



IDF ホームページ / <http://www.fil-idf.org/> / ファクトシートより

乳の加熱処理 - 概要

加熱処理は、乳業において最も広く用いられている製造技術である。その主目的は、病原性微生物と腐敗性微生物を殺菌して、乳の安全と適切な賞味期限を確実にするためである。微生物を殺菌する代替技術として高圧処理や電子パルス技術などが開発されたが、乳業や他の食品製造においては、従来どおり加熱処理がもっとも殺菌性のある処理方法として選ばれている。これは、加熱処理を行なうことで非常に大きな成果をあげたことに負うところが大きい。パストゥールがワインやビールの腐敗を防ぐことのできる加熱処理を開発した後 1890 年代に入り乳についてもパステライゼーションが導入されるようになってからのことである。さらに最も重要なこととして、乳製品輸出に必要となる許可証がしばしば参照している国際獣疫事務局の動物衛生規約では、熱処理に代わる方法を選択する余地がない。

パステライゼーションの導入以来、乳の加熱処理は研究対象として高い関心を集めてきた。その結果、技術的なあらゆる側面に関する膨大な量の文献がある。複数の書籍や本の章・レビューなどのテーマとして出版されているが、その中の多くは国際酪農連盟 (IDF) の後援を受けている。

複数の微生物菌数を減少させるために、50℃以上で十分な時間保持加温することは、すべて加熱処理とされている。従って、加熱処理の概念には、保持時間と加熱温度の無数の組み合わせが含まれることになる。加熱処理の効果は、加熱温度と製品がこの温度に保持される時間によって決まる。

乳業では、さまざまな加熱処理が行なわれているので乳に与える加熱の影響について大局的視点から眺めることは有益である。表 1 に、主要な処理方法、適用される製品、細菌学的、化学的およびその他の影響について一覧表を作成した。処理方法を分類すると、パステライゼーション・賞味期限延長 (ESL) 処理・超高温瞬間殺菌 (UHT) ・容器内滅菌などの直接飲食に供するものと、発酵乳や粉乳などの特定の乳製品に用いられるものに分けることができる。さらにサーミゼーションは、次工程で処理されるまでの貯乳時間の延長を可能にしたりチーズ製造の貯乳に効果があるので、生乳の処理として行なわれている。

サーミゼーション、パステライゼーション、ESL と UHT 法及び容器内滅菌の各工程に関する詳細について、更に具体的で細目にわたる要約を IDF ファクトシートに記載した。下記のファクトシートを参照してください。

1. 乳の加熱処理 - サーミゼーション、パステライゼーション、賞味期限延長処理；
2. 乳の加熱処理 - UHT, 容器内滅菌



国際酪農連盟日本国内委員会

Japanese National Committee of International Dairy Federation



IDF ホームページ / <http://www.fil-idf.org/> ファクトシートより

表 1. 乳製品の主要な熱処理法

加熱処理法 (温度 - 時間条件)	適用製品	殺菌対象となる微生物	主な化学成分の影響	注釈
サーミゼーション (57-68°C/5 秒-30 分)	次工程で処理するまでの 生乳貯乳期限の延長 いくつかのチーズ製造	一部の芽胞を形成しない病原細菌と低温性腐敗細菌	ほとんど影響を受けない	ホスファターゼ活性は、必ずしも陰性ではない。；病原細菌が生残する可能性があり飲用乳には適さない。
パスチャライゼーション (72-80°C/15-30 秒)	飲用牛乳 チーズ製造	芽胞を形成しない病原細菌と低温性腐敗細菌； 芽胞ではない、耐熱性のある増殖性細菌でもない	ビタミン、5%までのホエイたんぱく質の変性、リパーゼの不活性化にわずかに影響する	ホスファターゼ活性は、ほぼ陰性である。；ほとんどの国では標準の最低基準は 72°C/15 秒である。 代替製造として、63-65°C/15-30 分保持のパスチャライゼーションがある。
ESL(賞味期限延長)殺菌 (125-140°C/1-10 秒)	賞味期限を延長した冷蔵保存の飲用牛乳	すべての芽胞を形成しない細菌とほとんどの低温性芽胞及び中温性芽胞	実際の加熱処理状況に依存する。 ホエイたんぱく質はかなり変性するが、変性率の幅は大きい。(25-85%βラクトグロブリン)	標準的な加熱処理条件ではない。ラクトペルオキシターゼは失活する。(ESL 加熱処理の判定試験として使われる) フレーバーがわずかに変化するが、より高温短時間であれば最小限である。 ESL 牛乳に精密ろ過(MF)を使う場合、通常最終工程で加熱殺菌と組合わせて製造する。



国際酪農連盟日本国内委員会

Japanese National Committee of International Dairy Federation



IDF ホームページ / <http://www.fil-idf.org/> / ファクトシートより

加熱処理法 (温度 - 時間条件)	適用製品	殺菌対象となる微生物	主な化学成分の影響	注釈
UHT (超高温瞬間殺菌) 法 (135°C-150°C/1-10 秒)	常温保存されるロングライフ飲用牛乳	すべての芽胞を形成しない細菌と高い耐熱性のある芽胞を除いたすべての芽胞； 「商業的滅菌」製品の生産	間接加熱方式より直接加熱方式の方が影響が少ない； ホエイたんぱく質が高い割合で変性 (70-95% β -ラク トグロブリン)； ラクトースのエピマー化によりラクチュロースが生成、リジン残基のラク トシル化； スルフヒドリル化合物 (R-SH) の形成	まろやかであるが加熱臭/調理臭/硫黄臭などと呼ばれるフレーバーが発生する。； 保存中さらに化学変化が起こる。； 飲用牛乳消費の市場シェアは、国によって 10%以下から 90%以上と幅がある。
容器内滅菌 (110-120°C/10-20 分又は 125°C/5 分)	無糖練乳/濃縮乳、常温保存されるロングライフ飲用牛乳	すべての芽胞を形成しない細菌と高い耐熱性のあるものを除いたすべての芽胞が死滅する	ホエイたんぱく質は完全に変性し、広範囲にメイラード反応が進行する； 加熱フレーバー化合物の生成	強いクックドフレーバーや弱い褐変の原因となる。；そのため、フレーバーミルク等の製品に使われている。



国際酪農連盟日本国内委員会

Japanese National Committee of International Dairy Federation



IDF ホームページ / <http://www.fil-idf.org/> ファクトシートより

加熱処理法 (温度 - 時間条件)	適用製品	殺菌対象となる微生物	主な化学成分の影響	注釈
90-95°C/5-10 分	ヨーグルト製造	ほとんどの芽胞を形成しない細菌	ホエイたんぱく質は、ほぼ全て変性(WP)	ホエイたんぱく質とκ-カゼインの複合体が生成されることにより、ヨーグルトの粘性が増し、保水力が高まる。
72-80°C/15-30 秒	低温加熱脱脂粉乳(SMP)	芽胞を形成しない病原細菌と低温性腐敗細菌	パステライゼーションの工程において； ホエイたんぱく質がわずかに変性 - WPNI>6.0g/L	還元牛乳、乳、標準化、チーズに使われる。
85°C/1 分； 90°C/30 秒； 105°C/30 秒	中温加熱脱脂粉乳 UHT 処理の予備加熱 全粉乳	芽胞を形成しない病原細菌と低温性腐敗細菌	ホエイたんぱく質は、中程度からかなりの程度に変性 - WPNI 1.5-6.0g/L； プラスミンは不活性化； スルフヒドリル基が露出することやスルフヒドリル化合物の生成は、全粉乳中の抗酸化物として作用する	アイスクリーム・チョコレート菓子類の製造に使われる。 UHT 設備の付着物形成が減り、保管中のプラスミン触媒によるたんぱく質分解は減少する。 全粉乳の保存安定性は改善される。



国際酪農連盟日本国内委員会

Japanese National Committee of International Dairy Federation



IDF ホームページ / <http://www.fil-idf.org/> / ファクトシートより

加熱処理法 (温度 - 時間条件)	適用製品	殺菌対象となる微生物	主な化学成分の影響	注釈
90°C/5 分 120°C/1 分 135°C/30 秒	高温加熱脱脂粉乳	芽胞を形成しない病原細菌、低温性腐敗細菌、及び最も過酷な条件にあるほとんどの芽胞	ホエイ蛋白質は、ほとんど変性 - WPNI < 1.5g/L ;	還元濃縮乳に使われる。
>120°C/>40 秒	超高温加熱脱脂粉乳 又は高温加熱-高安定脱脂粉乳	芽胞を形成しない病原細菌、低温性腐敗細菌、及びほとんどの芽胞	ホエイ蛋白質は、ほぼすべて変性 - WPNI << 1.5g/L	パン製品及び還元濃縮乳の製造に使われる。

WPNI = ホエイたんぱく質変性指標; ホエイたんぱく質の未変性レベルを表す、脱脂粉乳の分類に使われる。

Further reading

Deeth, H.C. and Lewis, M.J. (2017) High Temperature Processing of Milk and Milk Products. Wiley Blackwell, Oxford.

IDF (1993) Protein & Fat Globule Modifications by Heat Treatment, Homogenisation and other Technological Means for High Quality Dairy Products. Doc. 9303. International Dairy Federation, Brussels.

IDF (1995) Heat-induced Changes in Milk. Doc. 9501. International Dairy Federation, Brussels.

IDF (1996) Heat Treatments and Alternative Methods. Doc. 9602. International Dairy Federation, Brussels.

Kelly, A., Datta, N & Deeth, H.C. (2012) Thermal processing of dairy products. In: Thermal Food Processing: New Technologies and Quality Issues 2nd edn (ed. D.-W. Sun) pp. 273-307. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL.



I D F ホームページ / <http://www.fil-idf.org/>ファクトシートより

Kessler H G (1989) Effect of thermal processing on milk. In: Developments in Food Preservation 5. (ed. S. Thorne), pp. 91–130. Elsevier Applied Science, London.

Lewis, M.J. & Deeth, H.C. (2009) Heat treatment of milk. In: Market Milks – Processing and Quality Management (ed. AY. Tamime), pp. 168-204. Blackwell Publishing Ltd, Oxford.

Lewis. M.J. & Heppell, N.J. (2000) Continuous Thermal Processing of Foods: Pasteurization and UHT Sterilization. Aspen Publishers, Gaithersburg, MD.

Tetra Pak (2015) Dairy Processing Handbook. Tetra Pak Processing Systems, Lund, Sweden

翻訳：J I D F 製造技術専門部会（伊東潤委員）

編者注: 仮訳の正確性、完全性、有用性等についてはいかなる保証をするものではありません。参考資料として扱い、内容に疑義が生じた場合は英文の原文をご確認ください。