

乳処理加工の持続可能性見通し

IDF「酪農乳業の持続可能性見通し」第8号・特集より

国際酪農連盟 (IDF) の「酪農乳業の持続可能性見通し」第8号では、国連の持続可能な開発目標 (SDGs) に貢献する世界の乳業の取り組みを特集として紹介している。本特集では、特に乳処理加工に焦点を当て、世界中の乳業がどのようにイノベーションを通して、強靱なシステムを構築するために持続可能な取り組みを実施しているかを示す多様な事例を紹介している(*1)。以下に、報告書の仮訳(*2)から、一部を要約して紹介する。

「酪農乳業の持続可能性見通し」報告書とは

IDF の「酪農乳業の持続可能性見通し」報告書は、国連の持続可能な開発目標 (SDGs) の達成に貢献するために世界の酪農乳業が実施しているイニシアチブを紹介している。2024 年 12 月に発表された最新の第8号は、乳処理加工に特化した特集で、乳処理加工のさまざまな状況を掘り下げ、世界中の革新的な戦略と取り組みについて考察している。世界中の酪農乳業の持続可能なシステム構築を目的とする最先端の技術と持続可能な取り組みを集めて、さまざまな事例を紹介している。

食品廃棄物の削減や効率性の向上から、再生可能エネルギーの活用、経済的・社会的な持続可能性の促進まで、酪農乳業は前向きな変化を推進する最前線に立っている。協力、イノベーション、持続可能性に対する共通の取り組みを通じて、地球と将来世代のために乳処理加工を変革する機会がある。

乳処理加工は、世界の酪農乳業において極めて重要な役割を果たしており、生乳をさまざまな消費者ニーズを満たす栄養豊富で安全な幅広い製品に変えている。

乳処理加工は、食料安全保障の向上、持続可能な農業の促進、健康の増進など、国連の持続可能な開発目標 (SDGs) に貢献している。具体的には、効率的な処理加工技術を通じて、

酪農乳業は保存期間の延長や製品の栄養価を向上させるとともに、食品廃棄物の削減に貢献している。さまざまな食事ニーズに対応した多様な乳製品を生み出すことで、健康と福祉 (SDG3) を支援している。エネルギー効率の高い生産や廃棄物の削減など、持続可能な乳処理加工の実践は、責任ある消費と生産 (SDG12) に貢献している。さらに、数多くの農家や従業員に生計手段を提供するという酪農乳業の役割は、貧困の撲滅 (SDG1) や働きがいのある仕事と経済成長の促進 (SDG8) に合致している。

IDF は、世界中の乳処理加工を前進させる最前線に立ってきた。また IDF は、処理加工技術が効率的であるだけでなく、持続可能であることを確保しながら、世界の酪農乳業の全体像の形成に貢献してきた。

本特集では、IDF 加盟国を中心に 10 カ国から、次のテーマで 13 の事例が紹介されている。

- 食品の安全と品質のための乳処理加工
- 栄養的な課題に対応した乳処理加工
- 廃棄物削減と技術効率化戦略のための乳処理加工
- 経済的・社会的な持続可能性のための乳処理加工

これらの取り組みの中から、いくつかを紹介する。

【米国の事例】食品廃棄物を削減し、乳業界の持続可能性を高めるためのデジタルアプローチ

保存期間を正確に予測することで、牛乳乳製品の廃棄やロスの削減が可能

牛乳乳製品は、食品のロス・廃棄の中で上位から 3 つ目のグループに入っており、液状乳が牛乳乳製品のロスや廃棄の 3 分の 2 を占めている。牛乳乳製品の各パッケージやボトルごとに保存期間を正確に予測し、腐敗を体系的に評価することができれば、牛乳乳製品の廃棄やロスを削減し、酪農乳業全体の持続可能性に貢献できる解決策への扉が開かれる。

牛乳乳製品の腐敗とその保存期間への影響は、数理モデルで予測可能

液状乳、チーズ、ヨーグルトの腐敗の原因である微生物の主要な一群を特定し、代表的な菌種を特定し、これらがさまざまな乳製品の腐敗に関与している頻度を測定した。また、代表的な菌種の特性を明らかにし、牛乳乳製品における増殖を明確に表すパラメータを決定した。最後に、得られた情報を用いて、生乳の品質や処理加工・保存・流通時に直面する条件に基づいて腐敗微生物の成長をシミュレーションし、保存期間を予測することが可能なさまざまなシミュレーションモデルを開発した。

コーネル大学における乳処理加工と製品を改善するデジタルツールの拠点

これらのモデルのコンセプトから最終的な利用までの道のりは、(i) 開発、(ii) 検証、(iii) 展開、(iv) 乳業界内での使用パイロット試験という 4 つの基本的なステップを辿っている。検証プロセスには冷蔵保存中の市販の普通の殺菌牛乳の微生物学的試験が含まれ、試験での実測値と予測値の間に統計的差異がないことが示された。最終モデルは、実際の乳処理加工環境で

もパイロット試験が実施された。たとえば、遠心除菌が液状乳の保存期間の延長に与える影響が評価された。

予測保存期間の恩恵を受ける処理加工および小売

開発された予測シミュレーションモデルの利点は、乳処理加工と小売の両方に適用することができる。(i) 乳業は、このモデルを意思決定ツールとして使用し、膨大な時間とリソース投資を必要としない仮想空間で、さまざまな介入による利点を試験することができる。(ii) このモデルは、製品開発中に決定される固定的な保存期間情報の代わりに、個々のバッチまたは製品ユニットまで特定できる保存期間に関する正確な情報の提供方法を示すことができる。

ダイナミックプライシング適用の機会

モデル化を用いてバッチまたはユニットレベルで保存期間のより正確な情報を提供することは、腐敗しやすい牛乳乳製品の、小売市場で需給に合わせて価格を変動させる「ダイナミックプライシング」を実施する機会を提供する。ダイナミックプライシングは、保存期間が短い製品の値下げ価格と、保存期間が長い製品の価格プレミアムに基づいて行われる。本プロジェクトの次のステップは、液状乳に焦点を当ててこのようなダイナミックプライシングを実施し、小売業者の収益中立的なバランスを維持しながら、保存期間の短い製品の販売を増やし、廃棄される製品の量を減らすことができるかを実際の小売環境で評価することである。

【インドの事例】プラスチックニュートラルな牛乳乳製品-マザーデリー社・インドのプラスチック廃棄物管理に関する取り組み

プラスチックニュートラルへの転換をけん引

インドのプラスチック産業は約 10～12%の年

平均成長率(CAGR)で成長しており、今後飛躍的な成長が見込まれている。しかし、この成長によって、1 分間に 100 万枚以上のレジ袋が平均でわずか 15 分間の利用の後に捨てられており、プラスチック廃棄物の蓄積に拍車をかけ、環境にとって大きな脅威となっている。

この危機的状況を受けて、政策立案者や産業界、消費者を巻き込んだ世界的な動きが起こり、プラスチックに関する多くのリスクを軽減するために、企業がこうした取り組みに参加することが急務となっている。

ネットゼロのプラスチック廃棄物管理の実現

マザーデューリー社は、プラスチック廃棄物の効果的な管理を確実にするために、製造者が製品のライフサイクル全体に責任を負うという「拡大生産者責任(EPR)」の遵守に取り組んでいる。また同社は、EPR の実施に関する規則に従い、2018 年 11 月に乳業界として初めてインド中央公害管理委員会(CPCB)の登録を取得するという栄誉を誇っている。

この取り組みは、「リデュース、リユース&リサイクル」を含む拡大生産者責任を通じて、「ネットゼロ」のプラスチック廃棄物管理を実現するという国の長期目標に向けて、一歩前進することを目的としている。

注目の行動

マザーデューリー社の「トークンミルク」は、1974 年からプラスチック使用量の削減に取り組んでおり、牛乳 1 リットルあたり約 4.2g の節約を実現している。研究プログラムを開始し、ヨーグルトカップを載せるプラスチック製トレイを、環境に配慮した紙トレイに取り替えることを目指す。持続可能性に向けて、2018 年からアイスクリームや乳製品用のプラスチック製スプーンはすべて木製スプーンに、プラスチック製ストローは紙製ストローに取り替えられている。消費者啓発キャン

ペーンに取り組んでいるマザーデューリー社は、大手 NGO や CPCB と提携して、プラスチック汚染に関するメッセージを広めている。

これらの注目の行動の具体的な事例については、IDF「酪農乳業の持続可能性見通し」第 8 号・特集(*1、2)の 27 ページに掲載された写真も参照されたい。

環境と消費者に利益をもたらす

マザーデューリー社は、多層プラスチック(MLP)および単層プラスチック(SLP)廃棄物の回収とリサイクルプログラムを先導してきた。同社の EPR の取り組みは 2018 年にインドの 1 州で始まり、現在ではインド全土に拡大され EPR が 100%実施されている。

同社は 2023~24 年までに 3 万 6000 トン以上のプラスチック廃棄物を回収し、持続可能な方法で管理することで、「プラスチックニュートラルの状態」を維持している。これにより、成木 1000 本分の植林に相当する 2 万 2000 トンの炭素排出量を削減することが出来た。またマザーデューリー社は、バルク販売牛乳(プラスチックフリー牛乳)を購入する消費者に対して、パッケージングされた牛乳よりも低価格というインセンティブも提供している。

プラスチック廃棄物ゼロの実現に向けた継続的な取り組み

持続可能性はマザーデューリー社の価値の中核であり、責任ある管理と保全活動を通じて、環境への影響を低減するという同社のコミットメントを推進している。マザーデューリー社は、プラスチック廃棄物を効果的に管理し、プラスチック廃棄物ゼロの食品、飲料を目指して努力している。

継続的な取り組みとしては、バルク販売牛乳(プラスチックフリー)の販売、100%リサイクル可能なプラスチックパッケージの使用、使用済み

多層および単層プラスチックの生産者責任、リサイクルの拡大、消費者がバルク販売牛乳を選択するようにインセンティブを高める革新的な方法を模索、などが挙げられる。

【イタリアの事例】乳製品の包装加工:リサイクルのためのグリーン戦略を考える

生分解性材料または副産物をパッケージに使用

年間 400 万～1100 万トンの乳製品廃棄物が排出されており、その高い有機物含有量により環境リスクが生じている。保存期間が短い(1～2週間)乳製品が、この廃棄物の大きな要因となっている。欧州連合(EU)は、食料チェーン全体の持続可能性を重視しており、国連食糧農業機関(FAO)は「廃棄物ゼロ」を目標としている。こうした倫理的な動きは、乳製品廃棄物が環境配慮のゴールに向けた研究の動機付けとなっている。廃棄物や副産物を原料とする天然バイオポリマー由来の生分解性素材を優先的に使用し、循環型経済モデルに沿っている。このアプローチは、持続可能な包装方法を推進しながら、プラスチックによる環境への影響を軽減することを目指している。

廃棄タンパク質画分から包装フィルムを作成

乳製品廃棄物を食品包装フィルムにアップサイクル(再利用)することを目的とした研究が行われている。この研究では、廃棄物から回収されたタンパク質画分の特性を改良し、適切な性能を持ったフィルムを開発するための環境配慮型アプローチについて調査している。結果として得られるフィルムの包装用途への適合性は、熱特性、機械特性、遮断特性として評価される。

フィルムの性能を高める革新的技術

この研究では、期限切れの低温殺菌牛乳からさまざまな脂肪含有量のカゼイン画分を回収

することに焦点を当てている。得られたフィルムの性能を向上させるために、環境に配慮した、カゼインに対するさまざまな改質の研究が行われている。

カゼインの構造と挙動の有用な変化が得られるように、熱処理、非熱処理技術(超音波処理、パルス電界)、化学的または酵素的架橋、酸化剤の試験が行われた。これらによって組成や性質を改良した改質カゼイン製剤を用いて、フィルム形成液が開発された。また、溶液の成型、拡散または押出など、フィルム製造技術に関するさまざまな試験が行われた。また、フィルムに関する総合的な評価が行われる。

成功の歴史

研究所で調製したカゼインナトリウム溶液を使用すると、タンパク質回収処理後に存在する残留脂肪の含有量に影響される機械的特性を持つフィルムが生成された。

機械特性を、特殊なクランプを備えたテクスチャー分析器によって測定し、脂肪含有量が増加すると、引張強度を犠牲にして可塑性が増加することが確認された。カゼインフィルムには中高程度の酸素遮断特性が確認されたが、このバイオポリマーの最大の弱点は水蒸気の影響を受けやすい点である。フィルムの遮断特性を分析するために、透過測定器を使用している。

さらに、この研究成果はいくつかの学会で発表され、第7回全国酪農会議では研究の独創性と科学的妥当性の賞を、2024年食品化学・技術会議では最優秀口頭プレゼンテーションの国際賞を受賞した。

乳製品廃棄物を価値ある材料に変換

本プロジェクトは、何もしなければダウンサイクルまたは処分されて環境に多大な影響を及ぼす「乳業で発生する廃棄物」を再利用して価値を高め、循環型経済の概念を有効活用する

ことを目的としている。このような廃棄物は、新しい材料に転換することが可能である。さらに今回の取り組みは、製造と廃棄の両方の点で環境への影響が少ない材料を製造する代替方法を特定するという喫緊のニーズに応えるものである。同時に、少なくとも現在パッケージに使用されている材料と同等の性能を保証するものでなければならない。

特定の機能に合わせて生体材料の特性を調整

開発されたバイオ材料は優れた特性を持っているものの、まだ改善の余地がある。出発材料であるカゼインナトリウムに関しては、光感作分子の存在下で紫外線を照射したり、アミノ酸の側鎖間のイソペプチド結合の形成を促進する条件を使用するなど、カゼイン分子間の架橋を促進するためのさまざまなアプローチを用いることができる。フィルムの機械的性質を保持しながら、脂質の特性を持つ分子(アマニ油、蜜ろう、オレイン酸など)を選択することで、バイオポリマーの水蒸気に対する影響を低減できるだろう。

参考資料:

1) <https://shop.fil-idf.org/collections/publications/products/issue-8-idf-dairy-sustainability-outlook-dairy-processing>

Issue 8: IDF Dairy Sustainability Outlook - Dairy Processing

2) <https://www.j-milk.jp/report/international/idf-dairy-sdgs-8.html>

IDF「酪農乳業持続可能性見通し」第8号(仮訳)

(資料閲覧:2025年3月)

(担当:Jミルク 国際グループ)