

低温凍結粉碎含水ゲル粉末による食品の革新的長期保存技術の開発

プロジェクトマネージャー（PM）：古川 英光
国立大学法人山形大学 教授

研究期間：2023年度～2024年度

キーワード：未利用食材、LNG冷熱、含水ゲル粉末、長期保存食材、エシカル消費

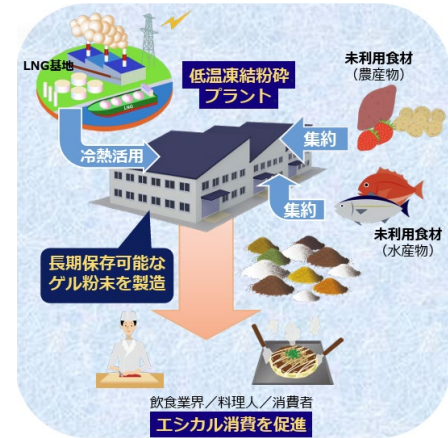
研究背景と達成目標

プロジェクトの背景と必要性

フードロスは生産から流通、消費までのさまざまな段階で発生しています。美味しくて手頃な価格の旬の食べ物を長期保存できれば、食材の未活用による廃棄もなくなり、フードロスが削減されます。

技術開発目標

2030年までに研究用プラントを設置し、未利用食材由来の低温凍結粉碎含水ゲル粉末（以下、含水ゲル粉末）の製造・長期保管を開始します。また、未利用食材の入手、含水ゲル粉末の製造・提供のプロセスを採算ベースで実現します。



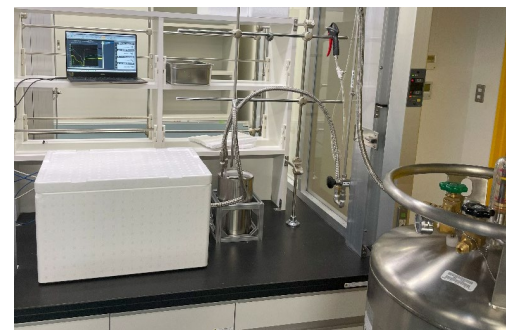
主な研究成果

- ① 法令順守やコストの課題を解決する新たな凍結粉碎方式を考案し、この方式に基づいた実験設備を整備、含水ゲル粉末の製造・保存環境を確立しました。
- ② 含水ゲル粉末の製造や超低温冷凍庫だけではなく、非食品分野の冷熱需要者も含めた冷熱の段階的な活用（カスケード利用）により、優れた環境性・経済性が確保されることを試算しました。
- ③ 未利用農水産物の含水ゲル粉末を10種類以上試作しました。原材料の種類により物性が異なること、加熱後に粉碎することで香り、味が良く、利用性が高い粉末になることなどが確認できました。
- ④ 新しい食品技術に対する人々の意識を参考に、含水ゲル粉末に興味を示す可能性のあるターゲット層を明確化しました。また、含水ゲル粉末の調理レシピを企業と考案し、一部を大阪・関西万博で展示しました。

【具体的成果】

新冷却方式の考案（小規模プラント）

小規模プラントにおける液体窒素を用いた凍結粉碎は、高圧ガス保安法の順守や液体窒素費用の点で設置に課題がありました。そこで、新冷却方式を用いた凍結粉碎を採用することでこれら課題を解決し、小型LNG貯蔵場に併設する形で小規模プラントによる凍結粉碎が可能となりました。



【具体的成果】

冷熱カスケード利用によるコールドチェーン事業の優れた経済性を確認（大規模プラント）

食品分野の冷熱需要者のみでLNG冷熱を使い切ることが難しいため、データセンター・空港・病院など、非食品分野の冷熱需要者も含めた冷熱の効率的なカスケード利用を検討し、優れた環境性・経済性を確認しました。

含水ゲル粉末の試作により特徴を整理

コメなどの穀類やジャガイモなどの芋類、サクランボなどの果物類、イチゴやキュウリなどの野菜類、エソなどの魚類を含む10種類以上の品目について低温凍結粉砕を行いました。

イチゴはフリーズドライ粉末と比較して、イチゴの香りとされる成分が約6倍保持されていました。

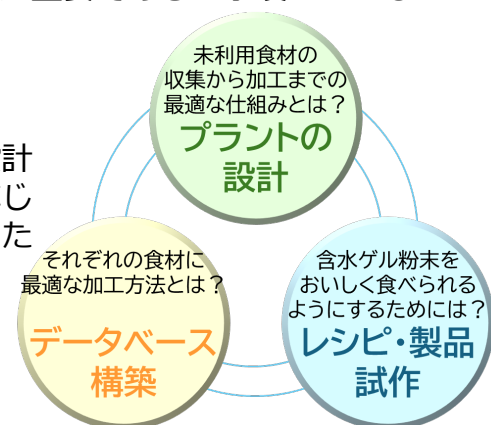
コメを含水ゲル粉末に加工することでサクサク食感の高付加価値な洋菓子を作ることになりました。

**フードテックの社会受容性を参考にターゲットを明確化**

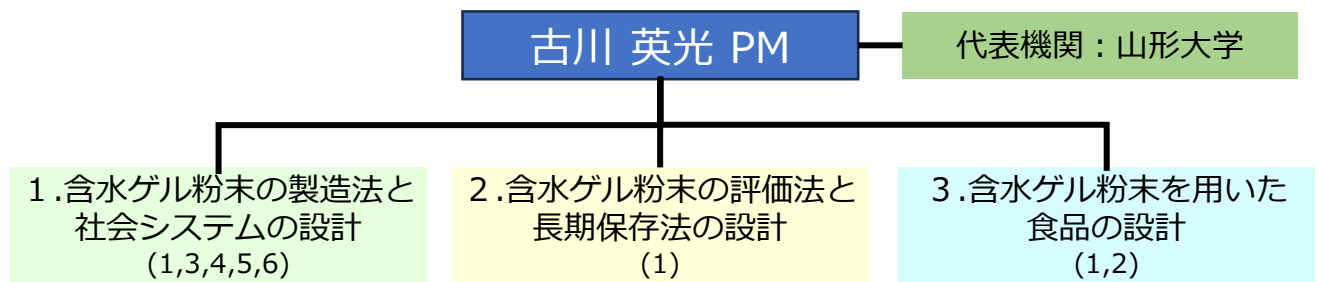
代替肉などのフードテックに対する意識を参考に、含水ゲル粉末の利用・消費に興味を持つ可能性のあるクラスターを整理した結果、含水ゲル粉末の導入時には、食への関心が高い層や、社会性意識の高い層に対してアピールしていくことが重要であると示唆されました。

今後の研究の展開方向

社会システム設計を具体化し、実装研究用プラントを設計します。また、粉末特性等をデータベース化し、品目に応じて最適な加工方法を整理するとともに、企業と連携開発したメニューを通じて社会普及を目指します。

**ありたい姿**

2050年までに、省エネで食品や農水産物のロスを低減させる革新的な長期保存技術の利用が当たり前になり、健康で持続可能な生活が実現した未来社会を築きます。

プロジェクト内の研究開発テーマ構成**＜研究担当機関＞**

(1)山形大学/ (2)宮城大学/ (3)一正蒲鉾株式会社/ (4)有限会社ワタミファーム/
(5)石油資源開発株式会社/ (6)三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社

Development of technology for innovative long-term food storage using low-temperature frozen milled hydrogel powder

Project Manager (PM): Hidemitsu Furukawa
Professor, Yamagata University

Project Year: FY2023~FY2024

Keyword : Unused foodstuffs, cryogenic energy of LNG, hydrogel powder, Long-term storage foodstuffs, ethical consumption

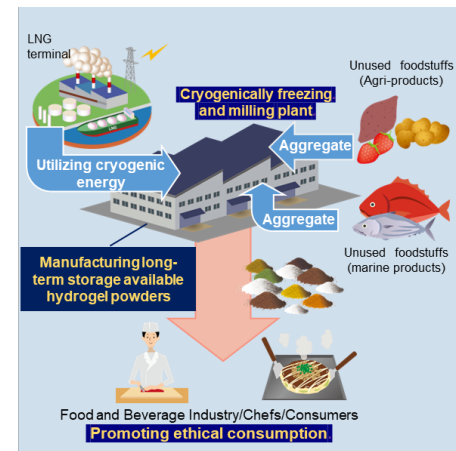
Background and Goals

Project Background and Rationale

Food loss occurs at multiple stages, from production and distribution to consumption. If seasonal foods that are both delicious and affordable can be preserved for long periods, the waste of underutilized foodstuffs can be prevented, significantly reducing overall food loss.

Technology Development Goals

By 2030, we will establish a research plant to begin the production and long-term storage of low-temperature cryo-milled hydrogel powders derived from underutilized foodstuffs (hereafter referred to as “hydrogel powders”). We also aim to develop a commercially viable process for sourcing underutilized ingredients and producing and supplying these hydrogel powders.



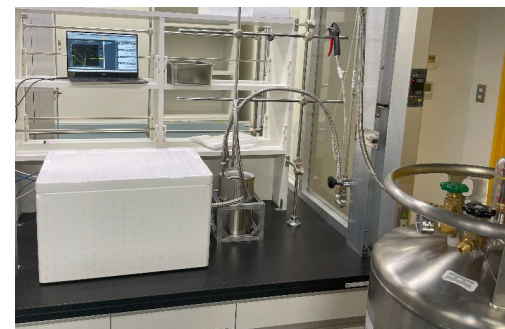
Key Research Achievements

- (1) We developed a novel cryo-milling method that addresses regulatory compliance and cost challenges, and established experimental equipment based on this method to enable stable production and storage of hydrogel powders.
- (2) We estimated that cascading use of cryogenic energy—including for the production and ultra-low-temperature storage of hydrogel powders as well as for non-food industrial applications—can offer both environmental and economic advantages.
- (3) We successfully prototyped more than 10 types of hydrogel powders using underutilized agricultural and marine products. We confirmed that physical properties vary by ingredient and that post-heating milling enhances aroma, taste, and overall usability.
- (4) Based on public perceptions of novel food technologies, we identified target consumer segments likely to show interest in hydrogel powders. In collaboration with industry partners, we also developed recipe applications, some of which were exhibited at Expo 2025 Osaka, Kansai.

[Detailed Achievements]

Development of a new cooling method for small-scale plants

Conventional cryo-milling using liquid nitrogen in small-scale plants faced challenges related to compliance with the High-Pressure Gas Safety Act and the high cost of liquid nitrogen. To address these issues, we adopted a new cooling method that enabled cryo-milling without relying on liquid nitrogen. This made it possible to operate a small-scale plant co-located with a compact LNG storage facility.



If you have any questions about the contents of this project, please contact the following; swel@gp.yz.yamagata-u.ac.jp

[Detailed Achievements]

Demonstration of strong economic potential for cold chain operations through cascade use of LNG cold energy (large-scale plant)

Since it is difficult to fully utilize LNG cold energy with food-related demand alone, we explored efficient cascade use by including non-food sectors such as data centers, airports, and hospitals. The results confirmed excellent environmental and economic performance for large-scale cold chain operations.

Characterization through prototyping of hydrogel powders

We conducted low-temperature cryo-milling on more than ten types of ingredients, including grains such as rice, tubers like potatoes, fruits such as cherries, vegetables like strawberries and cucumbers, and fish such as lizardfish (Eso). Strawberries processed into hydrogel powder retained approximately six times more of their characteristic aroma compounds compared to freeze-dried powder. Additionally, rice-based gel powder was successfully used to create high-value Western-style confectionery with a crispy texture.



Lizardfish

Daikon
(Japanese white radish)

Apple



Strawberry



Cherry



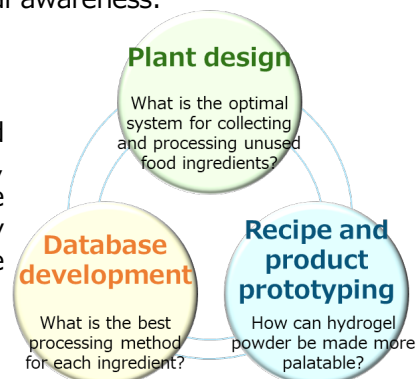
Shishito pepper

Identifying target audiences based on social acceptance of food tech

Drawing on public perceptions of food technologies such as alternative meats, we analyzed potential consumer clusters likely to show interest in the use and consumption of hydrogel powders. The findings suggest that, during initial market introduction, it will be important to engage consumers who are highly interested in food and those with strong social and environmental awareness.

Future Directions

We will refine the design of the social implementation system and proceed with the planning of a pilot-scale research plant. In parallel, we will develop a database of powder characteristics and optimize processing methods for each ingredient. Through collaboratively developed menus with industry partners, we aim to promote widespread adoption in society.



What We Aspire To

By 2050, we aim to realize a future society where innovative, energy-efficient long-term preservation technologies are widely adopted to reduce food and marine/agricultural product loss, enabling healthy and sustainable lifestyles.

Research Themes and Structure

Hidemitsu Furukawa PM

Representative institution:
Yamagata University

1. Production method and social system design of hydrous gel powder (1,3,4,5,6)

2. Design of evaluation method and long-term storage method of hydrous gel powder (1)

3. Design of food products using hydrous gel powder (1,2)

<Research Institutes>

(1) Yamagata University / (2) Miyagi University / (3) Ichisho Kamabo Co., Ltd. / (4) Watami Farm Co., Ltd. / (5) Japan Petroleum Exploration Co., Ltd. / (6) Mitsubishi UFJ Research & Consulting Co., Ltd.