

牛乳の賞味期限延長と消費段階での取り扱いによる 食品ロスの削減

田 中 孝*

(株式会社明治 研究本部 品質科学研究所, 〒192-0919 東京都八王子市七国 1-29-1)

Extended shelf life technology of dairy product to reduce food loss and waste

Takashi Tanaka*

(Food Quality & Safety Research Laboratories R&D Division Meiji Co., Ltd. 1-29-1 Nanakuni, Hachioji, Tokyo 192-0919, JAPAN)

要 旨

食品ロスを削減することは、社会的な課題であり、乳業界においても例外ではない。本稿では、特に、乳製品の中でも水分活性が高く、pHも中性であるため、最も腐敗・変敗しやすい牛乳を取り上げ、その賞味期限延長について紹介した。その中でも、日本では130℃・2秒 UHT 殺菌された牛乳が大部分を占めるため、生乳由来のほとんどの微生物は殺菌され、殺菌後の二次汚染防止が重要となる。また、流通温度を欧米並みに7℃以下にすることにより牛乳の賞味期限を延長できる可能性がある。さらに、イギリスの事例として、家庭での保管温度を6.6℃から5℃にすれば年間5万トン超の廃棄削減が見込まれることを紹介する。最後に、開封後の牛乳の正しい取り扱いを消費者に啓発する活動も食品ロス削減に向けて重要であることを紹介する。

1. はじめに

サステナビリティの急速な浸透に伴い、食品業界では食品ロスの対策等への注目が高まっている。国連は持続可能な世界を実現すべくSDGs(持続可能な開発目標)を掲げており、2030年までに小売り、消費レベルにおける世界全体の一人当たりの食料廃棄を半減するという具体的な目標が掲げられている。一方、国内では2019年10月より「食品ロス削減推進法」が施行され、商習慣(3分の1ルール)の見直し、納品期限の緩和、賞味期限の延長等が推進されている。

なお、フードロス(Food Loss)とは、生産・貯蔵・食品製造・流通の過程で発生する食品の廃棄である。フードウェイスト(Food Waste)とは、小売・外食・家庭から発生する食品の廃棄である。日本では、「まだ食べられるにもかかわらず、なんらかの理由で廃棄される食品」のことを指して「食品ロス」と呼んでいる¹⁾。食品ロスを管轄する省庁のうち、農林水産省の説明をみると、事業系と家庭系に大きく分けている²⁾。したがって、「フードロス(Food Loss)」と「フードウェイスト(Food Waste)」を足したものといえる。

そこで、食品ロス削減につながる乳製品の賞味期限延長について紹介する。本稿では、乳製品として

* E-mail: takashi.tanaka@meiji.com.cn

最も腐敗・変敗しやすい「牛乳」を取り上げ、主に微生物的な要因から述べる。牛乳の賞味期限（理化学性状は除く）には、主に殺菌条件、殺菌後の二次汚染防止、流通温度が影響する。また、消費段階での廃棄削減には、牛乳の保管温度と開封後の取り扱いが重要となる。

2. 牛乳の賞味期限延長

2.1 牛乳の種類

牛乳の賞味期限延長について紹介するにあたり、まず、牛乳の種類について解説する。牛乳は生乳（搾取したままの牛の乳）を殺菌したものであり、中性で水分活性も高いことから、最も腐敗・変敗しやすい食品の一つである。牛乳には10℃以下のチルドで流通するチルド流通牛乳と常温で流通するLL (Long-Life) 牛乳がある。チルド流通牛乳には、製造日を含む8日前後を賞味期限としているチルド牛乳とその賞味期限を製品の微生物汚染を極力低減することにより、14日前後にまで延長したESL (Extended Shelf Life) 牛乳がある（図1）。ここでは、チルド牛乳の賞味期限延長について述べる。

2.2 牛乳の成分規格等

同様に、牛乳の賞味期限延長について説明するに

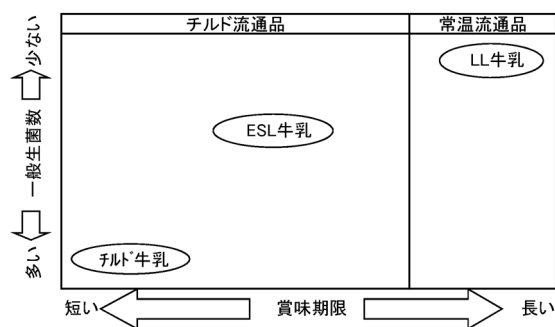


図1 牛乳の分類例

表1 生乳および牛乳の成分規格

| 種類 | 成分規格 | |
|----|-----------|--------------------|
| | 細菌数 | 大腸菌群 |
| 生乳 | 400万/ml以下 | |
| 牛乳 | 5万/ml以下 | 陰性/2.22 ml (BGLB法) |

あたり、牛乳の成分規格等も絡んでくるため、紹介する。

「乳及び乳製品の成分規格等に関する省令（乳等省令）」に示された「生乳」と「牛乳」の成分規格を表1にまとめた。「生乳」の細菌数は、直接個体鏡検法により400万/ml以下、「牛乳」の細菌数は5万CFU/ml以下と規定されている。また、大腸菌群は、BGLB (brilliant green-lactose-bile broth) 法により2.22 ml 当たり陰性となっている。

牛乳の殺菌条件は62～65℃・30分または同等以上とされていたが、Q熱原因菌の生残が指摘され、平成14年12月、「保持式により摂氏63℃で30分間加熱殺菌または同等以上の殺菌効果を有する方法で殺菌すること」に改正された³⁾。さらに、保存基準として、「殺菌後直ちに10℃以下に冷却して保存すること。ただし、常温保存可能品にあつては、この限りでない。」と規定されている。

このように、牛乳の原料である生乳には規格があり、また、殺菌条件も規定されている。さらに、以下で述べるように製造工程も均質化、殺菌、充填工程と乳製品の中では極めて単純であり、賞味期限延長を検討する場合には制約がある。

2.3 チルド牛乳の一般的な製造工程

牛乳の賞味期限延長では、製造工程でなされる施策がメインであるため、チルド牛乳の一般的な製造工程を紹介する。

図2は、チルド牛乳の製造工程を示したものである。タンクローリで工場に生乳が受乳され、4℃程度のタンクで貯乳される。次に遠心分離によりゴミなどを取り除く清浄化を経てホモジナイザーにより均質化し、脂肪の浮上を防止する。その後、加熱

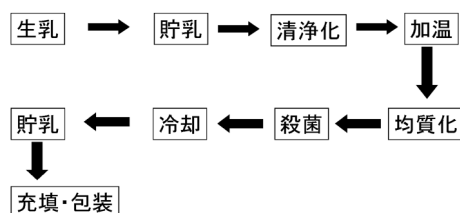


図2 牛乳の一般的な製造工程（チルド牛乳）

殺菌され、一旦タンクに貯乳される。最後に、充填機内で容器に充填され、製品化される。牛乳は受け入れ後、充填されるまで外気と遮断されたパイプの中を通る。充填部は開放系となっているため、二次汚染（原料由来の一次汚染以外の汚染）の危険性がある。殺菌工程までは主に生乳の品質に左右されるが、殺菌工程以降は製造環境の影響を受ける。

2.4 ハードルテクノロジーとは

牛乳の賞味期限延長は、微生物汚染による腐敗・変敗の防止によりなされ、ハードルテクノロジーと共通する部分が多いため、ここでハードルテクノロジーについて紹介する。ハードルテクノロジーとは、Leistnerらにより提唱された微生物制御の考え方であり、各種の微生物抑制要因をハードルに例えて、各要因の組み合わせで微生物がハードルを飛び越せない（増殖しない）ようにするという考え方である⁴⁾ (図3⁴⁾)。

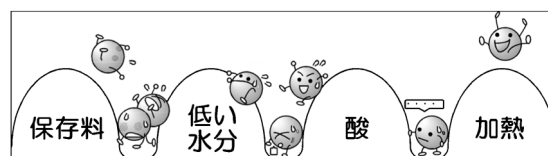


図3 ハードルテクノロジー

2.5 牛乳製造におけるハードルテクノロジー

生乳中には表2⁵⁾に示すように低温で増殖する細菌が含まれるため、製造工程では10℃以下の低温で管理される。また、チルド製品は殺菌後もLL牛乳のようにいわゆる商業的無菌を達成しているものではないため、10℃以下で流通される。

ここでは、牛乳の製造工程で最も大きなハードルである加熱殺菌について解説するとともに、殺菌後の二次汚染防止技術としてESL技術について紹介する。なお、牛乳は生乳の受け入れから、消費されるまで10℃以下で管理されるが、特に、殺菌前の工程での冷却もハードル要因の一つである。

表2 生乳中から分離される細菌の種類と特徴⁵⁾

| グラム染色性 | 形態 | 芽胞の有無 | 菌種(属) | 特徴 |
|--------------------|----------------|-----------------------|------------------------|----------------|
| グラム陰性 | 桿菌 | なし | <i>Acinetobacter</i> | 低温発育 |
| | | | <i>Pseudomonas</i> | 低温発育 |
| | | | <i>Achromobacter</i> | 色素産生, 低温発育 |
| | | | <i>Chromobacterium</i> | 紫色色素産生 |
| | | | <i>Cytophage</i> | 黄色色素産生 |
| | | | <i>Flavobacterium</i> | 黄色色素産生, 低温発育 |
| | | | <i>Serratia</i> | 赤色色素産生 |
| | | | <i>Citrobacter</i> | 大腸菌群 |
| | | | <i>Enterobacter</i> | 大腸菌群 |
| | | | <i>Klebsiella</i> | 大腸菌群 |
| <i>Escherichia</i> | 大腸菌群 (食中毒菌を含む) | | | |
| グラム陽性 | 球菌 | なし | <i>Staphylococcus</i> | (毒素型食中毒菌を含む) |
| | | | <i>Micrococcus</i> | 黄色色素産生 |
| | | | <i>Streptococcus</i> | 乳酸球菌 |
| | | | <i>Lactococcus</i> | 乳酸球菌 |
| | 桿菌 (コリネ型) | なし | <i>Arthrobacter</i> | コリネ型 |
| | | | <i>Corynebacterium</i> | コリネ型 |
| 桿菌 | なし | <i>Brevibacterium</i> | 色素産生 | |
| | | <i>Microbacterium</i> | 耐熱性 (85℃ 10分) | |
| | あり | <i>Listeria</i> | 低温発育 (食中毒菌を含む) | |
| | | <i>Lactobacillus</i> | 乳酸桿菌 | |
| | | | <i>Bacillus</i> | 耐熱性 (セレウス菌を含む) |
| | | | <i>Clostridium</i> | 嫌気性菌 |

2.6 生乳品質と製造工程での二次汚染防止：「微生物を付けない（清潔、洗浄）」

(1) 生乳の品質

食中毒予防の3原則である「微生物を付けない、増やさない、やっつける」の切り口から検証していく。まず、原料である生乳は、受け入れ時の総菌数などの品質検査により生乳の初発菌数を低く抑えることが可能である。乳等省令では、「生乳」の細菌数は、直接個体鏡検法により400万/ml以下と規定されており、実際にはそのほとんどは3万/ml以下である。また、*Pseudomonas* 属などの低温細菌は、殺菌後も残存する耐熱性酵素（プロテアーゼ、リパーゼ）を産生し、賞味期限が長く常温で流通されるLL牛乳で品質劣化を引き起こす可能性があるため、LL牛乳用の生乳は、30万以下/mlに規定されている。

(2) 製造工程での二次汚染防止

製造工程における二次汚染防止として、ESL技術を紹介する⁶⁾。ESL技術は、ハードル因子ではないが、牛乳における微生物制御において隔離・遮断は重要な技術となっていることから、簡単に紹介する。

表3に示すように、牛乳の腐敗・変敗現象の原因菌は、主に耐熱性の低い無芽胞細菌が多いことか

ら、殺菌後の二次汚染が主要因と推定される。そこで、チルド流通牛乳を例に二次汚染防止対策を施したESL牛乳について以下に述べる。

表4に示すように、殺菌後の牛乳を貯めるサージタンクでは、熱殺菌後の冷却時と充填機への牛乳送液時に内部が陰圧になり、外気が流入して細菌汚染を生じる可能性がある。そこで、ESL用サージタンクではLL牛乳用サージタンクと同様に無菌エアにより陽圧化されていることが多い。殺菌機から充填機までの殺菌ラインでは、LL牛乳製造工程と同様にバルブ作動時に外気との遮断を完全に行えるようにペローズ式のバルブが使用されていることが多い。充填機では、紙容器への充填時に浮遊細菌による細菌汚染を防止するために、HEPA（High Efficiency Particulate Filter）フィルターが設置されている。容器包材も充填機内でカートン内面に0.1%過酸化水素水とUVの併用により包材表面に付着した菌を殺菌している。また、使用する包材もカートン端部の面（以後、端面）が牛乳に接しないようにスカイプカートンを使用している。端面が牛乳に接すると包材内部の細菌（好気性芽胞形成細菌およびグラム陽性球菌が多い）が牛乳を汚染してしまうからである。

近年では、ゲーブル容器では充填時に開放系となることにより汚染リスクが高まるが、ブリック型容

表3 牛乳の腐敗・変敗現象と原因菌

| 現象 | 作用 | 原因菌 | 特徴 |
|-------------|----------------|---|---------------------------|
| 酸敗・凝固 | 酸生成 | 乳酸球菌（ただし、低温発育能は低い） 大腸菌群 高温下： <i>Bacillus coagulans</i> , <i>B. stearothermophilus</i> など | 乳糖発酵能をもつ菌の増殖によって有機酸が生成 |
| 凝固（甘性凝固） | タンパク分解（プロテアーゼ） | 低温下： <i>Pseudomonas</i> 室温以上： <i>Bacillus subtilis</i> , <i>B. licheniformis</i> , <i>B. cereus</i> など | 甘性凝固は <i>Bacillus</i> が多い |
| ランシッド臭（酪酸臭） | 脂肪分解（リパーゼ） | 特に <i>Pseudomonas</i> , <i>Achromobacter</i> など | |
| 着色 | 色素産生 | <i>Serratia</i> , <i>Chromobacterium</i> など | Ser：赤，Chr：青色 |
| 発泡 | 炭酸ガス発生 | 乳糖発酵性酵母（ <i>Saccharomyces</i> , <i>Candida</i> ）など | 酵母は酸生成菌の増殖に伴って生育 |
| 粘稠化 | 粘性多糖生成等 | <i>Leuconostoc</i> , <i>Aerobacter</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Bacillus</i> など | |

甘性凝固：pHの低下によらない凝固

表4 ESL製造技術によるチルド流通牛乳の二次汚染防止

| 製造工程等 | チルド牛乳 | ESL牛乳 | LL (Long-Life) 牛乳 |
|-----------|--------------|---|-----------------------------------|
| 生乳 (総菌数) | 400万/ml 以下 | 400万/ml 以下 | 30万/ml 以下 |
| ストレージタンク | 10℃以下 | 10℃以下 | 10℃以下 |
| 殺菌機 | UHT | UHT | UHT |
| サージタンク | 陽圧化なし | 陽圧化等 | 陽圧化 |
| 殺菌ライン | ベローズ式バルブでない | ベローズ式バルブ等 | ベローズ式バルブ |
| 充填機 | HEPA フィルターなし | HEPA フィルター | 無菌充填機 |
| 包材内面の殺菌方法 | UVのみ | 0.1% H ₂ O ₂ + UV | 35% H ₂ O ₂ |
| 包材 | ノンスカイブ | スカイブ | 5~6層のラミネート紙 |
| 賞味期限 | 8日前後 | 14日前後 | 90日前後 |
| 流通温度 | 10℃以下 | 10℃以下 | 常温 |

器では、充填時に円筒形の筒状となり、開放部分により少なくなることにより、充填時の汚染リスクをさらに低減可能となる。これにより、賞味期限18日の牛乳が市販されている。

2.7 製造工程における冷却と流通温度：「微生物を増やさない (迅速・冷却)」

(1) 製造工程における冷却

一次汚染を防止するには、牛乳の原料である生乳の菌叢を解析し、危害となりうる微生物を殺菌の指標菌として殺菌条件を決定する必要がある。

表2に生乳中から分離される主な細菌の種類と特徴を示した⁵⁾。生乳から食中毒菌である *Bacillus cereus* (セレウス菌) や *Staphylococcus aureus* (黄色ブドウ球菌) が分離されるが、その菌数は工場受け入れ時に高くても100 CFU/ml レベルであり、10℃以下の低温で管理することにより製造工程で問題となる可能性は極めて低い⁷⁾。しかし、殺菌前の貯乳工程で温度・時間の管理が不適切であると、優先的に *Pseudomonas* 属などの低温細菌が増殖し、続いて低温発育性を有する乳酸球菌である *Lactococcus* 属や大腸菌群などが増殖してくる。さらに、黄色ブドウ球菌によるエンテロトキシン産生の危険性も高くなっていく。殺菌前の工程では、生乳受け入れ時の総菌数などの品質検査により生乳の初発菌数を低く抑えるとともに、ストレージタンクでの貯乳温度・時間を適切に管理し、生乳の菌数をできるだけ低く抑えることが重要である。

(2) 流通温度変更による賞味期限延長の可能性

牛乳の流通温度は、日本では10℃以下と乳等省令で規定されているが、欧米では7℃程度の流通が一般的である。日本でも牛乳の流通温度を10℃から7℃に変更することにより1L牛乳に殺菌工程(殺菌条件による)で生残し、10℃以下で増殖する *Bacillus cereus* group (2菌種) がそれぞれ1個汚染したと想定し、増殖予測プログラム(牛乳中の増殖データより作成)によりシミュレーションすると、乳等省令で定める牛乳の生菌数規格(5万 CFU/ml)に到達する日数が *Bacillus weihenstephanensis* NBRC 101238^T (7℃以上の牛乳中で増殖) においては10℃では8.5日で到達するが、7℃では24日で到達する。一方、*Bacillus cereus* NBRC 10305^T (10℃以上の牛乳中で増殖) は、10℃では生菌数規格に到達するまでに21日を要するが、7℃では増殖しなかった。以上より、流通温度を10℃から7℃に変更することにより、生菌数規格に到達するまでの日数を15.5日間延長することが可能となる。なお、*B. weihenstephanensis* NBRC 101238^T は、*B. cereus* NBRC 10305^T より耐熱性が低いため、UHT処理にて殺菌される。

2.8 牛乳の加熱殺菌：「微生物をやっつける (加熱、殺菌)」

まず、牛乳の殺菌条件設定の歴史的背景について述べる。殺菌条件は指標菌に対して設定され、指標菌は危害度に応じて選択される。牛乳の殺菌条件

表5 乳等省令における牛乳の殺菌条件とその特徴

| 牛乳の殺菌法 | 条件 |
|---|------------------|
| 低温保持殺菌法：LTLT Low Temperature Long Time Pasteurization グラム陰性菌などの無芽胞菌はほぼ死滅する。 ミクロバクテリウム属や芽胞形成菌は生残する | 63～65℃ 30分 |
| 高温短時間殺菌法：HTST High Temperature Short Time Pasterization 無芽胞菌は死滅するが芽胞形成菌は生残する。 | 72～75℃ 15秒以上 |
| 超高温処理法：UHT Ultra High Temperature Process 元々はロングライフ牛乳の製造を目的に開発された殺菌法 芽胞形成菌もほぼ死滅する。 | 120～150℃ 1～3秒 |

は、人獣共通感染症による健康被害の発生を防止する目的で開発された。当初人獣共通感染症のうち、最も耐熱性の高い牛型結核菌 (*Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*) が殺菌の対象微生物とされた。その後、Q熱原因菌である *Coxiella burnetii* という微生物（以前はリケッチアに分類）が生乳中に多く存在し、かつその耐熱性が牛型結核菌より高いことから、当該菌が牛乳の殺菌指標菌とされた⁸⁾。

乳等省令では、63℃・30分（低温保持式殺菌）と同等以上の殺菌効果を有する方法として、HTST法（High Temperature Short Time：高温短時間殺菌；72～75℃15秒以上）、UHT法（Ultra High Temperature：超高温加熱処理）等が規定されている（表5）。後者のUHT法は、120～150℃で1～3秒と殺菌条件が規定されている。しかし、実際は130℃2秒が採用されることが多い。なお、生乳中で優勢に存在し、かつ低温増殖性を有する *Bacillus cereus*（低温増殖性を有するのは一部）芽胞は、加熱殺菌後に生残する可能性があり、生残した場合には10℃以下のチルド流通下において増殖し、生菌数規格（5万CFU/ml以下）の逸脱、腐敗・変敗、食中毒を発生させる可能性がある。

一方、アメリカでは、HTST殺菌が主流となっているが⁹⁾、流通温度が日本の10℃より低いため、二次汚染がなければ、HTST殺菌で生残する芽胞形成細菌のうち6℃以下で生育する *Paenibacillus* 属

表6 各温度に保存した牛乳の生菌数規格に達する日数

| 保存温度 (°C) | <i>B. cereus</i> NBRC 10305 ^T | <i>B. weihenstephanensis</i> NBRC 101238 ^T |
|-----------|---|--|
| 7 | 増殖せず | 24 |
| 10 | 21 | 8.5 |
| 12 | 8.6 | 5.4 |
| 15 | 4.6 | 2.8 |

(日)

細菌等が増殖して腐敗・変敗を引き起こす可能性がある。また、イギリスでは、パステライズド牛乳（HTST, LTLT 殺菌を含む¹⁰⁾：2017年販売量で牛乳全体の95.2%を占める¹¹⁾）が大部分を占めており、イギリスでも冷蔵品の流通温度が日本の10℃より低い、8℃以下に規定されている¹²⁾。

3. 消費段階での取り扱いによる食品ロスの削減

3.1 イギリスにおける家庭での牛乳廃棄の現状とその対策

国内でのデータがあまり見当たらないので、イギリスにおける家庭での牛乳廃棄の現状とその対策について紹介する。

イギリス政府が2000年に設立したNPOのWRAP (Waste and Resources Action Programme) がイギリスで製造から家庭までの各段階で廃棄される牛乳（パステライズド牛乳：2017年販売量で牛乳全体の95.2%を占める¹¹⁾）の量を調査したとこ

る、販売量の7%に相当する33万トンが廃棄されており、その内の29万トンが家庭で廃棄されていた¹³⁾。なお、WRAP（ラップ）は、イギリスの家庭で最も捨てられる食品・飲料トップ10調査を行い、牛乳は3位であった¹⁴⁾。また、日本でもハウス食品グループ本社が実施した2021年9月のアンケート調査では、捨てられる食品のトップ10のうち、牛乳が乳製品ではトップの10番目にランクインしている¹⁵⁾。さらに、先進工業3地域（ヨーロッパ（ロシアを含む）、北アメリカ・オセアニア、日本を含むアジア先進工業地域）では、生産された乳・乳製品のうち消費段階で発生したロス・廃棄が占める割合は、総廃棄量（サプライチェーンの各段階：農業生産、収穫後の取扱・貯蔵、加工・梱包、流通、消費）のほぼ40～65%を占める¹⁶⁾。

家庭での廃棄を削減するには「家庭用冷蔵庫内の温度を下げる」ことが効果的であることがわかった。イギリスでの家庭用冷蔵庫内の平均温度は6.6℃であり、その温度を5℃に下げれば年間5万トン超の廃棄削減が見込まれた（4℃にすれば8万トン）¹³⁾。

3.2 開封後の牛乳の取り扱いによる食品ロスの削減

牛乳を低温で管理することは、「2.7」で述べたように製造工程、流通（ヨーロッパ諸国の冷蔵流通温度は8℃以下¹²⁾で日本の10℃より低い）だけでなく当然であるが、消費者の家庭での保管時にも大きく影響する¹³⁾。日本でも、牛乳消費者調査によると「冷蔵庫に入れておけば開封後も賞味期限まで安心」と53%の消費者が考えているが¹⁷⁾、実際には冷蔵庫の中は無菌ではなく^{18～20)}、開封後の牛乳に低温細菌が汚染した場合、10℃では約2日、7℃では約4日、4℃では約7日で腐敗する²¹⁾。したがって、開封後の牛乳の正しい取り扱いを消費者に啓発する活動²¹⁾も食品ロス削減に向けて重要である。なお、具体的な開封後の牛乳の正しい取り扱い等は、以下の通りである²¹⁾。

- ① 賞味期限とは、未開封で冷蔵保存した場合に品質が保たれる期限である。
- ② 開封後は、2～3日を目安に早めに飲み切る。
- ③ できるだけ「飲み切れるサイズ」を購入する。
- ④ 購入後は、早めに冷蔵庫へ入れる。
- ⑤ 注いだ後は、すぐに冷蔵庫に戻す。
- ⑥ 冷蔵庫の開閉は、最小限にする。
- ⑦ 容器に口をつけて飲まない（口の中には微生物が存在）。

4. おわりに

食品ロスを削減することは、社会的な課題であり、乳業界においても例外ではない。本稿では、特に、乳製品の中でも水分活性が高く、pHも中性であるため、最も腐敗・変敗しやすい牛乳を取り上げ、その賞味期限延長について紹介してきた。その中でも、日本では130℃・2秒UHT殺菌された牛乳が大部分を占めるため、生乳由来のほとんどの微生物は殺菌され、殺菌後の二次汚染防止が重要となる。また、流通温度を欧米並みの7℃以下にすることにより賞味期限を延長できる可能性を紹介した。同様に低温管理は有効であり、イギリスの事例として、家庭での保管温度を6.6℃から5℃にすれば年間5万トン超の廃棄削減が見込まれることを紹介した。最後に、開封後の牛乳の正しい取り扱いを消費者に啓発する活動も食品ロス削減に向けて重要であることを述べた。また、賞味期限の延長は食品ロス削減に直結しており、食品メーカーは賞味期限延長により食品ロス削減に貢献することは、社会的な使命でもある。

引用文献

- 1) <https://news.yahoo.co.jp/byline/iderumi/20210702-00245977>
- 2) https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syoku_loss/161227_4.html
- 3) 平成14年12月20日付食発第1220008号
- 4) 清水潮：食品微生物の科学，153-154，（幸書

- 房, 2005)
- 5) 上門英明：乳製品および乳加工品，食品変敗防止ハンドブック，370，（サイエンスフォーラム，2006）
 - 6) 川村秀樹：ESL 技術とは，食品機械装置，**36**, 46-53 (1999)
 - 7) 上門英明，他：生乳および粉乳類のマイクロフローラの特徴，防菌防黴，**32**, 243 (2004)
 - 8) 鈴木英毅：飲用乳の加工処理，ミルク総合辞典，149-151，（朝倉書店，1992）
 - 9) Martin et al: INVITED REVIEW: Controlling dairy product spoilage, *J. Dairy Sci.*, **104**, 1251 (2020)
 - 10) <https://www.dairycouncil.co.uk/consumers/industry/what-is-pasteurisation>
 - 11) <https://www.dairyuk.org/wp-content/uploads/2018/10/THE-WHITE-PAPER-2017.pdf>
 - 12) Chilled Foods: A Comprehensive Guide Edited by Martin Brown, 2000
 - 13) [10/WRAP-Report%20-%20Opportunities%20to%20reduce%20waste%20along%20the%20journey%20of%20milk%20PUB%2011.2018.pdf](https://wrap.org.uk/sites/default/files/2020-10/WRAP-Report%20-%20Opportunities%20to%20reduce%20waste%20along%20the%20journey%20of%20milk%20PUB%2011.2018.pdf)
 - 14) <https://news.yahoo.co.jp/byline/iderumi/20200523-00179863>
 - 15) http://elb.housefoods-group.com/activity/foodloss/research_data04.pdf
 - 16) Global food losses and food waste. FAO. 2011. <https://www.fao.org/3/mb060e/mb060e00.pdf>
 - 17) http://www.nposfss.com/data/risc2019_04_kamikado2.pdf
 - 18) 森ら，2016第43回日本防菌防黴学会要旨集
 - 19) 西山ら，2012東北女子大学・東北女子短期大学紀要
 - 20) 兵庫県立生活科学研究所，2008
 - 21) <https://www.meijioishiigyunyu.com/save/>