



Neues Separations-Verfahren zur Doppelentkeimung für die verlängerte Haltbarkeit von Trinkmilch

Ein White Paper über GEA Westfalia Separator **prolong**
Autoren: Christian Frahm, Michael Meyer

Inhalt

3	Vorwort
4	1. Einführung
5	2. Technologie von GEA Westfalia Separator
6	3. Entkeimungs-Separatoren
7	4. Mikrobiologie
7	4.1 Bakterien
8	5. Prozessvarianten
8	5.1 Standard-Milchpasteurisierung
9	5.2 Hoherhitzung
10	5.3 Mikrofiltration
11	5.4 GEA Westfalia Separator prolong -Prozess
12	6. Erhitzungsnachweis
12	6.1 β -Lactoglobulin
12	6.2 Lactulose
12	6.3 Peroxidase
12	6.4 Phosphatase
13	7. Sensorik
14	8. Prozessbewertung
14	8.1 Flexibilität
14	8.2 Investitionskosten
14	8.3 Betriebskosten
14	8.4 Wasserverbrauch
14	8.5 Motorstromverbrauch
15	9. Zusammenfassung

GEA Westfalia Separator: Leistungsstarker Partner der Molkerei-Industrie

Hätten Sie es gewusst? Jeder vierte Liter Milch wird weltweit mit Hilfe von GEA Produkten verarbeitet.

Mechanische Trenntechnik der GEA Westfalia Separator Group hat die Molkerei-Industrie von Anfang an geprägt. 1893 als Unternehmen der Molkereitechnik gegründet, setzt die Separations-Technologie der GEA Westfalia Separator Group immer wieder Maßstäbe in der Entwicklung der Branche.

Heute profitieren die Molkereien mehr denn je von der einzigartigen Erfahrung aus 120 Jahren Expertise und von der Innovationskraft des Technologieführers. Die Systeme, Verfahren und Prozesslinien geben im harten Wettbewerb bei jeder Anforderung wertvolle Impulse für mehr Effizienz und Ertragskraft.

Ob Butter, Joghurt oder Quark: Aus kaum einem anderen Naturprodukt lassen sich so viele Lebensmittel herstellen wie aus Rohmilch. Für die Molkereien ist die Produktvielfalt mit den unterschiedlichsten Verfahren zur Aufbereitung und Weiterverarbeitung der Rohmilch verbunden.

Verfahrenstechnik der GEA Westfalia Separator Group unterstützt folgende Prozesse:

- Reinigen von Milch und Molke
- Entrahmen von Milch und Molke
- Standardisierung von Milch, Rahm und Molkenrahm
- Entkeimen von Milch und Molke
- Konzentrieren von Rahm

Sonderverfahren für die Herstellung und Gewinnung von:

- Butter/ Butteröl
 - Frischkäse
 - Molkenproteinen
 - Calciumphosphat
 - Phospholipiden
 - Lactose
 - Kasein
 - Käsestaub
- und viele weitere.



1. Einführung

Traditionell wird die Trinkmilch durch Pasteurisieren haltbar gemacht und von pathogenen Keimen befreit. Die Haltbarkeit der so behandelten Milch liegt bei bis zu 10 Tagen. Auf Wunsch des Handels und auch der Verbraucher ist es nötig geworden, die Haltbarkeit der Trinkmilch zu verlängern.

Um eine verlängerte Haltbarkeit zu erreichen, sind mit der Mikrofiltration und der Hoherhitzung verschiedene Wege eingeschlagen worden. Nachteilig an diesen Verfahren sind die Veränderung der sensorischen Eigenschaften, hier vor allem der Geschmack, die durch Hitzeeinwirkung mögliche Verringerung des Vitamingehaltes sowie erhöhte Betriebskosten.

Die GEA Westfalia Separator Group bietet nun einen anderen Weg: die zentrifugale Abscheidung. Mit dem **prolong**-Verfahren ist es möglich, die in der Rohmilch enthaltenen haltbarkeitsrelevanten Mikroorganismen abzutrennen. Das Verfahren stellt eine pasteurisierte frische Trinkmilch her, welche eine verlängerte Haltbarkeit aufweist. Gleichzeitig bleiben der Frischecharakter sowie alle vorteilhaften Eigenschaften einer traditionell pasteurisierten Trinkmilch erhalten.

Ein weiterer Vorteil ist die mögliche nachträgliche Integration von Entkeimungs-Separatoren in vorhandene Pasteurlinien, was die Investitionskosten im Vergleich zu den bekannten haltbarkeitsverlängernden Verfahren sehr gering macht. Durch die einfache Integration werden weiterhin Vorteile im Betriebsablauf und auf der Betriebskostenseite erreicht.

GEA Westfalia Separator **prolong**:

- Neues Verfahren zur Doppelentkeimung von Rohmilch
- Schafft ein neues Produkt: EFL Milch (Extended Fresh Life), länger haltbare Frischmilch
- Eine Innovation vom Technologieführer in der mechanischen Trenntechnik
- Für alle Molkereibetriebe weltweit geeignet
- Flexibel einsetzbar in der Milchherstellung
- Maximale Produktqualität bei optimaler Wirtschaftlichkeit für die Betriebe



2. Technologie von GEA Westfalia Separator

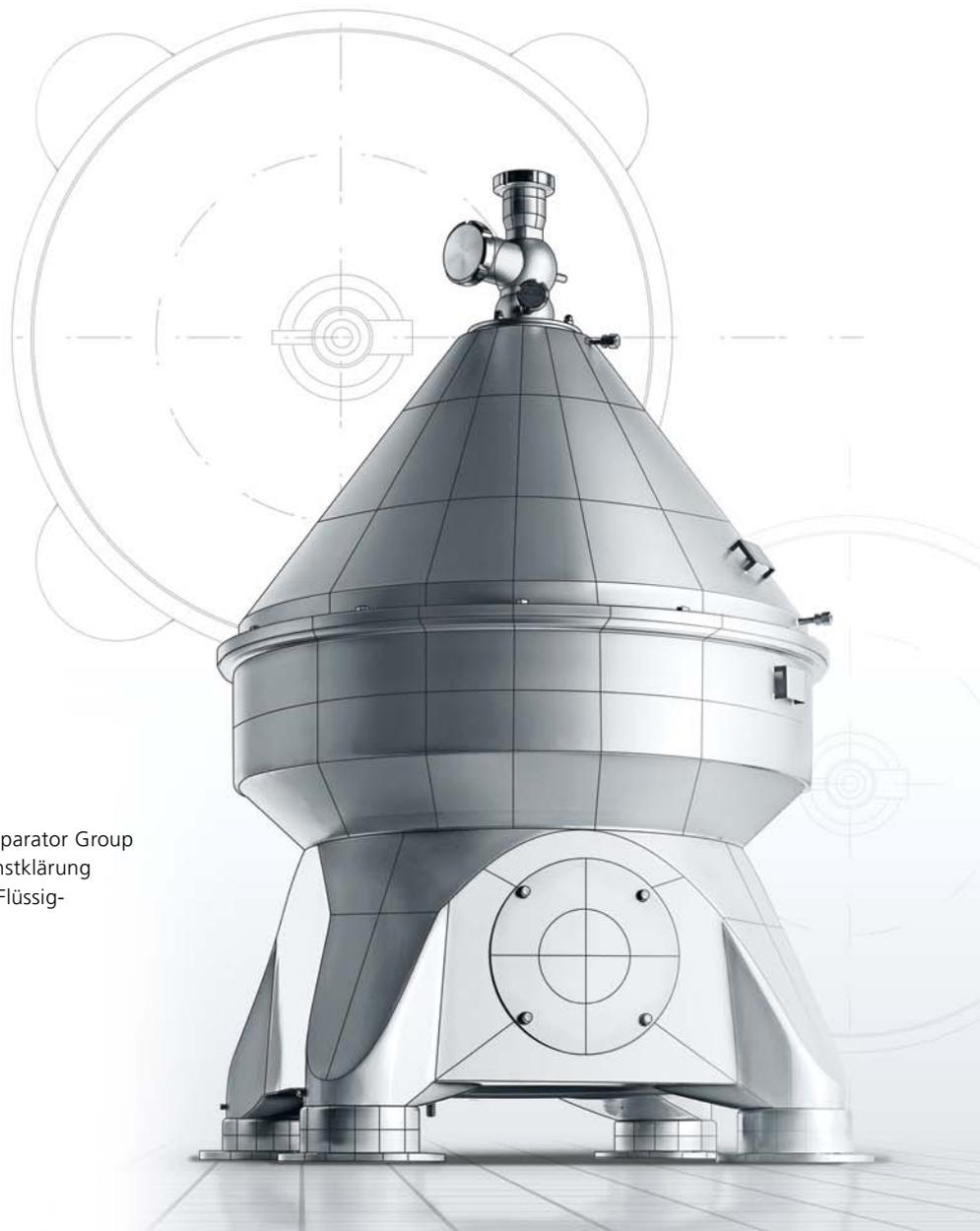
Separatoren sind speziell für flüssigkeitsorientierte Anwendungen ausgelegt. Mittels Zentrifugalkraft separieren sie Substanzen und Feststoffe aus Flüssigkeiten. Ebenso effektiv trennen sie Flüssigkeitsgemische bei gleichzeitiger Abschleudung von Feststoffen.

Die Anwendungsgebiete reichen von Trennprozessen in der chemischen und pharmazeutischen Industrie, der Öl- und Fettgewinnung, bis hin zur Herstellung von Molkereiprodukten, Bier, Wein, Frucht- und Gemüsesäften, oder der Verarbeitung von Mineralöl und Mineralölprodukten.

Separatoren-Ausführungen:

- Vollmantel-Separatoren zur Trennung von Flüssigkeiten
- Kammer-Separatoren, auch in kühlbarer Ausführung, zum Beispiel für die Fraktionierung von Humanblutplasma
- Selbstentleerende Teller-Separatoren für Klär- und Trennprozesse
- Düsen-Separatoren zur Aufkonzentrierung und Waschung von Suspensionen

Die Separatoren der GEA Westfalia Separator Group sind Spezialisten für die Fein- und Feinstklärung von feststoffarmen Flüssigkeiten und Flüssigkeitsgemischen.



3. Entkeimungs-Separatoren

Entkeimungs-Separatoren haben ihren Ursprung in den 1970er Jahren, als diese Separatoren zum festen Bestandteil einer Verarbeitungslinie für Käse- und Molkenmilch wurden. Heute findet dieser Separatoren-Typ auch Anwendung vorgeschaltet in Mikrofiltrationsanlagen, zum Abscheiden grober Verunreinigungen und in der Entkeimung verschiedener Molkenarten, wie Molkenkonzentrat, Pressmolke usw.

Die in der Käseherstellung unerwünschten Clostridien Sporen werden durch Entkeimungs-Separatoren abgetrennt. Käsefehler, etwa durch Spätblähung, werden verhindert. Auf eine Nitratzugabe kann bei Einsatz von Entkeimungs-Zentrifugen vollkommen verzichtet werden, womit die dann anfallende Molke ebenfalls nitratfrei ist.

Bei der Trinkmilchherstellung trennen die Entkeimungs-Separatoren Verunreinigungen der Rohmilch wie Nicht-Milch-Bestandteile, somatische Zellen, unerwünschte Keime und Bakterien, sicher ab.

Die Milch wird zu diesem Zweck auf etwa 55 °C erwärmt und dem Entkeimungs-Separator zugeleitet. In der Entkeimungstrommel wird die Milch durch den GEA Westfalia Separator hydrosoft-Einlauf schonend

auf Trommeldrehzahl beschleunigt und dem Tellerpaket zugeführt. Durch Einsatz eines Tellerpaketes ohne Steigekanal ist es möglich, die Tellerspalte so eng wie möglich zu wählen, da die Verunreinigungen den direkten Weg in den Feststoffraum gehen. Dies ermöglicht, die Trommel mit der maximalen Klärfläche zu versehen.

Die an den Entkeimungs-Separatoren eingesetzte Rückführleitung leitet eine gewisse Menge an Konzentrat (Schleppflüssigkeit) in die dem Separator zulaufenden Milch zurück. Diese Schleppflüssigkeit besteht aus einer Zwischenphase zwischen der leichten, geklärten Milchphase und der schweren Feststoffphase. Durch den kontinuierlichen Abzug der Schleppflüssigkeit wird der Entkeimungseffekt erhöht, da die in dieser Flüssigkeitsphase enthaltenen Bakterien nochmals im Zentrifugalfeld abgeschieden werden können.

Durch diskontinuierliche Entleerungen des Trommel-feststoffraumes werden die Verunreinigungen mit-samt den Bakterien aus der Trommel entfernt. Hier kommt das GEA Westfalia Separator **proplus**-System zum Einsatz. Es erhöht das Entleerungsintervall um bis zur doppelten Zeit und ermöglicht so minimale Produktverluste.



4. Mikrobiologie

Die Rohmilch hat eine vielfältige Keimflora, welche durch die Nahrung und Fütterung der Milchkuh, durch Melktechnik, Boden- und Klimaverhältnisse beeinflusst wird.

Die Keime einer Rohmilch lassen sich in unterschiedlichster Art und Weise klassifizieren.

4.1. Bakterien

Eine klassische Methode ist, die Keime nach ihren bevorzugten Temperaturbedingungen zu unterscheiden:

Unter Bakterien werden stabförmige Mikroorganismen zusammengefasst, welche eine Dichte zwischen 1,070 g/ml und 1,115 g/ml aufweisen.

- Psychrotrophe, also kältetolerante Bakterien, wachsen bei einer bevorzugten Temperatur von bis zu 7°C
- Psychrophile, kälteliebende Bakterien, haben ein optimales Wachstum bei einer Temperatur von unter 20°C
- Mesophile Bakterien haben eine optimale Wachstumstemperatur zwischen 20°C und 44°C
- Thermophile Bakterien bevorzugen zum Wachstum eine Temperatur zwischen 45°C und 60°C
- Thermophile, hitzeresistente Bakterien, überstehen selbst hohe Temperaturen von mehr als 70°C

Ein weiteres Unterscheidungsmerkmal ist der Bedarf an Sauerstoff, welcher für den Stoffwechsel fast aller Arten von organischem Leben notwendig ist.

- Aerobe Bakterien benötigen diesen Sauerstoff aus der Umgebungsluft
- Anaerobe Bakterien kultivieren den benötigten Sauerstoff aus den chemischen Zusammensetzungen ihrer Nahrung

Manche, sogenannte fakultativ anaerobe Bakterien, passen sich den jeweiligen Umgebungen an.

Einige Keime liegen nur in vegetativer Form vor, während andere, sogenannte Sporenbildner, auch in nicht vegetativer Form überstehen können.

Diese Sporen sind somit unter widrigen Bedingungen überlebensfähig. Sie keimen erst aus, wenn die Umgebungsbedingungen einen aktiven Stoffwechsel erlauben. Als Beispiel lassen sich verschiedene Bazillen und Clostridien nennen.

Sollen Sporen sicher thermisch eliminiert werden, so müssen Temperaturen von mindestens 120°C bei einer Heißhaltezeit von 20 min. zum Einsatz kommen.

Sowohl vegetative Keime (Bakterien mit einer Dichte von 1,070 bis 1,115 g/ml) wie auch Sporen (mit einer Dichte von 1,13 g/ml) weisen eine höhere Dichte auf als Rohmilch (1,03 g/ml). Daher lassen sie sich durch Zentrifugalkraft abscheiden.

Sporen entstehen aus Bakterien, wenn diesen die natürliche Lebensgrundlage entzogen wird. In der Rohmilch sind natürliche, aber auch durch Bakterien erzeugte Enzyme enthalten. Diese Bakterienenzyme entstehen durch den Stoffwechsel der Mikroorganismen. Enzyme gelten als Auslöser chemischer Reaktionen vor allem bei hocherhitzten Milchprodukten. Sie sind somit oft als Ursache von Süßgerinnung auszumachen. Diese Enzyme sind oftmals hitzestabil und auch nach dem Pasteurisieren bzw. nach einer Hoherhitzung noch aktiv.

Einige der in der Rohmilch enthaltenen Keime sind pathogen. Diese genotypischen Eigenschaften einer Keimart verursachen bei natürlichem Infektionsweg in einem bestimmten Wirt Krankheitserscheinungen. Die Eliminierung vegetativer pathogener Mikroorganismen ist durch Pasteurisierung bei 72 – 75°C für 15 bis 30 s gewährleistet.

Aus diesem Grund ist die Pasteurisierung die Mindestanforderung – aber eben auch gleichzeitig maximal notwendiges Erhitzungsverfahren – bei der Herstellung einer qualitativ hochwertigen und sicheren frischen Trinkmilch, wenn zentrifugal entkeimt wird.

Einige temperaturbeständige Bakterien haben bei Trinkmilch einen Einfluss auf die Haltbarkeit, s. Tabelle.

Es ist zu erkennen, dass nur sehr hohe und lange Erhitzungs- und Heißhaltevarianten sämtliche Keime deaktivieren können.

Bakterienart	Temperatur resistent	Auswirkung
Acinetobacter gram	≤ 74°C	<ul style="list-style-type: none"> • Relativ stoffwechsellinaktiv • Kein Wachstum < 10°C
Bacillus (Sporen)	≤ 148°C	<ul style="list-style-type: none"> • Verderb von pasteurisierter Milch durch kältetolerante Keime (Bacillus cereus) • Wachstum in UHT-Milch, da hitzeresistent
Clostridien	≤ 140°C	<ul style="list-style-type: none"> • Sauerstoffempfindlich • Möglicher Verderb von nicht gekühlter, steril verarbeiteter Milch
Enterokokken	≤ 90°C	<ul style="list-style-type: none"> • Geringes Wachstum < 20°C • Wachstum im Falle von Milchpulver
Mikrobakterien	≤ 90°C	<ul style="list-style-type: none"> • Bei Kühlung (8°C) möglicher Verderb der Milch nach > 35 Tagen, selbst wenn frei von Bc. cereus
Mikrokokken	≤ 85°C	<ul style="list-style-type: none"> • Relativ stoffwechsellinaktiv • Kein Wachstum < 10°C
Streptokokken	≤ 90°C	<ul style="list-style-type: none"> • Erhöhte Keimzahl in Exportmilch, Milchpulver • Nicht haltbarkeitsrelevant bei Kühlung < 8°C

5. Prozessvarianten zur Behandlung von Trinkmilch

Um die im Pasteurisierungsprozess temperaturbeständigen Bakterien aus der Trinkmilch zu entfernen, können verschiedene Verfahren eingesetzt werden.

Hierzu zählen:

- Zentrifugale Separation (mit dem **prolong**-Prozess)
- Filtration mit Hoherhitzung des Retentats und des Milchrahmes
- Hoherhitzung der Milch

Allen Prozessvarianten steht der Prozess der Standard-Milchpasteurisierung voran.

5.1 Standard-Milchpasteurisierung

In dem üblichen Pasteurisierungsprozess zur Herstellung von Trinkmilch wird die Rohmilch zunächst auf ca. 55°C erhitzt und einem Entrahmungs-Separator zugeführt. Dieser trennt die Milch in Magermilch und Rahm und scheidet die Nicht-Milchbestandteile ab.

Im GEA Westfalia Separator **standomat** wird der Magermilch anschließend eine gewisse Rahmmenge wieder beigemischt, um den gewünschten Fettgehalt in der Trinkmilch einzustellen.

Diese nun standardisierte Milch wird homogenisiert und anschließend bei Temperaturen zwischen 72°C und 75°C und einer Heißhaltezeit von 15 bis 30 s pasteurisiert. Anschließend wird die Trinkmilch auf ca. 4°C Lagertemperatur abgekühlt. Mit diesem Verfahren werden die meisten Mikroorganismen und alle pathogenen Bakterien abgetötet und eine Haltbarkeit der pasteurisierten Trinkmilch von bis zu 10 Tagen erreicht.

Der Frischecharakter und der geringe Vitaminverlust durch die Pasteurisierungstemperatur sind die entscheidenden Vorteile dieses Verfahrens. Die geringen Investitions- und Betriebskosten spielen ebenfalls eine große Rolle.

Überlebende thermophile Mikroorganismen sind unter anderem Bakterien der Gattung Bacillus und Clostridium. Bei Nichteinhaltung der Kühlkette treten eine schnelle Vermehrung der Bakterien aufgrund der nicht vorhandenen Konkurrenzflora auf und damit verbunden eine verkürzte Haltbarkeit. Diese eingeschränkte Haltbarkeit ist ein logistischer Nachteil.

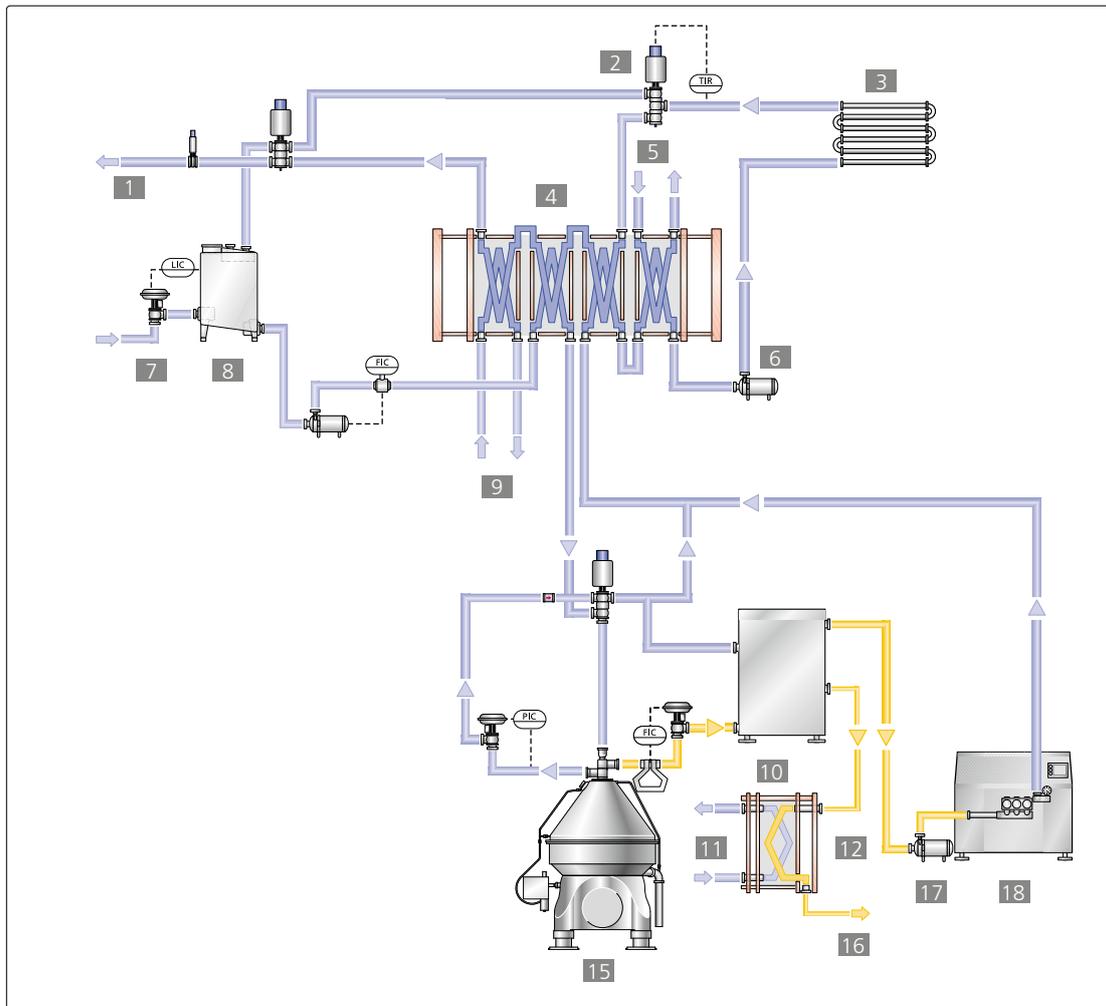


Abb. 1 Konventioneller Prozess der Milchpasteurisierung

- | | | |
|--|--|----------------------------|
| 1 Pasteurisierte,
standardisierte Milch | 6 Druckerhöhungspumpe | 11 Eiswasser Ein/Aus |
| 2 Umschaltventil | 7 Rohmilch | 12 Rahmkühler |
| 3 Heißhalter | 8 Vorlaufgefäß | 15 Enthrahmungs-Separator |
| 4 Wärmetauscher (regenerativ) | 9 Eiswasser Ein/Aus | 16 Überschussrahm, gekühlt |
| 5 Heißwasser Ein/Aus | 10 GEA Westfalia Separator
standomat MC | 17 Produktpumpe |
| | | 18 Homogenisator |

5.2 Hoherhitzung

Im Verfahren der Hoherhitzung wird zwischen direkter und indirekter Erhitzung unterschieden. In beiden Verfahren muss die Rohmilch zunächst auf 55°C angewärmt und im Enthrahmungs-Separator in Magermilch und Rahm getrennt werden. Eine gewisse Menge Rahm wird der Magermilch anschließend wieder zugeführt. Die so standardisierte Milch wird nun abgekühlt und für den Schritt der Hoherhitzung bei 5°C zwischengestapelt.

Während bei der direkten Erhitzung das Homogenisieren nach dem Hoherhitzen auf 127°C erfolgt,

wird im indirekten Verfahren in einer Zwischenstufe vor dem Hoherhitzen auf 127°C homogenisiert. Durch die Hoherhitzung der Milch kommt es zu Geschmacksveränderungen sowie einer ca. 30%igen Verringerung der Vitamine, hier im speziellen der Vitamine B₁ und B₂.

Auch eine Reduzierung von Lysin, eine essenzielle Aminosäure, vermindert die ernährungsphysiologische Verwertbarkeit einer so behandelten Milch.

5.3 Mikrofiltration

In diesem Verfahren wird die Rohmilch zunächst bei einer Temperatur von 55 °C in einem Entrahmungs-Separator in Magermilch und Rahm getrennt. Die Magermilch wird zwecks Entkeimung über eine Mikrofiltrationsanlage geführt. Die Porengröße dieser Filtrations-Membranen liegt bei > 0,8 µm bis 1,4 µm, was zu einer hohen Abscheiderate an Bakterien führt. Der Rahm kann jedoch nicht über die Filtermodule entkeimt werden, da es die Module verblocken würde. Die abgeschiedene Menge, das sogenannte Retentat,

wird nun bei mindestens 125 °C hochehitzt, um die Keime abzutöten und, abgekühlt, der gereinigten Magermilch wieder zugeführt.

Die vom Entrahmungs-Separator abgetrennte Rahmphase muss ebenfalls auf 125 °C erhitzt werden, bevor ein Teilstrom des Rahmes wieder der Magermilch zwecks Standardisierung zugeführt wird. In einem letzten Schritt wird die Milch zunächst homogenisiert und anschließend pasteurisiert, um dann der Abfüllung zur Verfügung gestellt zu werden.

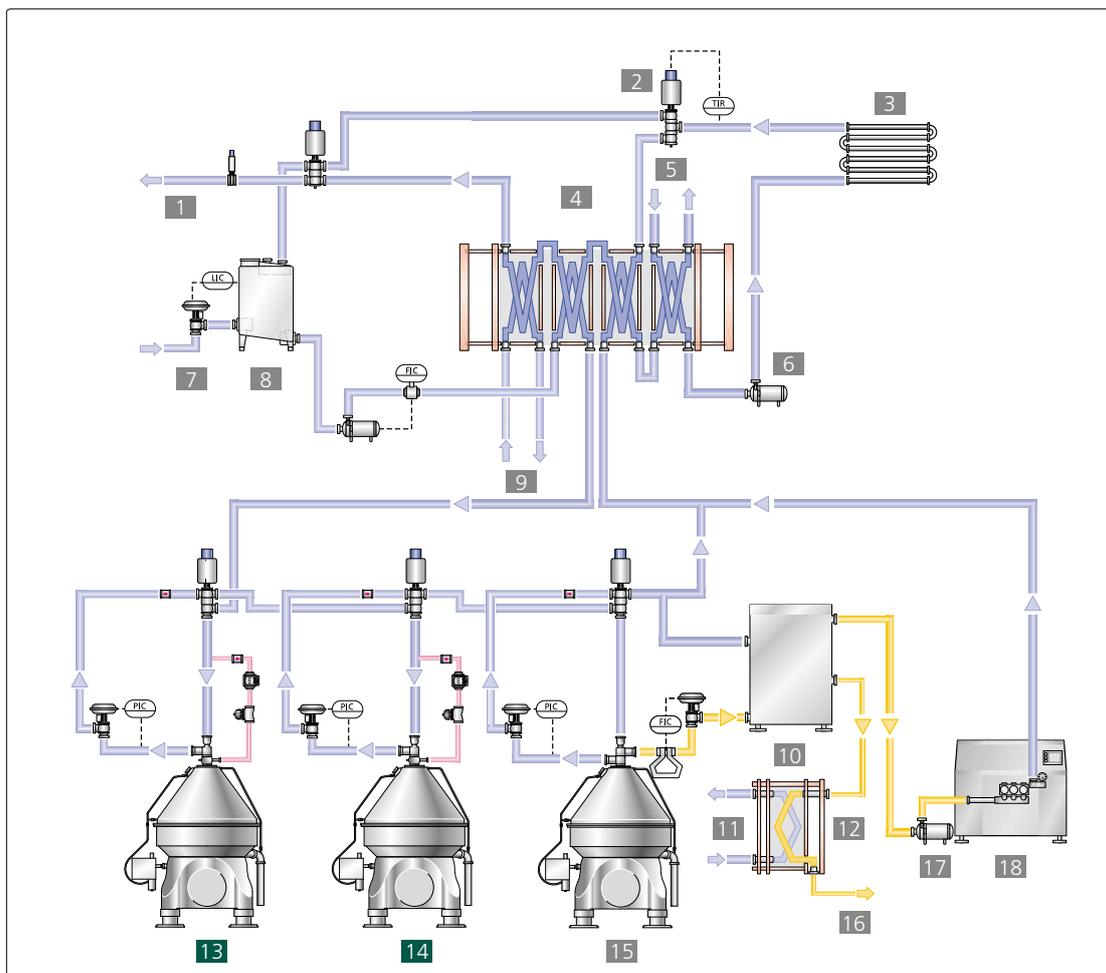


Abb. 2 GEA Westfalia Separator prolong-Prozess

- | | | |
|-------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1 EFL Milch | 8 Vorlaufgefäß | 13 Entkeimungs-Separator I |
| 2 Umschaltventil | 9 Eiswasser Ein/Aus | 14 Entkeimungs-Separator II |
| 3 Heißhalter | 10 GEA Westfalia Separator | 15 Entrahmungs-Separator |
| 4 Wärmetauscher (regenerativ) | standomat MC | 16 Überschussrahm, gekühlt |
| 5 Heißwasser Ein/Aus | 11 Eiswasser Ein/Aus | 17 Produktpumpe |
| 6 Druckerhöhungspumpe | 12 Rahmkühler | 18 Homogenisator |
| 7 Rohmilch | | |

Für die Durchleitung der Magermilch durch die Membranen einer Filtrationsanlage werden Pumpen mit einer hohen Motorleistung benötigt. Die Membrananlage erfordert eine spezielle Reinigung. Die Standzeit dieser Anlagen ist geringer als die einer Separatoren-Linie. Um die Standzeit einer Membranfiltrationsanlage zu erhöhen, werden in einigen Molkereien Entkeimungs-Separatoren der Membranfiltration vorgeschaltet.

5.4 GEA Westfalia Separator **prolong**-Prozess

Im **prolong**-Verfahren wird die gesamte Rohmilch ebenfalls auf ca. 55 °C angewärmt und zunächst über zwei in Reihe geschaltete Entkeimungs-Separatoren geleitet. In diesen Hochleistungs-Klär-Separatoren wird die Rohmilch von allen Verunreinigungen sicher getrennt. Die heute in modernen Entkeimungstrommeln eingesetzten Tellerpakete ohne Steigekanal lassen es zu, die Zwischenspalte dieser Teller auf ein Minimum zu reduzieren. Dies erhöht gleichzeitig die Klärfläche enorm. Der zweite Vorteil eines Tellerpaketes ohne Steigekanal ist die Abtrennung der Feststoffe außerhalb dieses Tellerpaketes. Dadurch werden die Teller nicht durch Verunreinigungen belegt.

Auch das Abtrennen der thermoduren Bakterien ist durch den Dichteunterschied von Rohmilch (Dichte 1,011 g/ml) und Bakterium (Dichte zwischen 1,070 g/ml und 1,13 g/ml) sichergestellt. Die Effizienz dieser Trommel wird durch die Nutzung einer Schleppflüssigkeit erhöht, indem eine Mischphase, zwischen der leichten Milchphase und der schweren Feststoffphase, in den Zulauf der Maschine zurückgeführt wird.

Durch das **proplus**-System wird die Abscheidung von Proteinen im Feststoffraum vermieden. So werden die Trommelentleerungsintervalle verlängert, während in einer Separatoren-Trommel ohne dieses System im Feststoffraum abgeschiedenen Proteine über eine Entleerung aus der Trommel ausgetragen werden. Somit wird der Verlust an Proteinen reduziert.

Nach dem Entkeimen wird die Milch dem Entrahmungs-Separator zugeführt und in Magermilch und Rahm getrennt. In einem nächsten Schritt wird ein

Teilstrom des abgetrennten Rahmes der Magermilch wieder zugeführt und so die Milch im Fettgehalt standardisiert. Diese standardisierte Milch wird hier nach im Voll- oder Teilstrom (Fettgehalt zwischen 13 und 20 %) homogenisiert.

Als nächster Schritt ist die Pasteurisierung bei Temperaturen zwischen 72 °C und 75 °C mit einer Heißhaltezeit von 15 bis 30 s zu nennen. Anschließend wird die standardisierte und homogenisierte frische Trinkmilch auf ca. 4 °C regenerativ abgekühlt und in einem Steriltank für die Verpackung bereitgestellt.

Diese Prozessschritte garantieren eine Reduzierung der *Bacillus cereus*-Anteile auf < 1 Spore auf 10 ml und somit eine verlängerte Haltbarkeit. Durch die normale Pasteurisierungstemperatur wird auch eine mögliche Maillard-Reaktion vermieden, welche bei einer hohen Prozesstemperatur zu einer Bräunung der Milch führen kann. Eine getrennte Erhitzung von Rahm und Milch ist nicht erforderlich, da die gesamte Rohmilch entkeimt wird.

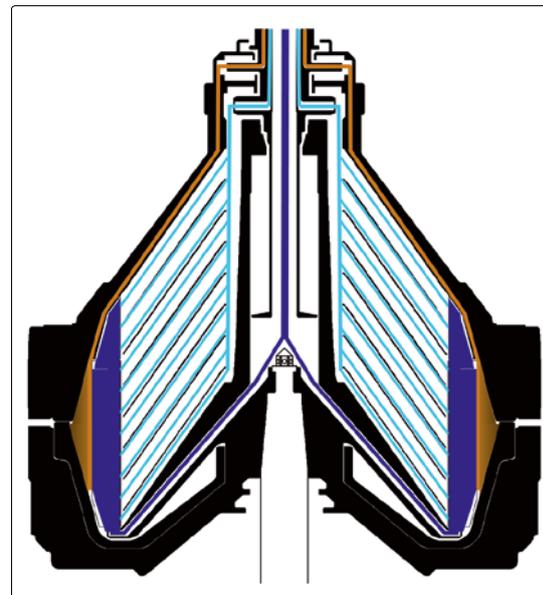


Abb. 3 Die Tellerpakete im Klär-Separator sorgen für sichere Entkeimung der Milch

- Rohmilch
- geklärte Milch
- Schleppflüssigkeit
- Feststoffe

6. Erhitzungsnachweis

Die Intensität der Wärmebehandlung von Milch kann mit Hilfe von Indikatoren beurteilt werden. Hier sind vor allem die Indikatoren Lactulose und β -Lactoglobulin zu nennen, welche sich durch Wärmebehandlung gegenüber dem Ausgangsprodukt verändern.

6.1 β -Lactoglobulin

Als Aminosäure hat β -Lactoglobulin eine essenzielle ernährungsphysiologische Bedeutung. Für Vitamin A und Selen ist es ein wichtiges Transportprotein, welches in der Rohmilch einen Wert von ca. 3.800 mg/kg aufweist. Eine Reduzierung dieses Wertes auf ca. 2.500 mg/kg bei mikrofiltrierter und sogar auf 1.600 mg/kg bzw. 1.000 mg/kg bei erhitzter ESL-Milch ist möglich.

Die mit dem **prolong**-Verfahren hergestellte pasteurisierte Trinkmilch weist einen β -Lactoglobulin Wert von ca. 3.000 mg/kg auf, welcher dem der traditionell pasteurisierten Milch entspricht.

6.2 Lactulose

Eine Zunahme der Lactulose-Werte infolge der Wärmebehandlung der Milch hat einen negativen Einfluss auf sensorische Akzeptanz. Ein hoher Gehalt

an Lactulose bedeutet, dass ein Kochgeschmack möglich ist.

Während pasteurisierte Trinkmilch mit ca. 10 mg/kg nur einen geringfügig höheren Lactulose-Wert als Rohmilch (ca. 8 mg/kg) aufweist, erreicht dieser Wert bei mikrofiltrierter Milch mit ca. 16 mg/kg und bei direkt (22 mg/kg) und indirekt erhitzter Milch (32 mg/kg) deutlich höhere Werte.

Die durch das **prolong**-Verfahren hergestellte Trinkmilch hat Lactulose-Werte, welche mit denen von pasteurisierter Trinkmilch vergleichbar sind.

6.3 Peroxidase

Milch, welche ausschließlich pasteurisiert wurde, muss einen positiven Nachweis an Peroxidase aufweisen. Hoherhitzte Milch wird über 85°C erwärmt, das Enzym Laktoperoxidase (POD) wird vollständig inaktiviert.

6.4 Phosphatase

Milch hat einen natürlichen sauren und alkalischen Phosphatase-Anteil, welcher durch den Pasteurisierungsprozess deaktiviert wird.

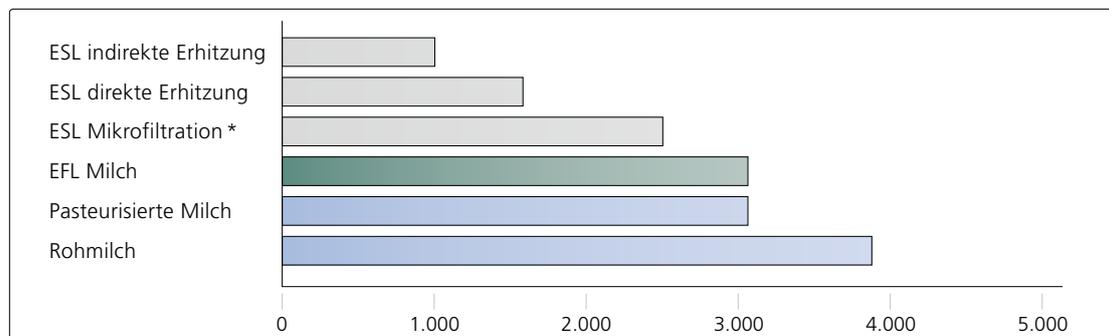


Abb. 4 Restgehalt an β -Lactoglobulin in nativer Form nach der Erhitzung

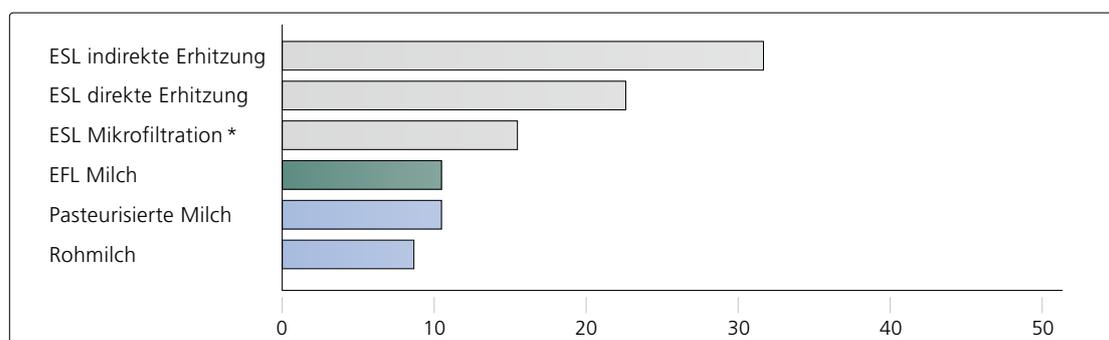


Abb. 5 Gehalt an Lactulose nach unterschiedlichen Wärmebehandlungen

* mit Hochtemperaturerhitzung des Rahmanteils

7. Sensorik

FrISCHE Milch hat einen charakteristischen, milden Geschmack. Ihre sensorische Perzeption wird bestimmt durch ihre „angenehmen Vollmundigkeit“, ihre physikalische Zusammensetzung, ihren süßen und gleichzeitig salzigen Geschmack, der von der Lactose bzw. den Salzen herrührt, und von verschiedenen volatilen aromatischen Komponenten (Ethylbutanilat, Ethylhexanoat etc.) (NURSTEN, 1997, S.48; BOELRIJK et al., 2003, S.134).

In einer Molkerei wurden mehr als 2.200 Proben mit dem **prolong**-Verfahren hergestellter EFL Milch ausgewertet. Zunächst wurden die Rückstellproben nach einer bestimmten Lagerzeit auf Abweichungen im pH-Wert überprüft. Dabei gab es keine Abweichungen von Proben, welche eine Lagerzeit kürzer als 23 Tage hatten. Erst ab 24 Tagen traten vereinzelt, das heißt

bei 0,6 % der Lagerproben, Abweichungen auf. Nach 28 Tagen Lagerzeit gab es bei mehr als 1 % der Proben eine pH-Wert-Abweichung.

Im sensorischen Vergleich mit anderen Milchen erzielte die nach dem **prolong**-Verfahren hergestellte EFL Milch in allen Testkriterien die beste, bzw. mindestens eine vergleichbare, Punktzahl. Im Bereich natürlicher und frischer Geschmack die Höchstpunktzahl, in der Kategorie „Off-Flavor“ mit null Punkten ebenfalls die Bestnote. Ebenfalls untersucht wurde EFL Milch in Verpackungen mit unterschiedlich langen Lagerzeiten. Auch hier zeigt die Auswertung, dass alle Bewertungen der einzelnen Testkategorien nah beieinander liegen. Das heißt, dass auch länger gelagerte EFL Milch als sehr frisch eingestuft wird. Sie unterscheidet sich nicht wesentlich gegenüber einer kurz gelagerten Milch.

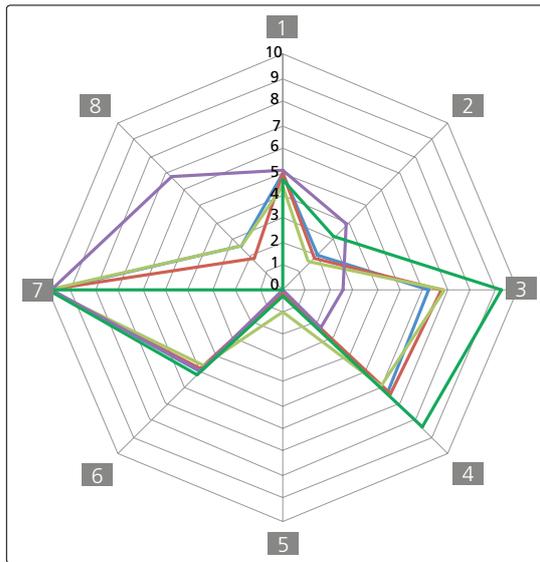


Abb. 6 Sensorischer Vergleich verschiedener Milchen

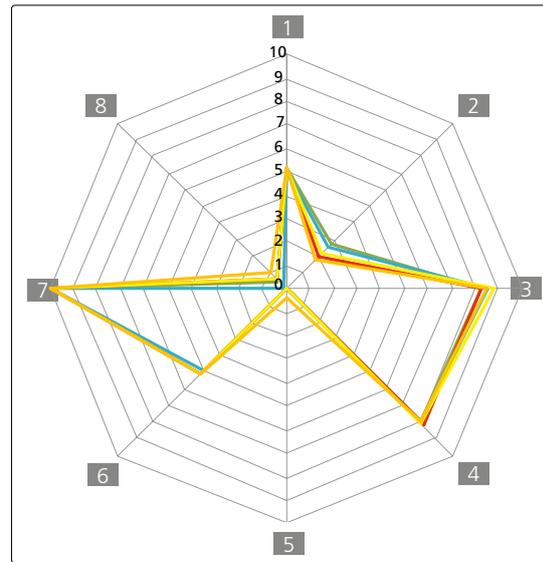


Abb. 7 Vergleich EFL Milch nach verschiedenen Lagerzeiten

- | | |
|--------------------|-----------------|
| 1 Aussehen/Farbe | 5 Kochgeschmack |
| 2 Frischegeruch | 6 Sensorik |
| 3 Geschmack | 7 Homogenität |
| 4 Frischegeschmack | 8 Fremdaroma |

- | | |
|--------------------|-----------------|
| 1 Aussehen/Farbe | 5 Kochgeschmack |
| 2 Frischegeruch | 6 Sensorik |
| 3 Geschmack | 7 Homogenität |
| 4 Frischegeschmack | 8 Fremdaroma |

- Milch I 1,5% mikrofiltriert
- Milch II 1,5% mikrofiltriert
- Milch III 1,5% traditionell
- Milch IV 3,7% traditionell
- EFL Milch 3,5%

- 15 Tage Lagerzeit
- 20 Tage Lagerzeit
- 25 Tage Lagerzeit
- 27 Tage Lagerzeit
- 30 Tage Lagerzeit

8. Prozessbewertung

8.1 Flexibilität

Das GEA Westfalia Separator **prolong**-Verfahren eignet sich neben der Herstellung von länger haltbarer pasteurisierter frischer Trinkmilch auch für die Herstellung von Kesselmilch zur Käsefertigung und zur Herstellung von Milchpulver.

8.2 Investitionskosten

Alle Verfahren benötigen als Grundvoraussetzung eine Pasteurierungsanlage bestehend aus

- Vorlaufgefäß
- Zulaufpumpe
- Erhitzer
- Enthrahmungs-Separator
- Standardisierereinrichtung
- Homogenisator
- Pasteur

mit allen Ventilen und Regelungen.

Alle Verfahren für verlängerte Haltbarkeit benötigen einen Ultra-clean- oder auch einen aseptischen Verfahrensstandard. Das heißt, dass alle Rohrleitungen, Ventile, Pumpen, der Erhitzer und Pasteur sowie der Homogenisator mindestens dem Ultra-clean-Standard entsprechen müssen. Der Lagertank der standardisierten und homogenisierten Trinkmilch muss in Steril-Ausführung, mit Sterilluftüberlagerung, vorliegen. Die Abfüllung der Trinkmilch muss bei Temperaturen $< 4^{\circ}\text{C}$ über eine Verpackungsmaschine erfolgen, die ebenfalls mindestens im Ultra-clean-Standard ausgeführt ist. Auch die anschließende Kühlung der verpackten Trinkmilch darf eine Lagertemperatur von 8°C nicht überschreiten.

8.3 Betriebskosten

Zur Herstellung einer pasteurisierten Trinkmilch werden die oben erwähnten Anlagenteile benötigt.

Da die Entkeimungs-Separatoren in diese Linie mit eingebunden werden können, treten nur geringe Mehrkosten auf, die durch Motorstrom und Steuerwassermengen verursacht werden.

Die Reinigung der Entkeimungs-Separatoren erfolgt in gleicher Weise wie es bei einer Pasteurierungsanlage üblich ist. Es gibt auch keine Änderungen der Standzeiten. Nach einer Produktion von acht Stunden sollte jedoch eine Zwischenreinigung durchgeführt werden um sicherzustellen, dass sich in dem Erhitzer / Pasteur kein Biofilm aufbaut.

8.4 Wasserverbrauch

Eine Entleerung der Separatoren-Trommel, welche im Standardverfahren alle 20 min. durchgeführt wird, benötigt ca. 20 l Wasser. Somit fallen bei Einsatz von zwei Entkeimungs-Separatoren ca. 120 l/h an Wassermehrverbrauch an.

Mit dem Einsatz einer **proplus**-Entkeimungstrommel verlängert sich das Entleerungsintervall auf bis zu 60 min.. Somit reduziert sich der Wassermehrverbrauch auf 40 l/h.

8.5 Motorstromverbrauch

Ein Separator benötigt pro Kubikmeter Zulaufmenge ca. 0,8 kW Strom. Der Entkeimungs-Separator CSI 400-01-772 beispielsweise, benötigt für eine Zulaufleistung von bis zu 40.000 l/h etwa 32 kW Strom.

Zum Vergleich:

Eine Mikrofiltrationsanlage benötigt neben dem Mehraufwand an Wasser und Strom auch zusätzlich Druckluft, Dampf und Eiswasser. Die separate Reinigung schlägt ebenfalls zu Buche, sodass die Betriebskosten erheblich höher sind als im **prolong**-Verfahren zur Doppelentkeimung mit Separatoren.

9. Zusammenfassung

Mit der zentrifugalen Doppelentkeimung von Rohmilch durch das **prolong**-Verfahren produzieren Molkereibetriebe eine neuartige EFL Milch (Extended Fresh Life).

Diese EFL Milch verbindet erstmalig eine verlängerte Haltbarkeit von mindestens drei Wochen mit den Frische-Eigenschaften einer traditionell pasteurisierten Trinkmilch.

Im sensorischen Vergleich mit anders behandelten Milchen erhält EFL Milch in vielen Testkriterien die beste Beurteilung. Insbesondere ihr natürlicher und frischer Geschmack wird auch nach längerer Lagerung als herausragend beurteilt.

Durch die schonende Rohmilchbehandlung und den Verzicht auf einen zusätzlichen Hitzeeintrag in die Milch bleiben Vitamingehalt und natürlicher Geschmack erhalten. Sämtliche Untersuchungen haben gezeigt, dass alle unerwünschten Nicht-Milchbestandteile sicher entfernt werden.

Zur Umsetzung des Verfahrens werden lediglich zwei Entkeimungs-Separatoren in eine herkömmliche Pasteurlinie implementiert. Aufgrund dieser einfachen Integration generiert das **prolong**-Verfahren im Vergleich mit der Mikrofiltration und der Hocherhitzung weitere Vorteile im Betriebsablauf und auf der Betriebskostenseite.





Wir leben Werte.

Spitzenleistung • Leidenschaft • Integrität • Verbindlichkeit • GEA-versity

Die GEA Group ist ein globaler Maschinenbaukonzern mit Umsatz in Milliardenhöhe und operativen Unternehmen in über 50 Ländern. Das Unternehmen wurde 1881 gegründet und ist einer der größten Anbieter innovativer Anlagen und Prozesstechnologien. Die GEA Group ist im STOXX® Europe 600 Index gelistet.

GEA Westfalia Separator Group GmbH

Werner-Habig-Straße 1, 59302 Oelde, Deutschland

Tel.: +49 2522 77-0, Fax: +49 2522 77-2089

www.gea.com