

496
2019

Biuletyn

Międzynarodowej Federacji Mleczarskiej

Technologia pasteryzacji i jej wpływ na mikrobiologiczne i żywieniowe aspekty mleka



PATRZ NADCHODZĄCE WYDARZENIA IDF <http://www.fil-idf.org/EventsCalendar.htm>

Biuletyn Międzynarodowej Federacji Mleczarskiej 496/2019

© 2019, Międzynarodowa Federacja Mleczarska

OGÓLNE WARUNKI I ZASADY KORZYSTANIA Z NINIEJSZEJ PUBLIKACJI ELEKTRONICZNEJ

WSTĘP

Korzystanie z materiału zawartego w niniejszej publikacji podlega Warunkom zawartym w niniejszym dokumencie. Warunki te mają wyjaśnić użytkownikom niniejszego materiału co mogą i czego nie mogą robić z zawartością niniejszego dokumentu. Naszym celem jest, aby Warunki te były jednoznaczne i jasne dla wszystkich użytkowników ale jeśli zaistnieje potrzeba dalszych wyjaśnień, prosimy o wysłanie e-maila zawierającego pytania lub wątpliwości na adres info@fil-idf.org.

DOZWOLONE STOSOWANIE

Użytkownik może dokonywać nieograniczonego wykorzystywania Zawartości dokumentu, włącznie z przeglądaniem, pokazywaniem, dokonywaniem przeglądu na ekranie oraz drukowaniem dla celów badawczych, dydaktycznych lub studiów prywatnych, ale nie dla celów komercyjnych.

PRAWO AUTORSKIE – COPYRIGHT

Układ strony, wygląd, obrazy, programy, treść i inne informacje (zwane zbiorczo Zawartością) stanowią własność Międzynarodowej Federacji Mleczarskiej i są chronione prawem autorskim oraz innymi prawami dotyczącymi własności intelektualnej. Użytkownicy nie mogą powielać, przedstawiać, rozpowszechniać, modyfikować, publikować, przetwarzać, przechowywać, transmitować, tworzyć prace pochodne ani sprzedawać lub udzielać licencji całości lub jakiegokolwiek części Zawartości niniejszej publikacji. Zastrzeżenia „copyright” nie mogą być modyfikowane lub usuwane z Zawartości uzyskanej w ramach niniejszego zezwolenia. Wszelkie pytania na temat czy jakieś szczególne stosowanie jest autoryzowane oraz wszelkie prośby o zezwolenie na publikację, reprodukcję, rozsyłanie, wyświetlanie lub tworzenie prac pochodnych na podstawie Zawartości należy kierować na adres info@fil-idf.org

DOSTĘPNOŚĆ

Mimo, że publikacje Międzynarodowej Federacji Mleczarskiej są opracowywane w sposób mający na uwadze maksymalne ułatwienie dla użytkownika, Międzynarodowa Federacja Mleczarska nie może zagwarantować, że jej publikacje będą współdziałać w każdym i zgodnie z każdym poszczególnym systemem komputerowym.

ODPOWIEDZIALNOŚĆ

Chociaż Międzynarodowa Federacja Mleczarska podejmuje uzasadnione starania, aby informacje, dane i inne materiały dostępne w niniejszej publikacji były wolne od błędów i były aktualne, nie ponosi odpowiedzialności za zniekształcenie informacji, danych i innych materiałów, włącznie ale nie ograniczone do jakichkolwiek wad, spowodowanych przy transmisji lub przetwarzaniu informacji, danych lub innych materiałów. Informacje udostępnione w niniejszej publikacji zostały uzyskane ze źródeł lub są oparte na źródłach uznanych przez Międzynarodową Federację Mleczarską za wiarygodne, ale nie gwarantują dokładności lub kompletności. Informacje są dostarczane nieobowiązkowo i w rozumieniu, że każda osoba, która działa w oparciu o nie, lub też zmienia swoje stanowisko w zależności od nich, czyni to na własne ryzyko.

Wszelkie komentarze lub zapytania proszę kierować na adres:

International Dairy Federation (I.N.P.A.)

Boulevard Auguste Reyers 70/B

1030 Brussels

Belgium

Tel. + 32 2 325 67 40

Fax: + 32 2 325 67 41



Technologia pasteryzacji i jej wpływ na mikrobiologiczne i żywieniowe aspekty mleka

Uwaga krajowa: tłumaczenie na język polski zostało sfinansowane ze środków FUNDUSZU PROMOCJI MLEKA

TECHNOLOGIA PASTERYZACJI I JEJ WPŁYW NA MIKROBIOLOGICZNE I ŻYWIENIOWE ASPEKTY MLEKA

ABSTRAKT

Pasteryzacja mleka obejmuje ogrzewanie mleka do temperatury conajmniej 72°C przez 15 sekund lub do 63°C przez 30 minut. Taka obróbka cieplna jest konieczna do zmniejszenia liczby bakterii chorobotwórczych do bezpiecznego, możliwego do przyjęcia poziomu i obniżenia liczby drobnoustrojów powodujących psucie się mleka, przedłużenia w ten sposób okresu trwałości (przydatności do spożycia) mleka i poprawy zdrowia publicznego. Istnieje niewiele efektów niepożądanych dla żywieniowej jakości mleka.

W niniejszym Biuletynie, przedstawiono technologiczny proces pasteryzacji, wyjaśniono aspekty mikrobiologiczne wpływu pasteryzacji na zdrowie publiczne oraz opisano naukowe podstawy wykazujące, że pasteryzacja mleka nie ma istotnego wpływu na właściwości żywieniowe mleka. Tak więc, zgodnie z aktualnie dostępną wiedzą, spożywanie pasteryzowanego mleka jest wciąż najbardziej bezpiecznym sposobem uzyskiwania korzyści zdrowotnych płynących z konsumpcji mleka spożywczego. W niniejszym dokumencie, uwaga skupia się na pasteryzowanym mleku krowim przeznaczonym do bezpośredniej konsumpcji; mleko od innych gatunków zwierząt czy też mleko przeznaczone do dalszego przerobu nie jest tutaj przedmiotem rozważań. Chociaż w wielu regionach homogenizacja mleka jest integralną częścią procesu pasteryzacji, nie jest ona brana pod uwagę dla celów niniejszego Biuletynu.

Niniejszy Biuletyn będzie cennym materiałem dla sektora mleczarskiego i dla szerszej skali odbiorców, ponieważ zawiera przegląd procesu pasteryzacji mleka i korzyści wynikające z pasteryzacji mleka z perspektywy zdrowia publicznego oraz wykazuje, że pasteryzacja mleka ma niewielki wpływ na wartości odżywcze mleka.

Słowa kluczowe: pasteryzacja, obróbka cieplna, mleko krowie, bezpieczeństwo, żywienie, technologia

34 str. – tylko wersja angielska

Biuletyn IDF nr 496/2019 – 40 EUR – luty 2019

TECHNOLOGIA PASTERYZACJI I JEJ WPŁYW NA MIKROBIOLOGICZNE I ŻYWIENIOWE ASPEKTY MLEKA

SPIS TREŚCI

| | |
|---|----|
| Przedmowa | 1 |
| Tło | 3 |
| Wstęp | 3 |
| 1. Technologiczne aspekty pasteryzacji mleka | 5 |
| 1. Warunki i metody ogrzewania | 5 |
| 2. Pasteryzacja – niska temperatura długi czas (LTLT) | 6 |
| 3. Pasteryzacja – wysoka temperatura krótki czas (HTST) | 7 |
| 4. Inne kombinacje czasu i temperatury | 10 |
| 5. Pomyślne zapewnienie warunków pasteryzacji | 12 |
| 6. Pomiary skuteczności pasteryzacji | 12 |
| 7. Potwierdzenie odpowiedniej obróbki cieplnej | 13 |
| 8. Posmaki mleka spowodowane działaniem światła | 14 |
| 2. Mikrobiologiczne aspekty pasteryzacji mleka | 15 |
| 1. Mikroflora mleka niepasteryzowanego | 15 |
| 2. Mikroflora mleka pasteryzowanego | 16 |
| 3. Inaktywacja drobnoustrojów i wydłużenie okresu przydatności do spożycia .. | 17 |
| 4. Bakterie ciepłooporne | 18 |
| 5. Trwałość mleka pasteryzowanego..... | 19 |
| 3. Aspekty żywieniowe pasteryzacji mleka | 21 |
| 1. Tłuszcz mlekowy | 21 |
| 2. Białka mleka | 22 |
| 3. Enzymy obecne w mleku o właściwościach przeciwdrobnoustrojowych | 22 |
| 4. Witaminy i związki mineralne | 23 |
| 5. Streszczenie | 24 |
| Literatura | 25 |

PRZEDMOWA

Jest nam bardzo miło, że możemy przedstawić niniejszą nową publikację na temat pasteryzacji - procesu, który jest zasadniczy dla przemysłu mleczarskiego i stanowi główne narzędzie dla ochrony zdrowia publicznego.

Od czasu wycofania poprzedniego Biuletynu nr 200 (1986) dotyczącego pasteryzacji, istnieje potrzeba dokonania przeglądu niektórych kluczowych technicznych, mikrobiologicznych i odżywczych aspektów pasteryzacji mleka, i obecny nowy Biuletyn wypełnia wspomniana lukę w tym zakresie.

Uwaga niniejszej publikacji koncentruje się na pasteryzowanym mleku krowim do bezpośredniego spożycia. Prezentuje ona korzyści z pasteryzacji mleka z punktu widzenia zdrowia publicznego oraz bazę naukową, wykazującą, że pasteryzacja mleka nie wpływa negatywnie na wartości odżywcze mleka. Zawartość niniejszej publikacji będzie cennym materiałem nie tylko dla sektora mleczarskiego, ale również dla szerszej rzeszy czytelników.

Niniejszy Biuletyn został przygotowany przez wspólną Grupę Zadaniową Stałego Komitetu IDF ds. Higieny Mikrobiologicznej (SCMH), Żywienia i Zdrowia (SCNH) oraz Nauki o Mleczarstwie i Technologii (SCDST) pod kierownictwem Kieran Jordan (Irlandia).

IDF pragnie podziękować szefowi Zespołu, członkom zespołu i wszystkim, którzy wnieśli swój wkład do niniejszej pracy, w tym także członkom Towarzystwa Technologii Mleczarskiej, Kieran Jordan (Irlandia) – Szefowi Grupy, Walterowi Bisig (Szwajcaria), François Bourdichon (Francja), Helen Dornom (Austria), Davidovi Everett (USA), Bitcie Farhang (Kanada), choreh Farrokh (Francja), Clausowi Heggum (Dania), Philowi Kelly (Irlandia), Judith Narvhus (Norwegia), Rosalind Robertson (Nowa Zelandia), Allenowi Sayler (USA), Geoffreyowi Smithers (Austria), Philipowi Tong (USA) i Ellen Wemmenhove (Dania).

Caroline Edmond
Dyrektor Generalny
Międzynarodowa Federacja Mleczarska

Bruksela, Luty 2019

TŁO

Pasteryzacja mleka jest kluczowym jednostkowym procesem o krytycznym znaczeniu dla całego przemysłu mleczarskiego. Niniejszy Biuletyn zapewnia przegląd niektórych kluczowych technologicznych, mikrobiologicznych i żywieniowych aspektów pasteryzacji mleka. Uwaga skupia się na pasteryzowanym mleku krowim do bezpośredniego spożycia; mleko od innych gatunków zwierząt lub mleko przeznaczone do dalszego przerobu nie zostało wzięte pod uwagę. Chociaż homogenizacja jest obecnie integralną częścią procesu pasteryzacji w wielu regionach, nie jest ona rozważana dla celów niniejszego Biuletynu. Przewiduje się, że niniejszy Biuletyn będzie cenną pozycją dla przemysłu mleczarskiego a także dla szerszej rzeszy czytelników, gdyż zawiera przegląd procesu pasteryzacji mleka, korzyści płynące z pasteryzacji mleka w kontekście zdrowia publicznego oraz bazę naukową, wykazującą, że pasteryzacja mleka nie wpływa na żywieniowe wartości mleka.

WSTĘP

Pasteryzacja jest obróbką cieplną mleka, której celem jest: (i) obniżenie liczby drobnoustrojów chorobotwórczych obecnych w mleku do poziomu możliwego do przyjęcia i w ten sposób uniknięcia zagrożenia dla zdrowia publicznego, wynikającego ze spożycia mleka zanieczyszczonego wspomnianymi drobnoustrojami; oraz (ii) wydłużenia okresu przydatności mleka do spożycia poprzez inaktywację drobnoustrojów powodujących psucie się oraz rodzimych enzymów mleka, które mogą wraz z czasem powodować wady jakościowe mleka. Pasteryzacja jest procesem powodującym minimalne chemiczne, fizyczne i organoleptyczne zmiany w mleku (FAO/WHO, 1986). Obejmuje ogrzewanie mleka w temperaturach wystarczających do inaktywacji większości ciepłoopornych wegetatywnych drobnoustrojów chorobotwórczych, które mogłyby być obecne w mleku surowym (tj. *Mycobacterium tuberculosis* i *Coxiella burnetii*) do uzyskania akceptowalnego poziomu tych bakterii (redukcja conajmniej 5-log) i w ten sposób uczynić mleko bezpiecznym do spożycia przez człowieka (Kelly i wsp., 2005). Poza tym, pasteryzacja, w połączeniu z dobrą praktyką produkcyjną (GMP, ang. Good Manufacturing Practice) obniża ilość niechorobotwórczej rodzimej mikroflory mleka (np. bakterie kwasu mlekowego [LAB, ang. lactic acid bacteria]) do możliwego do przyjęcia poziomu oraz unieczynnia rodzime/endogenne enzymy takie jak lipaza lipoproteinowa (Deeth, 2006), które mogą być powiązane z niemikrobiologicznym pogorszeniem się jakości mleka.

Pierwotnie wprowadzona w latach 60-tych i 70-tych (1860 – 1870) XIX wieku przez Pasteura w celu zwalczania psucia się wina i piwa, pasteryzacja została po raz pierwszy zastosowana do poprawy jakości mleka w latach 80-tych 19 wieku i później jako środek ochrony zdrowia ludzi. Początkowo stosowano pasteryzację w butelkach, przy tym pasteryzacja taka nie była szeroko akceptowana, chociaż wciąż jest stosowana w niektórych miejscach. Ostatecznie, opracowano pasteryzatory do pracy ciągłej i w latach 20-tych XX wieku stały się one szeroko dostępne w zastosowaniu przemysłowym. Wraz z uzdatnianiem wody pitnej i oczyszczaniem ścieków, pasteryzacja stała się jednym z najważniejszych osiągnięć technologicznych w walce

z chorobami zakaźnymi przenoszonymi drogą pokarmową, takimi jak gruźlica (poprzez mleko od zarażonych krów – przyp. tłum.) (Cohen, 2000). Stan zdrowia i higiena krów, środowisko, w którym krowy są utrzymywane i dojone, procedury stosowane w procesach mycia i dezynfekcji urządzeń do doju i przechowywania mleka oraz temperatura i okres przechowywania mleka są kluczowymi czynnikami mającymi wpływ na jakość mleka surowego, co z kolei wpływa na jakość mleka pasteryzowanego.

1

TECHNOLOGICZNE ASPEKTY PASTERYZACJI MLEKA

1. WARUNKI I METODY OGRZEWANIA MLEKA

Stosuje się dwa typy pasteryzacji: (i) pasteryzacja ‘długotrwała’, zwana czasem „niską długotrwałą” (LTLT **ang.** low-temperature, long-time) oraz (ii) ciągła, często określana jako „wysoka krótkotrwała” (HTST, **ang.** high-temperature, short-time). HTST jest najbardziej powszechną metodą stosowaną w przemyśle mleczarskim, chociaż pasteryzacja długotrwała jest wciąż spotykana na małą skalę w niektórych przedsiębiorstwach. Minimalne warunki dla tych procesów to temperatura 63°C przez 30 minut i odpowiednio, 72°C przez 15 sekund; chociaż niektóre kraje stosują 16 sekund jako minimalny czas przetrzymywania mleka w temperaturze 72°C. Związek pomiędzy czasem a temperaturą jest przeważnie opisywany przy zastosowaniu modelu *Arrheniusa*¹, który oparty jest na liniowej zależności pomiędzy Ln (czas) i temperaturą. Dla kombinacji czasu i temperatury powyżej 72°C, należy stosować *równanie Kesslera*² (Kessler, 1985). Niektóre organy ds. bezpieczeństwa żywności ustanowiły wytyczne dotyczące kombinacji w temperaturach powyżej 89°C; kombinacja ta nazywa się wysoką krótkotrwałą pasteryzacją („wyższa temperatura, krótszy czas”) (Meunier-Goddik & Sandra, 2011). Kombinacje zależności czasu i temperatury i niektóre wytyczne krajowe przedstawiono graficznie na Rys.1. Każda kombinacja czasu i temperatury w danym punkcie w postaci linii ciągłych na rysunku nr 1 będzie równoważna. Kiedy zostają dodane cukry lub inne rozpuszczone substancje, wówczas niższa aktywność wody (a_w) wywiera ochronne działanie na bakterie, a kombinacje czasu i temperatury obróbki LTLT lub HTST powinny być zgodnie z tym zmodyfikowane (patrz dalej w tekście).

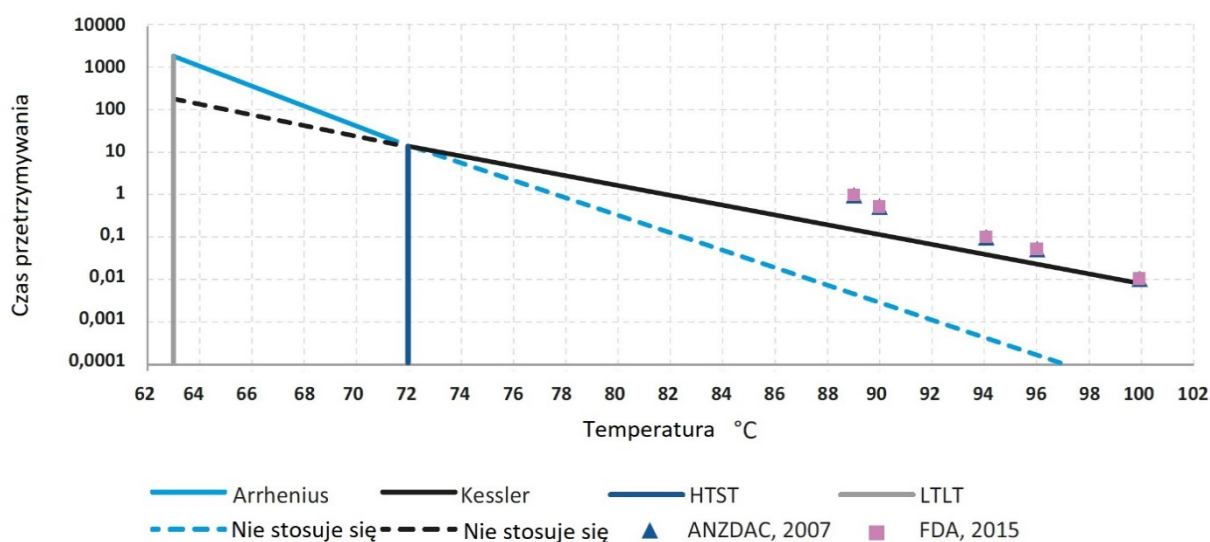
Wszystkie przetwórcze urządzenia mleczarskie powinny mieć konstrukcję higieniczną, która zapewnia, że wszystkie powierzchnie mające kontakt z produktem wykazują następujące właściwości: są gładkie, nieprzepuszczalne, nieadsorpcyjne, nieporowate, odporne na korozję, nietoksyczne, niereaktywne, trwałe i nadające się do mycia (Hauser i wsp., 2004). W urządzeniach pasteryzacyjnych stal nierdzewna jest wymaganym metalem powszechnego użytku dla powierzchni mających kontakt z produktem z powodu jej odporności na korozję i trwałości przy zastosowaniu w mleczarstwie. Jednakże, nie każda stal nierdzewna posiada taką samą jakość. Ogólnie mówiąc, właściwości stali nierdzewnej są związane z ich różnym składem w odniesieniu do zawartości chromu i niklu. Odporność na korozję różni się zależnie od

¹ $\ln(t) = 2.71 + 61330 * (1/T - 0.002899)$ gdzie t jest czasem przetrzymywania (w sek) a T – temperaturą bezwzględną (w skali Kelvina)

² $\log_{10}(t) = 14885/T - 41.97$ gdzie t jest czasem przetrzymywania (w sek) a T – bezwzględną temperaturą (w skali Kelvina)

zawartości chromu, a siła strukturalna zależy od zawartości niklu. Stal nierdzewna jest powszechnie stosowana w produkcji powierzchni mających kontakt z żywnością podczas procesów przetwórczych, gdyż jest ona stosunkowo odporna na korozje powodowane stosowaniem chloru. Wszelkie inne materiały w kontakcie z żywnością powinny odpowiadać normom sanitarnym i przyjętym praktykom (wytyczne są dostępne na stronie <http://www.3-a.org/knowledge-center/resource-papers/a-primer-for-3-a-standards-practices> lub <https://www.ehedg.org/guidelines/>).

Ekwiwalentne kombinacje czasu i temperatury



Rysunek 1. Minimalne kombinacje czasu i temperatury w procesie pasteryzacji. Pasteryzację długotrwałą LTLT prowadzi się w temperaturze 63°C przez 30 minut a pasteryzację ciągłą HTST w temp. 72°C przez 15 sekund, z założeniem, że $Z = 8^{\circ}\text{C}$. Istnieją różne kombinacje ekwiwalentnego/odpowiedniego czasu i temperatury powyżej 72°C. Niektóre z nich pokazano na rysunku w postaci symboli.

2. PASTERYZACJA NISKA, DŁUGOTRWAŁA (LTLT)

Pasteryzacja długotrwała lub LTLT jest typowo przeprowadzana w izolowanych zbiornikach z podwójnym płaszczem (także znanych jako tanki, kuchenki, kotły lub bojler) wyposażonych w mieszadło. Zbiorniki te są przeważnie zbudowane ze stali nierdzewnej, a mleko jest ogrzewane pośrednio gorącą wodą lub parą, albo w płaszczu wodnym albo w węzownikach grzewczych, przymocowanych do wewnętrznych ścianek urządzeń. Mleko jest ogrzewane powoli, z jednoczesnym mieszaniem, aż temperatura osiągnie poziom wymaganej temperatury inaktywacji; mleko jest przetrzymywane w tej temperaturze przez wymagany okres czasu (np. 63°C przez 30 minut) przed oziębieniem do $\leq 4^{\circ}\text{C}$. Kluczowe punkty przy ogrzewaniu mleka metodą długotrwałą obejmują:

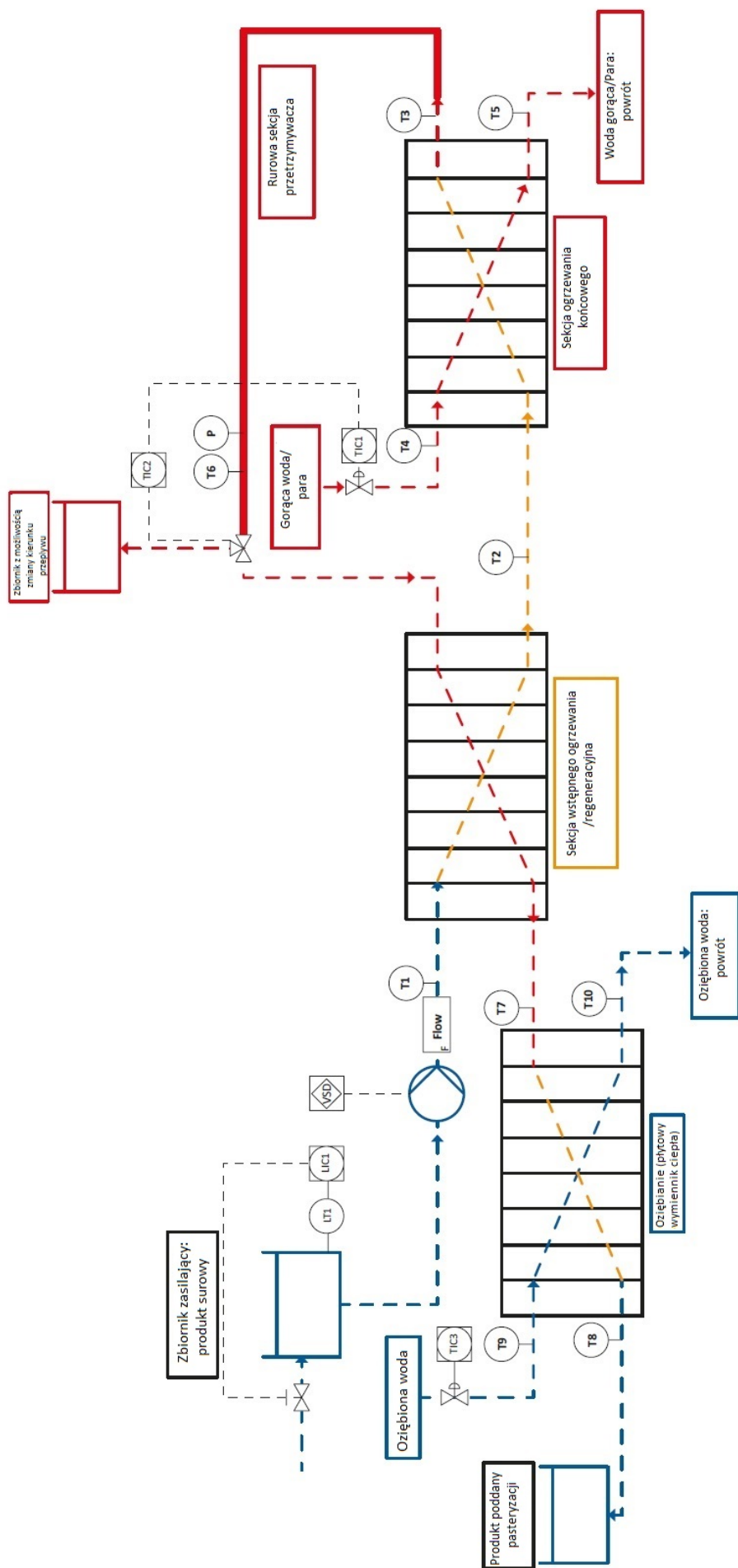
1. Uzyskanie jednolitego ogrzewania produktu podlegającego pasteryzacji;
2. Pojemność urządzenia wobec obszaru powierzchni i powiązane z tym konsekwencje wolniejszego stopnia mieszania większych partii mleka;

3. Konstrukcja mieszadła i szybkość obrotów w celu zapewnienia szybkiego i jednolitego mieszania całej objętości mleka;
4. Wybór środka grzewczego i implikacje wynikające z przypalenia mleka oraz zapychania się instalacji przy stosowaniu pary pod niskim ciśnieniem;
5. Temperatura w przestrzeni głowicy pomiędzy powierzchnią produktu poddawanego zabiegowi a pokrywą urządzenia, gdyż będzie to mieć wpływ na temperaturę produktu podczas wymaganego okresu przetrzymywania;
6. Umieszczenie sond – czujników temperatury, zwykle na ścianach zbiornika, co mogłoby przecenić poziom temperatury produktu w porównaniu do środkowej części zbiornika, niedoszacowując w ten sposób długość czasu, w którym zostaje uzyskana minimalna temperatura; oraz
7. Szybkie schładzanie jest kluczowe, aby uniknąć przegrzania produktu. Dodatnia wartość peroksydazy w mleku jest wskaźnikiem minimalnej obróbki (patrz niżej w tekście) i może być osiągnięta tylko przy szybkim schłodzeniu mleka z zastosowaniem wody lodowej lub innego środka chłodzącego.

Kluczem do sukcesu pasteryzacji LTLT jest zapewnienie, aby całe mleko wewnątrz zbiornika osiągnęło minimalną kombinację czasu i temperatury w celu uzyskania produktu, bezpiecznego z mikrobiologicznego punktu widzenia. Warto zaznaczyć, że pasteryzacja LTLT jest powszechniej stosowana w produkcji rzemieślniczej na małą skalę w wyrobie wyspecjalizowanych rodzajów sera.

3. PASTERYZACJA WYSOKA, KRÓTKOTRWAŁA (HTST) METODĄ CIĄGŁĄ

W procesie pasteryzacji HTST stosuje się wymienniki ciepła z przepływem ciągłym, są to albo wymienniki ciepła płytowe albo rurowe. Płytowe wymienniki ciepła są powszechnie stosowane w pasteryzacji mleka i śmietanki (Rys. 2). Odległość pomiędzy płytami wynosi przeważnie 2.5 – 5 mm. Zaleca się stosować rurowe wymienniki ciepła w przypadku produktów lepkich oraz produktów, które mają skłonność do zapychania rur i/lub zawierają rozdrobnione stałe cząstki. Rury mogą wytrzymać wyższe ciśnienia pompowania produktu niż płytowe wymienniki ciepła, których możliwości są ograniczone do ok. 2 Mpa. Bez względu na to, jaki sposób ciepło jest dostarczane z medium grzewczego do produktu (przez płytowy lub rurowy wymiennik ciepła), rzeczywista kombinacja minimalnego czasu i temperatury jest uzyskiwana prawie powszechnie w rurowym przetrzymywaczu części urządzenia ze stali nierdzewnej (może być izolowana), która zawiera czujnik monitorowania temperatury i możliwości zmiany kierunku przepływu mleka. W przyszłości istnieje możliwość zastosowania w konstrukcjach niektórych pasteryzatorów nowych technologii (innych niż wymienniki ciepła) takich jak ogrzewanie mikrofalowe metodą ciągłą w celu zmniejszenia do minimum zapychania się rur.



- LT1** – Przetwornik poziomu
- LIC1** – Regulator poziomu
- VSD** – Napęd zmiennej prędkości
- T1** – Temperatura zasilanego surowca
- T2** – Wejście produktu do końcowego elementu grzewczego
- T3** – Wyjście produktu z końcowego elementu grzewczego
- T4** – Woda gorąca/para, wlot
- TIC1** – Regulator temperatury gorącej wody/pary
- TIC2** – Regulator temperatury w zbiorniku z możliwością zmiany kierunku przepływu
- TIC3** – Regulator temperatury gorącej wody/pary
- TIC4** – Regulator temperatury gorącej wody/pary
- TIC5** – Regulator temperatury gorącej wody/pary
- TIC6** – Regulator temperatury gorącej wody/pary
- TIC7** – Regulator temperatury gorącej wody/pary
- TIC8** – Regulator temperatury gorącej wody/pary
- TIC9** – Regulator temperatury gorącej wody/pary
- TIC10** – Regulator temperatury gorącej wody/pary
- TIC11** – Regulator temperatury gorącej wody/pary
- TIC12** – Regulator temperatury gorącej wody/pary
- TIC13** – Regulator temperatury gorącej wody/pary
- TIC14** – Regulator temperatury gorącej wody/pary
- T5** – Wylot gorącej wody/pary
- P** – Wskaźnik ciśnienia
- T6** – Temperatura w sekcji przetrzymywacza
- T7** – Temperatura w regeneracyjnej sekcji, wylot
- T8** – Wylot spastyzowanego produktu
- T9** – Temperatura oziębianej wody, wlot
- T10** – Temperatura oziębianej wody, wylot

Rysunek 2. Ilustracja schematu systemu pasteryzacji HTST w przepływie ciągłym

Etapy pasteryzacji mleka metodą HTST są następujące:

1. Zimne mleko, które uprzednio mogło być termizowane w temperaturach poniżej temperatury pasteryzacji, jest zasilane ze zbiornika do przetrzymywania lub z silosu do tanku wyrównawczego/zasilającego pasteryzator.
2. Pompowanie mleka do pasteryzatora uzyskuje się zazwyczaj poprzez układ pompowania odśrodkowego.
3. Ogrzewanie mleka przeprowadza się przeważnie w dwóch etapach. Pierwszy etap to wstępne ogrzewanie mleka w sekcji regeneracyjnej pasteryzatora poprzez odzysk ciepła (energia) z pasteryzowanego produktu (omówione poniżej) do strumienia wchodzącego zimnego mleka. Zależnie od budowy i konstrukcji systemu, w sekcji regeneracyjnej dokonuje się odzysk większości ciepła pochodzącego z pasteryzowanego mleka, obniżając w ten sposób wymagania energii w sekcji grzewczej i poprawiając ekonomikę całego procesu. Możliwe jest uzyskanie skuteczności regeneracji (odzysku ciepła) powyżej 95%.
4. Wstępnie ogrzane mleko jest następnie ogrzewane w drugim etapie pasteryzacji do wymaganej końcowej temperatury pasteryzacji (co najmniej 72°C) stosując gorącą wodę w drugiej sekcji wymiennika ciepła.

5. Mleko wychodzące z końcowej sekcji grzewczej dopływa do przewodu o określonej długości, który może być izolowany. Odpływ z sekcji przetrzymywacza może lub nie (zależnie od stanu prawnego i innych) posiadać zawór ciśnienia zwrotnego (tzw. zawór zrzutowy, samoczynnie działające urządzenie do wyłączania mleka, które nie zostało odpowiednio nagrzane i przetrzymane – przyp. tłum.) i pojedyncze/podwójne czujniki temperatury. Czujniki temperatury przy wylocie z przewodu przetrzymywacza kontrolują temperaturę w końcowej części sekcji grzewczej, z produktem normalnie opuszczającym końcową część sekcji grzewczej przy temperaturze o kilkanaście stopni wyższej niż temperatura pasteryzacji w celu uwzględnienia jakiegokolwiek utraty temperatury w całej sekcji przetrzymywacza. Konstrukcja sekcji przetrzymywacza zapewnia, że spełniony zostanie minimalny warunek czasu i temperatury, aby zapewnić właściwą pasteryzację. Mleko jest przetrzymywane w temperaturze pasteryzacji podczas przepływu przez przewód, którego pojemność zapewnia, że całe mleko jest przetrzymywane co najmniej przez minimalny wymagany czas przetrzymywania tj. 15 sek (HTST). Tak więc, pojemność przewodu musi być tak skonstruowana, aby spełniała wymagany czas najszybciej przesuwał się objętości mleka w oparciu o właściwości reologiczne cieczy, geometrię przewodu oraz warunki przepływu. Przeciętny czas przebywania (t) w przewodzie można wyliczyć w następujący sposób:

t (w sekundach) = długość przewodu (w metrach) / maksymalna szybkość (V_{masa}) cieczy (w m/sek)

Maksymalna szybkość zależy od warunków przepływu.

V_{max} to $V_{\text{przeciętna}} \times 1.2$ dla przepływu burzliwego (turbulentnego), oraz

V_{max} to $V_{\text{przeciętna}} \times 2$ dla przepływu uwarstwionego (laminarnego)

Przepływ burzliwy jest szczególnie zalecany dla uzyskania bardziej jednolitej obróbki cieplnej i uzyskania efektu pasteryzacji.

6. Mleko pasteryzowane jest następnie oziębiane poprzez zwrotne pompowanie przez sekcję regeneracyjną wstępnego elementu grzewczego a następnie przez jedną lub więcej sekcji

oziębających pasteryzatora, z zastosowaniem albo jednej lub wielu wień chłodzących lub zimnej wody.

7. W przypadku mleka spożywczego przeznaczonego do bezpośredniego spożycia, zimne pasteryzowane mleko jest następnie przepompowywane do zbiorników buforowych przeznaczonych dla produktów gotowych, a następnie pakowane w opakowania detaliczne, którymi mogą być pudełka kartonowe, butelki szklane lub z tworzywa sztucznego lub woreczki z tworzywa sztucznego. Przechowywanie i dystrybucja pasteryzowanego mleka jest przeprowadzana w temperaturze $< 4 - 6^{\circ}\text{C}$.
8. Rejestracja temperatur i prowadzenie zapisów partii produktu można prowadzić ręcznie lub elektronicznie i aby spełnić to wymaganie, należy uwzględnić miejscowe przepisy prawne.
9. Należy zaznaczyć, że sekcja wymiennika ciepła (płytowego lub rurowego) po stronie pasteryzowanego produktu musi zawsze działać przy ciśnieniu wyższym niż część po stronie środka grzewczego i oziębającego oraz wchodzącego niespasteryzowanego mleka. Zapewnia to, że w przypadku przecieku, środek grzewczy i oziębający oraz niepasteryzowane mleko nie zanieczyszczą pasteryzowanego produktu. Ta różnica ciśnienia jest często utrzymywana poprzez zastosowanie wspomagającej pompy odśrodkowej.

W niektórych krajach, ogranicza się wzrost mocy cieplnej, aby zapewnić tylko minimalne przetwórstwo (Lewis & Deeth, 2009). W niektórych krajach wymaga się, aby enzym wskaźnikowy, laktoperoksydaza, pozostawał resztkowo aktywny (wykrycie wysokiej pasteryzacji mleka – przyp. tłum.) (np. Szwajcaria).

Kombinacje czasu i temperatury, o których mowa powyżej odnoszą się do warunków dla mleka niezagęszczanego. Jednakże, wielu przetwórców mleka stosuje albo wyższe temperatury albo dłuższe czasy albo oba czynniki, aby zapewnić zawsze uzyskiwanie minimalnych warunków ogrzewania albo też uwzględnić bezpodstawne zastrzeżenia, że wyższa temperatura i/lub dłuższy czas przetrzymywania przyczynia się do inaktywacji *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* (Lund i wsp. 2002).

Wielu autorów wykazuje, że podnoszenie temperatury pasteryzacji mleka powyżej ustalonego minimum 72°C , bez redukcji czasu przetrzymywania, nie przedłuża okresu przydatności do spożycia (trwałości) mleka pasteryzowanego w porównaniu do mleka pasteryzowanego w temperaturze 72°C . W rzeczywistości, w niektórych przypadkach wykazano, że wspomniany okres trwałości ulega skróceniu (np. Brown i wsp., 1980; Schroder & Bland, 1984; Schmidt i wsp., 1989; Barret i wsp., 1999). Wyjaśnienie tego odkrycia związane jest z aktywacją przetrwalników, a następnie ich kiełkowaniem i wzrostem bakterii przetrwalnikujących (głównie *Bacillus*), inaktywacją przeciwbakteryjnego enzymu laktoperoksydazy i zmniejszoną konkurencją zwykłych bakterii powodujących psucie się produktu.

4. INNE KOMBINACJE CZASU I TEMPERATURY

Pasteryzator przeznaczony do wysokiej pasteryzacji (HTST) mleka spożywczego może nie nadawać się do produktów o wyższej zawartości tłuszczu lub zawierającej więcej stałych cząstek, gdyż takie produkty mają przeważnie wyższą lepkość i niższe współczynniki przenoszenia ciepła, tak więc wymagają większych powierzchni do osiągnięcia ekwiwalentnego obciążenia cieplnego.

Wzrost lepkości może być zjawiskiem krytycznym, gdyż jest sprawą zasadniczą, aby w sekcji

przetrzymany był utrzymywany przepływ burzliwy, co pozwala na uzyskanie minimalnego pożądanego czasu przetrzymywania produktu przy możliwie najniższej wartości średniej. W warunkach przepływu burzliwego (turbulentnego), minimalny czas przetrzymywania może wynosić aż 83% średniej podczas gdy przy przepływie uwarstwionym (laminarnym) czas ten spada do 50%.

Kombinacje czasu i temperatury pokazane na Rys.1 są możliwe do zastosowania tylko w odniesieniu do niesłodzonego mleka spożywczego o zawartości poniżej 10 % tłuszczu mlekowego i/lub mniej niż 18% suchej masy mleka. W przypadku przetworów z mleka spożywczego o wyższej zawartości tłuszczu lub suchej masy lub takich, do których dodano cukier/sól, wówczas niższa aktywność wody (a_w) wywiera działanie ochronne i zgodnie z tym, należy stosownie zmodyfikować kombinację czasu i temperatury w obróbce metodą LTLT lub HTST. Stosuje się kryterium 5 log-redukcji bakterii *Coxiella burnetii*, określone przez Kodeks (FAO/WHO, 2004). Krajowe władze ds. bezpieczeństwa żywności oraz Komisja Kodeksu Żywnościowego (Codex Alimentarius Commission, **CAC**) zalecają różne podejścia do tego tematu. Rozporządzenie FDA w sprawie Mleka Pasteryzowanego klasy „A” zaleca dodawanie +3°C do temperatur pasteryzacji wyszczególnionych dla mleka pełnego (Meunier-Goddik & Sandra, 2011) w celu uzyskania pasteryzacji następujących produktów:

- Mleko z zawartością tłuszczu 10% lub powyżej;
- Mleko z zawartością suchej masy powyżej 18%;
- Mleko z dodatkiem cukru.

CAC podaje przykłady zalecanych warunków czasu i temperatury pasteryzacji śmietanki: 75°C przez 15 sekund (10-20% tłuszczu), 80°C przez 15 sekund (powyżej 20% tłuszczu) i 65°C przez 30 minut (metoda długotrwała) (FAO/WHO, 2004). Tabela 1 przedstawia wytyczne Urzędu ds. Bezpieczeństwa Żywności Australii i Nowej Zelandii (FSANZ, **ang.** Food Safety Australia New Zealand) odnoszące się do minimalnych warunków pasteryzacji dla mleka o różnym stężeniu składników (FSANZ, 2009).

| Średnica cząstek | Mleko o zawartości <10% tłuszczu (bez dodanych substancji słodzących i cząstek) | | | Przetwory mlekne z >10% zawartością tłuszczu i/lub dodanymi substancjami słodzącymi i zagęszczone przetwory mlekne o zawartości >15% suchej masy i cząstek | | |
|------------------|---|-----------------------------------|-----------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | <200 $\mu\text{m } \phi$ | 200 - <500 $\mu\text{m } \phi$ | 500 - 1000 $\mu\text{m } \phi$ | <200 $\mu\text{m } \phi$ | 200 - <500 $\mu\text{m } \phi$ | 500 - 1000 $\mu\text{m } \phi$ |
| | Minimalny czas przetrzymywania | | | Minimalna temperatura (°C) | | |
| 5s | 75.7 | 76.5 | 79.0 | 78.5 | 79.3 | 81.8 |
| 15s | 72.0 | 72.1 | 72.7 | 74.8 | 74.9 | 75.5 |
| 1 min | 69.4 | 69.4 | 69.5 | 72.2 | 72.2 | 72.3 |
| 10 min | 65.1 | 65.1 | 65.1 | 67.9 | 67.9 | 67.9 |
| 15 min | 64.3 | 64.3 | 64.3 | 67.1 | 67.1 | 67.1 |
| 20 min | 63.8 | 64.8 | 64.8 | 66.6 | 66.6 | 66.6 |
| 30 min | 63.0 | 63.0 | 63.0 | 65.8 | 65.8 | 65.8 |

^a w oparciu o dane FSANZ (2009)

Tabela 1. Minimalne warunki obróbki cieplnej dla pasteryzacji różnych rodzajów mleka.

5. POMYŚLNE UZYSKIWANIE WARUNKÓW PASTERYZACJI

W oparciu o monitorowanie krytycznych punktów kontroli, w systemach pasteryzacji metodą HTST stosuje się pewną liczbę scenariuszy automatycznej zmiany kierunku przepływu w celu zminimalizowania wystąpienia ryzyka awarii w systemie pasteryzacji, zapewniającym, że niedostatecznie spasteryzowany produkt nie przedostaje się do łańcucha żywności. Jako minimum, wymagane do monitorowania parametry są następujące:

1. Temperatura, monitorowana poprzez pojedyncze lub podwójne czujniki przy wylocie z sekcji przetrzymywacza, aby zapewnić, że osiągnięto minimalną temperaturę w ustalonych punktach. W przypadku odchylenia we wskazaniach temperatury poniżej wymagań prawnych dla mleka, system automatycznie skieruje produkt z powrotem do zbiornika wyrównawczego lub do pośredniego zbiornika przetrzymującego produkt (dla ewentualnego ponownego przerobu). Poza tym, odchylenie wartości poza ustaloną granicę pomiędzy wskazaniem dwóch czujników temperatury przy wylocie także rozpocznie proces odwracania kierunku przepływu mleka.
2. Minimalne czasy przetrzymywania w danej temperaturze pasteryzacji są gwarantowane w oparciu o utrzymanie minimalnej temperatury przy maksymalnej prędkości przepływu. Jeśli się przekroczy maksymalną prędkość przepływu, wówczas dla danej konfiguracji sekcji przetrzymywacza, czas przetrzymywania będzie zbyt niski i nie zostanie spełniony krytyczny warunek kombinacji czasu i temperatury. Omawiany przepływ jest monitorowany za pomocą systemu pomiarowego przepływu/masy, znajdującego się w urządzeniu grzewczym, który wyzwala odwrócenie przepływu cieczy w przypadku odchylenia przepływu poza ustalony punkt maksymalny.

6. POMIAR SKUTECZNOŚCI PASTERYZACJI

Mikrobiologiczną inaktywację podczas procesu pasteryzacji określa się ilościowo, stosując wielkości D i Z. Wielkość D odnosi się do dziesiętnej redukcji czasu wymaganego do zniszczenia, w danej temperaturze, 90% (lub jeden log) spodziewanych drobnoustrojów. Temperatura jest zazwyczaj wykazywana jako indeks dolny wielkości D, a wielkość ta jest podawana w jednostkach czasu (przeważnie minuty lub sekundy). Na przykład, $D_{60C} = 1$ min wskazuje, że w temperaturze 60°C, potrzebna jest jedna minuta, aby zmniejszyć liczbę populacji bakteryjnej o jeden log. Wielkość Z, czasem zwana wartością inaktywacji cieplnej, odnosi się do wielkości D, w przeliczeniu na czas śmierci termicznej. Wielkość Z drobnoustroju w danej matrycy jest zmianą temperatury w °C wymaganą dla zmiany wielkości D o współczynnik 10 (lub jeden log). Na przykład, jeśli $Z = 8^{\circ}C$ i $D_{72C} = 15$ sek, wielkość D wyliczona ze zmianą termiczną $+8^{\circ}C$ (80°C) spowoduje redukcję czasu o jeden log i wyniesie 1.5 sek. Podane wielkości, w odniesieniu do najbardziej ciepłoopornych drobnoustrojów chorobotwórczych, stosowane są w ustalaniu przebiegu warunków pasteryzacji. Ponieważ *C. burnetii* jest najbardziej ciepłoopornym nieprzetrwalnikującym drobnoustrojem chorobotwórczym prawdopodobnie obecnym w mleku, celem pasteryzacji jest osiągnięcie conajmniej 5-log redukcji *C. burnetii* w mleku pełnym (4% zawartości tłuszczu) (CAC/RCP57-2004), Kinetyka inaktywacji cieplnej sześciu istotnych organizmów chorobotwórczych przenoszonych przez mleko w warunkach pasteryzacji przemysłowej wykazała następujące średnie redukcje logarytmiczne i temperatury inaktywacji podczas 15 sekundowej obróbki: *Staphylococcus aureus* > 6.7 w temperaturze 66.5°C, *Yersinia enterocolitica* > 6.8 w temperaturze 62.°C, chorobotwórcze *Escherichia coli* > 6.8 w temperaturze 65°C, *Cronobacter sakazakii* > 6.7 w temperaturze 67.5°C, *Listeria monocytogenes* > 6.9 w temperaturze 65.5°C i *Salmonella* Tiphimurium > 6.9 w temperaturze 61.5°C. (Pearce i wsp., 2012).

7. POTWIERDZENIE WYSTARCZAJĄCEJ OBRÓBKII CIEPLNEJ

Fosfataza alkaliczna (**ang.** ALP, alkaline phosphatase) jest enzymem naturalnie obecnym w mleku i ulega inaktywacji w przybliżeniu w takich samych warunkach czasu i temperatury jak *C. burnetii*. Te charakterystyczne cechy powodują, że ALP jest przydatnym narzędziem ułatwiającym weryfikację wystarczającej pasteryzacji mleka. Próba na obecność fosfatazy (ALP) jest powszechnie stosowana w celu ustalenia niedostatecznej pasteryzacji mleka, lub, że mleko pasteryzowane, które zostało zanieczyszczone mlekiem surowym i dlatego, mogłoby zawierać bakterie chorobotwórcze, nie będzie dopuszczone do spożycia przez człowieka. Oprócz odpowiedniej konserwacji pasteryzatora, ciągłego monitorowania i prowadzenia zapisów, test ALP można stosować dodatkowo, zarówno w odniesieniu do pasteryzacji metodą długotrwałą jak i metodą ciągłą. W ten sposób można wykazać, czy całe mleko zostało poddane warunkom obróbki pasteryzacyjnej.

Test ALP został opracowany przez Jay & Graham (1935) i stosuje się do mleka bezpośrednio po pasteryzacji. Test jest oparty na przekształceniu dwusodowego fosforanu fenylu na fenol, którego zawartość mierzy się kolorymetrycznie po reakcji z fenolowym odczynnikiem Folin-Ciocalteau. Stosując powyższą metodę, Kay i Graham (1935) zdołali wykryć 0.25% mleka surowego w odpowiednio pasteryzowanym mleku. Rzeczywiście, istnieją także doniesienia, że w ulepszonej wersji tej metody można było wykryć dodatek około 0.1% mleka surowego: the Scharer Rapid Phosphatase test (Nelson-Jameson) (Cornell University, 2007). Ta ostatnia wspomniana metoda została zaadaptowana do normy ISO 3356/IDF 63:2009 (IDF, ISO, 2009). Następnie, zostały wprowadzone bardziej czułe metody takie jak Fluorophos*ALP Test System (Advances Instruments) oparta na detekcji fluorometrycznej oraz Charm*ALP/PasLite (Charm Sciences, Inc.) oparta na chemiluminescencji (Tabela 2). Metoda fluorometryczna została zaadaptowana przez IDF jako Standard 155 w 1992 roku, obecnie jest dostępna w dwóch częściach: ISO 11816-1/IDF 155-1: Mleko i przetwory mleczne – Oznaczenie aktywności fosfatazy alkalicznej – Część 1: Metoda fluorometryczna dla mleka i napojów na bazie mleka (IDF, ISO, 2013) oraz ISO 11816-2 /IDF 155-2:2016 – Mleko i przetwory mleczne – Oznaczenie aktywności fosfatazy alkalicznej – Część 2: Metoda fluorometryczna dla sera (IDF, ISO, 2016). Obecnie IDF pracuje nad normą oznaczania aktywności fosfatazy alkalicznej w mleku i przetworach mlecznych poprzez detekcję fluorometryczną w oparciu o swobodnie dostępną metodę.

| Dodane mleko surowe (%) | Mleko pełne | Mleko odtuszczone | Mleko smakowe czekoladowe | Mieszanka mleka i śmietanki (11% tłuszczu) |
|-------------------------|-------------|-------------------|---------------------------|--|
| 0 | 12 | 12 | 10 | 8 |
| 0.05 | 256 | 262 | 262 | 156 |
| 0.10 | 494 | 508 | 521 | 327 |
| 0.20 | 960 | 995 | 1020 | 610 |

¹ Wyniki stanowią średnią wyników pochodzących z 8 współpracujących laboratoriów, zaokrąglonych do najbliższej cyfry całkowitej.

Tabela 2. Fosfataza alkaliczna (mU/L) w pasteryzowanych przetworach mlecznych z trzema poziomami dodanego mleka surowego, oznaczona metodą Fluorophos* (z Rocco, 1990)

Granice aktywności ALP dla prawidłowo spasteryzowanego mleka wynoszą $<1 \mu\text{g fenolu/mL}$ dla szybkiej próby Scharera, $<350 \text{ mU/L}$ dla metod: fluorometrycznej i chemiluminiscencyjnej (lub $<500 \text{ mU/L}$ dla innych produktów) (Shakeel-ur-Rehman i wsp., 2003). Jednakże, za pomocą tych ostatnich wspomnianych metod można wykrywać dużo niższe poziomy ALP ($\sim 10 \text{ mU/L}$) co odpowiada dodatkowi około 0.003% mleka surowego. Aktywność resztkowej ALP w dostatecznie spasteryzowanym mleku krowim wynosi 20 – 50 mU/L. Jednakże, powszechne poziomy w pasteryzowanym mleku są często na poziomie niższym niż 20 mU/L, z powodu powszechnie stosowanych, wyższych, niż wymagane, kombinacji czasu i temperatury pasteryzacji; stąd więc, poziomy wyższe niż 50mU/L mogą być niezwykle i wymagają przebadania (NZFSA, 2003).

Laktoperoksydaza, inny enzym obecny w mleku surowym, ulega inaktywacji w czasie obróbki cieplnej powyżej 80°C przez 15 sekund. Tak więc, obecność laktoperoksydazy może być stosowana do wykrywania mleka, które nie zostało przegrzane. W niektórych krajach (np. w Szwajcarii), jest obowiązkowe, aby laktoperoksydaza w mleku pasteryzowanym była aktywna.

8. POSMAKI MLEKA, SPOWODOWANE ODDZIAŁYWANIEM ŚWIATŁA

W mleku pasteryzowanym lub nie pasteryzowanym podczas przechowywania mogą powstawać posmaki spowodowane działaniem światła, szczególnie jeśli jest ono przechowywane w przezroczystych butelkach. W mleku występuje dziesięć składników czułych na działanie światła (Liu i wsp., 2016); wszystkie przebadane długości fal światła powodowały utlenienie mleka (Intawiwat i wsp., 2010). Ta wada, spowodowana oddziaływaniem światła może łatwo wystąpić, jeśli mleko jest przechowywane w warunkach działania światła fluorescencyjnego. Światło to posiada zakres długości fal 300 – 750 nm ze szczytem 440 nm, który znajduje się blisko długości fali dla maksymalnej absorpcji przez ryboflawinę, inicjatora posmaków w mleku, spowodowanych działaniem światła. Polietylen o wysokiej gęstości (HDPE) ma około 60%-wą przepuszczalność światła pomiędzy 300 a 700 nm, podczas gdy politereftalan (PET) (termoplastyczny polimer z grupy poliestrów – przyp. tłum.) wykazuje około 80%-wą przepuszczalność przy powyższej długości fal. W trzech pracach podano, że mleko w przezroczystych butelkach z tworzywa sztucznego przechowywane w warunkach działania światła fluorescencyjnego wykazało rozwój posmaków w czasie krótszym niż 2 godziny (Dimick, 1973), 12 godzin (Chapman i wsp., 2002) i 24 godzin (Johnson i wsp., 2015). Rozwój omawianych posmaków w mleku pasteryzowanym można opanować, stosując matowe lub kolorowe blokery światła lub folie do owijania, które absorbują lub blokują wysoki procent światła przy krytycznej dla mleka długości fal (Cladman i wsp., 1998; Webster i wsp., 2009). Kartony tekturowe i matowe butelki likwidują 75 – 99% światła (Tu & Apt, 2013) a obecnie trwają prace nad ulepszonym pakowaniem.

2

MIKROBIOLOGICZNE ASPEKTY PASTERYZACJI MLEKA

1. MIKROFLORA MLEKA NIEPASTERYZOWANEGO

Mleko jest odżywczym środowiskiem, idealnie odpowiednim dla wzrostu wielu drobnoustrojów. Tradycyjnie, uważa się, że bakterie obecne w mleku pochodzą z powierzchni strzyków, urządzeń do doju oraz z otoczenia zewnętrznego. Takie zanieczyszczenie może wzrosnąć jeśli nastąpi zanieczyszczenie wymienia np. subkliniczne lub kliniczne zapalenie wymion (*mastitis*) lub kiedy nie przestrzegane są w dostatecznym stopniu praktyki właściwej higieny.

Mleko pobrane aseptycznie z wymienia zawiera niewiele bakterii, które można namnożyć tradycyjnymi metodami posiewu na agarowej pożywce odżywczej. Ostatnie badania metagenomiczne (metagenomika – bezpośrednia analiza materiału genetycznego z próbek pochodzących ze środowiska – informacja z Internetu – przyp. tłum.) wykazują, że mleko pochodzące z klinicznie zdrowych ćwiartek wymienia może ukrywać markery genetyczne różnych grup bakterii, z których wiele jest niezwiązanych z zapaleniem wymion. Sugeruje to, że mikroflora mleka mogłaby być bogatsza niż początkowo sądzono (Derakhshani i wsp., 2018) oraz że obecność bakterii w mleku nie jest jedynie wynikiem „kolonizacji” z zewnątrz, ale istnieje możliwość endogennej drogi wniknięcia bakterii do mleka. Niniejsze odkrycia nie dostarczają jednoznacznych dowodów żywotności lub funkcjonalności wykrytych grup bakterii. Do tego potrzebne są dalsze badania, z zastosowaniem metod takich jak metatranskryptomika, metaproteomika i metameta-biolomika (dziedziny nauki zajmujące się biologią systemową – przyp. tłum.)

Zdrowie i higiena krowy, środowisko, w jakim krowa jest utrzymywana i wydajana, procedury stosowane w procesach mycia i dezynfekcji urządzeń do doju i przechowywania mleka oraz temperatura i czas przechowywania mleka są kluczowymi czynnikami, które mają wpływ na poziom mikrobiologicznego zanieczyszczenia mleka surowego. Liczba bakterii w mleku wzrasta wraz z czasem przechowywania, stopień wzrostu zależy od początkowego poziomu zanieczyszczenia i warunków czasu i temperatury podczas przechowywania. Podwyższona liczba bakterii może potencjalnie prowadzić do zwiększenia zepsucia mleka i problemów ze zdrowiem publicznym.

Dominująca mikroflora mleka surowego obejmuje ogólnie (i) gatunki bakterii kwasu mlekowego (LAB; *Lactococcus* i/lub *Lactobacillus* spp.), (ii) *Pseudomonas* spp., (iii) grupę *Micrococcaceae*

(*Micrococcus* i *Staphylococcus* spp.), oraz (iv) drożdże. Inne grupy drobnoustrojów, które mogą być obecne w mleku surowym należą do LAB (w tym *Leuconostoc*, *Enterococcus* i *Streptococcus* spp.), *Bacillus*, *Clostridium*, *Listeria* spp. i *Enterobacteriaceae*; występuje także wiele innych gatunków Gram-ujemnych (w tym *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium* i *Aeromonas*) oraz Gram-dodatnich (w tym *Arthrobacter*, *Corynebacterium*, *Brevibacterium* i *Propionibacterium*) (Quigley i wsp., 2013).

Mikroflora mleka niepasteryzowanego może także zawierać inne bakterie chorobotwórcze. Na przykład, chorobotwórcze *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, *Listeria monocytogenes* lub *Campylobacter* spp. są w zasadzie wszechobecnymi bakteriami i można je wykryć u zwierząt produkujących mleko i w ich mleku, jak to pokazują rozpowszechnione dane pochodzące z badań mleka surowego (EFSA, 2015; FSAI, 2015; Giacometti i wsp., 2012; Hill i wsp., 2012; Jayarao i wsp., 2006; Marshall i wsp., 2016; Park i wsp., 2007; van Kessel i wsp., 2011). Bakterie *Brucella melitensis* i *Mycobacterium bovis* są związane z występowaniem choroby dotyczącej mleka surowego, ale wspomniane wybuchy choroby są mniej powszechne i geograficznie bardziej ograniczone niż w przypadku innych organizmów chorobotwórczych, gdyż programy ich zwalczania odnoszą przeważnie sukces w redukcji liczby zakażonych zwierząt i wobec tego, występowania tych chorób u człowieka (FAO, 2003; Cousins, 2001; CDC, 2012).

Ostatnie badania, stosujące metody inne niż metoda hodowlane, takie jak metagenomika wykazały, że mikroflora mleka niepasteryzowanego jest prawdopodobnie bardziej złożona niż to wynika z badań metodami zależnymi od hodowli, co insynuuje, że większość flory mikrobakteryjnej mleka nie może być wykryta metodami hodowlanymi (Quigley i wsp., 2013). Jednakże, przy stosowaniu metagenomiki, istnieje ograniczone ostateczne potwierdzenie, że bakterie są zdolne do życia i wymagana tutaj jest ostrożna interpretacja wyników (Ceuppens i wsp., 2014).

2. MIKROFLORA MLEKA PASTERYZOWANEGO

Mikroflora mleka pasteryzowanego składa się z bakterii ciepłoopornych które przeżyły pasteryzację i ewentualnie, drobnoustrojów pochodzących z zanieczyszczenia popasteryzacyjnego, w przewodach i urządzeniach do przechowywania, lub pochodzących od personelu czy też pochodzących z etapu pakowania. Higiena doju i utrzymanie łańcucha chłodniczego przed pasteryzacją zmniejsza liczbę bakterii w mleku przed pasteryzacją, dając w wyniku niższą liczbę bakterii w mleku pasteryzowanym.

Ryzyko zatrucia żywności z powodu bakterii chorobotwórczych w pasteryzowanym mleku jest stosunkowo niskie, chociaż informuje się o takich indywidualnych przypadkach (CDC, 2008, 2011; RRMF, 2011). Ponieważ pasteryzacja inaktywuje drobnoustroje chorobotwórcze do akceptowalnego poziomu, takie zanieczyszczenie pochodzi z nieskutecznej pasteryzacji lub zanieczyszczenia po pasteryzacji.

3. INAKTYWACJA DROBNOUSTROJÓW I PRZEDŁUŻENIE OKRESU PRZYDATNOŚCI DO SPOŻYCIA

Pierwotnie, minimalna obróbka cieplna miała na celu unieczynnienie *Mycobacterium tuberculosis* i *Coxiella burnetii*, dwóch najbardziej ciepłoopornych wegetatywnych drobnoustrojów związanych z mlekiem. W tamtym czasie, *M. tuberculosis* była bakterią największej troski związanej ze zdrowiem publicznym. Stosowanie tych dwóch wspomnianych powyżej drobnoustrojów jako organizmów odwoławczych w ocenie skutecznej pasteryzacji miało tę zaletę, że inaktywacji ulegały także inne bakterie chorobotwórcze lub powodujące psucie produktu, co poprawiało bezpieczeństwo mleka i przedłużało okres jego przydatności do spożycia. Organizmy chorobotwórcze, które były ostatnio powodem niepokoju, takie jak *Escherichia coli*, wytwarzające toksynę Shiga (np. *E. coli* 0157:H7) i *Listeria monocytogenes*, ulegają także inaktywacji w wyniku pasteryzacji.

Ostatnio, istnieje pewna obawa, że *Mycobacterium avium* podgatunek *paratuberculosis* (MAP) może częściowo przeżyć pasteryzację. Wspomniany drobnoustrój jest czynnikiem powstawania choroby Johne'a u bydła i jest podejrzanym, ale nie potwierdzonym współdziałającym czynnikiem choroby Crohna u ludzi. Istnieją trzy główne problemy odnoszące się do MAP w mleku (Robertson i wsp., 2017):

1. Definitywna więź przyczynowa pomiędzy MAP a chorobą Crohna nie została ustalona. MAP jest podejrzanym, ale niepotwierdzonym czynnikiem choroby Crohna u ludzi, wraz z *Campylobacter concisus*, wirusem odry, *Yersinia*, *Escherichia coli* 0157:H7, drożdżami i innymi drobnoustrojami lub wirusami.
2. Chociaż wiele doniesień (Chiodini & Hermon-Taylor, 1993; Grant i wsp., 1996; Gao i wsp., 2002) wykazało przeżywanie MAP w temperaturach pasteryzacji w warunkach statycznych w doświadczeniach laboratoryjnych, wszystkie doświadczenia w układach przepływu burzliwego w skali pilotowej (Pearce i wsp., 2001; Lynch i wsp., 2007; McDonald i wsp., 2005; Rademaker i wsp., 2007; Stabel & Lambertz, 2004) wykazały całkowitą inaktywację drobnoustroju w warunkach przemysłowych. Tak więc, prawdopodobieństwo obecności żywych MAP w mleku pasteryzowanym jest bardzo niskie, zważywszy na początkową zawartość w mleku surowym (podawane jako 1.2 – 2.8 jtk/ml) [Serraino i wsp., 2014] i 0.54-7.03 jtk/ml [Okura i wsp., 2013] oraz na efekt pasteryzacji w warunkach przemysłowych, który pokazuje co najmniej redukcję 4 log. Metody analityczne, które nie zostały zwalidowane lub nie są jednomyślnie przyjęte przez środowisko naukowe mogą dawać fałszywe lub wprowadzające w błąd wyniki dodatnie. Istotnie, opublikowane wyniki dotyczące obecności MAP w mleku pasteryzowanym są kwestionowane i poparte wieloma argumentami, obejmującymi możliwość wadliwej pasteryzacji mleka lub zanieczyszczenia po pasteryzacji (Cerf i wsp., 2007).
3. Metodologia dotycząca przedstawienia obecności zakaźnych komórek MAP w środkach żywnościowych wymaga walidacji i normalizacji: jasnym jest, że zwalidowane metody muszą uwzględniać wiele czynników takich jak: (i) dokładność i precyzję w danym zakresie

działania (spodziewana zawartość MAP), (ii) przydatność badania do określonej próbki i matrycy, (iii) zdolność do różnicowania pomiędzy żywymi a inaktywowanymi drobnoustrojami, (iv) zrozumienie ograniczeń analitycznych i diagnostyki czułości oraz specyficzności metody (v) powtarzalność wyników badania, kiedy jest ono przeprowadzane na tych samych próbkach, oraz (vi) odtwarzalność, kiedy badanie jest przeprowadzane przez różne laboratoria.

Ostatnie żądania konsumentów dotyczące stosowania niższej obróbki cieplnej ale jednocześnie bezpiecznej żywności doprowadziły do intensywnego poszukiwania potencjalnych nie-termicznych/mniej-termicznych alternatyw dla pasteryzacji opartej na stosowaniu wysokiej temperatury (Morris i wsp., 2007). Takie alternatywne technologie obejmują pulsacyjne pole elektryczne (Mosqueda-Melgar i wsp., 2008), promienie UV (Koutchma, 2009), mikrofiltrację (Pouliot i wsp., 2008) oraz stosowanie wysoko hydrostatycznego ciśnienia (w procesie okresowym, w opakowaniach) (Mújica-Paz i wsp., 2011). Podczas gdy wspomniane technologie wydają się być skuteczne w stosunku do pasteryzacji cieplnej w przeliczeniu na redukcję drobnoustrojów i wydłużenie okresu przydatności do spożycia i wszystkie wydają się unikać denaturacji wrażliwych na temperaturę białek; obecnie żadna z tych nowych technologii nie została zaakceptowana przez Unię Europejską, USA lub Kanadę jako samodzielna alternatywa w stosunku do pasteryzacji cieplnej mleka. Jednakże, w Australii, mleko surowe, poddane obróbce wysokociśnieniowej (tzw. „mleko surowe, poddane działaniu ciśnienia na zimno”) zostało ostatnio zaakceptowane do sprzedaży w skali handlowej (Schuh, 2016).

4. BAKTERIE CIEPŁOOPORNE

Bakterie, które przeżywają pasteryzację, zwane bakteriami ciepłoopornymi, są głównie drobnoustrojami niechorobotwórczymi, z wyjątkiem pewnych bakterii przetrwalnikujących; niektóre z tych ostatnich mogą być chorobotwórcze. W zależności od ich liczby, a szczególnie od ich odporności na wysoką temperaturę, zostały one sklasyfikowane w trzech kategoriach:

- Umiarkowanie ciepłooporne bakterie, takie jak *Micrococcus*, *Streptococcus*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*,
- Silnie ciepłooporne bakterie, odporne na obróbkę w temperaturze 75°C przez 12 minut, takie jak rodzaj *Microbacterium* (*M. liquefaciens*),
- Wysoko ciepłooporne przetrwalniki bakterii, odporne na temperatury powyżej 80°C przez 10 minut. Takie bakterie przetrwalnikujące należą do rodzaju *Clostridium* (na przykład, *C. butyricum*, *C. tyrobutyricum*) i *Bacillus* (na przykład, *B. subtilis*, *B. cereus*, *B. licheniformis*).

Obecność przetrwalników grupy bakterii *Bacillus cereus* lub gatunki *Paenibacillus* jest czynnikiem ograniczającym potencjalny okres przydatności do spożycia mleka spożywczego pasteryzowanego (te Giffel i wsp., 1997; Ranieri i wsp., 2011) i może być potencjalnym czynnikiem powodującym zatrucie żywności. *B. cereus* jest powszechnie obecny w glebie i może być często znajdowany w mleku podczas okresu wypasania zwierząt, kiedy ryzyko zanieczyszczenia strzyków glebą jest największe (Slaghuis i wsp., 1997; Christiansson i wsp.,

1999; Saleh-Lakha i wsp., 2017).

Praktyki higieniczne przy doju są najlepszym sposobem zwalczania obecności omawianych drobnoustrojów:

(<http://www.fao.org/ag/againfo/resources/documents/MPGuide/mpguide1.htm>
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781444301649.ch1/summary>).

5. OKRES PRZYDATNOŚCI DO SPOŻYCIA MLEKA PASTERYZOWANEGO

Ogólnie mówiąc, im niższa temperatura przechowywania mleka pasteryzowanego, tym dłuższy jest termin przydatności do spożycia. Jednakże, bakterie psychrotrofowe takie jak *Pseudomonas* spp. mogą rosnąć w temperaturze poniżej 4°C i wytwarzać enzymy zewnątrzkomórkowe, które prowadzą do powstawania obcych posmaków. Szczególne znaczenie w tym przypadku mają psychrotrofowe bakterie ciepłooporne (np. *Bacillus* spp.) gdyż mogą one przeżyć pasteryzację i rosnąć w temperaturze 4°C.

Termin przydatności do spożycia mleka pasteryzowanego może wynosić od 5 do 20 dni, zależnie od jakości mleka wejściowego, stopnia zanieczyszczenia po pasteryzacji oraz czasu i temperatury przechowywania pasteryzowanego mleka. Oprócz bakterii, metabolizujących laktozę na kwas mlekowy, przypadkowo obecne bakterie zanieczyszczające mogą wytwarzać enzymy: poprzez te enzymy, oddziałujące na składniki mleka, wytwarzają się posmaki i fizyczna struktura mleka ulega zmianie. Najbardziej znanymi enzymami są: proteazy wytwarzające peptydy, niektóre z nich mają gorzki posmak (Richardson & Newstead, 1979) oraz lipazy produkujące wolne kwasy tłuszczowe (Lawrence, 1967). Oprócz wymienionych głównych enzymów, istnieje wiele innych endogennych enzymów, które powodują całą gamę wad obserwowanych w mleku o pogorszonej jakości.

3

ŻYWIENIOWE ASPEKTY PASTERYZACJI MLEKA

Celem niniejszego rozdziału jest dokonanie przeglądu wpływu pasteryzacji na wartość odżywczą mleka i skupienie uwagi na składnikach odżywczych, które znajdują się w istotnych dla żywienia ilościach, jak również zwrócenie uwagi na pewne obecne w mleku czynniki przeciwbakteryjne. Mleko dla wielu populacji jest postrzegane jako wysoce odżywczy produkt, który przyczynia się w znaczącym stopniu do spożywania odżywczych składników i mini-składników w wielu populacjach; wykazano też, że pasteryzacja ma minimalny wpływ na wspomniane składniki odżywcze.

1. TŁUSZCZ MLEKOWY

Tłuszcz mleczny jest źródłem energii i poszczególnych kwasów tłuszczowych, w tym niezbędnych kwasów tłuszczowych. Mleko niepasteryzowane zawiera zazwyczaj 4% tłuszczu, ale podczas procesów przetwórczych można normalizować zawartość tłuszczu w zakresie 3 – 3.5%.

De Souza i wsp. (2003) oraz Nunes & Torres (2010) podawali, że pasteryzacja ma mały wpływ na profil kwasów tłuszczowych mleka. Potwierdzają to wcześniejsze prace (Badings & Neeter, 1980; Henderson i wsp., 1980; Renner & Baier, 1971), szczególnie prace nad wielonienasyconymi i niezbędnymi kwasami tłuszczowymi. W badaniach Herzallaha i wsp. (2005) i Costy i wsp. (2011) nie występowała różnica pomiędzy mlekiem pasteryzowanym i surowym pod względem profili krótkołańcuchowych kwasów tłuszczowych kwasu masłowego (4:0), kwasu kapronowego (6:0) i kwasu kaprylowego (8:0). Herzallah i wsp. (2005) stwierdzili także, że pasteryzacja mleka nie miała istotnego wpływu na ilość skonjugowanego kwasu linolenowego (CLA, **ang.** conjugated linoleic acid) i że nie było istotnej różnicy w zawartości izomeru trans.

Można więc założyć, że ogrzewanie ma mniejszy wpływ na wartość żywieniową tłuszczu mlekowego jako takiego (Pestana i wsp., 2015). Ponadto, wiadomo, że zawartość kwasów tłuszczowych w mleku może znacznie różnić się genetycznie (np. dla danej rasy) i ze względu na warunki środowiskowe (np. dieta i utrzymanie zwierząt) (Carol i wsp., 2009; MacGibbon & Taylor, 2006).

Wobec tego, pasteryzacja nie zmienia w sposób istotny podstawowego składu i profilu kwasów tłuszczowych w surowym mleku krowim, pod względem jego potencjalnych wartości odżywczych i w konsekwencji, korzystnych dla zdrowia człowieka.

2. BIAŁKA MLEKA

Pasteryzacja nie powoduje istotnej zmiany w jakości białka, chociaż informowano o niewielkim stopniu denaturacji białek serwatkowych w wyniku pasteryzacji (Lucey, 2015). Bezpośrednia wartość odżywcza białek mleka zależy od ich strawności i ich udziału w pobieraniu niezbędnych aminokwasów (Claeys i wsp., 2013). Kluczowym niezbędnym aminokwasem w mleku jest lizyna. Po pasteryzacji mleka zaobserwowano tylko niewielkie straty (1-4%) dostępnej ilości lizyny, a wpływ ogrzewania na inne aminokwasy wydawał się być bez większego znaczenia (Claeys i wsp., 2013; Anderson & Oste, 1995; Schaafsma, 1989). Niektóre badania wykazały, że pasteryzacja HTST modyfikowała głównie funkcjonalne właściwości białek mleka (np. właściwości emulgacyjne i zdolność wiązania wody, rozpuszczalność), ale miała niewielki wpływ na ich strawność lub właściwości odżywcze (Clayes i wsp., 2013; Douglas i wsp., 1981; Lacroix i wsp., 2006). Badanie przeprowadzone w 2010 roku (Inglingstad i wsp., 2010) wykazało, że schemat trawienia białek zarówno w surowym jak i w ogrzewanym w wysokiej temperaturze (w 95°C przez 1 min.) mleku krowim, kozim, kłaczy i kobiecym różnił się pomiędzy gatunkami. Jednakże, obróbka cieplna mleka (w temperaturze 95°C przez 1 min.) wydawała się nie mieć wpływu na trawienie białek, z wyjątkiem zwiększonej degradacji α -laktoalbuminy w mleku od wszystkich gatunków. Informowano także, że białka w pasteryzowanym jak i w wysoko ogrzewanym mleku kozim i krowim były bardziej odporne na hydrolizę w porównaniu do mleka surowego (Almaas i wsp., 2006; Tunick i wsp., 2016). Qi i wsp. (2015) wykazali, że pasteryzacja HTST nie powodowała ani znacznych zmian chemicznych białek, ani znacznych zmian w strukturze białek w mleku pasteryzowanym.

Stąd wniosek: naukowe dowody wskazują, że pasteryzacja mleka mogłaby lekko zmodyfikować strukturę mleka, ale zmiany w białkach są związane z ich funkcjonalnymi właściwościami takimi jak rozpuszczalność i zdolność emulgowania i nie mają istotnego wpływu na ich strawność lub właściwości odżywcze (Efigênia i wsp., 1997; Claeys i wsp., 2013).

3. ENZYMY MLEKA O WŁAŚCIWOŚCIACH PRZECIWDROBNOUSTROJOWYCH

Pasteryzacja HTST nie ma wpływu lub wykazuje minimalny wpływ na wiele składników mleka, posiadających potencjalne właściwości przeciwdrobnoustrojowe, takich jak laktoferyna, lizozym i laktoperoksydaza (Cifelli i wsp., 2010). Laktoferyna, która wiąże wolne żelazo i w ten sposób ogranicza jego dostępność dla organizmów chorobotwórczych, nie ulega zmianie podczas standardowej pasteryzacji (Cifelli i wsp., 2010; Paulsson i wsp., 1993; Steijns i wsp., 2000). Lizozym, białko przeciwdrobnoustrojowe, nie ulega zmianie podczas pasteryzacji (Cifelli i wsp., 2010; Fox & Kelly, 2006). Laktoperoksydaza, inny enzym przeciwdrobnoustrojowy, po pasteryzacji HTST w temperaturze 72°C przez 15 sek. utrzymuje 70% swej aktywności, podczas gdy oligosacharydy, o których wiadomo, że zapobiegają przyleganiu potencjalnych bakterii chorobotwórczych do nabłonka jelit, są także ciepłostabilne (Cifelli i wsp., 2010; Marks i wsp., 2001).

4. WITAMINY I ZWIĄZKI MINERALNE

Mleko jest dobrym źródłem wapnia i fosforu i pasteryzacja ma niewielki lub żaden wpływ na stężenie wymienionych składników. Obróbka cieplna wydaje się nie mieć istotnego wpływu na biodostępność wapnia: zarówno ogólna zawartość wapnia jak i jego biodostępność w mleku po pasteryzacji pozostaje niezmienną (Claeys i wsp., 2013; Cifelli i wsp., 2010).

Zawartość jodu w mleku waha się znacznie w zależności od praktyk doju, położenia geograficznego, roku, pory roku (sezonu) i diety krowy (Trøan i wsp., 2015). Włączenie jodku potasu (KI) do diety krów mlecznych zwiększa poziom jodu w mleku.

Podczas gdy zawartość witamin w mleku może różnić się zależnie od położenia geograficznego i sezonu, powszechnie uważa się, że zawiera ono istotne ilości witamin A, B₂ i B₁₂, wraz z mniejszymi, ale wciąż istotnymi poziomami witamin D, B₁, B₆, B₃ (niacyna) i folianu pochodzącego z diety (ANSES-CIQUAL, 2017; Sivakumaran i wsp., 2017). Może być także obecna biotyna w znacznych ilościach, jednakże, brak danych w tabelach dotyczących pobranej diety czyni trudnym jej określenie ilościowe. Mleko ma szczególne znaczenie w pobraniu witaminy B₁₂ w diecie, ponieważ człowiek pozyskuje większość swej niezbędnej witaminy B₁₂ ze źródeł pochodzenia zwierzęcego; istniejące źródła pochodzenia roślinnego tej witaminy takie jak niektóre algi i rośliny są mniejszym źródłem, ponieważ są one wystawione na działanie bakterii lub są zanieczyszczane przez glebę lub owady. Krajowa ankieta przeprowadzona przez CSIRO w Australii w 1995/96 roku wykazała, że osoby dorosłe pobierały około 30% witaminy B₁₂ z mleka i przetworów mlecznych podczas gdy dzieci – około 50% (Cobiac i wsp., 1999; Vogiatzoglou i wsp., 2009). Nie jest to niespodzianką, zważywszy, że porcja 250 ml mleka może dostarczyć 0.75 – 0.82 µg witaminy B₁₂ (ANSES-CIQUAL, 2017; Sivakumaran i wsp., 2017), co reprezentuje 31-34% dziennego zapotrzebowania u dorosłych (Codex, 2017).

Pasteryzacja może spowodować mniejsze straty witamin rozpuszczalnych w wodzie, ale nie ma wpływu na stężenie witamin rozpuszczalnych w tłuszczu, takich jak witaminy A, D, E i K (Claeys i wsp., 2013; Cifelli i wsp., 2010; MacDonald i wsp., 2011). Pasteryzacja może spowodować 7-10% straty witaminy B₁₂ ale nawet przy takich stratach, mleko pasteryzowane wciąż pozostaje cennym źródłem B₁₂. Istnieją różne doniesienia literaturowe na temat stabilności witaminy B₂ (ryboflawina) (Lucey, 2015; MacDonald i wsp., 2011). Jednakże różne tabele składu środków spożywczych wskazują, że mleko może zawierać witaminę B₁₂ w ilości od 0.44 – 0.7 mg/250 ml (ANSES-CIQUAL, 2017, Sivakumaran i wsp., 2017) w porcji mleka, a przyjęte w skali międzynarodowej wartości referencyjne dla składników odżywczych wykazują, że 1.2 mg/dziennie jest ilością wystarczającą (Codex, 2017). Zawartość witaminy C (kwas askorbinowy), której mleko nie jest bogatym źródłem, tj. ~1 mg/100 ml, zmniejszyła się po pasteryzacji (Butron, 1988); witamina C jest także wrażliwa na utlenienie przez powietrze rozpuszczone w mleku. Należy także przyznać, że mleko nie jest uważane za podstawowe źródło witamin E lub K (Cifelli i wsp., 2010). Mleko surowe zawiera zmienny poziom witaminy D zależnie od systemu utrzymania stada krów mlecznych; w niektórych krajach mleko

pasteryzowane jest wzmocniane witaminą D, która wspomaga wchłanianie wapnia i odgrywa kluczową rolę w stanie zdrowia kości (Cifelli i wsp., 2010).

5. PODSUMOWANIE

Pasteryzację mleka można przeprowadzić przez ogrzewanie mleka, na przykład w temperaturze co najmniej 72°C przez 15 sek. albo w temperaturze 63°C przez 30 min. Stosowna redukcja aktywnej ALP, badana bezpośrednio po pasteryzacji, stanowi pomocny wskaźnik, oprócz zapisów procesu prowadzenia pasteryzacji, który pomaga zweryfikować, czy uzyskano dostateczne ogrzewanie mleka, podczas gdy obecność laktoperoksydazy wskazuje, że obróbka cieplna nie była zbyt silna.

Taka obróbka termiczna zmniejszy liczbę drobnoustrojów chorobotwórczych do możliwego do przyjęcia, bezpiecznego poziomu i zredukuje organizmy powodujące pogorszenie jakości mleka, zapewniając w ten sposób bezpieczeństwo i przedłużając okres przydatności mleka do spożycia. Istnieje kilka niepożądanych czynników wpływających na jakość żywieniową mleka. Zgodnie z aktualnie dostępną wiedzą, spożywanie (picie) pasteryzowanego mleka jest wciąż najbezpieczniejszym sposobem korzystania z zalet zdrowotnych mleka. Utrzymanie zdrowego stada, higieniczne warunki utrzymywania zwierząt, przestrzeganie higieny podczas doju i podczas przechowywania, oraz szybkie schładzanie i przechowywanie mleka w temperaturze 2 – 6°C przez pasteryzację, ogranicza rozwój mikroflory w mleku przed pasteryzacją, podczas gdy higiena po pasteryzacji, unikanie wtórnego zanieczyszczenia i niezawodny łańcuch chłodniczy poprawia okres przydatności do spożycia pasteryzowanego mleka spożywczego.

BIBLIOGRAFIA

Almaas, H., Cases, A.L., Devold, T.G., Holm, H., Langsrud, T., Aabakken, L. et al. (2006). *In vitro* digestion of bovine and caprine milk by human gastric and duodenal enzymes. *International Dairy Journal*, 16, 961–968.

Andersson, I. & Oeste, R. (1995). Nutritional quality of heat processed liquid milk. In P.F. Fox (Ed.), *Heat-induced changes in milk* (2nd edn., pp. 279–307). Brussels, Belgium: International Dairy Federation.

ANSES-CIQUAL. (2017). French food composition table version 2017. Paris, France: French Agency for Food, Environmental and Occupational Health & Safety. <https://ciqual.anses.fr/> accessed 16 August 2018.

Badings, H.T. & Neeter, R. (1980). Recent advances in the study of aroma compounds of milk and dairy products. *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 34, 9–30.

Barrett, N.E., Grandison, A.S. & Lewis, M.J. (1999). Contribution of the lactoperoxidase system to the keeping quality of pasteurized milk. *Journal of Dairy Research*, 66, 73–80.

Brown, J.V., Wiles, R. & Prentice, G.A. (1980). The effect of different time-temperature pasteurisation conditions upon the shelf-life of single cream. *Journal of the Society of Dairy Technology*, 33, 78–79.

Burton, H. (1988). *Ultra-high-temperature processing of milk and milk products*. Barking, Essex, UK: Elsevier Applied Science Publishers, Ltd.

Caroli, A.M., Chessa, S. & Erhardt, G.J. (2009). Invited review: milk protein polymorphisms in cattle: effect on animal breeding and human nutrition. *Journal of Dairy Science*, 92, 5335–52.

CDC (2008). Outbreak of *Listeria monocytogenes* infections associated with pasteurised milk from a local dairy - Massachusetts, 2007. *Centres for Disease Control and Prevention. Morbidity and Mortality Weekly Report*, 57, 1097–1100.

CDC (2011). Notes from the Field: *Yersinia enterocolitica* infections associated with pasteurised milk - Southwestern Pennsylvania, March–August, 2011. *Centres for Disease Control and Prevention. Morbidity and Mortality Weekly Report*, 60, 1428.

CDC (2012). *Mycobacterium bovis* (bovine tuberculosis) in humans. Atlanta, GA, USA: Centres for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/tb/publications/factsheets/general/mbovis.htm>

Cerf, O., Griffiths, M. & Aziza, F. (2007). Assessment of the prevalence of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in commercially pasteurized milk. *Foodborne Pathogens and Disease*, 4, 433–447.

Ceuppens, S., Li, D., Uyttendaele, M., Renault, P., Ross, P., Van Ranst, M. et al. (2014). Molecular methods in food safety microbiology: Interpretation and implications of nucleic acid detection, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13, 551–577.

Chapman, K.W., Whited, L.J. & Boor, K. J. (2002). Sensory threshold of light-oxidised flavour defects in milk. *Journal of Food Science*, 67, 2770–2773.

Chiodini, R.J. & Hermon-Taylor, J. (1993). The thermal resistance of *Mycobacterium paratuberculosis* in raw milk under conditions simulating pasteurisation. *Journal of Veterinary Diagnosis and Investigation*, 5, 629–631.

Christiansson, A., Bertilsson, J. & Svensson, B. (1999). *Bacillus cereus* spores in raw milk: factors affecting the contamination of milk during the grazing period. *Journal of Dairy Science*, 82, 305–314.

Cifelli, C.J., Maples, I.S. & Miller, G.D. (2010). Pasteurisation: Implications for food safety and nutrition. *Nutrition Today*, 45, 207–213.

Cladman, W., Scheffer, S., Goodrich, N. & Griffiths, M.W. (1998). Shelf-life of milk packaged in plastic containers with and without treatment to reduce light transmission. *International Dairy Journal*, 8, 629–636.

Claeys, W.L., Cardoen, S., Daube, G., De Block, J., Dewettinck, K., Dierick, K. et al. (2013). Raw or heated cow milk consumption: Review of risks and benefits. *Food Control*, 31, 251–262.

Cobiac, L., Syrette, J. & Record, S. (1999). Dairy foods in the Australian diet – results from the 1995/6 National Nutrition Survey. A report to the Australian Dairy Corporation, Melbourne. Adelaide, SA, Australia: CSIRO.

Codex (2017). Guidelines on nutrition labelling. CAC/GL 2-1985. Rome, Italy: Codex Alimentarius Commission.

Cohen, M.L. (2000). Changing patterns of infectious disease. *Nature*, 406, 762–767.

Cornell University (2007). Alkaline phosphatase testing for milk pasteurisation. Dairy Foods Science Notes. Ithaca, NY, USA: Cornell University.
<https://foodsafety.foodscience.cornell.edu/>

Costa, E.N., Lacerda, E.C.Q., Santos, S.M.S., Santos, C.M.S., Franco, M., Silva R.R. et al. (2011). Action of successive heat treatments in bovine milk fatty acids. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 22, 2115–2120.

Cousins, D.V. (2001). *Mycobacterium bovis infection and control in domestic livestock*. *Revue Scientifique et Technique - World Organisation for Animal Health*, 20, 71–85.

Deeth, H.C. (2006). Lipoprotein lipase and lipolysis in milk. *International Dairy Journal*, 16, 555–562.

Derakhshani, H., Fehr, K.B., Sepehri, S., Francoz, D., De Buck, J., Barkema, H.W., Plaizier, J.C. & Khafipour, E. (2018). Invited review: Microbiota of the bovine udder: Contributing factors and potential implications for udder health and mastitis susceptibility. *Journal of Dairy Science* 101:10605–10625.

De Souza, L.G., dos Santos, G.T., Damasceno, J.C., Matsushita, M., Sakaguti, E.S., Ribas, N.P. et al. (2003). Avaliação da composição e do perfil de ácidos graxos do leite de vaca cru e pasteurizado em minilaticínios [Evaluation of fatty acids composition and profile of cow milk before and after pasteurisation in small dairy plants]. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 25, 331–337.

Dimick, P.S. (1973). Effect of fluorescent light on the flavor and selected nutrients of homogenised milk held in conventional containers. *Journal of Milk and Food Technology*, 36, 383–387.

Douglas, F., Greenberg, R. & Farrell, H.M. (1981). Effects of ultra-high-temperature pasteurisation on milk proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 29, 11–15.

Efigênia, M., Pova, B. & Moraes-Santos, T. (1997). Effect of heat treatment on the nutritional quality of milk proteins. *International Dairy Journal*, 7, 609–612.

EFSA (2015). Scientific Opinion on the public health risks related to the consumption of raw drinking milk. Parma, Italy: European Food Safety Authority. <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/3940>

FAO/WHO (1986). Milk Committee (21st Session; June, 1986). Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization.

FAO (2003). Guidelines for coordinated human and animal brucellosis surveillance. Animal production and health, Paper 156. Rome, Italy: Food and Agriculture Organisation of the United Nations.

<http://www.fao.org/docrep/006/y4723e/y4723e00.htm#Contents>

FAO/WHO (2004). Code of hygienic practice for milk and milk products (CAC/RCP 57-2004). Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization.

Fox, P.F. & Kelly, A.L. (2006). Indigenous enzymes in milk: overview and historical perspectives. Part 1. *International Dairy Journal*, 16, 500–516.

FSAI (2015). Raw milk and raw milk filter microbiological surveillance programme (12NS2). Dublin, Ireland: Food Safety Authority of Ireland.

FSANZ (2009). A guide to Standard 4.2.4: Primary Production and Processing Standard for Dairy Products. Part 3: Dairy Processing. Canberra, ACT, Australia: Food Safety Australia New Zealand. <http://www.foodstandards.gov.au/Pages/default.aspx>

Gao, A., Mutharia, L., Chen, S., Rahn, K. & Odumeru, J. (2002). Effect of pasteurization on survival of *Mycobacterium paratuberculosis* in milk. *Journal of Dairy Science*, 85, 3198–3205.

Giacometti, F., Serraino, A., Finazzi, G., Daminelli, P., Losio, M.N., Bonilauri, P., et al. (2012). Foodborne pathogens in in-line milk filters and associated on-farm risk factors in dairy farms authorized to produce and sell raw milk in Northern Italy. *Journal of Food Protection*, 75, 1263–1269.

Grant, I.R., Ball, H.J., Neill S.D. & Rowe, M.T. (1996). Inactivation of *Mycobacterium paratuberculosis* in cow's milk at pasteurization temperatures. *Applied and Environmental Microbiology*, 62, 631–636.

Hauser, G., Curiel, G.J., Bellin, H.W., Cnossen, H.J., Hofmann, J., Kastelein, J. et al. (2004). European Hygienic Engineering Design Group. Hygienic design criteria, Doc. 8. Available at: <https://www.ehedg.org/guidelines/>

Herzallah, S.M., Humeid, M.A. & Al-Ismail, K.M. (2005). Effect of heating and processing methods of milk and dairy products on conjugated linoleic acid and trans fatty acid isomer content. *Journal of Dairy Science*, 88, 1301–1310.

Henderson, S.K., Witchwoot, A. & Nawar, W.W. (1980). The autooxidation of linoleates at elevated temperatures. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 57, 409–413.

Hill, B., Smythe, B., Lindsay, D. & Shepherd, J. (2012). Microbiology of raw milk in New Zealand. *International Journal of Food Microbiology*, 157, 305–308

Inglingstad, R.A., Devold, T.G., Eriksen, E.K., Holm, H., Jacobsen, M., Liland, K.H. et al. (2010). Comparison of the digestion of caseins and whey proteins in equine, bovine, caprine and human milks by human gastrointestinal enzymes. *Dairy Science and Technology*, 90, 549–563

Intawiwat, N., Pettersen, M.K., Rukke, E.O., Meier, M.A., Vogt, G., Dahl, A.V. et al. (2010). Effects of different coloured filters on photooxidation in pasteurized milk. *Journal of Dairy Science*, 93, 1372–1382.

ISO 3356|IDF 63. (2009). Milk – Determination of alkaline phosphatase. International Standardisation Organisation, Geneva, Switzerland and International Dairy Federation, Brussels, Belgium.

ISO 11816-1|IDF 155-1. (2013). Milk and milk products - Determination of alkaline phosphatase activity - Part 1: Fluorimetric method for milk and milk-based drinks. International Standardisation Organisation, Geneva, Switzerland and International Dairy Federation, Brussels, Belgium.

ISO 11816-2|IDF 155-2. (2016). Milk and milk products - Determination of alkaline phosphatase activity - Part 2: Fluorimetric method for cheese. International Standardisation Organisation, Geneva, Switzerland and International Dairy Federation, Brussels, Belgium.

Jayarao, B.M., Donaldson, S.C., Straley, B.A., Sawant, A.A., Hegde, N.V. & Brown, J.L. (2006). A survey of foodborne pathogens in bulk tank milk and raw milk consumption among farm families in Pennsylvania. *Journal of Dairy Science*, 87, 2451–2458.

Johnson, D.S., Duncan, S.E., Bianchi, L.M., Chang, H.H., Eigel, W.N. & O’Keefe, S.F. (2015). Packaging modifications for protecting flavour of extended-shelf-life milk from light. *Journal of Dairy Science*, 98, 2205–2214.

Kay, H.D. & Graham, W.R. Jr. (1935). The phosphatase test for pasteurized milk. *Journal of Dairy Research*, 6, 191–203.

Kelly, A.L., Deeth, H.C. & Data, N. (2005). Thermal processing of dairy products. In D.W. Sun (Ed.), *Thermal food processing: Modelling, quality assurance, and innovation* (pp. 265–298). New York, NY, USA: Marcel Dekker.

Kessler, H.G. (1985). Thermal processing of liquid foods. Paper presented to the IUFoST Symposium “Aseptic processing and Packaging of Foods” held in Tylösand, Sweden, September 9–12, 1985.

Koutchma, T. (2009). Advances in ultraviolet light technology for non-thermal processing of liquid foods. *Food and Bioprocess Technology* 2, 138–155.

Lacroix, M., Léonil, J., Bos, C., Henry, G., Airinei, G., Fauquant, J. et al. (2006). Heat markers and quality indexes of industrially heat-treated [15 N] milk protein measured in rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 1508–1517.

Lawrence, R.C. (1967). Microbial lipases and related esterases. Part II. Estimation of lipase activity. *Dairy Science Abstracts*, 29, 59–70.

Lewis, M.J. & Deeth, H.C. (2009). Heat treatment of milk. In 'Milk processing and quality management'. (Tamime, A.Y., ed.), pp.168–204. Wiley-Blackwell, UK.

Liu, P., Zhao, C., Zhang, Y. & Chen, Y. (2016). Simultaneous determination of 10 photoinitiators in milk by solid-phase microextraction coupled with gas chromatography/mass spectrometry. *Journal of Food Science*, 81, 1336–1341.

Lucey, J.A. (2015). Raw milk consumption, risks and benefits. *Nutrition Today*, 50, 189–193.

Lund, B.M., Gould, G.W. & Rampling, A.M. (2002). Pasteurization of milk and the heat resistance of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*: A critical review of the data. *Int. J. Food Microbiol*, 77, 135–145.

Lynch, D., Jordan, K.N., Kelly, P.M., Freyne, T. & Murphy, P.M. (2007). Heat sensitivity of *Mycobacterium avium* ssp. *paratuberculosis* in milk under pilot plant pasteurisation conditions. *International Journal of Dairy Technology*, 60, 98–104.

Macdonald, L.E., Brett, J., Kelton, D., Majowicz, S.E., Snedeker, K. & Sargeant, J.M. (2011). A systematic review and meta-analysis of the effects of pasteurisation on milk vitamins, and evidence for raw milk consumption and other health-related outcomes. *Journal of Food Protection*, 74, 1814–1832.

MacGibbon, A.K.H. & Taylor, M.W. (2006). Composition and structure of bovine milk lipids. In P.F. Fox & P.L.H. McSweeney (Eds.), *Advanced dairy chemistry. Vol. 2. Lipids* (3rd edn., pp 1–43). New York, NY, USA: Springer.

Marks, N.E., Grandison, A.S. & Lewis, M.J. (2001). Challenges testing of the lactoperoxidase system in pasteurised milk. *Journal of Applied Microbiology*, 91, 735–741.

Marshall, J.C., Soboleva, T.K., Jamieson, P. & French, N.P. (2016). Estimating bacterial pathogen levels in New Zealand bulk tank milk. *Journal of Food Protection*, 79, 771–780.

McDonald, W.L., O'Riley, K.J., Schroen, C.J. & Condron, R.J. (2005). Heat inactivation of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in milk. *Applied and Environmental Microbiology*, 71, 1785–1789.

Meunier-Goddik, L. & Sandra, S. (2011). Liquid milk products: Pasteurized milk. In J.W. Fuquay, P.F. Fox & P.L.H. McSweeney (Eds.), *Encyclopedia of Dairy Sciences* (2nd edn., pp. 274–280). New York, NY, USA: Academic Press.

Morris, C., Brody, A.L. & Wicker, L. (2007). Non-thermal food processing/preservation technologies: a review with packaging implications. *Packaging Technology and Science*, 20, 275–286.

Mosqueda-Melgar, J., Raybaudi-Massilia, R.M. & Martín-Belloso, O. (2008). Non-thermal pasteurization of fruit juices by combining high-intensity pulsed electric fields with natural antimicrobials. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 9, 328–340.

Mújica-Paz, H., Valdez-Fragoso, A., Samson, C.T., Welti-Chanes, J. & Torres, J.A. (2011). High-pressure processing technologies for the pasteurization and sterilization of foods. *Food and Bioprocess Technology* 4, 969.

Nunes, J.C. & Torres, A.G. (2010). Fatty acid and CLA composition of Brazilian dairy products and contribution to daily intake of CLA. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23, 782–789.

NZFSA (2003). Operational guideline: Dairy heat treatments. Wellington, New Zealand: New Zealand Food Safety Authority. <https://www.mpi.govt.nz/food-safety/>

Okura, H., Nielsen, S.S. & Toft, N. (2013). Modelling the effect of direct and indirect contamination of no-farm bulk tank milk with *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*. *Foodborne Pathogens and Disease*, 10, 270–277.

Park, Y.K., Koo, H.C., Kim, S.H., Hwang, S.Y., Jung, W.K., Kim, J.M. et al. (2007). The analysis of milk components and pathogenic bacteria isolated from bovine raw milk in Korea. *Journal of Dairy Science*, 90, 5405–5414.

Paulsson, M.A., Svensson, U., Kishore, A.R. & Naidu, S.A. (1993). Thermal behavior of bovine lactoferrin in water and its relation to bacterial interaction and antibacterial activity. *Journal of Dairy Science*, 76, 3711–3720.

Pearce, L.E., Smythe, B.W., Crawford, R.A., Oakley, E., Hathaway, S.C. & Shepherd, J. M. (2012). Pasteurization of milk: The heat inactivation kinetics of milk-borne dairy pathogens under commercial-type conditions of turbulent flow. *Journal of Dairy Science*, 95, 20–35.

Pearce, L.E., Truong, H.T., Crawford, R.A., Yates, G.F., Cavaignac, S. & de Lisle, G.W. (2001). Effect of turbulent-flow pasteurization on survival of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* added to raw milk. *Applied and Environmental Microbiology*, 67, 3964–3969.

Pestana, J.M., Gennari, A., Monteiro, B.W., Lehn, D.N. & Volken de Souza, C.F. (2015). Effects of Pasteurization and Ultra-High Temperature Processes on Proximate Composition and Fatty Acid Profile in Bovine Milk. *American Journal of Food Technology*, 10, 265–272.

Pouliot, Y. (2008). Membrane processes in dairy technology—From a simple idea to worldwide panacea. *International Dairy Journal*, 18, 735–740.

Qi, P.X., Ren, D., Xiao, Y. & Tomasula, P.M. (2015). Effect of homogenization and pasteurisation on the structure and stability of whey protein in milk. *Journal of Dairy Science*, 98, 2884–2897.

Quigley, L., McCarthy, R., O'Sullivan, O., Beresford, T.P., Fitzgerald, G.F., Ross, R.P. et al. (2013). The microbial content of raw and pasteurised cow milk as determined by molecular approaches. *Journal of Dairy Science*, 96, 4928–4937.

Rademaker, J.L., Vissers, M.M. & TeGiffel, M.C. (2007). Effective heat inactivation of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in raw milk contaminated with naturally infected feces. *Applied and Environmental Microbiology*, 73, 4185–4190.

Ranieri, M.L., Ivy, R.A., Mitchell, W.R., Call, E., Masiello, S.N., Wiedmann, M. et al. (2011). Real-time PCR detection of *Paenibacillus* spp. in raw milk to predict shelf life performance of pasteurized fluid milk products. *Applied and Environmental Microbiology*, 78, 5855–5863.

Renner, E. & Baier, D. (1971). Effect of light on ascorbic acid and unsaturated fatty acids in milk. *Deutsche Molkerei-Zeitung*, 92, 75–78.

Richardson, B.C. & Newstead, D.F. (1979). Effect of heat stable proteases on the storage life of UHT milk. *New Zealand Journal of Dairy Science and Technology*, 14, 273–279.

Robertson, R.E., Cerf, O., Condrón, R.J., Donaghy, J.A., Heggum, C. & Jordan, K. (2017). Review of the controversy over whether or not *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* poses a food safety risk with pasteurised dairy products. *International Dairy Journal*, 73, 10–18.

Rocco, R.M. (1990). Fluorometric analysis of alkaline phosphatase in fluid dairy products. *Journal of Food Protection*, 53, 588–591.

RRMF (2011). Outbreaks from foodborne pathogens in milk and cheeses sold as pasteurized, United States 1998–present. Web site: Real Raw Milk Facts.
<https://realrawmilkfacts.com/>

Saleh-Lakha, S., Leon-Verlarde, C.G., Chen, S., Lee, S., Shannon, K., Fabri, M., Downing, G. & Keown, B. (2017). Research Note. A study to assess the numbers and prevalence of *Bacillus cereus* and its toxins in pasteurized fluid milk. *Journal of Food Protection*, 80, 1085–1089.

Schaafsma, G. (1989). Effects of heat treatment on the nutritional value of milk. *Bulletin of the International Dairy Federation*, 238, 68–70.

Schmidt, D., Cromie, S.J. & Dommett, T.W. (1989). Effects of pasteurisation and storage conditions on the shelf life and sensory quality of aseptically packaged milk. *Australian Journal of Dairy Technology*, 44, 19–24.

Schröder, M.J.A. & Bland, M.A. (1984). Effect of pasteurisation temperature on the keeping quality of whole milk. *Journal of Dairy Research*, 51, 569–578.

Schuh, N. (2016). Made by Cow. *Food Australia* 68, 20–21.

Serraino, A., Bonilauri, P., Arrigoni, N., Ostanello, F., Ricchi, M., Marchetti, G. et al. (2014). Quantitative risk assessment of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* survival in pasteurized milk in three dairy plants in Italy. *Food Control*, 45, 120–126.

Shakeel-ur-Rehman, Fleming, C.M., Farkye, N.Y. & Fox, P.F. (2003). Indigenous phosphatases in milk. In P.F. Fox & P.L.H. McSweeney (Eds.), *Advanced dairy chemistry. Vol. 1A. Proteins* (pp. 523–543). New York, NY, USA: Kluwer Academic/Plenum Publishers.

Sivakumaran, S., Huffman, L. & Sivakumaran, S. (2017). *The concise New Zealand food composition tables (12th Edn. 2016)*. Palmerston North, New Zealand: The New Zealand Institute for Plant & Food Research Limited and Ministry of Health.

<https://www.foodcomposition.co.nz/downloads/concise-12-edition.pdf>

Slaghuis, B.A., teGiffel, M.C., Beumer, R.R. & Andre, G. (1997). Effect of pasturing on the incidence of *Bacillus cereus* spores in raw milk. *International Dairy Journal*, 7, 201–205.

Stabel, J.R. & Lambertz, A. (2004). Efficacy of pasteurization conditions for the inactivation of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in milk. *Journal of Food Protection*, 67, 2719–2726.

Steijns, J.M. & Van Hooijdonk, A.C.M. (2000). Occurrence, structure, biochemical properties and technological characteristics of lactoferrin. *British Journal of Nutrition*, 84, S11–S17.

te Giffel, M.C., Beumer, R.R., Granum, P.E. & Rombouts, F.M. (1997). Isolation and characterization of *Bacillus cereus* from pasteurised milk in household refrigerators in the Netherlands. *International Journal of Food Microbiology*, 34, 207–318.

Trøan, G.V., Dahl, L.V., Meltzer, H.M., Abel, M.H., Indahl, U.G., Haug, A. et al. (2015). A model to secure a stable iodine concentration in milk. *Food and Nutrition Research* 59, 29829.

Tu, C.M. & Apt, A. (2013). Light barrier properties of paperboard, packages and plastic caps in packages. Masters Thesis, Lund University, Sweden.

Tunick, M.H., Ren, D.X., Van Hekken, D.L., Bonnaillie, L., Paul, M., Kwoczak, R. et al. (2016). Effect of heat and homogenization on *in vitro* digestion of milk. *Journal of Dairy Science*, 99, 4124–4139.

Van Kessel, J.A., Karns, J.S., Lombard, J.E. & Koprak, C.A. (2011). Prevalence of *Salmonella enterica*, *Listeria monocytogenes*, and *Escherichia coli* virulence factors in bulk tank milk and in-line filters from U.S. dairies, *Journal of Food Protection*, 74, 759–768.

Vogiatzoglou, A., Smith, D.A., Nurk, E., Berstad, P., Drevon, C.A., Ueland, P.M. et al. (2009). Dietary sources of vitamin B-12 and their association with plasma vitamin B-12 concentrations in the general population: The Hordaland Homocysteine Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 89, 1078–1087.

Webster, J.B., Duncan, S.E., Marcy, J.E. & O’Keefe, S.F. (2009). Controlling light oxidation flavour in milk by blocking riboflavin excitation wavelengths by interference. *Journal of Food Science*, 74, S390–S398.

INSTRUKCJE DLA AUTORÓW

Rozpowszechnianie dokumentów

Przedstawianie opracowania (czy w ramach tematu IDF realizowanego w zakresie programu prac czy w ramach wydarzeń IDF) implikuje, że nie jest ono uważane z równoczesną publikacją na zewnątrz. Rozpowszechnianie dokumentów tworzonych przez wielu autorów wymaga zgody wszystkich autorów.

Rodzaje rozpowszechniania

Monografie; oddzielne rozdziały monografii; przegląd artykułów; techniczne lub naukowe dokumenty prezentowane na imprezach IDF; komunikaty; sprawozdania z działań realizowanych w ramach programu prac IDF.

Język

Wszystkie materiały powinny być napisane w języku angielskim.

Manuskrypty

- Pliki do wysłania drogą elektroniczną pocztą e mail lub przez nasz FTP. Szczegóły dotyczące hasła dostępu zostaną przesłane na życzenie.
- Końcowy dokument w programie Word 2003 lub 2007
- Wszystkie tablice/rysunki włączone do dokumentu końcowego do wysłania także w oddzielnych zbiorach w programie Word, Excel lub PowerPoint, w formacie czarno-białym lub kolorowym.
- Wszystkie pliki mają być zatytułowane podanymi nazwiskami autorów plus tytuł dokumentu/tablicy/rysunku.

Odniesienia

- Odniesienia w dokumencie mają być ponumerowane i umieszczone w nawiasach
 - Listy odniesień na końcu dokumentu mają zawierać następujące elementy:
 - Nazwiska i inicjały wszystkich autorów;
 - Tytuł dokumentu (lub rozdziału, gdy publikacja jest w formie książki);
 - Jeśli publikacja jest w formie czasopisma, tytuł czasopisma (skrócone zgodnie z przewodnikiem bibliografii dla edytorów i autorów „Bibliographic Guide for Editors and Authors”, opublikowanym przez The American Chemical Society, Washington, DC) oraz ilość stron
 - Jeśli publikacja jest książką, nazwę wydawców, miejscowość lub miasto, nazwiska i inicjały edytorów;
 - Jeśli publikacją jest praca naukowa, nazwa uczelni oraz miejscowość lub miasto;
 - Numer strony lub numery stron i datę
- Przykład: 1 Singh, H. & Creamer, L.K. Aggregation & dissociation of milk protein complexes in heated reconstituted skim milks. J. Food Sci. 56:238-246 (1991).
- Przykład: 2 Walstra, P. The role of proteins in the stabilization of emulsions. In: G.O. Phillips, D.J. Wedlock & P.A. William (Editors), Gums & Stabilizers in the Food Industry - 4. IRL Press, Oxford (1988).

Streszczenia

Streszczenie nie przekraczające 150 słów musi być dostarczone dla każdego opublikowanego dokumentu/rozdziału.

Adresy

Autorzy & współautorzy muszą wskazać pełne adresy (włączając adresy mailowe).

Konwencje pisowni i edytowania

Konwencje IDF's pisowni i edytowania

ZĄŁĄCZNIK 1 IDF KONWENCJI PISOWNI I EDYTOWANIA

W przypadku lektorów posługujących się macierzystym językiem angielskim są respektowane narodowe konwencje (brytyjska, amerykańska itd.) w pisowni, gramatyka itd., ale błędy mają być skorygowane i ma być podane wyjaśnienie w sytuacji gdy może powstać ryzyko konfuzji, na przykład w odniesieniu do jednostek o różnych wartościach (galon) lub słów o znacząco różnym znaczeniu (bilion).

| | |
|----------------------------|---|
| “ | Zwykle podane są dwa znaki a nie jeden |
| ? ! | Pół spacji przed po znakach zapytania i wykrzyknikach |
| ± | Pół spacji przed i po |
| Microorganisms | Bez myślnika |
| Infra-red | Z myślnikiem |
| et al. | Nie podkreślone ani nie kursywą |
| e.g., i.e.,... | Pisownia w angielskim – na przykład, to jest |
| litre | Nie liter, chyba że autor jest Amerykaninem |
| ml, mg,... | Spacja pomiędzy cyframi a ml, mg,... |
| skimmilk | Jedno słowo jeśli jest przymiotnikiem, dwa słowa jeśli rzeczownik |
| sulfuric, sulfite, sulfate | Nie sulphuric, sulphite, sulphate (jak ustalono przez IUPAC) |

AOAC

INTERNATIONAL Nie AOACI

| | |
|-----------------------------|---|
| <u>programme</u> | Nie program chyba że a) autor jest amerykańskim lub b) program komputerowy |
| milk and milk product | raczej niż “milk and dairy product” - zazwyczaj pewna dowolność może być dozwolona w nie naukowych tekstach |
| -ize, -ization | Nie -ise, -isation z pewnymi wyjątkami |
| Przecinek dziesiętny | w normach (wyłącznie) w obu językach (jak uzgodniono przez ISO) |
| Bez spacji pomiędzy cyframi | |
| a % | -tj. 6%, etc. |
| Milkfat | Jedno słowo |
| USA, UK, GB | Bez kropek |
| Rysunek | Podany w całości |
| 1000-9000 | Bez przecinka |
| 10 000, etc. | Bez przecinka, ale ze spacją |
| godziny | ∅ h |
| sekunda | ∅ s |
| litr | ∅ l |

the Netherlands

Gdy dwóch lub więcej autorów jest włączonych w tekst, oba nazwiska są podane w jednej linii, poprzedzane przez ich inicjały, jako odnośniki na przykład

A.A. Uthar¹ & B. Prof²

¹ University of

² Danish Dairy Board

IDF nie podaje pisowni międzynarodowych organizacji

INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION / FEDERATION INTERNATIONALE DU LAIT
Boulevard Auguste Reyers, 70/B - 1030 Brussels (Belgium) - <http://www.fil-idf.org>