



WHITEPAPER

Zusatznutzen durch Verlängerung der Haltbarkeit bei flüssigen Milchprodukten

Februar 2016

INHALT

Einleitung	3
Für wen ist diese Ausarbeitung gedacht?	3
Warum ist eine Verlängerung der Haltbarkeit für die Milchwirtschaft wichtig?	3
Konzentration auf nicht fermentierte Milchprodukte	3
Ganzheitlicher Ansatz in Bezug auf Verarbeitungs- und Vertriebskette	4
Es gibt kein Patentrezept	5
ESL VERSTEHEN	6
Was ist Haltbarkeit und wodurch wird sie beeinflusst?	6
Allgemeine Definition von Haltbarkeit	6
Industrielle Praxis	7
Maximal mögliche Haltbarkeit	7
Angegebene Haltbarkeit	7
Wie definiert Tetra Pak ESL?	8
Mikrobiologische Aspekte der Produktqualität	9
Mikrobiologische Haltbarkeit	9
Milch aus mikrobiologischer Sicht	10
Rohmilchqualität	10
Die logarithmische Reduktion der Keimzahl	11
Verhindern von Bakterienwachstum	12
Mikrobiologische Haltbarkeit im Vergleich zur Ausfallrate	12
PORTFOLIO DER ESL-LÖSUNGEN	15
Technologische Verlängerung der Haltbarkeit	15
Konservierungsverfahren	15
Pasteurisierung	15
Pasteurisierung mit Bactofugation	16
Pasteurisierung mit Mikrofiltration	16
Hochtemperaturbehandlung (HTT)	17
Prozesslinienplanung	18
Anlage für hohe Hygieneanforderungen	18
Anlage für sehr hohe Hygieneanforderungen	18
Aseptische Anlage	19
Messung der Ergebnisse des Einsatzes von ESL-Technologie	20
Anforderungen an Abfüllmaschinen und Verpackungsqualität	22
Vertriebstemperatur	23
AUSWAHL DER RICHTIGEN LÖSUNG	24
Verfahren für die Auswahl einer ESL-Technologie	24
Tetra Pak – Ihr Ratgeber in Sachen Milch	24

Einleitung

Für wen ist diese Ausarbeitung gedacht?

Diese Ausarbeitung richtet sich an Beschäftigte aus der milchverarbeitenden Industrie, die an neuen Techniken zur Verlängerung der Haltbarkeit von Milchprodukten interessiert sind, die entscheidende Wettbewerbsvorteile eröffnen.

Darüber hinaus finden auch Lebensmitteltechniker und Studenten in Bildungs- und Forschungseinrichtungen hier wichtige Informationen.

Warum ist eine Verlängerung der Haltbarkeit für die Milchwirtschaft wichtig?

Eine verlängerte Haltbarkeit (Extended shelf life, ESL) für Milchprodukte bietet Vorteile hinsichtlich der Produktsicherheit und Qualität. Zu dieser Thematik gehören auch eine verbesserte Hygiene und ein geringeres Rekontaminationsrisiko durch Mikroorganismen während der Produktion, der Verpackung und dem Vertrieb.

ESL-Milchprodukte sollen auch folgenden Herausforderungen gerecht werden:

- Zunehmendes Qualitätsbewusstsein und gesteigerter Qualitätsanspruch von Seiten der Konsumenten.
- Ausweitung des Vertriebsbereichs – Fusionen innerhalb der Milchwirtschaft und die Nutzung der Vorteile großer Produktionsmengen sind für das Wachstum vieler Molkereien mittlerweile wesentlich. Für manche Betriebe sind diese Prozesse sogar überlebenswichtig. Durch die ESL-Technologie können Milch und andere flüssige Lebensmittel über größere Entfernungen transportiert werden. Sie sind bei Ankunft am Bestimmungsort immer noch frisch und weisen die erforderliche Haltbarkeit auf.
- Vermarktung hochwertiger Markenprodukte: Auch für Produkte mit höheren Margen und geringerem Volumen ist die ESL-Technologie entscheidend. Mit ihr lassen sich lange Haltbarkeit mit gleichbleibend hoher Qualität sicherstellen.

Konzentration auf nicht fermentierte Milchprodukte

Im Grunde genommen können sämtliche Lebensmittel eine ESL-Kennzeichnung erhalten oder beschrieben werden als Produkt, das mit einer Technologie zur Verlängerung der Haltbarkeit produziert wurde. Dies ist eine Frage von Definition und Klassifizierungsmethoden.

ESL-Technologie kann für alle Arten von flüssigen Lebensmittel eingesetzt werden, z. B. für

- Milch
- Aromatisierte Milch

- Mit Zusatzstoffen angereicherte Produkte
- Fermentierte Produkte
- Sahne
- Milchdesserts
- Sojagetränke
- Säfte

Diese Ausarbeitung behandelt schwerpunktmäßig **flüssige nicht fermentierte Milchprodukte**. Dabei wird ein Bereich abgedeckt, der von Konsummilch bis hin zu aromatisierten Milchshakes reicht. Diese Produkte enthalten nach der Verarbeitung noch eine gewisse Anzahl an Mikroorganismen (lebensfähige Mikroorganismen und/oder Sporen). Die Distribution muss daher in der geschlossenen Kühlkette erfolgen.

Die Notwendigkeit der Kühlung macht den wichtigsten Unterschied zwischen diesen und sterilen Produkten aus, die ungekühlt vertrieben werden können.

Ganzheitlicher Ansatz in Bezug auf Verarbeitungs- und Vertriebskette

Der Schlüssel beim ESL-Prozess ist die Fähigkeit, die gesamte Kette im Blick zu haben, von der Rohmilch und anderen Rohstoffen bis hin zur Auslieferung ins Verkaufsregal und zum Verkauf an den Verbraucher.



Jeder Schwachpunkt und jede ungeeignete Handhabung entlang dieser Kette beeinträchtigen die Endqualität von ESL-Produkten. Einige Fehler oder Defizite, zum Beispiel extreme Temperaturschwankungen während des Vertriebs oder eine Unterbrechung der Kühlkette, können dazu führen, dass die längere Haltbarkeit sich nicht auswirkt bzw. diese sogar reduziert wird.

In anderen Worten: ESL-Technologie ist immer nur so stark wie das schwächste Glied in der Kette.

Es gibt kein Patentrezept

Eine weitere grundsätzliche Einsicht bezüglich ESL ist, dass es keine allgemeingültige Lösung gibt. Es gibt eine Vielzahl von Ansätzen und nutzbaren Technologien, deren Verwendbarkeit sich nach den jeweiligen Produktionsanforderungen und festgelegten Qualitätsniveaus richtet. Aus diesem Grund teilen wir die folgenden Informationen in drei Abschnitte ein:

1. ESL verstehen – Informationen zur Beherrschung relevanter mikrobiologischer Prozesse
2. Portfolio der ESL-Lösungen – Beschreibung aller verfügbaren Technologien
3. Auswahl der richtigen Lösung – Unser Verfahren zur Auswahl idealer Lösungen für spezifische Anforderungen

Wir sind überzeugt, dass Tetra Pak bestens aufgestellt ist, Lösungen für alle drei Aspekte zu bieten: Know-how, Portfolio und fachkundige Beratung.

Diese Ausarbeitung umreißt und erläutert die wichtigsten technologischen Faktoren und Parameter, die Einfluss auf die Haltbarkeit haben. Andere Aspekte, wie etwa mechanische Installation, Automatisierung, Bedienung von Maschinen, vorbeugende Wartung und Mitarbeiterschulungen werden nur kurz angesprochen. Obwohl sie in diesem Zusammenhang eine bedeutende Rolle spielen, sind diese Bereiche im Rahmen spezifischer Verfahren bzw. Best Practices für die Produktion zu behandeln.

ESL VERSTEHEN

Was ist Haltbarkeit und wodurch wird sie beeinflusst?

Allgemeine Definition von Haltbarkeit

Haltbarkeit wird als der Zeitraum definiert, in dem unter empfohlenen Bedingungen gelagerte und gehandhabte Produkte

- sicher verzehrbar bleiben,
- die gewünschten geschmacklichen, chemischen, physikalischen und mikrobiologischen Eigenschaften beibehalten,
- eine Struktur behalten, die der Kennzeichnung auf dem Etikett entspricht.

In anderen Worten: Haltbarkeit ist der Zeitraum, in dem die Produkte stabil und zum Verzehr geeignet bleiben.

Es gibt mindestens vier verschiedene Arten von Stabilität, die sich auf die Haltbarkeit auswirken. Der Reihenfolge ihrer Bedeutung (der Häufigkeit ihres Auftretens) nach sind dies:

Stabilitätsfaktor	Verhinderte potentielle Probleme
1. Mikrobiologische Stabilität	Wachstum von Mikroorganismen und potenzielle Beeinträchtigungen oder der Verderb des Produkts
2. Physische Stabilität	Fettabsetzung (Aufrahmung, falls Homogenisierung nicht relevant ist) Proteinsedimentation (bei Wärmebehandlung mit hohen Temperaturen)
3. Biochemische Stabilität	Oxidation oder enzymatischer Abbau von Inhaltsstoffen
4. Chemische Stabilität	Beispielsweise farbliche und geschmackliche Beeinträchtigungen aufgrund von Oxidation

Jede Stabilitätskategorie umfasst spezifische Faktoren (Parameter), die die Haltbarkeit verkürzen. Diese lassen sich objektiv beschreiben und analysieren, um zu ermitteln, ob sich ein Produkt innerhalb der zulässigen Grenzen befindet.

Qualitätsprobleme in Bezug auf Punkt 2, 3 und 4 sind bei ESL-Produkten selten. Daher richten wir unser Augenmerk auf die mikrobiologische Aktivität.

Industrielle Praxis

Die Erfahrung aus der Milchindustrie zeigt, dass zwischen **maximal möglicher und angegebener Haltbarkeit** zu unterscheiden ist. ESL-Technologie ermöglicht die Verlängerung beider Zeiträume.

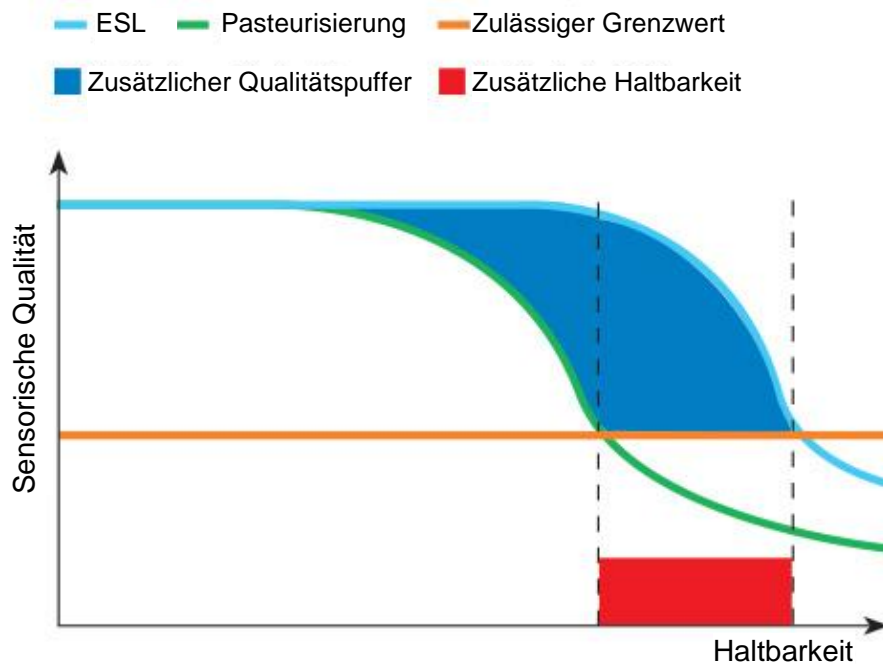
Maximal mögliche Haltbarkeit

Dies bezeichnet den Zeitraum, in dem alle notwendigen Stabilitätsparameter im Rahmen der Vorgaben bleiben. Der Zeitraum endet, wenn mindestens einer dieser Parameter den Grenzwert überschreitet und das Produkt als nicht mehr akzeptabel gilt.

Angegebene Haltbarkeit

Dies ist der Zeitraum, in dem ein Produkt gemäß Herstellerangaben verkauft werden darf. Nach diesem Datum können für den Konsumenten mehr oder weniger spürbare Beeinträchtigungen auftreten. Wie schnell diese Beeinträchtigungen nach dem Haltbarkeitsdatum spürbar werden, hängt davon ab, wie der Hersteller bei der Kennzeichnung vorgeht.

Die angegebene Haltbarkeit entspricht nicht notwendigerweise der maximal möglichen Haltbarkeit. In vielen Fällen geben Hersteller eine Haltbarkeit an, die kürzer ist als die maximal mögliche Haltbarkeit. Dadurch gewinnen sie einen zusätzlichen „Qualitätspuffer“. Diese Logik wird anhand des folgenden Diagramms deutlich.



ESL-Technologie kann genutzt werden, um die Haltbarkeit zu verlängern, um einen zusätzlichen Qualitätspuffer zu gewinnen oder um beide Ziele zu erreichen.

Die grüne Linie zeigt die Qualität herkömmlicher pasteurisierter Milch im Zeitverlauf. Unter der Annahme, dass die angegebene Haltbarkeit dieses pasteurisierten Produkts der maximal möglichen Haltbarkeit entspricht, kann das Produkt bis zu dem Zeitpunkt, an dem die grüne Linie die orangefarbene Linie (zulässiger Grenzwert) schneidet, konsumiert werden. Über dem Grenzwert ist das Produkt akzeptabel, darunter nicht mehr.

Die hellblaue Linie steht für die Qualität von ESL-Milch. Wie dem Diagramm zu entnehmen ist, bietet der Einsatz von ESL-Technologie zwei Vorteile:

1. Zusätzlicher Qualitätspuffer (dunkelblauer Bereich)
2. Verlängerung der maximalen Haltbarkeit (roter Balken)

Es liegt nun am Produzenten, eine Entscheidung zu treffen. Dabei gibt es mindestens zwei Möglichkeiten:

1. Die ursprünglich angegebene Haltbarkeit beibehalten und den Qualitätspuffer als Sicherheitsspielraum nutzen, etwa um längere Distributionszeiträume zu kompensieren oder Rückläufer zu verhindern
2. Verlängern der angegebenen Haltbarkeit durch einen Teil bzw. des gesamten Qualitätspuffers

Wie definiert Tetra Pak ESL?

Es gibt keine international anerkannte Norm oder Definition von ESL. Da die Kunden von Tetra Pak auf zahlreichen Märkten oder sogar weltweit tätig sind, haben wir entschieden, eine breite Definition zu Grunde zu legen, die eine flexible Einführung von Maßnahmen zur Verlängerung der Produktstabilität erlaubt. Unsere Definition lautet wie folgt:

ESL ist die Haltbarkeit eines gekühlt vertriebenen Produkts, die über die Haltbarkeit eines herkömmlich pasteurisierten Produkts auf dem jeweiligen Markt hinausgeht.

Das heißt, dass ESL nicht mit einem spezifischen Zeitraum verknüpft wird. Stattdessen wird unter ESL jede Verlängerung der Haltbarkeit gegenüber herkömmlich pasteurisierten Produkten verstanden.

Mikrobiologische Aspekte der Produktqualität

Im allgemeinen Sprachgebrauch der Milchwirtschaft hinsichtlich Milch und milchbasierten Produkten wird „Haltbarkeit“ zumeist in Bezug auf die mikrobiologische Stabilität verstanden. Das liegt daran, dass mikrobielles Wachstum die Hauptursache für den Verderb von Milchprodukten ist.

Andere Stabilitätskategorien können jedoch, abhängig von der tatsächlich für die ESL-Verarbeitung genutzten Technologie, ebenso eine wichtige Rolle spielen. Diese müssen daher bei der Planung der jeweiligen Produktionslösung berücksichtigt werden.

Mikrobiologische Haltbarkeit

Mikrobiologische Stabilität ist der wichtigste Faktor in Bezug auf die Einschränkung der Haltbarkeit von gekühlt vertriebenen, flüssigen Milchprodukten. Wir verwenden daher den Begriff „mikrobiologische Haltbarkeit“. Dies bezeichnet den Zeitraum, in dem die Stabilität (keine Beeinträchtigung des Produkts durch mikrobielles Wachstum) gewährleistet bleibt. Die mikrobiologische Haltbarkeit von Milch oder anderen Produkten, die gekühlt vertrieben werden, ist abhängig von vier Faktoren:

1. Anzahl der hitze- und kältebeständigen Mikroorganismen und Sporen in der Rohmilch
2. Effizienz der Reduzierung dieser Mikroorganismen und Sporen
3. Potenzielle Rekontamination der Milch durch spezifische Mikroorganismen nach der Verarbeitung
4. Lager- und Vertriebstemperatur

Ein Produkt mit einer geringeren Ausgangskeimzahl verdirbt weniger schnell. Es dauert also länger, bis es, gemessen an der Anzahl enthaltener Mikroorganismen, das Ende der Haltbarkeit erreicht.

Drei Verarbeitungskriterien sind entscheidend für die Verlängerung der mikrobiologischen Haltbarkeit:

1. Reduzierung der Anzahl der Mikroorganismen, die den Verarbeitungsprozess überleben, auf ein Minimum (durch die Auswahl hochwertiger Rohstoffe und geeigneter Verarbeitungstechnologie)
2. Verhinderung von Rekontamination nach der Verarbeitung (durch hygienische Anlagen)
3. Minimierung des Wachstums von Mikroorganismen in der Verpackung (mittels einer intakten Kühlkette)

Milch aus mikrobiologischer Sicht

Rohmilchqualität

Die Qualität der Rohmilch ist die erste Voraussetzung für hohe ESL-Qualität. Hierzu gelten in unterschiedlichen Ländern unterschiedliche Bestimmungen. So empfiehlt die EU, dass Rohmilch für die Produktion von Trinkmilch, fermentierten Produkten, Frischkäse, aromatisierter Milch und Sahne die folgenden Kriterien erfüllt:

- Gesamtkeimzahl (30 °C) < 100.000 cfu/ml
- Gehalt an somatischen Zellen < 400.000 Zellen/ml

Milch mit höheren Werten darf zwar verarbeitet werden, jedoch ist mit einer geringeren Endqualität und einer reduzierten möglichen Haltbarkeit des Produkts zu rechnen.

Im Normalfall wird die mikrobiologische Qualität von Rohmilch durch die Messung der Gesamtkeimzahl bestimmt. Beim Einstieg in die ESL-Verarbeitung empfehlen wir dringend, die mikrobiologischen Untersuchungen durch Messungen von thermotoleranten hitzeresistenten und psychrotrophen kälteresistenten Mikroorganismen zu erweitern. Dies ist erforderlich, da einige in Rohmilch vorhandenen Mikroorganismen den Pasteurisierungsprozess überleben und bei einer Lagerung unter 8 °C wachsen bzw. den Verderb der ESL-Milch beschleunigen. Daher sind nur spezifische Zielgruppen von Interesse.

- Bei ESL-Milch, die durch Pasteurisierung in Kombination mit Bactofugation oder Mikrofiltration produziert wird, sind die potenziell schädlichen Organismen hitze- sowie kälteresistente Bakterien und Sporen. Beide überleben eine Pasteurisation (72 °C/20 s) und wachsen bei Temperaturen unter 8 °C.
- Bei ESL-Milch, die mit Hochtemperaturbehandlung produziert wird, beschränkt sich die Gruppe potenziell schädlicher Organismen auf kälteresistente Sporen, da alle Mikroorganismen im vegetativen Zustand zerstört werden. Eine geringe Anzahl kälteresistenter Sporen können eine Hochtemperaturbehandlung überleben. In der Regel wird deren Anzahl um 7-8 log reduziert.

Weiterführende Informationen zum Einfluss der Rohmilchqualität auf die Produktqualität finden Sie in unserem Whitepaper *The role of raw milk quality in UHT production* von 2014.

Die logarithmische Reduktion der Keimzahl

Die Keimzahl in Nahrungsmitteln wird durch die Anzahl von koloniebildenden Einheiten (KBE) pro Milliliter oder Gramm eines Produkts angegeben. Beispiel:

1.000 KBE/ml entspricht 3 log ($\log 10^3 = 3$)

1.000.000 KBE/ml entspricht 6 log ($\log 10^6 = 6$)

Diese Berechnungsmethode für die Keimzahl erlaubt es, die logarithmische Reduktion einzuführen, die wie folgt angegeben wird:

$\log N_0/N$

Erläuterung:

N_0 – ursprüngliche Bakterienanzahl (KBE/ml)

N – Bakterienanzahl nach der Verarbeitung (KBE/ml)

Beispiel:

$N_0 = 10^6$ $N = 10^3$

$\log N_0/N = \log 10^6/10^3 = 3$.

Das heißt, dass die ursprüngliche Anzahl der Bakterien um 3 log reduziert wurde. Dies entspricht 99,9 %. (Eine Reduktion um 90 % entspricht 1 log, 99 % entsprechen 2 log, 99,9 % entsprechen 3 log usw.)

Logarithmische Reduktion liefert eine praktische Möglichkeit zur Beschreibung der Effizienz in Bezug auf die Verringerung der Keimzahl durch ein spezifisches Produktionsverfahren. Unterschiedliche Prozesse weisen eine unterschiedliche, wohldefinierte Effizienz bei der Verringerung der Keimzahl auf. Sind die ursprüngliche Anzahl der Bakterien im Rohstoff (Milch) und das Ziel für die im Endprodukt vorhandene Anzahl bekannt, lässt sich ermitteln, mit welchem Verfahren sich dieses Ergebnis erzielen lässt, da alle bekannten ESL-Verfahren eine spezifische und wohldefinierte Effizienz bei der Verringerung der Keimzahl aufweisen, die sich als logarithmische Reduktion darstellen lässt.

Verhindern von Bakterienwachstum

Verschiedene Mikroorganismen weisen bei unterschiedlichen Temperaturen unterschiedliche Wachstumsraten auf.

Die folgende Tabelle enthält Beispiele für Generationsphasen (in Stunden) für Bakterienarten, die in pasteurisierter Milch vorkommen.

Temp. (°C)		4	7	10	20
Bacillus cereus	Prozessüberlebende Keime	∞	10	4	1
Bacillus circulans		20	12	10	3
Enterobacter cloacae	Reinfektion	8	5	3	1
Pseudomonas putida		6	4	3	1
Listeria monocytogenes, in hochpasteurisierter Milch		30	11	9	2

Quelle: P. Walstra et al.: Dairy Technology, 1999.

Bei entsprechend geringer Temperatur (0 bis 3 °C) wird das Wachstum bestimmter Bakterienarten gestoppt. Niedrige Produkttemperaturen sind also ein effizientes Konservierungsverfahren. Konservierung bei niedriger Temperatur ist daher ein integraler Bestandteil von ESL-Technologien.

Mikrobiologische Haltbarkeit im Vergleich zur Ausfallrate

Das Konzept der mikrobiologischen Haltbarkeit betrifft nur Verpackungen, die mindestens einen Mikroorganismus enthalten, der wachsen kann. Andere Verpackungen sind demgegenüber überhaupt nicht von mikrobiellem Wachstum betroffen und weisen daher auch keine von Mikroorganismen hervorgerufene Begrenzung ihrer Haltbarkeit auf.

Die Ausfallrate gibt die Anzahl der Verpackungen mit mikrobiellem Wachstum im Verhältnis zur Gesamtzahl der in einer Charge produzierten Verpackungen an. Die Ausfallrate wird in der Regel als 1:1.000, 1:10.000 usw. angegeben. Die Angabe bezieht sich üblicherweise auf kommerziell sterile, ungekühlt vertriebene Produkte. Ungekühlt vertriebene Verpackungen, die mindestens einen wachsenden Mikroorganismus enthalten, werden als Ausfälle gewertet (Verderb durch mikrobielles Wachstum).

In der ESL-Produktion ist es nicht offensichtlich, ob eine bestimmte Packung Mikroorganismen enthält und der Inhalt verdirbt. Wenn die Zeitspanne bis zum Verbrauch relativ kurz oder die Lagertemperatur ausreichend niedrig ist, werden diese Verpackungen unter Umständen nie gefunden. Sie können sicher verzehrt werden, da der Inhalt nicht verdirbt. Daher ist es für die ESL-Produktion sinnvoller, von potenziellen Ausfällen (Verpackungen, die mindestens einen unter 8 °C wachstumsfähigen Mikroorganismus enthalten) und einer potenziellen Ausfallrate (der Anzahl potentieller Ausfälle pro produzierter Charge) zu sprechen.

Die Qualität einer produzierten Charge von ESL-Produkten lässt sich, abhängig von der geschätzten Anzahl potentieller Ausfälle, auf zwei verschiedene Arten beschreiben:

- Eine Charge, in der ein geschätzter Anteil von 100 % der Verpackungen mindestens einen wachstumsfähigen Mikroorganismus enthält, kann gänzlich mithilfe des Konzepts der mikrobiologischen Haltbarkeit beschrieben werden.
- Eine Charge, in der ein geschätzter Anteil von weniger als 100 % der Verpackungen mindestens einen wachstumsfähigen Mikroorganismus enthält, lässt sich zum Teil mithilfe des Konzepts der mikrobiologischen Haltbarkeit beschreiben und zum Teil mithilfe der potenziellen Ausfallrate.

Je niedriger die Anzahl potentieller Ausfälle in einer produzierten Charge, desto länger kann die angegebene Haltbarkeit sein, da die Wahrscheinlichkeit relativ gering ist, dass Verpackungen mit aufgrund von mikrobiellem Wachstum verdorbenen Inhalt entdeckt werden.

In der Regel wird ESL-Milch vor Erreichen des tatsächlichen akzeptierten Grenzwerts konsumiert. Dies erlaubt es, von einer potenziellen Ausfallrate zu sprechen.

Abhängig vom verwendeten ESL-Prozess (und ohne Berücksichtigung möglicher Rekontamination) ist es unter der Voraussetzung, dass die ursprüngliche Anzahl von Mikroorganismen in der Rohmilch bekannt ist, möglich, auch die Anzahl der nach dem Prozess überlebenden Mikroorganismen vorherzusagen.

Basierend darauf lässt sich dann die Anzahl potentieller Ausfälle berechnen. Ob eine solche Verpackung als Ausfall erkannt wird oder nicht, hängt von der Lagerdauer, der Lagertemperatur und dem verwendeten Prüfverfahren ab:

- Wenn der zulässige Grenzwert durch die Keimzahl am Ende der Haltbarkeit bestimmt wird, werden alle kälteresistenten Mikroorganismen gezählt, die den Prozess überleben.
- Wenn der zulässige Grenzwert durch geschmackliche Beeinträchtigung bestimmt wird, sind nur Mikroorganismen relevant, die den Verderb des Produkts verursachen.

Häufig nehmen Produzenten eine Halbarkeit bei 8 °C von 21, 30 oder mehr Tagen an, ohne sich darüber bewusst zu sein, dass eine derartige mikrobiologische Stabilität nur dadurch gewährleistet ist, dass in der Mehrzahl der Verpackungen einer Charge kein mikrobiologisches Wachstum stattfindet.

PORTFOLIO DER ESL-LÖSUNGEN

Technologische Verlängerung der Haltbarkeit

Lebensmittelsicherheit ist das Hauptziel aller technologischen Konservierungsverfahren. Dieser Abschnitt behandelt die verfügbaren Technologien zur Reduktion der Bakterienanzahl, die eine verlängerte Haltbarkeit ermöglichen.

Konservierungsverfahren

Zur Konservierung von Lebensmitteln und der Gewährleistung eines unbedenklichen Verzehr werden verschiedene haltbarkeitsverlängernde Technologien eingesetzt.

Die häufigsten sind:

- Konzentration (Absenkung der Wasseraktivität)
- Trocknung
- Säuern (Absenkung des pH-Werts unter 4)
- Kühlung und Einfrieren
- Wärmebehandlung (Pasteurisierung, Ultraheißbehandlung)
- Mechanische Entfernung von Mikroorganismen (Mikrofiltration, Bactofugation)

Pasteurisierung

Die Pasteurisierung von Milch erfolgt in der Regel bei Temperaturen von 72 bis 74 °C (15 s)¹. Bei diesen Temperaturen werden alle pathogenen Bakterien abgetötet und die Anzahl potenziell schädlicher Mikroorganismen signifikant reduziert. Pasteurisierte Konsummilch muss im Phosphatetest ein negatives Ergebnis aufweisen, das dann zusammen mit den Angaben über die Wärmebehandlung als Unbedenklichkeitsnachweis für den Verzehr gilt. Die Haltbarkeit pasteurisierter Milch variiert in verschiedenen Märkten signifikant und hängt insbesondere von Rohmilchqualität und Vertriebstemperatur ab. In Europa kann für pasteurisierte Milch eine durchschnittliche Haltbarkeit von 7 bis 10 Tagen angenommen werden.

¹ Als gesetzliche Mindestanforderung für die Wärmebehandlung von Milch gelten in den meisten Ländern eine Temperatur von 72 °C bei einer Dauer von 15 Sekunden. Für andere Produkte gelten teilweise andere Anforderungen. (Bei der Wärmebehandlung von Sahne mit mehr als 20 % Fettanteil sind beispielsweise 80 °C bei einer Dauer von 15 s erforderlich.)

Pasteurisierung mit Bactofugation

Bactofugation ist ein Prozess, bei dem Sporen und Mikroorganismen mittels eines speziellen Separators von der Milch getrennt werden. Da Sporen und Bakterien eine höhere Dichte aufweisen als Milch, lassen sie sich durch Zentrifugalkraft von der Milch trennen. Bei langer Betriebsdauer empfiehlt es sich, den Entkeimungsseparator hinter dem Separator in der Magermilchlinie zu installieren. Der Geschmack zentrifugierter Milch unterscheidet sich nicht von dem pasteurisierter Milch. Die Integration von Bactofugation in die Prozesslinie stellt einen unkomplizierten Einstieg in die Produktion von ESL-Milch dar und ermöglicht es, die Haltbarkeit um einige Tage zu verlängern. In Europa kann eine durchschnittliche Haltbarkeit von 10 bis 12 Tagen angenommen werden, wenn Pasteurisierung mit Bactofugation der Magermilch kombiniert wird.

Die Keimzahl lässt sich weiter verringern, indem zwei Entkeimungsseparatoren hintereinander installiert werden. Es wird empfohlen, Rahm separat zu behandeln, um das Potenzial doppelter Bactofugation voll auszuschöpfen.

Die separate Wärmebehandlung des Rahms bewirkt eine leichte Erhöhung des Lactulosewerts und eine leicht erhöhte Denaturierung von β -Lactoglobulin. Der Geschmack ist von dem pasteurisierter Milch jedoch kaum zu unterscheiden. In Europa kann bei dieser Art der Verarbeitung eine durchschnittliche Haltbarkeit von 12 bis 15 Tagen angenommen werden.

Bactofugation wird immer in Kombination mit Pasteurisierung verwendet. Dies stellt sicher, dass alle pathogenen Bakterien wie gesetzlich vorgeschrieben abgetötet werden.

Pasteurisierung mit Mikrofiltration

Mikrofiltration ist ein Größenausschlussverfahren zur Entfernung von Mikroorganismen und Sporen aus Magermilch. Dabei ist eine geeignete Wärmebehandlung des Rahms (minimal 121 °C/4 s) zur Reduzierung der Keimzahl erforderlich, um der Effizienz der Filtration zu entsprechen. Die potenzielle Verlängerung der Haltbarkeit hängt dabei von Membrantyp, Porengröße und Konfiguration sowie den Betriebsparametern ab. Zwei Membrangrößen sind verfügbar, 1,4 μm und 0,8 μm . Die Auswahl der Größe hängt von den Anforderungen an die Haltbarkeit und der gegebenen Rohmilchqualität ab.

Die 1,4- μm -Membran reduziert die Anzahl hitzeresistenter Mikroorganismen in Magermilch um 4 log (99,99 %). Die 0,8- μm -Membran bewirkt eine Reduktion um 6 log (99,9999 %).

In Europa kann bei einer Mikrofiltration von Magermilch mit 1,4 µm eine durchschnittliche Haltbarkeit von 18 bis 21 Tagen angenommen werden. Bei der Mikrofiltration von Magermilch mit 0,8 µm kann demgegenüber eine durchschnittliche Haltbarkeit von 27 bis 30 Tagen angenommen werden.

Im Vergleich zu herkömmlich pasteurisierter Milch wird das Produkt als leicht fetthaltiger empfunden und die Farbe als etwas weißer wahrgenommen. Die Wärmebehandlung des Rahms bewirkt eine leichte (jedoch unmerkliche) Erhöhung der Lactulosewerte und der Denaturierung von β -Lactoglobulin.

Mikrofiltration wird immer in Kombination mit Pasteurisierung durchgeführt. Dies stellt sicher, dass alle pathogenen Bakterien abgetötet werden wie gesetzlich vorgeschrieben.

Hochtemperaturbehandlung (HTT)

Hochtemperaturbehandlung (HTT), ein in der ESL-Verarbeitung häufig verwendeter Begriff, umfasst die Erhitzung von standardisierter Milch auf eine Temperatur zwischen 124 und 130 °C für 0,5 bis 4 Sekunden. Hierbei können Direkterhitzungssysteme (Injektion oder Infusion) und indirekte Erhitzungssysteme zum Einsatz kommen. Es ist möglich, Erhitzungsvorrichtungen so auszulegen, dass sie sowohl den Anforderungen der ESL-Produktion als auch denen der Ultrahocherhitzung gerecht werden.

Der Geschmack des Produkts sowie der Lactulosewert und die Denaturierung von β -Lactoglobulin entsprechen mehr oder weniger dem pasteurisierter Milch, jeweils abhängig von der verwendeten Behandlungstemperatur. In Europa kann bei der Hochtemperaturbehandlung standardisierter Milch eine durchschnittliche Haltbarkeit von > 30 Tagen angenommen werden.

Prozesslinienplanung

Die Planung von Prozesslinien sollte die **Risiken und Konsequenzen einer Reinfektion** berücksichtigen. Je länger die Haltbarkeit sein soll, desto höher sind die Anforderungen an die Prozesslinien.

Im Folgenden werden Richtlinien für die Planung von nachgeordneten Anlagen unter Berücksichtigung verschiedener Hygienestufen aufgeführt. Die Kontrolle der Temperatur im Verlauf des Prozesses muss ebenso berücksichtigt werden. Temperaturen bei Abfüllung und Transport sollten niedrig sein (optimal 4 °C oder weniger).

Anlage für hohe Hygieneanforderungen

Nutzung:	Empfohlen für die Verarbeitung von Produkten, deren Haltbarkeit 10 bis 15 Tage betragen soll.
Grundlegende Tankkonfiguration:	Geschlossen. Offene Entlüftung während Abfüllung, Entleerung und CIP (Cleaning in Place).
Belüftung der Tanks:	Empfohlen wird gefilterte Luft (0,5 bar Überdruck).
Ventile:	Vermischungssichere Ventile.
CIP (Cleaning in Place):	Heißwasserreinigung bei 95 °C.

Anlage für sehr hohe Hygieneanforderungen

Nutzung:	Empfohlen für die Verarbeitung von Produkten, deren Haltbarkeit 15 bis 24 Tage betragen soll.
Grundlegende Tankkonfiguration:	Geschlossen.
Belüftung der Tanks:	Sterile Luft (HEPA-Filter) bei 2 bar Überdruck.
Ventile:	Alfa Laval Spiral Clean/Unique.
Sterilisation:	Desinfektion bei >100 °C, vorzugsweise mit überhitztem Wasser.
Anmerkungen:	Wenn der Tank nicht für Vakuum ausgelegt ist, ist eine sorgfältige Überwachung beim Abkühlen der Tanks erforderlich.

Aseptische Anlage

Nutzung:	Empfohlen für die Verarbeitung von Produkten, deren Haltbarkeit über 24 Tage betragen soll.
Grundlegende Tankkonfiguration:	Geschlossen, aseptisch und für Vakuum ausgelegt.
Belüftung der Tanks:	Sterile Luft (HEPA-Filter) bei 2 bar Überdruck.
Ventile:	Aseptisch.
Sterilisation:	Dampfsterilisation bei 1 bis 1,5 bar.
Anmerkungen:	Reinfektion wird durch eine Dampfsperre ausgeschlossen, die Kontamination durch die Umgebungsluft verhindert.

Messung der Ergebnisse des Einsatzes von ESL-Technologie

Die Effektivität eines ESL-Prozesses wird durch die Messung des Anteils an Mikroorganismen in der Milch vor und nach der Behandlung bestimmt. Für ESL-Milch wird die Anzahl vorhandener hitzeresistenter Mikroorganismen (einschließlich Sporen) bestimmt und verglichen, um die mikrobielle Leistung zu ermitteln.

Die folgende Tabelle enthält einen Vergleich von mikrobiologischer Effizienz, Haltbarkeit und potenziellen Ausfallraten für verschiedene ESL-Prozesse.

Prozess Parameter	Past. 72 °C/15 s	Past. + Bactofugation	Past. + doppelte Bactofugation	Past. + Mikrofiltration 1,4 µm	Past. + Mikrofiltration 0,8 µm	130 °C/1 s 127 °C/2 s
Gesamtreduktion der Keimzahl	1 bis 1,5 log ⁶⁾	2 bis 3 log	3 bis 4 log	5 bis 6,5 log	>7 log	Zerstörung aller vegetativen Zellen
Reduzierung der thermoduren Keime (hitzeresistente Keime)	Keine Reduzierung	1 bis 2 log	2 bis 3 log	4 bis 5 log	6 bis 7 log	Zerstörung aller vegetativen Zellen
Reduzierung der psychotrophen Keime (kälteresistente Keime)	Keine Reduzierung	1 bis 2 log	2 bis 3 log	4 bis 5 log	6 bis 7 log	>7 log
Erreichbare Haltbarkeit (8 °C) ⁵⁾	7 bis 10 Tage	10 bis 12 Tage	12 bis 15 Tage	18 bis 21 Tage	27 bis 30 Tage	>30 Tage
Anzahl von 1 l Verpackungen mit mindestens einem bei 6 bis 8 °C wachstums- fähigen überlebenden Keim	100%	100%	100%	1 bis 100 %	1:1.000 bis zu 1:100	Unter 1:1000

Zusätzlich zur mikrobiologischen Reduzierung ist der Einfluss auf sensorische und nährwertrelevante Parameter ein wichtiger Faktor bei der Auswahl der richtigen Technologie.

Lösung	Temperaturprogramm	Lactulosewert (mg/l)	β -Lactoglobulin	Sensorisch
Pasteurieranlage	74 °C/20 s	5 - 10	10 % Denaturierung ~3.240 mg/l verbleiben	Referenz
Bactofugation	74° C/20 s	5 - 10	10 % Denaturierung ~3.240 mg/l verbleiben	Keine merklichen Unterschiede
Doppelte Bactofugation + HTT	74 °C/20 s HTT 124 °C/4 s	15 - 20	20 % Denaturierung ~2.880 mg/l verbleiben	Keine merklichen Unterschiede
Mikrofiltration 1,4 μ m + HTT	74 °C/20s HTT 124 °C/4 s	15 - 20	20 % Denaturierung ~2.880 mg/l verbleiben	Fetthaltiger Geschmack, weißere Färbung
Mikrofiltration 0,8 μ m + HTT	74 °C/20s HTT 124 °C/4 s	15 - 20	20 % Denaturierung ~2.880 mg/l verbleiben	Fetthaltiger Geschmack, weißere Färbung
Direkterhitzung	130 °C/1 s	25 - 30	35 % Denaturierung ~2.340 mg/l verbleiben	Sehr leichter Kochgeschmack
Direkterhitzung	127 °C/2 s	30 - 35	40 % Denaturierung ~2.160 mg/l verbleiben	Leichter Kochgeschmack
Indirekte Erhitzung inkl. 60 s Protein-HC	125 °C/1 s	40 - 45	89 % Denaturierung ~396 mg/l verbleiben	Moderater Kochgeschmack

Hinweis: β -Lactoglobulin in Rohmilch ~3.600 mg/l

Anforderungen an Abfüllmaschinen und Verpackungsqualität

Die Hygienestufe von Abfüllmaschinen und die Art des Verpackungsmaterials haben Einfluss auf das Reinfektionsrisiko und folglich auch auf die mikrobiologische Haltbarkeit. Die Hygienestufe von Abfüllmaschinen lässt sich durch den Einsatz bewährter Technologien verbessern, darunter:

- H₂O₂ (Wasserstoffperoxid)
- HEPA-filtrierte Luft
- UV-Licht
- Heißluft

In Produktionslinien zur herkömmlichen Pasteurisierung sind die Abfüllmaschinen oft das schwächste Glied in der Kette, da hier eine Kontamination mit gramnegativen oder sogar Bazillenarten erfolgen kann.

Dies darf bei der ESL-Produktion keinesfalls auftreten. Bei Abfüllmaschinen, die im Rahmen einer ESL-Lösung eingesetzt werden, muss alles, was in Kontakt mit dem Produkt gelangen kann, desinfiziert oder sterilisiert werden, sogar die Luft in der Abfüllkammer. Die heute vorherrschende Methode zur Desinfektion oder Sterilisation von Verpackungsmaterial nutzt eine Kombination aus hochenergetischem UV-Licht und dem Besprühen mit Wasserstoffperoxid. Zusätzlich wird HEPA-filtrierte Luft zugeführt, was das Einströmen ungereinigter Luft verhindert und so ein hochgradig hygienisches Umfeld für den Abfüll- und Versiegelungsvorgang zur Verfügung stellt. ESL-Abfüllmaschinen müssen mit CIP-Systemen gereinigt werden, sodass weder ein Zerlegen noch manuelle Eingriffe erforderlich sind. Doch selbst beim Einsatz fortschrittlicher Hygienetechnik bestehen bei Abfüllmaschinen Gefahren durch Umwelteinflüsse und Bedienung. Diese Einflussfaktoren müssen sorgfältig überwacht werden, um einen optimalen Betrieb zu gewährleisten. Der Betrieb muss dokumentiert und von geschultem Personal vorgenommen werden. Zudem sollte die Produktabfüllung bei niedriger Temperatur erfolgen, vorzugsweise bei unter 4 °C.

Das Verpackungsmaterial muss den Anforderungen der verlängerten Haltbarkeit entsprechen und vor Sauerstoff, Licht und anderen Einflüssen schützen. Die durch den ESL-Prozess erreichte Sicherheitsstufe muss durch die Verpackung gewahrt bleiben.

Die erforderlichen Schutzeigenschaften des Verpackungsmaterials hängen vom jeweiligen Produkt sowie der erwünschten Qualität bei Ablauf der Haltbarkeit ab. Alle Milchprodukte sind lichtempfindlich. Daher ist ein Schutz vor Licht erforderlich, der nährwertbezogene und sensorische Beeinträchtigungen verhindert.

Die Verpackungsöffnung sollte im Hinblick auf Integrität und Oberflächendesinfektion bzw. Sterilisation mit dem Rest der Verpackung kompatibel sein. Die Integrität der Verpackung ist entscheidend zur Verhinderung einer Bakterienkontamination im Anschluss an den Verpackungsprozess, die auch bei versiegelten Verpackungen (und sogar ohne sichtbare Leckage) auftreten kann. Kritisch sind hier vor allem Versiegelungen, Falten und Öffnungen. Auch die mechanische Stabilität (Robustheit) einer ESL-Verpackung ist von grundsätzlicher Bedeutung, da sie während der Lagerung und dem Transport über längere Zeiträume kühlen und feuchten Umgebungen ausgesetzt ist. Sekundärverpackungen sollten aus feuchtigkeitsdurchlässigen Materialien bestehen, um die Bildung eines feuchten Mikroklimas nah der Verpackung zu verhindern.

Vertriebstemperatur

Eine korrekt umgesetzte ESL-Prozesslösung endet nicht mit der Abfüllmaschine oder im Kühlhaus des Produktionsbetriebes. Tatsächlich ist das Kühlhaus der Ort, an dem das echte Leben eines gut verarbeiteten sowie effizient und sicher verpackten Produkts erst beginnt. Obwohl es neu und frisch ist, wird das Produkt durch die Temperaturen außerhalb des Kühlhauses, denen es auf dem Weg zum Verbraucher ausgesetzt ist, beeinträchtigt. Temperaturen von über 8 °C beschleunigen Zersetzungsprozesse, insbesondere das mikrobielle Wachstum, und führen zum Verderben des Produkts. Die Konservierung von ESL-Produkten hängt daher vollständig von einem Vertrieb bei niedrigen Temperaturen ab (also in einer intakten Kühlkette bei konstant unter 8 °C). Eine typische Vertriebskette in Europa weist eine Durchschnittstemperatur von 7 bis 8 °C auf. In den USA liegt diese bei ca. 4 °C.

Obwohl ESL-Produkte gegenüber unvorteilhaften Temperaturen resistenter sind als konventionell pasteurisierte Produkte, garantiert nur eine stabile Kühlkette ihre Haltbarkeit.

Wo eine derartige Kühlkette nicht möglich ist, stellen Ultrahoherhitzung und aseptische Verarbeitung eine Lösung dar.

AUSWAHL DER RICHTIGEN LÖSUNG

Verfahren für die Auswahl einer ESL-Technologie

Die Auswahl der ESL-Technologie muss durch Qualitätszielsetzungen geleitet sein, die in der Regel wie folgt aussehen:

- Haltbarkeit von X Tagen
oder
- Erwartete Ausfallrate
oder
- Kombination beider Parameter

Tetra Pak hat ein spezielles Verfahren entwickelt, mit dem sich die richtige ESL-Technologie für jede Anwendung ermitteln lässt. Dieses Verfahren kommt bei der Abstimmung über spezifische Kundenanforderungen zum Einsatz.

Tetra Pak – Ihr Ratgeber in Sachen Milch

Die von Tetra Pak angebotenen ESL-Technologien eignen sich für alle Arten flüssiger Lebensmittel, darunter:

- Konsummilch
- Aromatisierte Milch
- Mit Zusatzstoffen angereicherte Produkte
- Fermentierte Produkte
- Sahne
- Milchdesserts
- Sojagetränke
- Säfte

Wir beantworten gerne all Ihre geschäftlichen und technischen Fragen im Zusammenhang mit der Milchverarbeitung und der Produktsicherheit. Wenden Sie sich an Ihren Ansprechpartner bei Tetra Pak, wenn Sie weiterführende Informationen oder Unterstützung bei der Planung Ihrer Linie und der Auswahl der Technologien wünschen, die zu Ihren spezifischen Produktions- und Konsumentenansforderungen passen.

Weitere Informationen

<http://www.tetrapak.com/de/processing/dairy/pasteurized-and-esl-milk>