direkterhitzung wird eine indirekte Vorerhitzung des Milchprodukts auf eine Vorerhitzungs-Temperatur und eine, in Strömungsrichtung des Milchprodukts gesehen, der Vorerhitzung nachfolgende erste Heißhaltung des vorerhitzten Milchprodukts mit einer definierten und kontrollierten ersten Verweilzeit

10 durchgeführt. Weiterhin wird, in Strömungsrichtung des Milchprodukts gesehen, nach der Direkterhitzung auf die Hoherhitzungs-Temperatur eine zweite Heißhaltung mit einer definierten und kontrollierten zweiten Verweilzeit durchgeführt. Anschließend wird dem heißgehaltenen, hoherhitzten Milchprodukt durch Flash-Kühlen mittels Entspannung auf einen niedrigeren Druck Wasser in einer Menge, die

15 jener des zuvor zugeführten Wasserdampfes entspricht, entzogen. Ferner betrifft die Erfindung eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens, die unter anderem neben einer Direkterhitzungseinrichtung einen dieser vorgeordneten Vorerhitzer mit einem sich dem Vorerhitzer in Strömungsrichtung des Milchprodukts nachfolgenden ersten Heißhalter aufweist. Stromabwärts der Direkterhitzungseinrichtung ist ein

20 zweiter Heißhalter vorgesehen, der zu einer Vakuumkammer führt.

In den letzten Jahren kann ein Trend der Konsumenten zum Verzehr proteinangereicherter Milchprodukte festgestellt werden, die besondere Anforderungen an die notwendige thermische Behandlung zur Verlängerung ihrer Lagerbeständigkeit und

25 Haltbarkeit notwendig machen. Unter einem proteinangereicherten Milchprodukt wird beispielsweise eine Rohmilch als Ausgangsprodukt für die erfindungsgemäße Wärmebehandlung gemäß der vorliegenden Erfindung verstanden, die, wie die nachfolgend zitierten Messwerte von drei Versuchen zeigen, einen Gehalt von (säurelöslichem) β -Laktoglobulin in einem Bereich von 6,85 bis 8,35 g/kg Milch aufweist.

Aus [1] A. Schmid und H. Mayer, Diplomarbeit, Bestimmung von Furosins und anderen Erhitzungsindikatoren in Milch mittels HPLC, Universität Wien, Mai 2009, entnimmt man demgegenüber, dass der Mittelwert des Gehalts von nativem β -Laktoglobulin aus sieben untersuchten Rohmilchproben, die direkt von landwirtschaftlichen Betrieben oder aus Bioläden mit der Kennzeichnung „Rohmilch“ stammen, bei 5 4,02 g/dm³ Milch ($\approx$ 3,9 g/kg Milch) liegt.

Proteinangereicherte Milchprodukte sind hitzeempfindlich, sie neigen vorzugsweise bei Temperaturen über 100 °C zum Anbrennen, d.h. unter diesen Bedingungen zur 10 Belagbildung an den Wandungen der Prozesseinrichtungen, die der Wärmebehandlung, Förderung und Strömungsführung des Milchprodukts dienen. Diese Belagbildung wird auch als Produkt-„Fouling“ bezeichnet. Das Produkt-„Fouling“ verringert die Standzeit bzw. die Betriebszeit der betroffenen Prozesseinrichtungen zwischen zwei Reinigungszyklen. Im Folgenden soll, wenn lediglich von Milchprodukten im Rahmen der vorliegenden Erfindung die Rede ist, immer auch das Merkmal 15 „proteinangereicht“ mitgelesen werden.

STAND DER TECHNIK

20 Die Direkterhitzung von Milchprodukten mittels Wasserdampfs ist ein bekanntes und häufig angewendetes Verfahren. Sie dient der Verlängerung der Lagerbeständigkeit dieser Milchprodukte bzw. der daraus abgeleiteten Endprodukte. Die Wärmebehandlung mittels des Heizmediums Wasserdampf (vorzugsweise Sattedampf, aber auch in überhitztem Zustand) kann mit den unterschiedlichsten Verfahren, entweder direkt oder indirekt, erfolgen ([2], Heinz-Gerhard **KESSLER**, Lebensmittel- 25 Verfahrenstechnik, Schwerpunkt Molkereitechnologie, 1. Auflage, München – Weihenstephan, Verlag A. Kessler, 1976, S. 154 bis 159). Zu den indirekten Verfahren zählt beispielsweise das Erwärmen unter Verwendung verschiedener Ausführungen von Wärmeaustauschern (Rekuperatoren: beispielsweise Rohrbündel-Wärmeaustauscher; Platten-Wärmeaustauscher). Die direkten Verfahren umfassen zwei 30 Hauptgruppen, nämlich das Injektionsverfahren mittels Dampfs ([2], S. 154,155) und das Infusionsverfahren mittels Dampfs ([2], S. 156).

Durch den unmittelbaren Wärmeaustausch zwischen dem Wasserdampf und dem Milchprodukt wird dieses unmittelbar, schnell und effizient erwärmt. Infolge dieses schnellen Verfahrens kann die Behandlungszeit verringert werden, was insgesamt zu einer verringerten Wärmeeinwirkung auf das Milchprodukt führt und wodurch ein
5 Milchprodukt erhalten wird, das vor allem im Hinblick auf den Geschmack ein höheres Qualitätsniveau behält. Die schnelle und schonende Wärmebehandlung beim direkten Erwärmungsverfahren wird um den Preis eines höheren Energieaufwandes gegenüber dem indirekten Erwärmungsverfahren erkaufte.

10 Beim Injektionsverfahren wird das zu erwärmende Lebensmittelprodukt durch einen Injektor gefördert. Der Dampf wird mit einem höheren Druck zum Zwecke der Erhitzung direkt in das Lebensmittelprodukt injiziert, das vorzugsweise hierbei als Treibstrahl fungiert, und der Wärmeaustausch zwischen den sich mischenden Stoffströmen vollendet sich in einem sog. Mischraum (**DE 10 2007 017 704 A1**).

15

Beim Infusionsverfahren, bei dem die Infusionserwärmung zur Anwendung kommt, wird das feinverteilte Milchprodukt in einer Dampfkammer erwärmt. Der Dampf- und der Produktsystemdruck sind bei diesem Verfahren nahezu identisch. Damit ist die Temperaturdifferenz zwischen dem Erhitzungsmedium und dem Milchprodukt deutlich geringer als beim Injektionsverfahren, mit der Folge einer schonenderen Produktbehandlung. Die Nachteile des Infusions- im Vergleich zum Injektionsverfahren bestehen in einer komplizierteren Verfahrenstechnik und in höheren Investitionskosten. Einen Überblick über Verfahrenskonzepte zur Sterilisierung von Lebensmittelprodukten, insbesondere auch unter Berücksichtigung direkter Erhitzungsverfahren der vorbeschriebenen Art, geben [3] Saskia **SCHWERMANN**, Uwe **SCHWENZOW** in „Verfahrenskonzepte zur Herstellung von ESL-Milch“, Beitrag in drei Abschnitten in Deutsche Milchwirtschaft, 11/2008 bis 13/2008 (59. Jg.).

Die **EP 0 958 745 A2** offenbart ein UHT-Verfahren für Milch-basierte Produkte, bei
30 denen die Milch auf 65-85 °C vorerhitzt wird, mittels Dampf-injektion wird die Temperatur auf 85-105 °C erhöht, danach bei dieser Temperatur heißgehalten und stabilisiert und in einem Infusor findet anschließend die Hocherhitzung auf eine Temperatur von 140-145 °C statt. Nach einer Haltezeit in einem Bereich von 3-90 Se-

kunden wird das Produkt in eine Vakuumkammer geleitet, dort entspannt, dabei abgekühlt und es wird dem Produkt dadurch eine Wassermenge, die einer im vorge-lagerten Sterilisationsprozess zugeführten Dampfmenge entspricht, entzogen. Im weiteren Verlauf des Prozesses wird das Produkt homogenisiert und weiter abge-
5 kühlt.

Die **WO 2018/115 131 A1** beschreibt eine Anlage sowie ein Verfahren zur Erhitzung von flüssigen Milchkonzentraten, wobei das Produkt auf eine Temperatur von 5-75 °C vorerhitzt, anschließend in einem Infusor einer direkten Wärmebehandlung
10 mit Dampf unterzogen und von dort auf dem Weg zu einer Vakuumkammer heißgehalten wird. In der Vakuumkammer wird dem Produkt in an sich bekannter Weise durch Entspannung und Abkühlung Wasser entzogen und anschließend weiter abgekühlt.

15 Zum einschlägigen Stand der Technik sind weiter zu nennen: [4] **KELLEHER**, C.M. et al., A comparison of pilot-scale supersonic direct steam injection to conventional steam infusion and tubular heating systems for the heat treatment of protein-enriched skim milk-based beverages; Innovative Food Science and emerging Technologies, Vol. 52, 2019, S 282-290, – ISSN 1466-8564 und [5] **LEE**, A.P. et al., The
20 influence of ultra-pasteurization by indirect heating versus direct steam injection on skim and 2% fat milks; Journal of Dairy Science, Vol. 100, 2017, S. 1688-1701, – ISSN 0022-0302.

Dokument [4] offenbart in Fig. 1 Fließdiagramme für die Behandlung von proteinan-
25 gereicherten Milchgetränken mittels Dampfinfusion und Dampf-injektion (siehe S. 283, re. Sp., letzter Abs.; S 284, Fig. 1; S. 285, Tab. 1; S 285, li. Sp. bis S. 286, li. Sp., erster Abs.; S. 286, Fig. 2. Dem Dokument [5] kann ebenfalls ein Erhitzungs-
verfahren für Milch mittels direkter Erhitzung mit Dampf entnommen werden (siehe Fig. 1).

30

Die Denaturierung einiger in der Milch befindlichen Molkenproteine beginnt bereits ab einer Temperatur von 65 °C, wobei die Hauptquelle der freiwerdenden SH-Gruppen das β -Laktoglobulin ist, das bei 130 °C vollständig denaturiert und in der Bildung des Kochgeschmacks ein Maximum erfährt. Für den Erhitzungsprozess hat dies

einen erheblichen Einfluss auf die Betriebs- bzw. Produktionszeit, da ab einem Temperaturbereich oberhalb von 75 °C (≥ 75 °C) vermehrt Molkenproteine denaturieren und sich an den Wandungen der Erhitzer ablagern. Dieses eingangs erwähnte Produkt-„Fouling“ führt bei längerer Betriebszeit zum Aufwachsen einer immer dicker werdenden „Fouling“-Schicht, wodurch sich der Wärmeübergang im Erhitzer kontinuierlich verschlechtert.

Um diesem Effekt vorzubeugen wird eine Heißhaltung des Milchprodukts bei 80 °C bis 90 °C durchgeführt. Eine typische Temperatur-Zeit-Kombination ist hier 90 °C für 120 Sekunden. Diese oder eine ähnliche Maßnahme ist in [3] nicht offenbart; sie ist jedoch als Stand der Technik anzusehen (EP 0 958 745 A2). In diesem Temperaturbereich wird eine gezielte Denaturierung der Molkenproteine erzwungen, die sich dann an einen bestimmten Teil der Kaseine binden (κ -Kasein). Kaseine bilden ca. 80 % des Gesamtproteingehalts in der Milch und sind im Vergleich zu den Molkenproteinen hitzestabil.

Im Falle proteinangereicherter Milch oder Milchprodukte, die Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind, erhöht sich der Proteingehalt und somit auch der Gehalt an hitzeinstabilen Molkenproteinen.

Ein Vergleich zwischen indirekter und direkter Milcherhitzung zeigt mit Blick auf den denaturierten Anteil des β -Laktoglobulins, dass dieser bei der indirekten Milcherhitzung mit 83 % deutlich höher ist als bei der direkten mit 66 % (s. hierzu [2], Seiten 132, 133).

Der Grad der Denaturierung der Milchprodukte korreliert mit dem Grad und der Intensität der Hitzebehandlung, d.h. mit der jeweils angewandten Wärmebehandlung, wobei der Grad der Denaturierung heute durch sog. Erhitzungsindikatoren quantitativ erfasst wird. Bei diesen Erhitzungsindikatoren handelt es sich insbesondere um das säurelösliche β -Laktoglobulin (nicht-denaturiertes β -Laktoglobulin) und das Furosin. Sie dienen als Indikator zur Abschätzung und Kontrolle der tatsächlichen Hitzebelastung von Milchprodukten mit verlängerter Haltbarkeit. Es ist eine gesicherte Erkenntnis, dass der Grad der Denaturierung die ernährungsphysiologische und sensorische Qualität der Milchprodukte entscheidend bestimmt. Es besteht ein

gesicherter Zusammenhang zwischen dem Gehalt an Furosin und dem Gehalt an nicht-denaturiertem β -Laktoglobulin, der in demselben und gleichbehandelten Milchprodukt ermittelt wird. Ein Anstieg des Furosin-Gehaltes steht mit einer Verringerung des β -Laktoglobulin-Gehaltes in Verbindung. Je größer die Hitzebelastung (Temperatur und Einwirkungszeit) ist, umso höher wird der Furosin-Gehalt bei gleichzeitig abnehmendem β -Laktoglobulin-Gehalt [1].

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren der gattungsgemäßen Art und eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens zu schaffen, die eine signifikante Standzeitverlängerung im Verfahrensprozess bzw. in der Anlage bewirken und dabei einen gegenüber dem Stand der Technik höheren Gehalt an nicht-denaturierten Molkeproteinen im behandelten proteinangereicherten Milchprodukt sicherstellen.

15 ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der zugeordneten Unteransprüche. Eine Anlage zur Durchführung des Verfahrens ist Gegenstand des nebengeordneten Anspruchs 7. Vorteilhafte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Anlage sind in den zugeordneten Unteransprüchen beschrieben.

Die Erfindung geht verfahrenstechnisch einerseits aus von einem bekannten Verfahren zur Direkterhitzung eines flüssigen Nahrungsmittelprodukts mittels Wasserdampf, wie es beispielsweise in der **EP 0 794 706 B1** (Infusionsverfahren) oder in der **WO 2011/101077 A1**, die die Priorität der **DE 10 2010 008 448 A1** in Anspruch nimmt (Infusionsverfahren; Injektionsverfahren), offenbart ist. Nach beiden Dokumenten wird das flüssige Nahrungsmittelprodukte, wie Molkenproteinkonzentrate, Babynahrung, flüssige Babynahrungskonzentrate, nährhafte Getränke oder Käse-
reimilch, durch Wasserdampf zur Bildung eines keimfreien Zustands direkt erhitzt, wobei dem flüssigen Nahrungsmittelprodukt durch Entspannung auf einen niedrigeren Druck Wasser in einer Menge, die jener des zuvor zugeführten Wasserdampfes entspricht, entzogen wird. Andererseits sind beim Gegenstand der vorliegenden Erfindung, im Unterschied zum vorgenannten druckschriftlich benannten Stand der

Technik, der Direkterhitzung eine an sich bekannte Vorerhitzung und insbesondere eine sich dieser in Strömungsrichtung des Milchprodukts anschließende zusätzliche, vorzugsweise definierte und kontrollierte erste Heißhaltung vorgeordnet.

- 5 Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird gelöst, wenn bei dem Verfahren der gattungsgemäßen Art
- das vorerhitzte und heißgehaltene Milchprodukt vor der Direkterhitzung eine indirekte Kühlung durch einen rekuperativen Kühschritt von der Vorerhitzungs-Temperatur auf eine Abkühl-Temperatur mit einer Temperatur-Differenz in einem Bereich von 5 K(elvin) bis 15 K ($\Delta TK \leq (5 \text{ bis } 15) \text{ K}$) erfährt,
- 10
- die Direkterhitzung von der Abkühl-Temperatur auf die Hoherhitzungs-Temperatur mit an sich bekannten Direkterhitzungs-Einstellgrößen gesteuert wird, und
 - nach Maßgabe des Merkmals (d) das Milchprodukt (P) durch das Flash-Kühlen von der Hoherhitzungs-Temperatur auf eine zwangsläufig notwendige Austritts-Temperatur abgekühlt wird.
- 15

Der erfinderische Grundgedanke besteht demnach darin, um die ernährungsphysiologische und sensorische Qualität des behandelten Milchprodukts in Form von nicht-denaturiertem Molkenprotein höchstmöglich zu erhalten, einen rekuperativen

20 Kühschritt nach der ersten Heißhaltung und vor der Hoherhitzung mittels einer indirekten Kühlung vorzusehen. Dieser Kühschritt von der Vorerhitzungs-Temperatur auf eine Abkühl-Temperatur, der eine Temperatur-Differenz in einem Bereich von 5 bis 15 K(elvin) umfasst, zeitigt ein nicht vorhersehbares und überraschendes positives Ergebnis, weil er zum einen die Verweilzeit des Milchprodukts bei der

25 Hoherhitzungs-Temperatur und zum anderen dadurch eine weitere Denaturierung der Molkenproteine vermindert.

Die sich anschließende Direkterhitzung beginnt auf dem Niveau der Abkühl-Temperatur und erhitzt das Milchprodukt bis auf die Hoherhitzungs-Temperatur unter

30 Anwendung von an sich bekannten veränderbaren Direkterhitzungs-Einstellgrößen. Nach einer Ausgestaltung des Verfahrens handelt es sich hierbei um Druck, Temperatur und die Einwirkungsdauer des Wasserdampfes.

Beim Flash-Kühlen muss das derart behandelte Milchprodukt in Abhängigkeit von der durch die indirekte Kühlung zusätzlich erforderlichen Zufuhr von Wasserdampf auf eine zwangsläufig notwendige Austritts-Temperatur abgesenkt werden. Diese Austritts-Temperatur stellt sicher, dass das behandelte Milchprodukt hinsichtlich
5 seines Wassergehaltes wieder seinen Zustand vor der Hoherhitzung, d.h. vor der die Hoherhitzung bewirkende Zufuhr von Wasserdampf, erreicht.

Bei einer Hoherhitzungs-Temperatur, die bis in den Bereich von 140 °C reichen kann, umfasst die erfindungsgemäße Abkühlung des vorerhitzten und heißgehaltenen Milchprodukts von der Vorerhitzungs-Temperatur auf die Abkühl-Temperatur
10 eine Temperatur-Differenz in einem Bereich von 5 K(elvin) bis 15 K. Eine vorteilhafte Ausgestaltung des Verfahrens umfasst eine Temperatur-Differenz in einem Bereich von 5 K bis 10 K, wobei die Dauer der ersten Verweilzeit des Milchprodukts in der der Hoherhitzung vorgeschalteten ersten Heißhaltung das Maß der konkreten
15 Temperatur-Differenz auch beeinflussen kann.

Der mit der Realisierung des Gegenstandes der vorliegenden Erfindung beauftragte Fachmann wird, ohne dass er erfinderisch tätig werden muss, unter den konkreten Prozessbedingungen und Produkthanforderungen jeweils eine Optimierung aller vor-
20 genannten Einflussgrößen mit Blick auf die Standzeit einerseits und eine hohe ernährungsphysiologische und sensorische Qualität des wärmebehandelten, proteinangereicherten Milchprodukts andererseits vornehmen können.

Im nachfolgend konkret beschriebenen Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem die vorliegenden Produkthanforderungen ohne den erfindungsgemäßen Kühschritt eine Hoherhitzung von 85 °C auf 137,5 °C vorsehen, wurde eine Optimierung im vorstehenden Sinne durch Kühlung bzw. mit einem Kühschritt mit einer Temperatur-Differenz von 10 K erreicht, wobei die erste Verweilzeit der ersten Heißhaltung 30 Sekunden beträgt und die Hoherhitzung somit
30 von 75 °C auf 137,5 °C durchgeführt wird.

Eine konkrete, zielführende Abkühl-Temperatur ist abhängig von den speziellen Prozessdaten der Direkterhitzung. Sie ist so bemessen, dass mit den zur Verfügung

stehenden und in einem begrenzten Bereich veränderbaren Direkterhitzungs-Einstellgrößen, wie Druck, Temperatur, Einwirkungsdauer des Wasserdampfes, die Hoherhitzung von der realisierten Abkühl-Temperatur auf die auch durch den erfindungsgemäßen Kühlschritt nach wie vor unverändert erforderliche Hoherhitzungs-Temperatur energetisch sichergestellt ist.

Der erfindungsgemäße Verfahrensschritt findet in vorteilhafter Weise, wie dies vorgeschlagen wird, gleichermaßen auf die Direkterhitzung durch ein an sich bekanntes Infusionsverfahren oder ein an sich bekanntes Injektionsverfahren Anwendung.

10

Durch den erfindungsgemäßen Kühlschritt ergeben sich zusammengefasst folgende Vorteile:

- verringerte Denaturierung der Molkenproteine (verringertes Kochgeruch, der durch die freiwerdenden SH-Gruppen entsteht);
- verringerte Maillard-Reaktion (Bräunung);
- verringerte Bildung von Furosin;
- signifikante Verlängerung der Standzeit, wobei nach 5 Stunden Produktionszeit geringes bis kein Produkt-„Fouling“ festzustellen ist und sich die maximale Standzeit auf das Zwei- bis Dreifache gegenüber der Standzeit der Verfahren oder Anlagen nach dem Stand der Technik verlängert.

20

Zur vorbeschriebenen Prozess- und Produktverbesserung wird Kühlenergie benötigt. Das rücklaufende warme Kühlmittel (vorzugsweise Kühlwasser) wird zur energetischen Verbesserung des gesamten Prozesses entweder im Mischprozess oder regenerativ zum Anwärmen benutzt.

25

Eine erfindungsgemäße Anlage zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geht aus von der Kombination folgender, an sich bekannter Merkmale, die überwiegend in der vorstehend bereits genannten **EP 0 794 706 B1** (Infusionsanlage) oder in der **WO 2011/101077 A1** (Infusionsanlage; Direkterhitzungseinrichtung mit Injektionsvorrichtung), offenbart sind, wobei diesem druckschriftlich benannten Stand der Technik ein ebenfalls an sich bekannter erster Heißhalter zwischen einem Vorerhitzer und einer Direkterhitzungseinrichtung (**EP 0 958 745 A2**) nicht zu entnehmen ist:

30

- eine Direkterhitzungseinrichtung für das Milchprodukt zu einer direkten Hoherhitzung mittels Wasserdampfs auf eine Hoherhitzungs-Temperatur,
 - einen, in Strömungsrichtung des Milchprodukts gesehen, stromaufwärts der Direkterhitzungseinrichtung angeordneten, als Rekuperator ausgebildeten Vorerhitzer zu einer indirekten Vorerhitzung des Milchprodukts auf eine Vorerhitzungs-Temperatur,
 - einen ersten Heißhalter zu einer ersten Heißhaltung des vorerhitzten Milchprodukts, der zwischen der Direkterhitzungseinrichtung und dem Vorerhitzer angeordnet ist,
 - eine stromabwärts der Direkterhitzungseinrichtung angeordnete erste Fördereinrichtung zur Förderung des hoherhitzten Milchprodukts,
 - einen stromabwärts der ersten Fördereinrichtung angeordneten zweiten Heißhalter zu einer zweiten Heißhaltung des hoherhitzten Milchprodukts und
 - eine stromabwärts des zweiten Heißhalters angeordnete Vakuumeinrichtung, in der dem heißgehaltenen, hoherhitzten Milchprodukt anschließend durch ein Flash-Kühlen mittels Entspannung auf einen niedrigeren Druck Wasser in einer Menge, die jener des zuvor zugeführten Wasserdampfes entspricht, entzogen wird.
- 20 Ausgehend von der gattungsgemäßen Anlage wird die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe anlagentechnisch dadurch gelöst,
- dass zwischen der Direkterhitzungseinrichtung und dem ersten Heißhalter ein als Rekuperator ausgebildeter Kühler angeordnet ist, der das vorerhitzte Milchprodukt durch eine indirekte Kühlung von der Vorerhitzungs-Temperatur auf eine
- 25 Abkühl-Temperatur abkühlt.

Die erfindungsgemäße Anordnung des Kühlers findet in vorteilhafter Weise, wie dies vorgeschlagen wird, gleichermaßen auf die Direkterhitzungseinrichtung in Gestalt einer an sich bekannten Infusionseinrichtung oder in Gestalt einer an sich bekannten Injektionseinrichtung Anwendung.

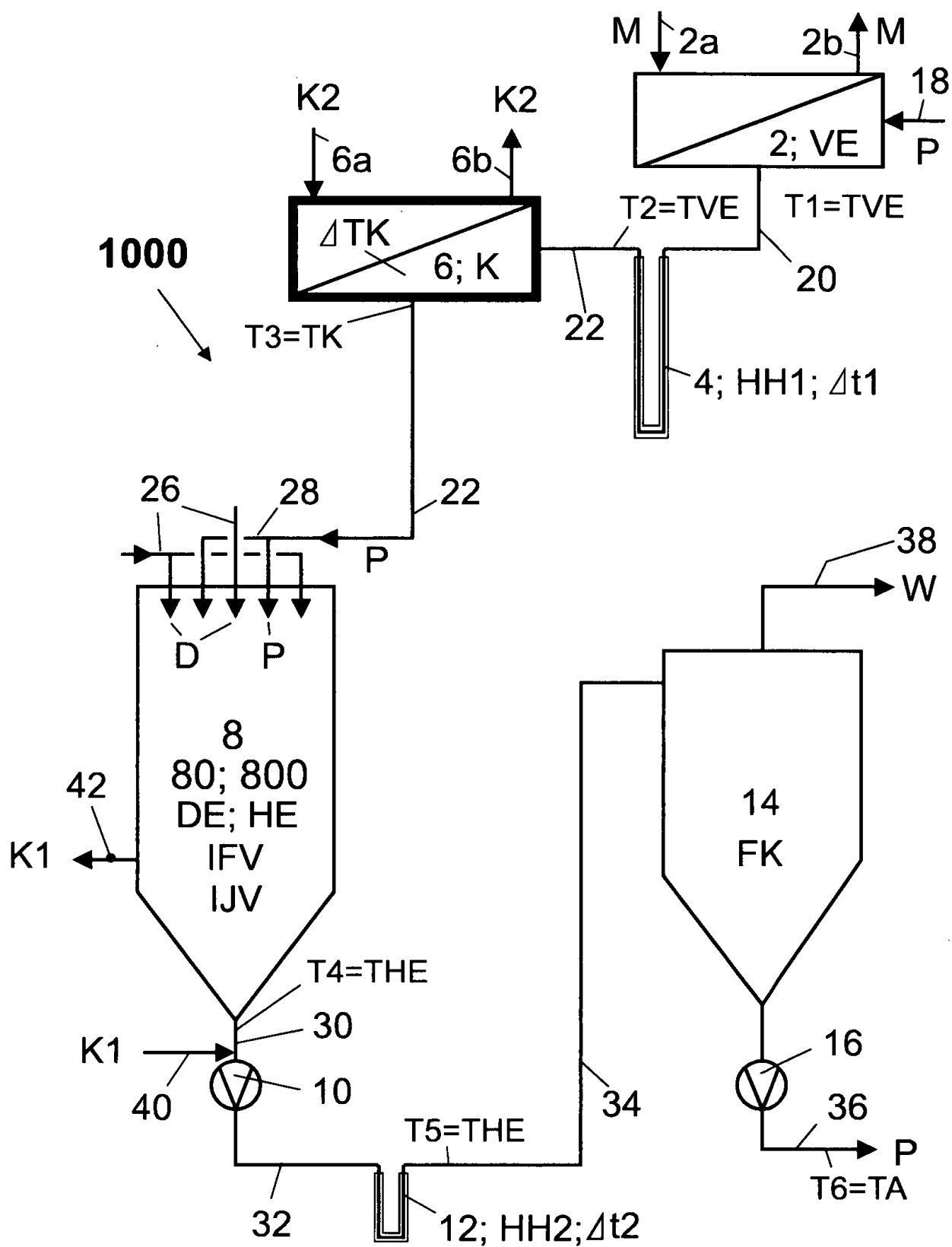


Fig. 2

Figur 7 eine grafische, normierte Darstellung der Messwerte für den Gehalt von Furosin aus einem in der erfindungsgemäßen Anlage gemäß den **Figuren 2, 4 und 5** behandelten proteinangereicherten Milchprodukt, ermittelt aus **Versuchen I bis III** und

5 **Figuren 8a, 8b,**

9a, 9b, 10a, 10b

fotografische Aufnahmen des Produkt-“Foulings” bzw. der “Fouling“-Schicht im Eintritt der stromabwärts der Direkterhitzungseinrichtung angeordneten zweiten Fördereinrichtung nach 5 Stunden Produktionszeit, wobei jeweils zwei vertikal zueinander angeordnete Aufnahmen (8a, 8b; 10 9a, 9b; 10a, 10b) in der genannten Reihenfolge den **Versuchen I bis III** zugeordnet und dargestellt sind.

Eine aus dem Stand der Technik druckschriftlich bekannte Anlage 100 gemäß 15 **Figur 1** (soweit es eine Infusionseinrichtung und die dieser stromabwärts angeordneten weiteren Einrichtungen betrifft) ist beispielsweise in der **EP 794 706 B1** oder der **WO 2011/101077 A1** offenbart. Die Anlage 100 enthält zur Durchführung eines Infusionsverfahrens IFV eine in Form einer Infusionseinrichtung 80 ausgebildete Direkterhitzungseinrichtung 8 zur Durchführung einer Hoherhitzung HE im Rahmen 20 einer Direkterhitzung DE. Die Infusionseinrichtung 80 kann in ihrem Kopfraum einen Produkt-Einlass 28 aufweisen (**WO 2010/086082 A1**), über den ein proteinangereichertes Milchprodukt P, das hitzebehandelt werden soll, dieser Infusionseinrichtung 80 beispielsweise und vorzugsweise zentral und kreisringförmig zugeführt wird. Dem zugeführten Milchprodukt P wird zur Direkterhitzung beispielsweise und vorzugsweise über einen äußeren und inneren Wasserdampf-Einlass 26 Wasserdampf 25 D radial außenseits und gleichzeitig radial von innen zugeführt, wodurch eine Hoherhitzung HE von einer Vorerhitzungs-Temperatur $T_2 = T_{VE}$ auf eine Hoherhitzungs-Temperatur $T_4 = T_{HE}$ erfolgt. Der Stand der Technik kennt hinsichtlich der Ausgestaltung der Zufuhr des Milchprodukts P und des Wasserdampf D zahlreiche 30 weitere Möglichkeiten, die ebenfalls im Rahmen der vorliegenden Erfindung Anwendung finden können. Die Infusionseinrichtung 80 erfährt über einen ersten Kühlmittel-Eintritt 40 eine Zuführung eines ersten Kühlmittels K1 zu einem behälterbodenseitigen Kühlmittelraum zur Kühlung eines Bodens der Infusionseinrichtung 80. Die Abführung des ersten Kühlmittels K1 erfolgt über einen ersten Kühlmittel-Austritt 42.

Eine Auslassöffnung am unteren Ende der Infusionseinrichtung 80 ist über ein Auslassrohr 30 mit einer ersten Fördereinrichtung 10 beispielsweise eine rotierende Verdrängerpumpe oder eine Zentrifugalpumpe, verbunden, die über einen dritten
5 Produktleitungs-Abschnitt 32 mit einem zweiten Heißhalter 12 zu einer zweiten Heißhaltung HH2 zwecks Beibehaltung der Hoherhitzungs-Temperatur $T_5 = T_{HE}$ über eine zweite Verweilzeit Δt_2 verbunden ist. Der zweite Heißhalter 12 führt über einen vierten Produktleitungs-Abschnitt 34 zu einer Vakuumkammer 14. Die zweite
10 Fördereinrichtung 10 fördert das hoherhitzte und auf der Hoherhitzungs-Temperatur T_{HE} heißgehaltene Milchprodukt P von der Infusionseinrichtung 80 zur Vakuumkammer 14. Die Vakuumkammer 14 ist dazu ausgebildet, um durch eine sog. Flash-Kühlung FK dem sich durch eine Druckabsenkung abkühlenden Milchprodukt P jene Menge Wasser W als sog. Brüden bzw. Brüdendampf zu entziehen, die in Form von Wasserdampf D der Infusionseinrichtung 80 zugeführt wird, und über ei-
15 nen vorzugsweise im oberen Bereich angeordneten Brüden-Austritt 38 abzuleiten. Ein derart behandeltes Milchprodukt P verlässt die Vakuumkammer 14 über eine in ihrem unteren Bereich an einem sich verjüngenden Boden angeordnete Abführleitung 36 auf dem Weg über eine zweite Fördereinrichtung 16 mit einer Austritts-Temperatur $T_6 = T_A$.

20

Das thermisch zu behandelnde Milchprodukt P tritt in die Anlage 100 über einen Milchprodukt-Eintritt 18 in einen Vorerhitzer 2 zu einer Vorerhitzung VE auf die Vorerhitzungs-Temperatur $T_1 = T_{VE}$ ein. Der Vorerhitzer 2 führt über einen ersten Produktleitungs-Abschnitt 20 zu einem ersten Heißhalter 4 zur ersten Heißhaltung HH1
25 zwecks Beibehaltung der Vorerhitzungs-Temperatur $T_2 = T_{VE}$ über eine erste Verweilzeit Δt_1 . Der erste Heißhalter 4 mündet über einen zweiten Produktleitungs-Abschnitt 22 und den sich anschließenden Produkteinlass 28 in den Kopfraum der Infusionseinrichtung 80. Der Vorerhitzer 2 wird auf dem Weg über einen Wärmeträger-Eintritt 2a und einen Wärmeträger-Austritt 2b mit einem vorzugsweise regenerativen Wärmeträgermedium M beschickt.

30

Die Direkterhitzungseinrichtung 8 der Anlage 100 (**Figur 1**) kann alternativ zur vorstehend beschriebenen Infusionseinrichtung 80 in Gestalt einer Injektionseinrich-

tung 800 zur Durchführung eines Injektionsverfahrens IJV ausgebildet sein. In dieser an sich bekannten Ausbildung tritt das Milchprodukt P zwecks Hoherhitzung HE über den Produkt-Einlass 28 in die Injektionseinrichtung 800 ein und bildet dort vorzugweise einen Treibstrahl aus. Der Treibstrahl durchströmt einen Mischraum
5 der Injektionseinrichtung 800, wobei das Strömen des Heizmediums Wasserdampf D zwecks Einleitens in das Milchprodukt P durch Druckabfall hervorgerufen wird, der durch die Geschwindigkeit des als Treibstrahl ausgebildeten Milchprodukts P entsteht. Der Wasserdampf-Einlass 26 führt gleichfalls zum Mischraum, und der Wasserdampf D beaufschlagt dort den Treibstrahl vorzugweise lateral.

10

Eine erfindungsgemäße Anlage 1000 (**Figur 2**) zur Direkterhitzung DE des proteinangereicherten Milchprodukts P mittels der Einbringung von Wasserdampf D in dieses Milchprodukt P geht in identischer Weise aus der bekannten Anlage 100 gemäß **Figur 1** hervor, wobei die Bezugszeichen unverändert übernommen werden. Um
15 Wiederholungen zu vermeiden werden im Folgenden nur die Unterschiede beschrieben, durch die sich die erfindungsgemäße Anlage 1000 von der bekannten Anlagen 100 unterscheiden.

Zwischen der Direkterhitzungseinrichtung 8, 80, 800 und dem ersten Heißhalter 4
20 ist ein als Rekuperator ausgebildeter Kühler 6 angeordnet, dessen Produktseite über den zweiten Produktleitungs-Abschnitt 22 geführt ist. Der Kühler 6 wird über einen zweiten Kühlmittel-Eintritt 6a und einen zweiten Kühlmittel-Austritt 6b mit einem zweiten Kühlmittel K2, vorzugweise Kaltwasser, beaufschlagt, und er hat die Aufgabe, das vorerhitzte und heißgehaltene Milchprodukt P durch eine indirekte
25 Kühlung K um eine Temperatur-Differenz ΔTK von der Vorerhitzungs-Temperatur $T_2 = T_{VE}$ auf eine Abkühl-Temperatur $T_3 = T_K$ abzukühlen.

Mit der erfindungsgemäßen Anlage 1000 wurden Versuche durchgeführt, die zum Nachweis der Erreichung der mit der erfindungsgemäßen Aufgabenstellung formulierten Ziele dienen. Von diesen Versuchen werden nachstehend drei an aufeinanderfolgenden Tagen durchgeführte Versuche, nämlich die mit **Versuch I, II und III** gekennzeichneten, hinsichtlich einer Auswahl an relevanten Ergebnissen und Messwerten referiert.
30

Versuche I, II und III - Übersicht

- I erster Versuch (ohne Kühlung K), Prozessführung gemäß **Figuren 3, 4**
- II zweiter Versuch (mit Kühlung K), Prozessführung gemäß **Figuren 3a, 5**
- III dritter Versuch (mit Kühlung K), Prozessführung gemäß **Figuren 3b, 5**

5

Im **Versuch I** (**Figuren 4 und 3**) wird das auf die Vorerhitzungs-Temperatur $T_2 = T_{VE}$ vorerhitzte und heißgehaltene Milchprodukt P ohne Kühlung K über den zweiten Produktleitungs-Abschnitt 22 durch den „inaktiven“ Kühler 6 geführt und mit der Vorerhitzungs-Temperatur $T_2 = T_{VE}$ der als Infusionseinrichtung 80 ausgebildeten

10 Direkterhitzungseinrichtung 8 zugeführt.

In den **Versuchen II und III** (**Figuren 5 und 3a bzw. Figuren 5 und 3b**) wird das auf die Vorerhitzungs-Temperatur $T_2 = T_{VE}$ vorerhitzte und heißgehaltene Milchprodukt P jeweils auf dem Weg über den zweiten Produktleitungs-Abschnitt 22 durch

15 den „aktiven“ Kühler 6 geführt, erfährt dort die indirekte Kühlung K um die Temperatur-Differenz ΔT_K auf die Abkühl-Temperatur $T_3 = T_K$, wobei sich die Temperatur-Differenz ΔT_K des **Versuchs II** von jener des **Versuchs III** unterscheidet. Das Milchprodukt P tritt mit der jeweiligen Abkühl-Temperatur $T_3 = T_K$ in die als Infusionseinrichtung 80 ausgebildete Direkterhitzungseinrichtung 8 ein.

20

Alle relevanten Temperaturen und Verweilzeiten der **Versuche I bis III** der Wärmebehandlung des proteinangereicherten Milchprodukts P von der Vorerhitzung VE im Vorerhitzer 2 mit der Vorerhitzungs-Temperatur $T_1 = T_{VE}$ bis zum behandelten Milchprodukt P in der Abführleitung 36 mit einer Austritts-Temperatur $T_6 = T_A$

25 (**Figuren 1, 2**) sind in der nachfolgenden **Tabelle 1** zusammengestellt. Für die Wärmebehandlung gilt unter anderem: **Versuch I:** $T_{VE} - T_A = 2 \text{ K}$;

Versuch II: $T_K - T_A = 1,5 \text{ K}$; **Versuch III:** $T_K - T_A = 2 \text{ K}$.

Versuch	TVE in °C	Δt_1 in s	TK in °C	THE in °C	Δt_2 in s	TA in °C
I	85	30	-	137,5	1	83
II	85	30	80	137,5	1	78,5
III	85	30	75	137,5	1	73

Tabelle 1

Inhaltsstoffe	Versuch					
	I ohne Kühlung		II mit Kühlung		III mit Kühlung	
(*) : β -Laktoglobulin (säurelöslich)	Rohmilch	TVE=85°C/ Δt_1 =30s/ohne K/THE=137,5°C/ Δt_2 =1s/TA=83°C	Rohmilch	TVE=85°C/ Δt_1 =30s/TK=80°C/THE=137,5°C/ Δt_2 =1s/TA=78,5°C	Rohmilch	TVE=85°C/ Δt_1 =30s/TK=75°C/THE=137,5°C/ Δt_2 =1s/TA=73°C
pH	6,75 (12°C)	6,77 (9°C)	6,75 (10°C)	6,78 (02°C)	6,76 (11°C)	6,80 (11°C)
Trockensubstanz TS in %	12,15	11,47	11,67	11,01	11,49	10,33
Fett in %	0,08	0,161	0,08	0,13	0,09	0,11
Asche in %	0,96	0,90	0,93	0,86	0,91	0,81
Protein in %	6,38	5,98	6,11	5,72	6,02	5,38
β -Lg in g/kg Milch (*)	8,35	1,92	6,90	2,20	6,85	2,55
β -Lg in g/kg Protein (*)	130,9	32,1	112,9	38,5	113,8	47,4
Furosin in mg/kg Milch						
Furosin in mg/100g Protein	2,66	9,44	2,78	9,39	2,66	8,36
Lactulose in mg/kg Milch	9	53	8	44	6	50

Tabelle 2

Versuchsergebnisse

Eine Auswahl der in den **Versuchen I bis III** ermittelten Messwerte ist in der vorstehenden **Tabelle 2** zusammengestellt. Die relevanten Erhitzungsindikatoren, nämlich nicht-denaturiertes β -Laktoglobulin und Furosin, zur Abschätzung und Kontrolle
5 der tatsächlichen Hitzebelastung von Milchprodukten und ihre Bedeutung für die ernährungsphysiologische und sensorische Qualität dieser Milchprodukte wurde vorstehend thematisiert. Die diesbezüglichen Messwerte, gewonnen aus den **Versuchen I bis III**, sind in **Tabelle 2** durch graue Markierung hervorgehoben.

10 In **Figur 6** ist der normierte Gehalt an nicht-denaturiertem β -Laktoglobulin L/L_o [1] im behandelten Milchprodukt P für die **Versuche I bis III** dargestellt. Dabei stellt L den jeweiligen Messwert (β -Lg) für das nicht-denaturierte β -Laktoglobulin in g/kg Protein (*) in dem behandelten Milchprodukt P dar, der auf L_o bezogen ist, wobei L_o als Bezugsgröße für die Normierung den jeweiligen Messwert für das nicht-de-
15 naturierte β -Laktoglobulin im unbehandelten Milchprodukt P (Rohmilch) bezeichnet.

Ergebnis

Die Versuchsergebnisse (**Tabelle 2**) zeigen, dass die erfindungsgemäße indirekte Kühlung K ausweislich des **Versuchs II** ($\Delta TK = 5\text{ K} \rightarrow L/L_o = 0,34$) und des **Versuchs III** ($\Delta TK = 10\text{ K} \rightarrow L/L_o = 0,42$) zu einer wünschenswerten, nicht erwarteten und überraschenden Erhöhung des Gehalts an nicht-denaturiertem β -Laktoglobulin gegenüber dem **Versuch I** (ohne Kühlung K; $\Delta TK = 0\text{ K} \rightarrow L/L_o = 0,25$) führt, wobei unter den gegebenen sonstigen Prozessbedingungen in der Anlage 1000 die Küh-
20 lung um $\Delta TK = 10\text{ K}$ im **Versuch III** ein optimales Ergebnis liefert (**Figur 6**).

25

In **Figur 7** ist der normierte Gehalt an Furosin F/F_o [1] im behandelten Milchprodukt P für die **Versuche I bis III** dargestellt. Dabei stellt F den jeweiligen Messwert für das Furosin in mg/100g Protein in dem behandelten Milchprodukt P dar, der auf F_o bezogen ist, wobei F_o als Bezugsgröße für die Normierung den jeweiligen Messwert
30 für das Furosin im unbehandelten Milchprodukt P (Rohmilch) bezeichnet.

Ergebnis

Die Versuchsergebnisse (**Tabelle 2**) zeigen, dass die erfindungsgemäße indirekte Kühlung K ausweislich des **Versuchs II** ($\Delta TK = 5\text{ K} \rightarrow F/F_o = 3,38$) und des

Versuchs III ($\Delta TK = 10 \text{ K} \rightarrow F/F_o = 3,14$) zu einer wünschenswerten, nicht erwarteten und überraschenden Erniedrigung des Gehalts an Furosin gegenüber dem **Versuch I** (ohne Kühlung K; $\Delta TK = 0 \text{ K} \rightarrow F/F_o = 3,55$) führt, wobei unter den gegebenen sonstigen Prozessbedingungen in der Anlage 1000 die Kühlung um $\Delta TK = 10 \text{ K}$ im **Versuch III** ein optimales Ergebnis liefert.

Ob allerdings die Erhöhung des Gehalts an β -Laktoglobulin und die Erniedrigung des Gehalts an Furosin ausschließlich auf die erfindungsgemäße indirekte Kühlung K vor der Direkterhitzung DE zurückzuführen sind, kann durch die **Versuche I bis III** nicht zwingend belegt werden. Es ist nicht auszuschließen, dass die festgestellten Unterschiede, die wünschenswert, nicht erwartet und überraschend sind, zu einem überwiegenden Teil auf die erfindungsgemäße indirekte Kühlung K und, wenn überhaupt, zu einem eher kleinen Teil auf die notwendige stärkere Kühlung des proteinangereicherten Milchprodukts P bei der Flash-Kühlung FK (unterschiedliche Austritts-Temperaturen $78,5 \text{ }^\circ\text{C}$ und $73 \text{ }^\circ\text{C}$ für die **Versuche II bzw. III** jeweils gegenüber $TA = 83 \text{ }^\circ\text{C}$ für **Versuch I**) zurückzuführen sind.

Diese Nichterkenntnis scheint aber nicht erfindungswesentlich zu sein, zumal die **Versuche II und III** zwangsläufig untereinander und jeweils gegenüber **Versuch I** in den unterschiedlichen Austritts-Temperaturen TA enden müssen. Letztere resultieren zwingend aus der Bedingung, die das Merkmal (d) im Oberbegriff des Anspruchs 1 setzt, und letztlich ist die erfindungsgemäße indirekte Kühlung ursächlich auch für diesen Sachverhalt und seine möglichen Auswirkungen verantwortlich.

Die Erfüllung des Merkmals (d) gelingt nur in Abhängigkeit von der jeweils im Zuge der Direkterhitzung DE in den **Versuchen I bis III** zugeführten Menge Wasserdampf (vorzugsweise Sattdampf), und damit zwangsläufig mit entsprechend zugeordneten, voneinander verschiedenen Austritts-Temperaturen TA. Das Flash-Kühlen FK schließt auch den Entzug jener Menge Wasser mit ein, die durch die jeweilige indirekte Kühlung K von der Vorerhitzungs-Temperatur TVE auf die Abkühl-Temperatur TK (Enthalpie-Erniedrigung) wiederum in Form einer adäquaten Menge Wasserdampf D im Zuge der Direkterhitzung DE von der Abkühl-Temperatur TK auf die Hoherhitzungs-Temperatur THE (Enthalpie-Erhöhung) kompensatorisch zwangsläufig erforderlich ist.

Die den **Versuchen I bis III** zugeordneten Austritts-Temperaturen T_A (siehe **Tabelle 1**) müssen zur Erfüllung der Bedingung, die das Merkmal (d) im Oberbegriff des Anspruchs 1 setzt, aus den nachfolgenden Gründen zwangsläufig unterschied-

5 lich sein.

Versuch I (ohne Kühlung)

Um bei der Flash-Kühlung FK dem hochoverhitzten Milchprodukt P die Menge Wasser W, die jener Menge des zuvor zur Erhitzung von der Vorerhitzungs-Temperatur

10 $T_{VE} = 85\text{ °C}$ auf die Hochoverhitzungs-Temperatur $T_{HE} = 137,5\text{ °C}$ zugeführten Wasserdampfes D entspricht, zu entziehen, ist in der Vakuumeinrichtung 14 (siehe **Figur 2**) ein Sättigungs-Druck p_s bzw. ein entsprechender Absolutdruck (Unterdruck gegenüber Atmosphärendruck) einzustellen, der das Milchprodukt P bei einer Sättigungs-Temperatur $T_s(p_s) = 83\text{ °C}$, die auch der Austritts-Temperatur T_A entspricht,

15 sieden lässt.

Versuch II (mit Kühlung; Abkühlung von $T_{VE} = 85\text{ °C}$ auf $T_K = 80\text{ °C}$; $\Delta T_K = 5\text{ K}$)

Die Abkühlung des Milchprodukts P um eine Temperatur-Differenz $\Delta T_K = 5\text{ K}$ erfordert eine entsprechende Wärmeabfuhr bzw. eine Enthalpie-Erniedrigung aus bzw.

20 in dem Milchprodukt P. Diese Enthalpie-Erniedrigung im **Versuch II** muss im Zuge der Direkterhitzung DE durch zusätzliche Zufuhr von Wasserdampf, vorzugsweise Sattedampf, gegenüber **Versuch I** kompensiert werden, um auf die gleiche Hochoverhitzungs-Temperatur T_{HE} wie in **Versuch I** ($T_{HE} = 137,5\text{ °C}$) zu gelangen.

25 Damit das Milchprodukt P durch die zusätzliche Dampfzufuhr im **Versuch II** nicht „verwässert“ wird, muss dem Milchprodukt P in der Vakuumkammer 14 durch das sog. Flash-Kühlen FK eine der zusätzlichen Menge Wasserdampf entsprechende Menge Wasser in Form von Brüden entzogen werden. Dieser Vorgang vollzieht sich im Sättigungszustand des Milchprodukts P.

30

Versuch III (mit Kühlung; Abkühlung von $T_{VE} = 85\text{ °C}$ auf $T_K = 75\text{ °C}$; $\Delta T_K = 10\text{ K}$)

Die Abkühlung des Milchprodukts P um eine Temperatur-Differenz $\Delta T_K = 10\text{ K}$ erfordert eine entsprechende Wärmeabfuhr bzw. eine Enthalpie-Erniedrigung aus bzw. in dem Milchprodukt P. Diese Enthalpie-Erniedrigung im **Versuch III** muss im

Zuge der Direkterhitzung DE durch zusätzliche Zufuhr von Wasserdampf, vorzugsweise Sattedampf, in noch höherem Maße gegenüber **Versuch I** und dementsprechend auch in höherem Maße gegenüber **Versuch II** kompensiert werden, um auf die gleiche Hoherhitzungs-Temperatur THE wie in **Versuch I** bzw. im **Versuch II**
5 (jeweils THE = 137,5 °C) zu gelangen.

Damit das Milchprodukt P durch die zusätzliche Dampfzufuhr im **Versuch III** nicht in noch höherem Maße als in **Versuch II** „verwässert“ wird, muss dem Milchprodukt P in der Vakuumkammer 14 durch das sog. Flash-Kühlen FK eine der zusätzlichen
10 Menge Wasserdampf entsprechende Menge Wasser in Form von Brüden entzogen werden. Dieser Vorgang vollzieht sich im Sättigungszustand des Milchprodukts P.

Die **Figuren 8a, 8b, 9a, 9b** und **10a, 10b** zeigen qualitativ den Umfang des Produkt-„Foulings“ bzw. der „Fouling“-Schicht im in der Regel kritischsten Bereich der Anlage
15 1000, nämlich stromabwärts des Austritts aus der Direkterhitzungseinrichtung 8, 80 und hier unter Demontagegesichtspunkten im leicht zugänglichen Saugstutzen der zweiten Fördereinrichtung 10 (**Figur 2**), für die **Versuche I** bis **III** nach jeweils 5 Stunden Produktionszeit. Die fotografischen Aufnahmen der **Figuren 8a, 8b** sind dem **Versuch I**, jene der **Figuren 8a, 8b** dem **Versuch II** und jene der **Figuren 10a,**
20 **10b** dem **Versuch III** zugeordnet.

Die **Figuren 8a, 8b** (**Versuch I**, ohne Kühlung K) zeigen eine geschlossene „Fouling“-Schicht PF signifikanter Dicke nach 5 Stunden Produktionszeit, die den Wärmeübergang und die allgemeine Funktionsfähigkeit der Anlagenteile in den infrage
25 kommenden Hoherhitzungsbereichen beeinträchtigt. Eine Unterbrechung der Produktion und eine Reinigung der Anlage 1000 ist nach etwa 10 Stunden Produktionszeit notwendig.

Die **Figuren 9a, 9b** (**Versuch II**, mit Kühlung K; $\Delta TK = 5 \text{ K}$) zeigen eine mit einer
30 Vielzahl inselartiger Unterbrechungen versehene umfängliche Besiedelung der Wandung der in Rede stehenden Bereiche durch eine „Fouling“-Schicht PF sehr mäßiger Dicke, die den Wärmeübergang und die allgemeine Funktionsfähigkeit der Anlagenteile in den infrage kommenden Hoherhitzungsbereichen kaum beein-

trächtigt, so dass eine Unterbrechung der Produktion und eine Reinigung der Anlage 1000 erst nach einer Produktionszeit von bis zu 20 Stunden (Produktionszeit etwa 2-3fach länger als in **Versuch I**) notwendig ist.

- 5 Die **Figuren 10a, 10b (Versuch III, mit Kühlung K; $\Delta TK = 10$ K)** zeigen eine inselartige, flächenmäßig sehr begrenzte Besiedelung der in Rede stehenden Wandungen durch eine „Fouling“-Schicht PF mäßiger Dicke, die den Wärmeübergang und die allgemeine Funktionsfähigkeit der Anlagenteile in den infrage kommenden Hoherhitzungsbereichen kaum beeinträchtigt, so dass eine Unterbrechung der
- 10 Produktion und eine Reinigung der Anlage 1000 erst nach einer Produktionszeit von bis zu 20 Stunden (Produktionszeit etwa 2-3fach länger als in **Versuch I**) notwendig ist.

- Die in der Schwarz-Weiß-Darstellung der **Figuren 9a bis 10b** auf der Stirnfläche
- 15 des Saugstutzens erkennbaren dunkleren Stellen sind geringfügige Ablagerungen des hoherhitzten Milchproduktes P mit braunen oder rötlich-braunen Verfärbungen, die vermutlich durch geringfügige Leckagen an der Flanschverbindung verursacht sind und auf eine Maillard-Reaktion MR des Milchprodukts P hindeuten.

- 20 Die vorstehend in Bezug auf die als Infusionseinrichtung 80 ausgebildete Direkterhitzungseinrichtung 8 dargestellten Sachverhalte und Ergebnisse lassen sich sinngemäß auf eine als Injektionseinrichtung 800 ausgebildete Direkterhitzungseinrichtung 8 übertragen (**Figuren 1, 2**). Ein mit der Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabenstellung betrauter Fachmann, ein Verfahrensingenieur oder Technologe der
- 25 Fachrichtung Milchwissenschaft oder Lebensmittelverfahrenstechnik oder Molkereitechnologie, wird die Lehre der vorliegenden Erfindung, ohne dass er erfinderisch tätig werden muss, auch auf ein in dieser Anmeldung nicht im Einzelnen dargestelltes Injektionsverfahren anwenden und hinsichtlich der dann noch festzulegenden Prozessgrößen optimieren können.

BEZUGSZEICHENLISTE DER VERWENDETEN ABKÜRZUNGEN**Figuren 1 (Stand der Technik)**

	100	Anlage nach dem Stand der Technik
5	8	Direkterhitzungseinrichtung
	80	Infusionseinrichtung
	800	Injektionseinrichtung
10	2	Vorerhitzer
	2a	Wärmeträgermedium-Eintritt
	2b	Wärmeträgermedium-Austritt
15	4	erster Heißhalter
	10	erste Fördereinrichtung
	12	zweiter Heißhalter
	14	Vakuumeinrichtung
	16	zweite Fördereinrichtung
20	18	Milchprodukt-Eintritt (für zu behandelndes Milchprodukt P)
	20	erster Produktleitungs-Abschnitt
	22	zweiter Produktleitungs-Abschnitt
	26	Wasserdampf-Einlass
	28	Produkt-Einlass
	30	Auslassrohr
	32	dritter Produktleitungs-Abschnitt
25	34	vierter Produktleitungs-Abschnitt
	36	Abführleitung (für behandeltes Milchprodukt P)
	38	Brüden-Austritt
	40	erster Kühlmittel-Eintritt
	42	erster Kühlmittel-Austritt
30	D	Wasserdampf
	DE	Direkterhitzung
	FK	Flash-Kühlen
	HE	Hoherhitzung

	HH1	erste Heißhaltung
	HH2	zweite Heißhaltung
5	IFV	Infusionsverfahren
	IJV	Injektionsverfahren
	K1	erstes Kühlmittel
	M	Wärmeträgermedium
10	P	Milchprodukt (proteinangereichert)
	TA	Austritts-Temperatur (= T6)
	TVE	Vorerhitzungs-Temperatur (= T1, T2)
	THE	Hoherhitzungs-Temperatur (= T4, T5)
15	VE	Vorerhitzung
	W	Wasser
	$\Delta t1$	erste Verweilzeit
20	$\Delta t2$	zweite Verweilzeit

Figuren 2 bis 4

1000	Anlage
25	
6	Kühler
6a	zweiter Kühlmittel-Eintritt
6b	zweiter Kühlmittel-Austritt
30	K Kühlung
	K2 zweites Kühlmittel
	TK Abkühl-Temperatur (= T3)
	ΔTK Temperatur-Differenz

ps Sättigungs-Druck
Ts Sättigungs-Temperatur

5 Figuren 6 bis 10b

I erster Versuch (ohne Kühlung K)
II zweiter Versuch (mit Kühlung K)
III dritter Versuch (mit Kühlung K)

Versuch	TVE in °C	$\Delta t1$ in s	TK in °C	THE in °C	$\Delta t2$ in s	TA in °C
I	85	30	-	137,5	1	83
II	85	30	80	137,5	1	78,5
III	85	30	75	137,5	1	73

Tabelle 1

10

F Furosin (Messwert in mg/100 g Protein)
Fo Furosin (Messwert, Bezugsgröße für Normierung)
F/Fo Furosin
(normierte Messwerte in [mg/100 g Protein]/[mg/100 g Protein] = [1])

15

L nicht-denaturiertes β -Laktoglobulin (Messwert in g/kg Protein)
Lo nicht-denaturiertes β -Laktoglobulin
(Messwert, Bezugsgröße für Normierung)
L/Lo nicht-denaturiertes β -Laktoglobulin
(normierte Messwerte in [g/kg Protein]/[g/kg Protein] = [1])

20

MR Maillard-Reaktion (Bräunung)
PF „Fouling“-Schicht (Produkt-„Fouling“; Belagbildung)

Patentansprüche

1. Verfahren zur Direkterhitzung (DE) eines proteinangereicherten Milchprodukts (P) mittels der Einbringung von Wasserdampf (D) in dieses Milchprodukt (P),
- (a) bei dem bei der Direkterhitzung (DE) der Wasserdampf (D) das Milchprodukt (P) zur Bildung eines keimfreien Zustands durch eine direkte Hoherhitzung (HE) auf eine Hoherhitzungs-Temperatur (THE) erhitzt,
- 5 (b) bei dem vor der Direkterhitzung (DE) eine indirekte Vorerhitzung (VE) des Milchprodukts (P) auf eine Vorerhitzungs-Temperatur (TVE) und eine, in Strömungsrichtung des Milchprodukts (P) gesehen, der Vorerhitzung (VE) nachfolgende erste Heißhaltung (HH1) des vorerhitzten Milchprodukts (P) mit einer definierten und kontrollierten ersten Verweilzeit (Δt_1) durchgeführt wird,
- 10 (c) bei dem, in Strömungsrichtung des Milchprodukts (P) gesehen, nach der Direkterhitzung (DE) auf die Hoherhitzungs-Temperatur (THE) eine zweite Heißhaltung (HH2) des hoherhitzten Milchprodukts (P) mit einer definierten und kontrollierten zweiten Verweilzeit (Δt_2) durchgeführt wird und
- 15 (d) bei dem dem heißgehaltenen, hoherhitzten Milchprodukt (P) anschließend durch ein Flash-Kühlen (FK) mittels Entspannung auf einen niedrigeren Druck Wasser (W) in einer Menge, die jener des zuvor zugeführten Wasserdampfes (D) entspricht, entzogen wird,
- 20 **dadurch gekennzeichnet,**
- dass das vorerhitzte und heißgehaltene Milchprodukt (P) vor der Direkterhitzung (DE) eine indirekte Kühlung (K) durch einen rekuperativen Kühl-schritt von der Vorerhitzungs-Temperatur (TVE) auf eine Abkühl-Temperatur (TK) mit einer Temperatur-Differenz (ΔTK) in einem Bereich von
 - 25 5 K(elvin) bis 15 K ($\Delta TK \leq (5 \text{ bis } 15) \text{ K}$) erfährt,
 - dass die Direkterhitzung (DE) von der Abkühl-Temperatur (TK) auf die Hoherhitzungs-Temperatur (THE) mit an sich bekannten Direkterhitzungs-Einstellgrößen gesteuert wird, und
 - dass nach Maßgabe des Merkmals (d) das Milchprodukt (P) durch das
 - 30 Flash-Kühlen (K) von der Hoherhitzungs-Temperatur (THE) auf eine zwangsläufig notwendige Austritts-Temperatur (TA) abgekühlt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Temperatur-Differenz (ΔTK) in einem Bereich von 5 K bis 10 K liegt
($\Delta TK \leq (5 \text{ bis } 10) \text{ K}$).
- 5
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Temperatur-Differenz (ΔTK) 10 K beträgt ($\Delta TK = 10 \text{ K}$).
- 10
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Direkterhitzungs-Einstellgrößen Druck, Temperatur, Einwirkungsdauer
des Wasserdampfes sind.
- 15
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Direkterhitzung (DE) durch ein an sich bekanntes Infusionsverfahren
(IFV) verwirklicht ist.
- 20
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Direkterhitzung (DE) durch ein an sich bekanntes Injektionsverfahren
(IJV) verwirklicht ist.
- 25
7. Anlage (1000) zur Direkterhitzung (DE) eines proteinangereicherten Milchpro-
dukts (P) mittels der Einbringung von Wasserdampf (D) in dieses Milchprodukt
(P), umfassend in an sich bekannter Weise
- eine Direkterhitzungseinrichtung (8; 80, 800) für das Milchprodukt (P) zu
einer direkten Hoherhitzung (HE) mittels Wasserdampfs (D) auf eine Hoch-
erhitzungs-Temperatur (THE),
 - einen, in Strömungsrichtung des Milchprodukts (P) gesehen, stromaufwärts
der Direkterhitzungseinrichtung (8; 8, 800) angeordneten, als Rekuperator
ausgebildeten Vorerhitzer (2) zu einer indirekten Vorerhitzung (VE) des
Milchprodukts (P) auf eine Vorerhitzungs-Temperatur (TVE),
- 30

- einen ersten Heißhalter (4) zu einer ersten Heißhaltung (HH1) des vorerhitzten Milchprodukts (P), der zwischen der Direkterhitzungseinrichtung (8; 80, 800) und dem Vorerhitzer (2) angeordnet ist,
 - eine stromabwärts der Direkterhitzungseinrichtung (8; 80, 800) angeordnete erste Fördereinrichtung (10) zur Förderung des hocheerhitzten Milchprodukts (P),
 - einen stromabwärts der ersten Fördereinrichtung (10) angeordneten zweiten Heißhalter (12) zu einer zweiten Heißhaltung (HH2) des hocheerhitzten Milchprodukts (P),
 - eine stromabwärts des zweiten Heißhalters (12) angeordnete Vakuumeinrichtung (14), in der dem heißgehaltenen, hocheerhitzten Milchprodukt (P) anschließend durch ein Flash-Kühlen (FK) mittels Entspannung auf einen niedrigeren Druck Wasser (W) in einer Menge, die jener des zuvor zugeführten Wasserdampfes (D) entspricht, entzogen wird,
- dadurch gekennzeichnet,**
- dass zwischen der Direkterhitzungseinrichtung (8; 80, 800) und dem ersten Heißhalter (4) ein als Rekuperator ausgebildeter Kühler (6) angeordnet ist, der das vorerhitzte und heißgehaltene Milchprodukt (P) durch eine indirekte Kühlung (K) von der Vorerhitzungs-Temperatur (TVE) auf eine Abkühl-Temperatur (TK) abkühlt.
8. Anlage nach Anspruch 7,
- dadurch gekennzeichnet,**
- dass die Direkterhitzungseinrichtung (8) in Gestalt einer an sich bekannten Infusionseinrichtung (80) ausgebildet ist.
9. Anlage nach Anspruch 7,
- dadurch gekennzeichnet,**
- dass die Direkterhitzungseinrichtung (8) in Gestalt einer an sich bekannten Injektionseinrichtung (800) ausgebildet ist.