

New Food Industry

2020
2

New food indust. 62 (2): 2020.

総 説

◆塩素系漂白剤の保管条件による有効塩素濃度の経時的変化

◆メイラード反応初期過程の逐次反応解析および活性化エネルギー値の算出

研究解説

ミツバチ (*Apis mellifera*) の蜜胃に生存する新規乳酸菌フローラの検出と同定

解 説

ギャバは身近な食材で作れます

製品解説

難消化性澱粉の低糖質製品への応用

New Food Industry Editorial Board

■ボードメンバー敬称略(五十音順)

大石	隆介	Ryusuke Oishi	明海大学 経済学部経済学科
岡	希太郎	Kitaro Oka	東京薬科大学
具	然和	Yeunhwa Gu	純真学園大学 放射線技術科学科
古賀	邦正	Kunimasa Koga	(一財)自然環境研究センター
齋藤	忠夫	Tadao Saito	東北大学
坂上	宏	Hiroshi Sakagami	明海大学歯科医学総合研究所(M-RIO)
史	海霞	Haixia Shi	上海交通大学医学院第九人民医院
白瀧	義明	Yoshiaki Shirataki	城西大学薬学部生薬学講座
須見	洋行	Hiroyuki Sumi	倉敷芸術科学大学
瀬口	正晴	Masaharu Seguchi	神戸女子大学, 日本穀物科学研究会会長
早田	邦康	Kuniyasu Soda	自治医科大学附属さいたま医療センター
津田	孝範	Takanori Tsuda	中部大学応用生物学部食品栄養科学科
友村	美根子	Mineko Tomomura	明海大学 総合教育センター
日比野	康英	Yauhide Hibino	城西大学大学院 薬学研究科
豊崎	俊幸	Toyosaki Toshiyuki	香蘭女子短期大学 食物栄養学科
牧	純	Jun Maki	松山大学薬学部 医療薬学科
増田	宜子	Yoshiko Masuda	松本歯科大学 歯科保存学講座
松郷	誠一	Seiichi Matsugo	金沢大学
宮尾	茂雄	Shigeo Miyao	東京家政大学教授
山口	正義	Masayoshi Yamaguchi	University of California, Los Angeles (UCLA), 医学部
山田	正子	Masako Yamada	東京家政学院大学 現代生活学部 食物学科
肖	黎	Li Xiao	日本歯科大学 生命歯学部薬理学講座
渡部	保夫	Yasuo Watanabe	愛媛大学大学院農学研究会



その透きとおった肌のヒミツは、なに？

保湿

美白

バリア機能改善

外部試験機関にて臨床データを取得
ヒト経口摂取による試験にて、「保湿効果」、「バリア機能改善効果」
さらには「美白効果」も確認されました。

初めまして。
食べて身体の中からキレイになる、
パイナップルから生まれたセラミド。

美容素材 **パイナップルセラミド**

パインセラ®

自然の恵みを運ぶ
丸善製薬株式会社

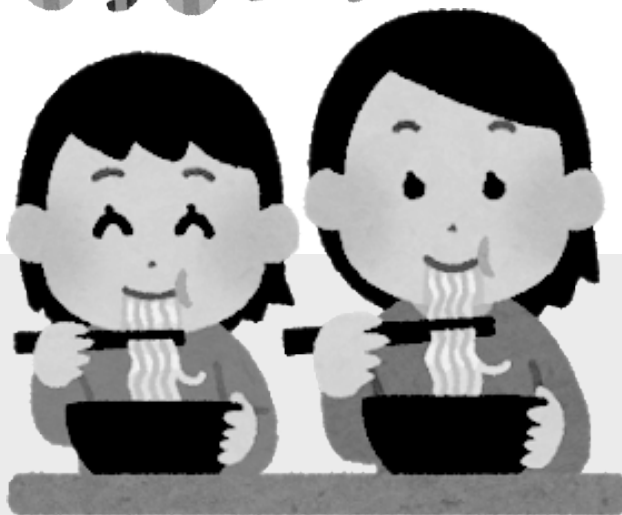
食品営業部

【東京】東京食品課 〒150-0021 東京都渋谷区恵比寿西 2-6-7 TEL (03)3496-1521 FAX (03)3496-1641

【大阪】大阪食品課 〒541-0045 大阪府大阪市中央区道修町 2-6-6(塩野日生ビル 6F) TEL (06)6203-6918 FAX (06)6233-3606 <http://www.maruzenpcy.co.jp>

低糖質・糖質オフ麺に

もちもちおいしい



CIT-407

圧倒的なもちもち感

RW-90

腸活バッチリ高食物繊維！

お問い合わせ

伊藤忠食糧株式会社

穀物油脂本部

〒107-0062

東京都港区南青山 1-1-1 新青山ビル西館 6F

TEL(03)5771-6374 FAX(03)5771-7243

総 説

- 塩素系漂白剤の保管条件による有効塩素濃度の経時的变化
Changes in the concentration of available chlorine over time as a result of storing the chlorine bleach
山田 正子, 細山田 康恵 81
- メイラード反応初期過程の逐次反応解析および活性化エネルギー値の算出
秋山 美展, 久保田 菜月 89

研究解説

- ミツバチ (*Apis mellifera*) の蜜胃に生存する新規乳酸菌フローラの検出と同定
アレジャンドラ・バスクス, トビアス・オロフソン 訳: 山路 明俊 97

解 説

- ギャバは身近な食材で作れます
渡部 保夫 105

連載解説

- 新解説 グルテンフリー製品への乳の利用
瀬口 正晴, 竹内 美貴, 中村 智英子 110

製品解説 伊藤忠食糧株式会社

- 難消化性澱粉の低糖質製品への応用
東川 浩 122

School cafeteria in the world (5) 世界の学食 (5)

- – University of Siena (UNISI) – シエナ大学
Tiziana Doldo, Takafumi Ooka, Hiroaki Takanashi,
Naho Yamamoto, and Hiroshi Sakagami 125

連載 野山の花 — 身近な山野草の食効・薬効 —

- ヤブコウジ *Ardisia japonica* (Thunb.) Blume
(新エングラ体系, クロンキスト体系: ヤブコウジ科 Myrsinaceae
APG 体系: サクラソウ科 Primulaceae)

白滝 義明 130

連載 漢方の効能

- 口腔内外科処置に対する鶏血藤配合剤の利用について

渡辺 秀司, 両角 旦, 高橋 慶壮, 浜田 信城, 鈴木 光雄,
遠山 歳三, 佐々木 悠, 岡部 葉子, 北原 文子, 坂上 宏 133

連載 デンマーク通信

- デンマークの冬

Naoko Ryde Nishioka 138

第1回食と健康フォーラム 食産業と健康長寿社会の発展を目指して

- 産・学・官に期待される役割と課題 — 食の開発を中心にして —

NPO 法人 21世紀の食と健康文化会議 141

世界から、優れた「自然の恵み」を提供します

アンテスの母なる穀物 **キヌア**



南米アンテス原産のヒユ科アカザ亜科の雑穀です。インカ帝国の時代より食され、栄養価の高さから伝承的に「母なる穀物」として重用されてきました。食物繊維や鉄・マグネシウムなどのミネラル、すべての必須アミノ酸を含む、栄養バランスに優れたグルテンフリーの雑穀で、スーパーフードとして世界的にも注目されています。

“茹でる” “炊く” が1番ポピュラーな食べ方で、フクフクとした食感を楽しめます。スープ・雑炊・サラダ・雑穀米など様々な料理に使われています。

取扱製品

◆キヌア粒

◆有機キヌア粒



ミルク

至高の食品がわかる

伊藤 敏敏 著

■A5 版／156 ページ ■定価：(1900 円 + 税)

■発行：エヌエフアイ



本書はミルクについて平易に解説された専門書です。著者が日本大学生物資源科学部において教鞭を執られていた際に執筆し、これまで教科書として発刊していましたが、本書が教科書だけでなく広く牛乳・乳製品工場の技術者にも役立つ参考書としてエヌエフアイより発刊いたしました。

まえがきより

世に出ている牛乳の科学や製造学の参考書の多くは、堅くて難しくてすぐに頭の痛くなるような専門書か、一般読者向けの啓蒙書でも、ことさら健康的価値や機能性などばかりを取り上げたものが多く、また一方では、牛乳は体に有害であるかのごとく書かれた本までが出回る有様で、ミルクの本当の姿をじっくりと知りたい者にとっての適書が見当たりません。本書はその要求を満たすものとして、一般読者にもよく解るように、また大学の教科書としても使えるように、さらには牛乳・乳製品工場で働く技術者の再勉強にも役立つようにと考えて書いたものです。この本を通してミルクに関する理解が少しでも増えて、食材としての価値がもっと見直されることを願うものです。

第1章 ミルクの科学的特性 一秘められた力

1. ミルクは食糧として作り出される唯一の天然物
2. 牛乳、母乳その他の動物の乳はどのように違うのだろう
3. 乳はなぜ白いのだろう
4. 乳の成分の特性とそのパワー
5. 牛乳の構成成分のまとめ
6. 牛乳のアレルギー性
7. 乳児用調製粉乳はどこまで母乳の代用になるか
8. 牛乳に人の免疫力を付けられるか
9. 特定保健用食品（機能性食品）は乳の研究から生まれた
10. 牛乳はどのようにして作られるか（餌が牛乳にかわるまで）
11. 牛乳成分の含量はいつも同じなのだろうか

第2章 乳製品の知識と製造の基本原則

1. 日本ではどの位の牛乳・乳製品が食べられているのだろう
2. 農家で搾った牛乳が工場に入るまで
3. 牛乳・乳製品の分類と規格
4. 牛乳の加熱殺菌について
5. 牛乳の均質化処理（ホモジナイズ処理）
6. 発酵乳と乳酸菌
7. チーズ
8. バター
9. アイスクリーム
10. 濃縮乳（練乳、コンデンスミルク、エバミルク）
11. 粉乳

■著者／伊藤 敏敏（いとう たかとし）

◆農学博士

1937 年愛媛県生まれ。東北大学大学院農学研究科修士課程修了後、1962 年株式会社ニチレイ入社。1963 年東北大学農学部助手。1976 年同大学助教授。1989 年同大学農学部教授を経て 2001 年日本大学生物資源科学部教授。東北大学名誉教授。

◆ご注文は FAX またはメールにて FAX:042-312-0845 info@nfi-llc.co.jp

塩素系漂白剤の保管条件による 有効塩素濃度の経時的変化

Changes in the concentration of available chlorine over time as a result of storing the chlorine bleach

山田 正子 (YAMADA Masako)¹ 細山田 康恵 (HOSOYAMADA Yasue)²

Key Words: 塩素系漂白剤, 有効塩素濃度, 保管環境
chlorine bleach, available chlorine concentration, storage conditions

はじめに

近年, 我が国で発生している食中毒のうち, 主な病因物質別にみた事件数は, ノロウイルスおよびカンピロバクターが多い。平成 30 年の食中毒¹⁾の主な原因物質別に見た患者数はノロウイルスが最も多く, 全患者数の約 57% と半数以上を占めている。ノロウイルスによる食中毒の発生時期は冬季が多いとされていたが, 平成 30 年は全月で発生している。原因施設別事件数では, 飲食店, 旅館, 仕出し屋, 事業所, 学校の順で多かった¹⁾。ノロウイルス感染が原因とされる食品はカキなどの二枚貝とされている²⁾が, 平成 30 年の食中毒の原因食品別事件数では魚介類ではなく, 「その他」が最も多く, 次いで「複合調理食品」であった。この要因として, 調理や食品製造に携わる人, およびそこからの二次感染による汚染が考えられる。ノロウイルスの感染経路としては,

- (1) 患者のノロウイルスが大量に含まれるふん便や吐物から人の手などを介して二次感染した場合
- (2) 家庭や共同生活施設などヒト同士の接触する機会が多いところでヒトからヒトへ飛沫感染等直接感染する場合
- (3) 食品取扱者(食品の製造等に従事する者, 飲食店における調理従事者, 家庭で調理を行う者などが含まれる)が感染しており, その者を介して汚染した食品を食べた場合

- (4) 汚染されていた二枚貝を, 生あるいは十分に加熱調理しないで食べた場合
- (5) ノロウイルスに汚染された井戸水や簡易水道を消毒不十分で摂取した場合とされている³⁾。

このように, ノロウイルスの感染はいつでもどこでも起こる可能性があり, 飲食店, 旅館, 仕出し屋や, 特定給食施設である病院, 高齢者福祉施設, 学校, 事業所などの飲食に関わる施設だけではなく, あらゆる施設, さらに家庭でも年間を通してノロウイルスによる食中毒の予防対策を行うと同時に, 食中毒発生時の消毒方法を熟知しておくことが重要である。

ノロウイルス感染により嘔吐等の食中毒症状が出た場合には, 速やかにその消毒が必要となる。ノロウイルスと同じカリシウイルス科のネコカリシウイルスやマウスノロウイルスの不活化に関しては, 湿式加熱, 紫外線, 高圧処理やアルコールなどの化学薬品による処理方法の試みが報告^{4,5)}されている。ノロウイルス感染予防および消毒には, 次亜塩素酸ナトリウムを含む塩素系漂白剤の有効塩素濃度が 200 ppm (0.02%) および 1,000 ppm (0.1%) になるようにペットボトルを用いて希釈する方法が推奨されている⁶⁻⁸⁾。

一方, 塩素系漂白剤に含まれている次亜塩素酸ナトリウムの特性として, ①常温でも不安定な化合物

¹ 東京家政学院大学 現代生活学部 食物学科
〒194-0292 東京都町田市相原町 2600
電話: 042-782-1998 e-mail: yamada@kasei-gakuin.ac.jp

² 千葉県立保健医療大学

で徐々に自然分解する，②日光，特に紫外線により分解が促進される，③温度の上昇とともに分解率は増加するなどがある⁹⁾。

様々な施設や家庭でノロウィルスの消毒用として保管している塩素系漂白剤の保管状況によっては塩素濃度が低下することが想定され，そのような塩素系漂白剤を用いた場合，消毒が十分に行われていないことが危惧される。次亜塩素酸ナトリウムの殺菌作用を示す指標としては有効塩素濃度がよく使われ¹⁰⁾，その有効塩素濃度は保存時間または劣化状態の指標になる¹¹⁾。そこで，筆者らは，希釈する前の塩素系漂白剤（以下，漂白剤）および希釈した希釈漂白剤（以下，希釈液）について，異なる保管温度および保管環境における有効塩素濃度の経時的変化を知ること，漂白剤および希釈液の塩素濃度に与える影響を明らかにした。併せて，家庭にある塩素系漂白剤の有効塩素濃度の測定も行った。これら著者らの研究から得られた漂白剤および希釈液の有効塩素濃度の低下を防ぐ保管方法を周知することにより，給食施設や家庭において，有効塩素濃度を維持した漂白剤の使用によるノロウィルスの的確な消毒に役立てることができると考える。

1. 漂白剤の保管温度，保管環境および保管容器の違いによる有効塩素濃度の経時的変化¹²⁾

漂白剤の保管温度，保管環境および保管容器の違いによる有効塩素濃度の経時的変化を確認するための試料として業務用台所用塩素系漂白剤を用いた。

漂白剤の次亜塩素酸ナトリウム濃度は，5%⁶⁾あるいは6%^{7,8)}とされているが，今回著者らが使用した試料が入っている容器の表示には，次亜塩素酸ナトリウム濃度について「製造時6%」と記載されていた。また，漂白剤の保管上の注意事項として，「直射日光を避け，高温の所に置かない。」と記載されていた。

漂白剤は，50mL容量の半透明の白いプラスチック容器（以下，半透明容器）および褐色のプラスチック容器（以下，褐色容器）に50mLずつ分注した。これら漂白剤の保管温度の影響を検討するために5℃，15℃および30℃で遮光状態で保管した。また，保管環境の影響を検討するために，漂白剤を入れた容器を直射日光が当たる実験室内の窓際（以下，日照環境），日光は当たらないが蛍光灯の光が当たる教室内（以下，室内環境）および日光も蛍光灯の光も当たらない実験室の棚の中（以下，暗所環境）に保管した。保管期間はいずれも16週間とし，2週間ごとに有効塩素濃度を測定した。有効塩素濃度は，ヨウ素滴定¹³⁾による方法に準じ求めた。

1-1. 保管温度および保管容器の違いによる有効塩素濃度の経時的変化

漂白剤の有効塩素濃度は，実験開始時は6.17%であった（図1）。保管温度5℃，15℃，30℃における半透明容器および褐色容器中の漂白剤の有効塩素濃度の経時的変化は，両容器とも遮光状態で保管していたためか類似の傾向を示し，5℃および15℃で緩やかに低下し，30℃で著しく低下した。保管16週

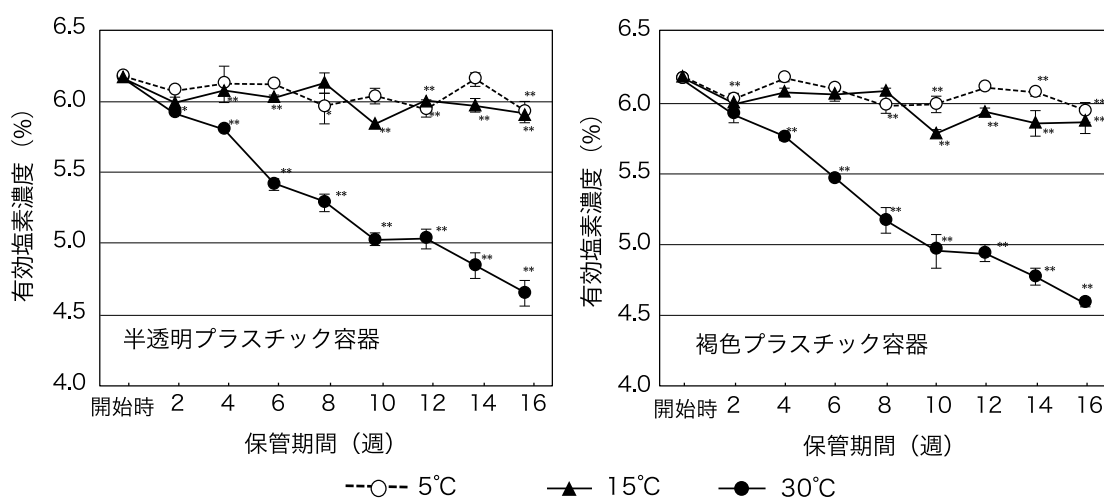


図1 保管温度および保管容器の違いによる塩素系液体漂白剤の有効塩素濃度の経時的変化（遮光状態で保管）

文献12を改変

平均値±標準偏差 (n=3) *, ** Dunnett による多重比較により実験開始時との間に有意差あり (*: $p<0.05$, **: $p<0.01$)

目の有効塩素濃度は、半透明容器の 5℃で 5.92% (残存率 96.0%), 15℃で 5.90% (残存率 95.7%), 30℃で 4.64% (残存率 75.3%) であり、褐色容器の 5℃で 5.93% (残存率 96.2%), 15℃で 5.87% (残存率 95.2%), 30℃で 4.59% (残存率 74.3%) であり、保管 16 週目は開始時よりいずれも有意に低値であった ($p<0.01$)。図には示していないが、Bonferroni の多重比較法での検定により、半透明容器および褐色容器いずれも、5℃および 15℃より 30℃で有意に低値であった ($p<0.05$)。以上の結果から、保管温度が次亜塩素酸ナトリウムの分解に影響を与える要因の一つであることが確認できた。保管温度が 30℃で 80 日間 (約 11 週間) 保管した時の有効塩素濃度が約 6% から約 5% 弱になるとの報告¹⁴⁾があり、本研究の結果も類似の結果であった。また、保管温度は 20℃以下が望ましい¹⁴⁾とされており、本研究の保管温度 15℃においても有効塩素濃度の低下が少なかったことから、漂白剤の保管温度は 20℃~15℃以下での保管が有効と考えられた。半透明容器および褐色容器間にほとんど差がなかったことは、いずれも遮光状態での保管であり、日光 (紫外線) による影響がなかったためといえる。

1-2. 保管環境および保管容器の違いによる有効塩素濃度の経時的変化

漂白剤の有効塩素濃度は、試験開始時は 6.23% であった (図 2)。半透明容器では、日照環境の試料の有効塩素濃度の低下が著しく、保管 2 週目で 1.85%

(残存率 29.7%) まで低下し、保管 4 週目で 0.52% (残存率 8.3%), 保管 6 週目で 0.41% (残存率 6.5%) となり、保管 8 週目以降は概ね 0% であった。室内環境および暗所環境では緩やかに低下し、室内環境の 16 週目は 3.95% (残存率 63.4%), 暗所環境で 5.01% (残存率 80.4%) であった。一方、褐色容器でも、半透明容器ほどではないが、日照環境で室内および暗所環境より経時的な減少が顕著であり、保管 16 週目で日照環境の有効塩素濃度は 1.36% (残存率 21.8%) であった。室内環境および暗所環境は、それぞれ 4.87% (残存率 78.2%) および 4.97% (残存率 79.7%) であった。保管 16 週目は開始時よりいずれも有意に低値であった ($p<0.01$)。また、図には示していないが、半透明容器および褐色容器いずれも、室内環境および暗所環境より日照環境で有意に低値であり (Bonferroni の多重比較, $p<0.05$)、半透明容器では室内環境および暗所環境間でも有意差がみられた ($p<0.05$)。

有効塩素濃度の減少は特に日照環境においては顕著であり、日光 (紫外線) により次亜塩素酸ナトリウムが分解することが確認できた。日照環境では半透明容器のみならず、褐色容器の有効塩素濃度も著しく低値であったことから、褐色容器でも保管は暗所でした方がよいといえる。暗所環境は、棚の中での保管であり、冷房や気温の影響が室内環境より少なかったと考えられ、室内環境より経時的変化が少なかったと推測できる。また、半透明容器の保管 16 週目で暗所環境より室内環境が低値であった

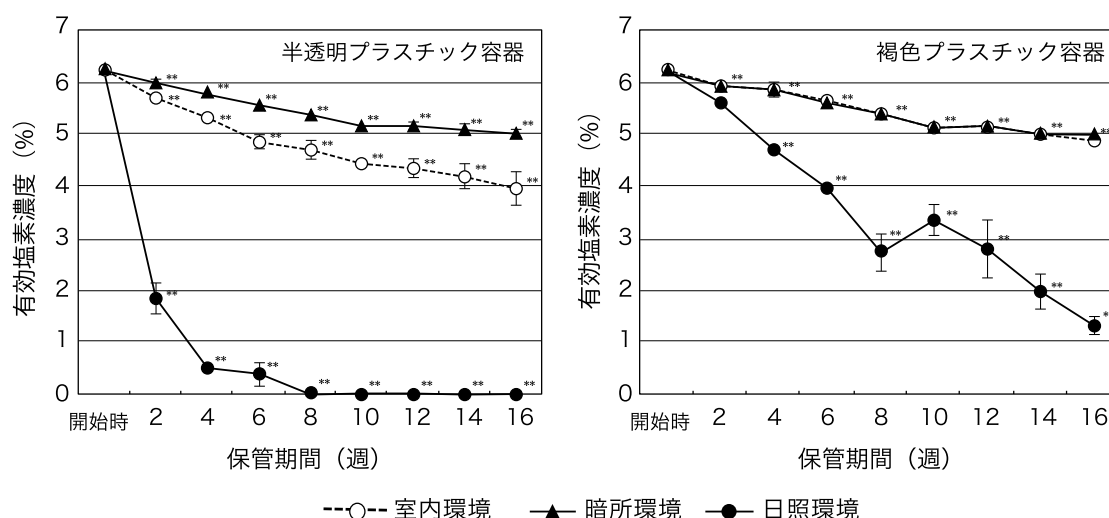


図 2 保管環境および保管容器の違いによる塩素系液体漂白剤の有効塩素濃度の経時的変化 文献 12 を改変
 平均値±標準偏差 (n=3) *, ** Dunnett による多重比較により実験開始時との間に有意差あり (*: $p<0.05$, **: $p<0.01$)

ことから、室内においても遮光することが必要であることが明らかとなった。一方、室内環境の褐色容器で有効塩素濃度が低下した要因として室温の影響も考えられる。本実験では実験時の室温の測定を行っていなかったが、実験期間は6月から10月であり、夏期は室温が高温になった日も少なくなかったと考えられる。1-1の実験からも、褐色容器の漂白剤の有効塩素濃度の低下は、高温になった室温の影響もあったことが推測できる。このことから、いずれの容器においても、室内環境で保管した漂白剤の有効塩素濃度の低下に室温が影響していたと考えられる。

2. 希釈液の保管温度および保管環境による有効塩素濃度の経時的変化¹⁵⁾

希釈液の保管温度、保管環境および保管容器の違いによる有効塩素濃度の経時的変化を確認するための試料として業務用台所用塩素系漂白剤を用いた。この漂白剤に有効塩素濃度が200 ppmあるいは1,000 ppmとなるように蒸留水を加えて希釈液を調製し、それぞれ200mL容量のペットボトルに約200mLずつ分注した。保管温度および保管環境の条件は1の漂白剤の試験と同様とした。希釈液の保管期間は6か月間とし、有効塩素濃度の測定は、希釈液調製時、保管7日目、14日目、21日目、28日目、35日目、60日目、90日目、120日目、150日目、180日目の合計11回行った。保管7日目から35日目までは1週間ごとに有効塩素濃度の測定を行った

が、保管条件によっては有効塩素濃度に変化が見られなかったため、35日目以降は測定間隔を30日間とした。

2-1. 保管温度の違いによる有効塩素濃度の経時的変化

200 ppm 希釈液の調製時の有効塩素濃度は212.7 ppmであった(図3)。保管温度による影響は少なく、保管180日目の5℃で206.0 ppm(残存率96.9%)、15℃で200.5 ppm(残存率94.3%)、30℃で206.2 ppm(残存率96.9%)であった。15℃の結果のみ調製時より有意に低下していたが($p<0.05$)、保管温度間で有効塩素濃度の有意差はなく、経時的な低下も大きくなかったことから、200 ppm 希釈液の有効塩素濃度は、遮光状態において5℃～30℃の間の温度に影響されないということが明らかとなった。

1,000 ppm 希釈液の調製時の有効塩素濃度は1063.5 ppmだった。1,000 ppm 希釈液も200 ppm 希釈液と同様の傾向であり、保管180日目の5℃の保管で1057.3 ppm(残存率99.4%)、15℃の保管で1057.6 ppm(残存率99.4%)、30℃の保管で1005.3 ppm(残存率94.5%)であった。30℃の結果のみ調製時より有意に低下していたが($p<0.05$)、保管温度間では図には示していないが、5℃および15℃より30℃で有効塩素濃度が有意に低値であったことから(Bonferroniの多重比較, $p<0.05$)、1,000 ppm 希釈液の保管温度は15℃以下が望ましいことが示唆された。しかし、30℃で180日間保管した時でも

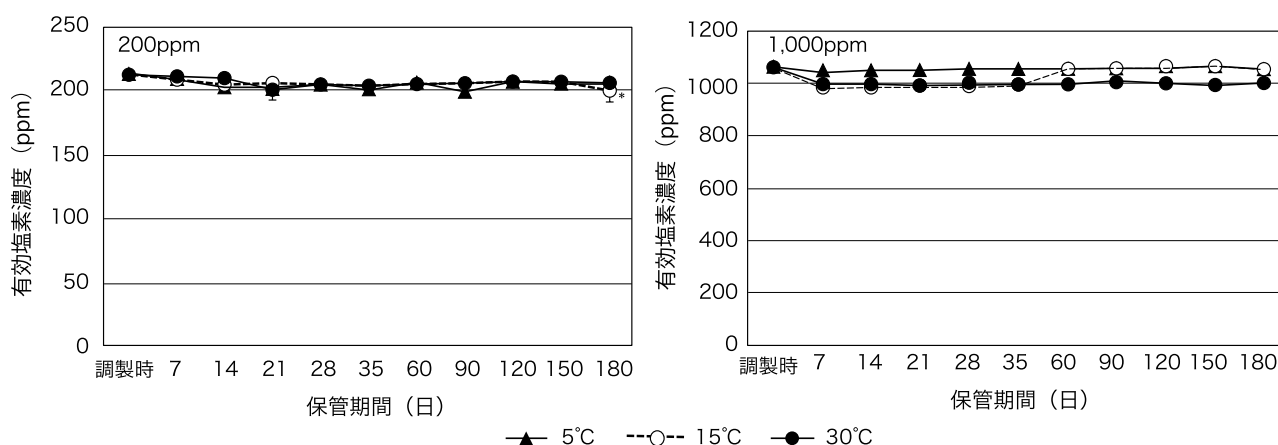


図3 塩素濃度を200ppmおよび1,000ppmに調製した希釈塩素系漂白剤の保管温度の違いによる有効塩素濃度の経時的変化(遮光状態で保管) 文献15を改変

平均値±標準偏差 (n=3)

* Dunnettによる多重比較により調製時と保管180日目の有効塩素濃度との間に有意差あり ($p<0.05$)

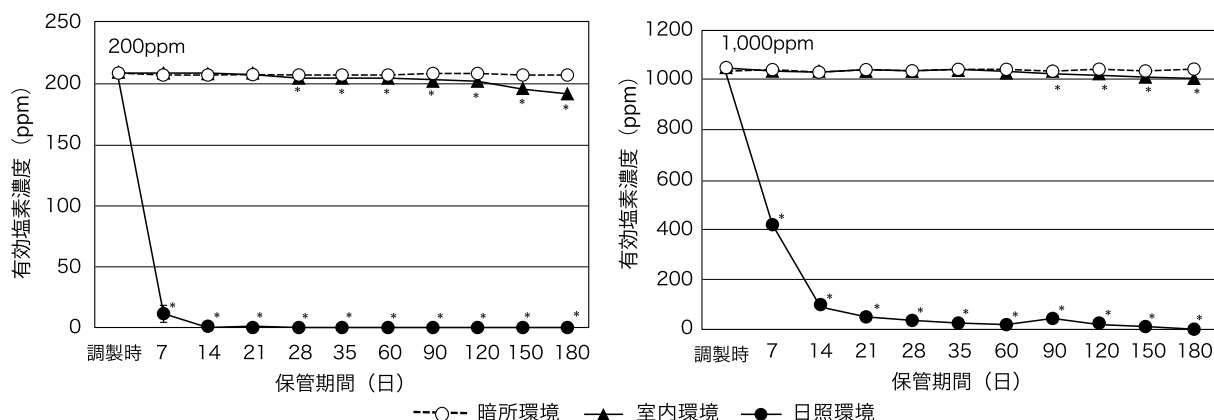


図4 塩素濃度を 200ppm および 1,000ppm に調製した希釈塩素系漂白剤の保管環境の違いによる有効塩素濃度の経時的変化 文献 15 を改変
 平均値±標準偏差 (n=3)

* Dunnett による多重比較により調製時の有効塩素濃度との間に有意差あり ($p<0.05$)

有効塩素が約 95% 残存していたことから、遮光状態で保管をしていれば 30°C でも塩素濃度の低下は小さいことが確認できた。

2-2. 保管環境の違いによる有効塩素濃度の経時の変化

保管環境で最も影響が大きかったのは日照環境であった (図 4)。200 ppm 希釈液の調製時の有効塩素濃度は 209.5 ppm であった。保管 7 日目で 11.8 ppm (残存率 5.6%), 14 日目で 1.5 ppm (残存率 0.7%), 21 日目で 1.2 ppm (残存率 0.6%), 28 日目以降は 0 ppm と、保管 7 日目から著しく低下した。室内環境および暗所環境の保管 180 日目の有効塩素濃度はそれぞれ 191.0 ppm (残存率 91.2%) および 207.5 ppm (残存率 99.0%) であり、室内環境の結果は調製時より有意に低値ではあったが ($p<0.05$)、大きな減少はみられなかったといえる。図には示していないが、保管環境間では室内環境および暗所環境より日照環境で、また暗所環境より室内環境で有効塩素濃度が有意に低値であったことから (Bonferroni の多重比較, $p<0.05$)、200 ppm 希釈液の保管環境は暗所が望ましいことが示唆された。

1,000 ppm 希釈液の結果も 200 ppm 試料溶液の結果と類似の結果であった。1,000 ppm 希釈液の調製時の有効塩素濃度は 1044.0 ppm であり、保管 7 日目で 419.5 ppm (残存率 40.2%), 14 日目で 100.4 ppm (残存率 9.6%), 21 日目で 47.3 ppm (残存率 4.5%), 28 日目で 41.4 ppm (残存率 4.0%) と、保管 7 日目から著しく低下した。室内環境および暗

所環境の保管 180 日目の有効塩素濃度はそれぞれ 1007.1 ppm (残存率 96.5%) および 1042.5 ppm (残存率 99.9%) であり、室内環境の結果は調製時より有意に低値であったが ($p<0.05$)、有効塩素濃度の減少はわずかであった。図には示していないが、保管環境間では室内環境および暗所環境より日照環境で有効塩素濃度が有意に低値であったことから (Bonferroni の多重比較: $p<0.05$)、1,000 ppm 希釈液においても保管環境は暗所が望ましいことが示唆された。

以上の結果から、希釈液においても、有効塩素濃度に与える影響として日照の有無が著しく大きいことが確認できた。

3. 市販および家庭で使用されていた塩素系漂白剤の有効塩素濃度¹⁶⁾

家庭でノロウィルス対策の準備をする場合、市販の塩素系漂白剤 (以下、市販漂白剤) を使用することになる。その市販漂白剤の小売店および家庭での保管状況が悪い場合、有効塩素濃度が低下していることが危惧される。そこで、市販および家庭にある漂白剤の有効塩素濃度を調べた。

3-1. 市販漂白剤の有効塩素濃度

市販漂白剤は 9 社分を 1 月に購入し、購入直後に有効塩素濃度の測定を行った。試料の有効塩素濃度は 4.39% ~ 6.53% と幅があり、平均 5.65% だった (表 1)。全ての製品に次亜塩素酸ナトリウム濃度の記載はなかったが、G 社のみがホームページに「製

表 1 市販塩素系漂白剤の有効塩素濃度

販売会社	有効塩素濃度
A	4.39 ± 0.04
B	4.66 ± 0.08
C	5.43 ± 0.11
D	5.44 ± 0.06
E	5.58 ± 0.09
F	5.89 ± 0.10
G	6.45 ± 0.10
H	6.50 ± 0.10
I	6.53 ± 0.07
平均	5.65 ± 0.78

平均値±標準偏差 (n=5)

文献 16 を改変

造時 6%」と掲載していた。本研究の測定結果では、G 社の漂白剤の有効塩素濃度は 6.45% であり、この漂白剤については次亜塩素酸ナトリウムの分解が進んでいなかったと考えられる。市販漂白剤の次亜塩素酸ナトリウム濃度は、5%⁶⁾あるいは 6%^{7,8)}とされている。今回著者らが使用した市販漂白剤のうち、購入直後の有効塩素濃度が 5% 以上のものは 7 社分あったが、有効塩素濃度が 5% 未満のものは 2 社分あった。その低下要因としては、製造者側の品質管理と販売店側での品質管理が想定されるが、後者の場合、販売店の室内温度や陳列期間が特に大きな影響因子となる。漂白剤の保管温度は 20℃以下の暗所が望ましいとの報告がある¹⁴⁾。市販漂白剤を購入した時期は寒い 1 月であったが、店舗の暖房温度の違いや 20℃以上の陳列保管により、分解を

促進したのではないかと推測している。また、冬季は夏季に比較し、分解しない思い込みや市販漂白剤の消費低下による陳列期間の長期化が有効塩素濃度の低下をもたらす要因も考えられた。

3-2. 家庭で使用されていた市販漂白剤の有効塩素濃度

家庭で使用されていた市販漂白剤の提供数は 43 本であった。保管されていた場所は、室内光を受ける台所の流し台の上（以下、明所保管）および台所の流し台の下および台所の棚の中（以下、暗所保管）に分類し、購入時期は購入 1 か月後、購入 6 か月後、購入 1 年後、購入 1 年以上後、不明に分類し図 5 に示した。

明所保管および暗所保管されていた市販漂白剤の中で、最も高い有効塩素濃度であったのは、明所保管の不明に分類された市販漂白剤の 6.22% であり、最も低い有効塩素濃度であったのは暗所保管の不明に分類された市販漂白剤の 0.62% であった。明所保管および暗所保管されていた市販漂白剤はいずれも、購入時期不明を除いて、購入時期が古いほど有効塩素濃度が低い傾向だった。市販漂白剤の塩素濃度は、5%⁶⁾あるいは 6%^{7,8)}とされているが、有効塩素濃度 5% 未満であったのが、明所保管では 18 本中 8 本、暗所保管では 25 本中 18 本といずれも半数以上あった。また、いずれの購入時期においても、保管場所に関わらず有効塩素濃度の数値の幅があることも明らかとなり、保管方法の正しい情報の提供

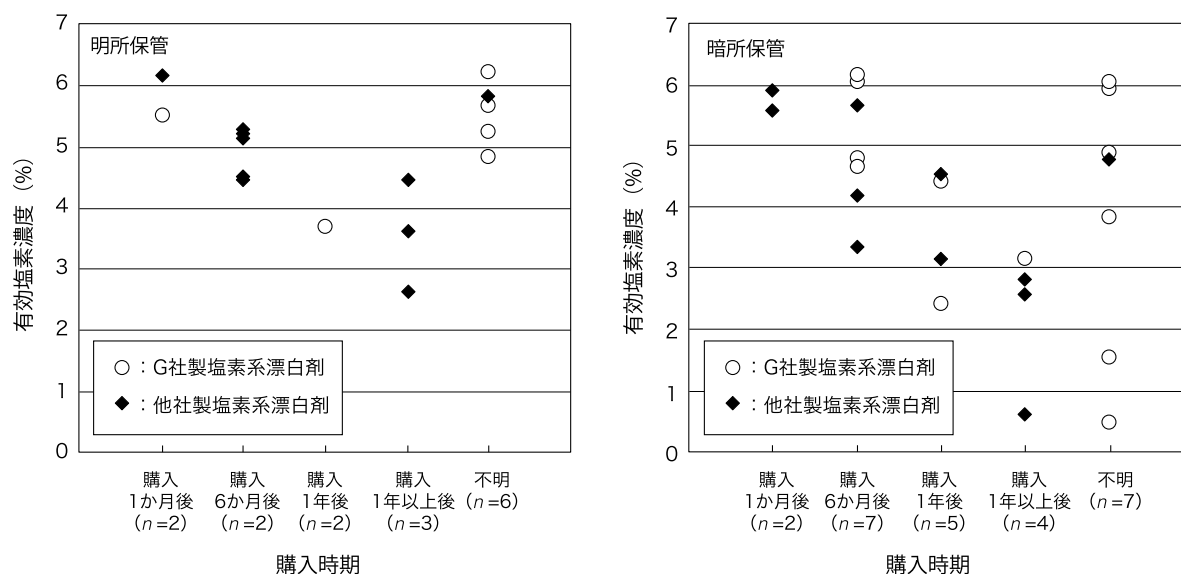


図 5 家庭で使用されていた塩素系漂白剤の有効塩素濃度 文献 16 を改変

が必要であることが示唆された。

以上の結果から、市販漂白剤の有効塩素濃度は、購入後、家庭での保管中に低下するものであることを認識し、明所保管や高温下での保管を避けるなど、その減少率を最小限にとどめるため対策が必要であるといえる。

おわりに

本研究の結果から、漂白剤および希釈消毒液いずれも、日照により著しく塩素濃度が低下することが明らかとなったため、保管場所は暗所が必須である。保管温度については15°C以下が望ましいと考えるが、保管温度20°Cでの有効塩素濃度の経時的変化について今回は検討しなかったが15°Cのそれと類似の傾向を示すと推測されること、および保管温度は20°C以下が望ましい¹⁴⁾とされていることから、20°C以下が適切といえる。また、希釈していない漂白剤と200～1,000ppmに希釈した希釈液の違いも明らかとなった。30°Cの保管16週目で、漂白剤は半透明容器も褐色容器も塩素の残存率が約75%、希釈液は保管120日目(約17週目)で200ppm希釈液の塩素の残存率が約97%、1,000ppm希釈液の塩素の残存率が約94%であり、希釈していない漂白剤の残存率が低かった。希釈液では、200ppmおよび1,000ppm希釈液の残存率に大きな違いはなかった。本研究施行前、著者らは希釈液の方が漂白剤より有効塩素濃度が低下しやすいのではないかと考えていたが、漂白剤の方が有効塩素濃度の低下しやすいことが明らかとなった。

有効塩素濃度が12%、6%および3%の溶液を30°Cで80日間保管した時の有効塩素濃度について、12%溶液の有効塩素濃度が7%まで、6%溶液の有効塩素濃度が5%弱まで低下し、有効塩素濃度が概ね3%を下回ると保管温度が高くてもほとんど分解しないという報告がある¹³⁾。この報告は、有効塩素濃度が低い方が次亜塩素酸ナトリウムが分解しないことを示しているが、その要因は示されていない。希釈液の方が漂白剤より有効塩素濃度が低下しなかった要因を考察するとpHが考えられる。有効塩素濃度が5～6%の市販の次亜塩素酸ナトリウム製剤は、安定化剤として水酸化ナトリウムなどのアルカリ物質が遊離アルカリの形で0～1%の範囲で添加されている¹⁷⁾。本研究では、漂白剤およ

び希釈液のpH測定は行わなかったが、有効塩素濃度が50～200ppmとなるように希釈された次亜塩素酸ナトリウム水溶液のpHは8～10である¹⁸⁾ことから、本研究で調製した200ppmおよび1,000ppm希釈液のpHは10以上のアルカリ性であることが想定され、そのため有効塩素濃度が安定していたのではないかと考えた。しかし、市販の次亜塩素酸ナトリウム液は、有効塩素濃度5～12%で、pH12.5～13.5の強アルカリ性溶液であることから¹⁸⁾、pH以外の要因があると考えられるが、それを明らかにすることはできなかった。このことを今後の課題としたい。

ノロウイルス対策を行う多くの施設では、必要な時に漂白剤を希釈して使用すると考えられるため、原液となる漂白剤の保管方法については、より注意を払う必要があるといえる。一方、家庭にある漂白剤は、購入時期が古いほど有効塩素濃度が低く、その中には著しく低値であったものがあり、また、購入時期が同じでも有効塩素濃度に幅があったことから、漂白剤の表示には、「保管場所および保管温度」の明示および「1年に1度は買い替える」ことなどを勧めた家庭への啓発活動が重要といえる。保管場所および保管温度の明示としては、「直射日光を避け、高温の所に置かない」と記載されているものが多いため、「20°C以下の暗所で保管する」と具体的に記載した方がよい。

なお、希釈液を調製する際に、希釈に使用する容器にも注意が必要となる。漂白剤の主成分である次亜塩素酸ナトリウムの分解を速める要因として、溶液中の重金属等の不純物や、保管容器の汚れも影響するため¹³⁾、ペットボトル等を漂白剤希釈用を使用する際には、きれいに洗浄してから用いることも重要である。

本研究では、塩素系漂白剤として次亜塩素酸ナトリウムが含まれる試料を用いたが、塩素系漂白剤には亜塩素酸水や次亜塩素酸水などが成分となっているものがあり、またエタノール系消毒剤でノロウイルスに対する不活化効果を期待できるものもある^{19, 20)}。しかし、まだ次亜塩素酸ナトリウムを成分とした漂白剤を消毒液として用いることが主流と考えられるため、漂白剤および消毒液の保管等の取り扱い方法の十分な理解に加え、その周知も重要といえる。

参考文献

1. 厚生労働省：平成 30 年（2018 年）食中毒発生状況，https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryoku/shokuhin/syokuchu/04.html（2019-11-29）
2. 厚生労働省：ノロウイルスに関する Q & A，Q13 原因となる食品は？，https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryoku/shokuhin/syokuchu/kanren/yobou/040204-1.html#13（2019-11-29）
3. 厚生労働省：ノロウイルスに関する Q & A，Q3 ノロウイルスはどうやって感染する？，https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryoku/shokuhin/syokuchu/kanren/yobou/040204-1.html#03（2019-11-29）
4. Nimes, R., Plastic, M.: Inactivation of Caliciviruses. *Pharmaceuticals*, **6**(3): 358-392, 2013.
5. 野田衛，上間匡：ノロウイルスの不活化に関する研究の現状，国立医薬品食品衛生研究所報，**129**: 37-54, 2011.
6. 東京都：東京衛生の窓 社会福祉施設等におけるノロウイルス対応標準マニュアル，<http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/noro/manual.html>（2019-11-29）
7. 千葉市：千葉市の感染症の予防に関する情報 感染性胃腸炎に注意しましょう，<https://www.city.chiba.jp/hokenfukushi/kenkou/kikaku/kannsennseityouen.html>（2019-11-29）
8. 千葉県：社会福祉施設における感染症対策，https://www.pref.chiba.lg.jp/kenfuku/kenkoukiki-kensyu/documents/290908shippei_text1.pdf（2019-11-29）
9. 日本ソーダ工業会技術・保安常任委員会：安全な次亜塩素酸ソーダの取扱い，日本ソーダ工業会発行，p2，2006，http://www.jsia.gr.jp/data/handling_03.pdf（2019-11-29）
10. 日本食品衛生学会：食品安全の事典，p405，朝倉書店，東京，2009.
11. 高野敬志，伊藤八十男，千葉真弘，他：次亜塩素酸ナトリウム溶液保存中における過塩素酸イオン濃度の増加，北海道立衛生研究所報，**61**: 11-13, 2011.
12. 山田正子，細山田康恵ら：塩素系漂白剤の保管条件による有効塩素濃度への影響，日本給食経営管理学会誌 **11**(1): 19-26, 2017.
13. 厚生省生活衛生局：「水質基準を補完する項目に係る測定方法について」等の一部改正について，衛水第 63 号，厚生省生活衛生局水道環境部水道整備課長，平成 12 年 12 月 26 日．<http://www.j-bma.or.jp/pdf/mhw63.pdf>．（2019-11-29）
14. 社団法人日本水道協会：平成 19 年度厚生労働省受託「水道用薬品等基準に関する調査」水道用次亜塩素酸ナトリウムの取り扱い等の手引き（Q & A），p6，p8，社団法人日本水道協会水道用薬品等基準に関する調査委員会．http://www.jwwa.or.jp/houkokusyo/pdf/200803_suidouyou_guideline.pdf（2019-11-29）
15. 山田正子，細山田康恵：ペットボトルに分注した希釈塩素系漂白剤液の保管条件による有効塩素濃度の経時的変化，日本給食経営管理学会誌，**14** (1): (2020 年 3 月掲載予定，採択日：2019 年 9 月 12 日)
16. 山田正子，細山田康恵：市販および家庭で使用されていた塩素系消毒剤の有効塩素濃度，日本食生活学会誌，**28**(3): 211-215, 2017.
17. 古田太郎，高本一夫，上田明宏：次亜塩素酸ナトリウム製剤の殺菌力，漂白力および安定性に及ぼす遊離アルカリの影響，生活衛生，**36**: 209-214, 1992
18. 福崎智司：次亜塩素酸を活用した食中毒細菌およびウイルスの制御対策，日本食品分析センター，<http://www.mac.or.jp/mail/141001/02.shtml>（2019-12-10）
19. 五十君静信，野田衛，上間匡：平成 27 年度ノロウイルスの不活化条件に関する調査報告書（国立医薬品食品衛生研究所），<http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11130500-Shokuhinanzenbu/0000125854.pdf>（2019-11-29）
20. 厚生労働省：大量調理施設衛生管理マニュアル（最終改正：平成 29 年 6 月 16 日付け生食発 0616 第 1 号），<https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11130500-Shokuhinanzenbu/0000168026.pdf>（2019-11-29）

メイラード反応初期過程の逐次反応解析 および活性化エネルギー値の算出

秋山 美展 (AKIYAMA Yoshinobu)¹ 久保田 菜月 (KUBOTA Natsuki)²

Key Words: メイラード反応, 還元糖, アミノ化合物, 活性酸素, アミノ酸

はじめに

メイラード反応とは、還元糖とアミノ化合物を加熱した時などに見られる褐色物質メラノイジンを生み出す反応のことであり、食品の非酵素的褐変反応としてよく知られている。メイラード反応の最終反応物質であるメラノイジンは、これら食品の非酵素的褐変において重要な役割を担っており、味噌や醤油など多くの食品の色調、香気、抗酸化能などに深く関与している。メイラード反応生成物には、抗酸化能を有する物質が複数含まれており、そのなかでもメラノイジンの抗酸化性は強いことが報告されている。このように、メイラード反応生成物は加熱食品や醸造食品などの色調や香気にも大きな影響を及ぼしており、食品のおいしさや生理機能性に深く関わっている。一般に、食品の加工工程における化学反応は温度の上昇により促進されるものが多く、メイラード反応はその代表的な反応であるが、比較的低温でも緩慢に反応は進行する。味噌などの経年変化による濃色化はその好例であろう¹⁻³⁾。

メイラード反応の最終産物であるメラノイジンは抗酸化能や活性酸素消去能を有することが認められている。しかしながら、メイラード反応のごく初期の過程で活性酸素消去能を有する物質が生成されることをわれわれの研究グループでは見出しており成果の一部を発表している⁴⁻⁶⁾。メイラード反応の初期段階の経路については図1に示す反応経路がよ

く知られているが、この過程においてどの物質が活性酸素消去能を発現しているかについての報告は極めて少ない。Yusuf Yilmaz らはグルコースとリシンによって生じる反応物が DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ラジカル、ペルオキシラジカルおよびヒドロキシルラジカルの消去能を有することを報告しており、その中心的物質は α -dicarbonyl であることを報告している⁷⁾。われわれのグループは、メイラード反応初期に発現する活性酸素消去能についてその消長を詳細に調べた結果、この一連の反応は見かけの逐次反応として解析できることを見出した。これらの結果から現在のところ、図1の二重線で囲った α -dicarbonyl が活性酸素消去物質である可能性が高いと判断している。

1. 活性酸素消去能とその測定法について

活性酸素は酸素呼吸に伴って常に生体内で生成されており、免疫作用や信号伝達などの重要な機能を担っている一方で、がんや生活習慣病の重要な原因となりうる物質である。特に、動脈硬化の発症、がん細胞のイニシエーション、蛋白、酵素、核酸などの酸化障害による各種疾病、老化などはいずれも活性酸素あるいはフリーラジカルが深く関わっていると考えられている。一方、穀類や野菜、果物には活性酸素の毒性を消去させることのできるいわゆる活性酸素消去成分が数多く見出されており、食による

¹ 秋田県立大学 生物資源科学部 応用生物科学科 食品科学研究室
〒010-0195 秋田市下新城野字街道端西 241-438
電話：018-872-1586 e-mail：aki10396@akita-pu.ac.jp

² 日研フーズ株式会社

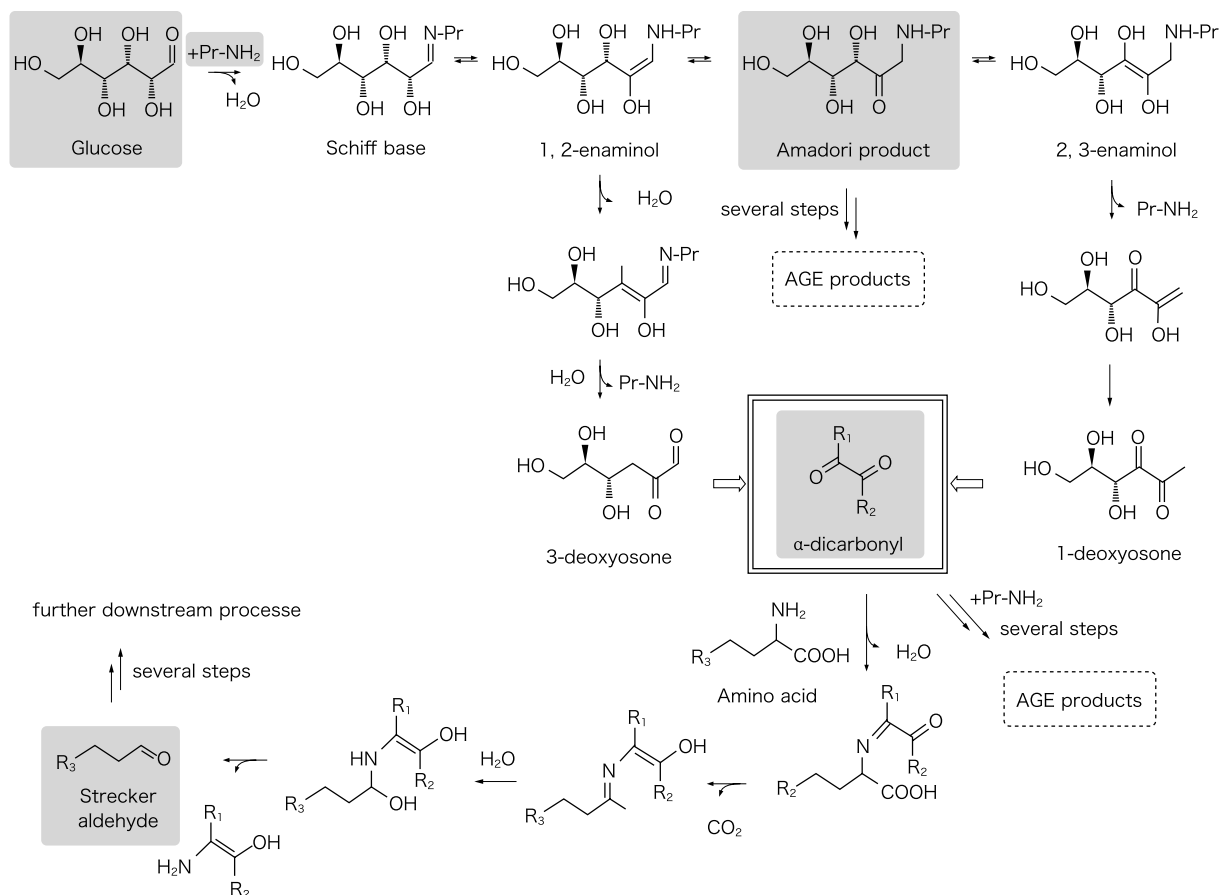


図1 メイラード反応の初期過程の主要経路 (Marianne N. Lund *et al.*⁸⁾)

二重線で囲った α -dicarbonyl が活性酸素消去能を発現していると思われる。

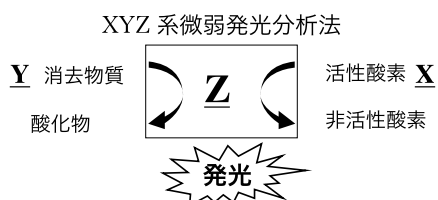


図2 XYZ系活性酸素消去発光法のメカニズム

活性酸素種 (X) : 196 mM 過酸化水素
 水素供与体 (Y) : 試料中の活性酸素消去成分
 反応メディエータ (Z) : KHCO₃ 飽和 360 mM アセトアルデヒド
 微弱発光測定 : 浜松ホトニクス(株) ARGUS-50
 東北電子産業(株) CLD110

健康維持や疾病予防に注目が集まっている。

活性酸素およびその消去物質の検出・定量法には種々の方法があるが、XYZ系活性酸素消去発光分析法（以下XYZ法）はきわめて迅速で応用性の高い分析法である。図2にXYZ法のメカニズムを示す⁹⁾。この分析法は活性酸素が消去物質によって還元される際に放出される微弱化学発光を検出・定量する方法であり、微弱発光強度から活性酸素消去能を測定することができる。図2において、Xは活

性酸素種、Yが活性酸素消去物質、Zが反応メディエータである。この系における微弱発光強度はX,YおよびZの濃度積に依存する。したがって濃度既知のXおよびZを用いてYの検出と定量が可能である。実際の測定ではXとして200mM前後の過酸化水素,Zとして360mMのアセトアルデヒド(炭酸水素カリウム飽和)が使用される。分析対象である活性酸素消去物質の種類や濃度に応じてXおよびZの濃度を適当に選べば発光強度と濃度の間に高い直線性が得られる。

XYZ系による活性酸素およびフリーラジカル消去能の測定値はESR(電子スピン共鳴装置)を用いたDPPHラジカル消去能やヒドロキシルラジカル消去能およびSOD(superoxide dismutase)様活性の測定値と高い相関性を示すため、これら活性酸素やフリーラジカル消去能の代替測定法として活用できる。また、XYZ法では、濃度既知のY物質(没食子酸が多用される)とZ試薬を用いて、X成分(活性酸素成分)の検出や活性評価も可能である。

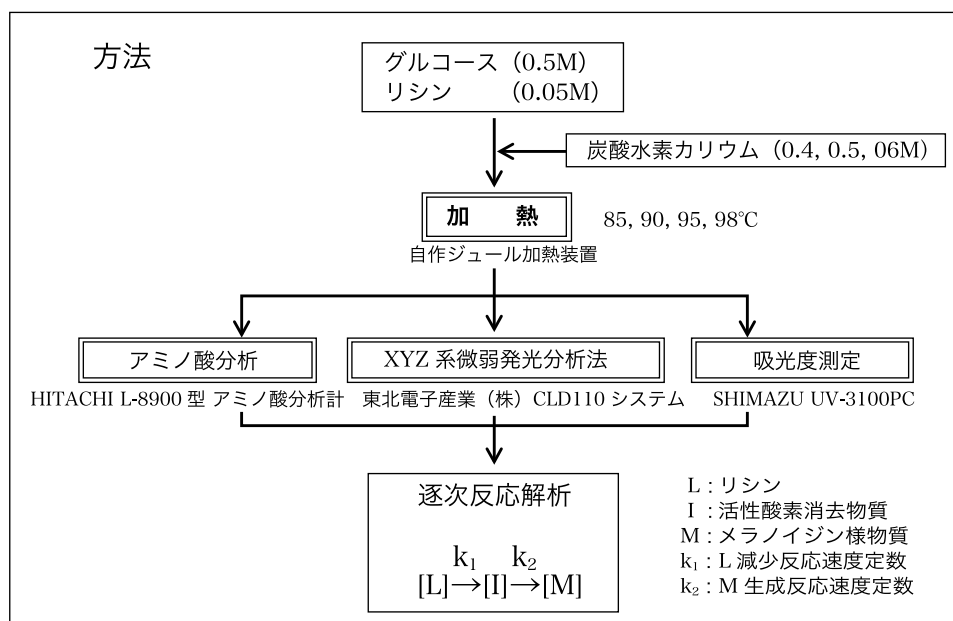


図 3 実験方法

リシン [L] がグルコースと反応して活性酸素消去物質 [I] を生じ, [I] は極大値を示した後にメラノイジン様物質 [M] へと変化していく反応経路を仮定し, [L] の減少反応速度定数を k_1 , [M] の生成反応速度定数を k_2 において逐次反応解析を行う。



写真 1 ジュール加熱試験装置

加熱容器内にはチタン製の電極と熱電対が設置されており容器内の試料にはコントローラーによって目的温度に対する最適な電圧と電流が印加される。

2. メイラード反応初期過程の逐次反応解析

メイラード反応初期過程における活性酸素消去能は反応開始とともに増加し極大値を示した後, 減少することが観察された。活性酸素消去能の発現と減衰のメカニズムを解明するためにモデル実験系を構築し反応解析を行った。

2-1. 試料と方法

還元糖として D (+) - グルコース (以下 Glc; 富士フイルム和光純薬株式会社), アミノ酸として L (+) - リシン (以下 Lys; 富士フイルム和光純薬株式会社)

を用い, 反応系の pH をコントロールするために炭酸水素カリウムを用いた。反応試薬を正確な温度と時間で加熱するためにジュール加熱装置 (通電加熱装置) を用いた。ジュール加熱法は従来の伝熱加熱法に比べて極めて高い温度制御精度と迅速な昇温特性を有している¹⁰⁾。写真 1 にジュール加熱試験装置を示す。

試料溶液は Glc (0.5 M), Lys (0.05 M) 及び炭酸水素カリウム (0.4, 0.5, 0.6 M) を等量混合しジュール加熱装置によって 85, 90, 95, 98°C まで昇温し経時的にサンプリングを行った。試料中の Lys はアミノ酸分析計 (日立高速アミノ酸分析計 L8900) によって定量した。活性酸素消去能は前述の XYZ 系微弱発光法による測定した。反応液の着色度は分光光度計 (SHIMADZU UV-3100PC) によって波長 400 nm の吸光度を測定した。

実験の操作フローおよび逐次反応解析モデルを図 3 に示す。

2-2. 逐次反応モデルの設定

前段階の反応生成物が次の段階の反応物となっており, いくつかの反応が次々に起こることで最終生成物に至る反応を逐次反応という。図 4 に二段階の逐次反応モデルを示す。

ここで, [L] は Lys の減少曲線, [I] は活性酸素

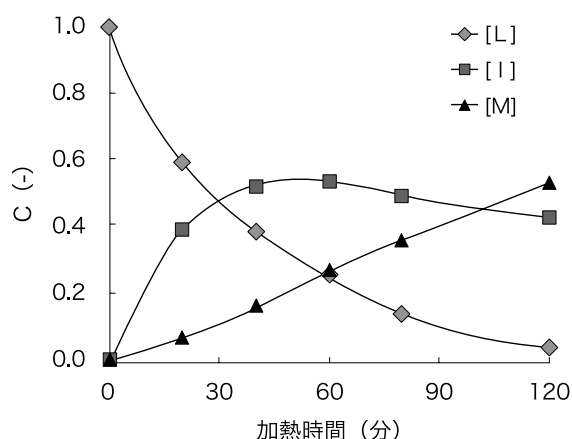


図4 二段階逐次反応モデルにおける各成分の経時的変化

消去物質の変化曲線, [M] はメラノイジン様物質の増加曲線を表す。

本実験における各分析値は固有の物理量 (次元) を持つが, 解析を容易にするため無次元化を行った。それぞれの無次元化値 (C) については以下の式を用いて求めた。

$$C = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad \begin{array}{l} X_i : A, I, M \text{ 量} \\ X_{\max} : A, I, M \text{ 最大値,} \\ X_{\min} : A, I, M \text{ 最小値} \end{array}$$

逐次反応解析にあたって以下を仮定した。

・ [I] と [M] は直接物質量を測定していないが, [I] は活性酸素消去能に, [M] は吸光度にそれぞれ比例する。

・ $[L] + [I] + [M] = 1$ とする。

[L], [I], および [M] はそれぞれ以下の式で表せる¹¹⁾。

$$[L] = [L_0] \exp(-k_1 t) \quad \dots\dots\dots 1)$$

$$[I] = \frac{k_1 [L_0]}{k_2 - k_1} \{ \exp(-k_1 t) - \exp(-k_2 t) \} \quad \dots\dots\dots 2)$$

$$[M] = [L_0] \left\{ 1 - \frac{k_2 \exp(-k_1 t) - k_1 \exp(-k_2 t)}{k_2 - k_1} \right\} \quad \dots\dots\dots 3)$$

ここで,

初期反応物 [L] : Lys 無次元化量 (-)

$[L_0]$: Lys 初期値 (-)

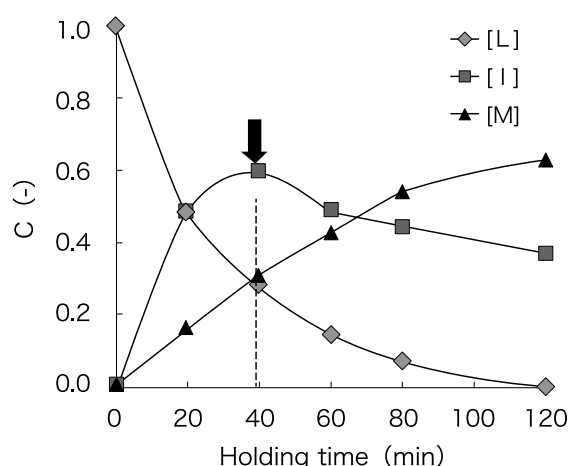
中間反応物 [I] : 活性酸素消去物質無次元化量 (-)

最終生成物 [M] : メラノイジン様物質無次元化量 (-)

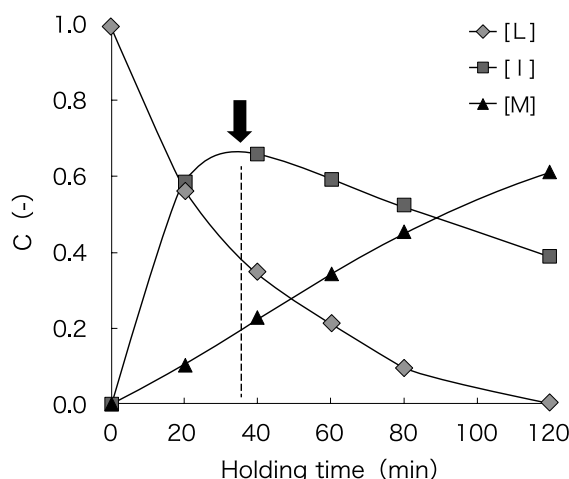
時間 t : 加熱保持時間 (min)

反応速度定数 k_1 : Lys 減少速度定数 (min^{-1})

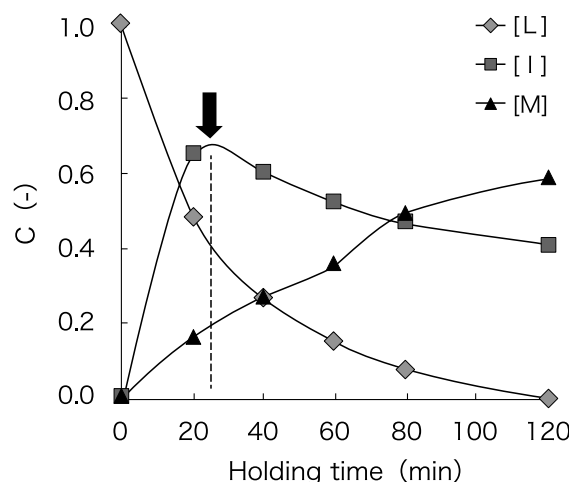
k_2 : メラノイジン様物質生成速度定数 (min^{-1})



A : KHCO_3 0.4 M, 98°C 加熱



B : KHCO_3 0.5 M, 98°C 加熱



C : KHCO_3 0.6 M, 98°C 加熱

図5 炭酸水素カリウム濃度別の Lys, 活性酸素消去物質, メラノイジン様物質の経時変化。↓ : $t_{\max}$ 出現時間

2-3. 反応速度定数の算出

k_1 の算出

$$[L] = [L_0] \exp(-k_1 t)$$

1) 式より Lys 初期値を用いて算出した。

k_2 の算出

$$[I] = \frac{k_1 [L_0]}{k_2 - k_1} \{ \exp(-k_1 t) - \exp(k_2 t) \}$$

時間 t で微分し 4) 式を導く

$$\frac{d[I]}{dt} = \frac{k_1 [L_0]}{k_2 - k_1} \{ k_1 \exp(-k_1 t) - k_2 \exp(k_2 t) \} \quad \cdots \cdots 4)$$

4) 式は微分式であるため、左辺 = 0 となる時に $[I]$ は最大値をとり、その際の時間 t を $t_{\max}$ とおいた。

右辺 = 0 であるため $\{ k_1 \exp(-k_1 t) - k_2 \exp(k_2 t) \} = 0$ となり 5) 式が成立する。

$$k_1 \exp(-k_1 t_{\max}) = k_2 \exp(k_2 t_{\max}) \quad \cdots \cdots \cdots 5)$$

各測定値を無次元化したグラフを作成し、 $[I]$ のグラフから $t_{\max}$ となる時間を読み取り、得られた $t_{\max}$ と 1) 式によって得られた k_1 を 5) 式に代入することで k_2 を算出した。

2-4. 結果と考察

図 5 に炭酸水素カリウム濃度 0.4, 0.5, 0.6 M における Lys, 活性酸素消去物質, メラノイジン様物質の経時変化を示す。反応開始とともに基質である Lys は減少し, Lys の減少に伴って活性酸素消去物質が増加し極大値を迎えた後は減少に転じた。メイラード様物質は反応の進行とともに徐々に増加していった。図中の矢印は活性酸素消去物質が極大値を示す時の $t_{\max}$ を示す。 $t_{\max}$ の出現時間は炭酸水素カリウム濃度の上昇(pHの上昇)とともに早くなった。表 1 に炭酸水素カリウム濃度別の反応速度定数 k_1 および k_2 の値を示す。炭酸水素カリウム濃度の上昇に伴い k_2 の値は増加したが k_1 の値に変化は見られなかった。炭酸水素カリウム濃度と k_2 の関係を図 6 に示す。 k_2 値は炭酸水素カリウム濃度と強い

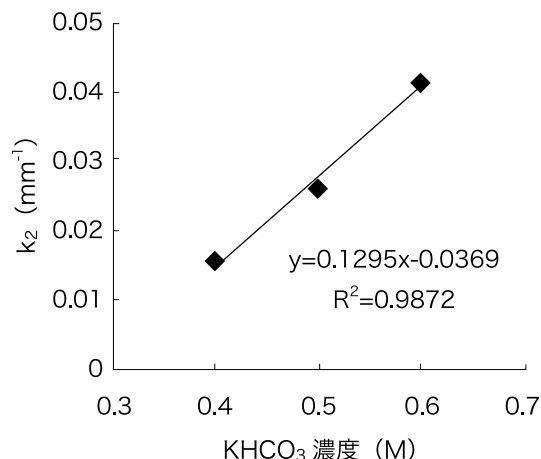


図 6 炭酸水素カリウム濃度と k_2 の関係
炭酸水素カリウム濃度 (pH) と k_2 値は強い正の相関を示した。

正の相関を示した (決定係数: 0.9872)。一般にメイラード反応は系の pH がアルカリ側で早く進行することが知られている。本実験の結果から, アミノ酸と糖との最初の反応速度は pH の影響は受けないが, アミノ酸と糖の反応物以降の反応において pH の影響が強くでるものと推察される。

3. メイラード反応における反応活性化エネルギーの計測

メイラード反応初期過程における逐次反応解析によって反応速度定数の算出が可能となり, 反応系の pH によってメラノイジン様物質の生成速度が大きく影響を受けることを明らかにした。メイラード反応についてさらに詳細な知見を得るため, 反応活性化エネルギー値の測定を試みた。活性化エネルギー値は, 反応の温度依存性を定量的に示すパラメーターであり, 温度効果を知るための重要なパラメーターである。本実験では, メイラード反応における活性化エネルギーを算出するため, ダイナミック示差走査熱量分析 (D-DSC) 法を用いた。一般に, DSC 曲線の解析からは, 反応開始温度や吸熱量の測定を行うことができるが, D-DSC 法では測定時の昇温速度を変えた測定を行うことにより反応の活性化エネルギー値を決定できる¹²⁾。

D-DSC 法では, 一定の昇温速度 β ($^{\circ}\text{C}/\text{min}$) で DSC 測定を行った際に観測されるピーク温度 $T_{\max}$ ($^{\circ}\text{C}$) が, 昇温速度を大きくすると, 高温側へシフトすることを利用したものである。この関係を表した数式が, 以下の Ozawa の式である。

表 1 炭酸水素カリウム濃度別の k_1 および k_2 値

KHCO ₃ (M)	$t_{\max}$ (min)	k_1 (min ⁻¹)	k_2 (min ⁻¹)
0.4	40	0.0373	0.0157
0.5	32	0.037	0.0261
0.6	25.5	0.0369	0.0416

$$\ln\left(\frac{\beta}{T_{max}^2}\right) = \ln\left(\frac{ZR}{E_a}\right) - \left(\frac{E_a}{RT_{max}}\right)$$

ここで、 β : 昇温速度 ($^{\circ}\text{C}/\text{min}$), T_{max} : ピーク温度 (K), Z : 前指数因子 (min^{-1}), R : 気体定数 $8.3145 \text{ (J/K}\cdot\text{mol)}$, E_a : 活性化エネルギー (kJ/mol) を示している。Ozawa の式は一次式としてみなすことができ、これを Ozawa プロットという。得られた直線式の傾きから活性化エネルギー値を決定できる¹³⁾。

3-1. 試料と方法

試料

D(+)-Glucose (富士フイルム和光純薬株式会社)

D(+)-Galactose (富士フイルム和光純薬株式会社)
以下, Gal と表記

D(+)-Xylose (富士フイルム和光純薬株式会社) 以下,
Xyl と表記

L(+)-Lysine (富士フイルム和光純薬株式会社)

NaOH (富士フイルム和光純薬株式会社)

示差走査熱量分析装置

Thermo plus Evo DSC8230 (株式会社リガク)

測定方法

①還元糖およびアミノ酸を 0.5 M , 水酸化ナトリウムを 0.05 M に調製した。

②還元糖およびアミノ酸, 反応促進のための水酸化ナトリウムの 3 種を等量混合し, 測定試料とした。

③測定試料 10mg と対照試料として蒸留水 10 mg 精秤し, アルミニウム製の容器に封入した。

④示差走査熱量計により, 昇温速度を $1\text{--}4^{\circ}\text{C}/\text{min}$ に変化させ, 140°C まで昇温した。

⑤ DSC チャートより T_{max} を求め, Ozawa の式より活性化エネルギー値を算出した。

3-2. 結果と考察

図 7 に昇温速度 $4^{\circ}\text{C}/\text{min}$ における Glc と Lys のメイラード反応に伴う DSC 曲線を示す。

およそ 120°C 付近から吸熱による変化が現れ 125.5°C で吸熱ピークを示した。また, この反応系における吸熱エネルギー値は 1.739 J/g であった。

昇温速度を変えて DSC 測定を行った結果を表 2 に示す。図 8 に表 2 に示したパラメータをプロットした Ozawa プロットを示す。この図の直線の傾きから活性化エネルギー値が算出できる。

同様に, Gal+Lys および Xyl+Lys の系によるメイラード反応の D-DSC 測定を行い, 図 9 に示す活性化エネルギー値を得た。還元糖の種類による活

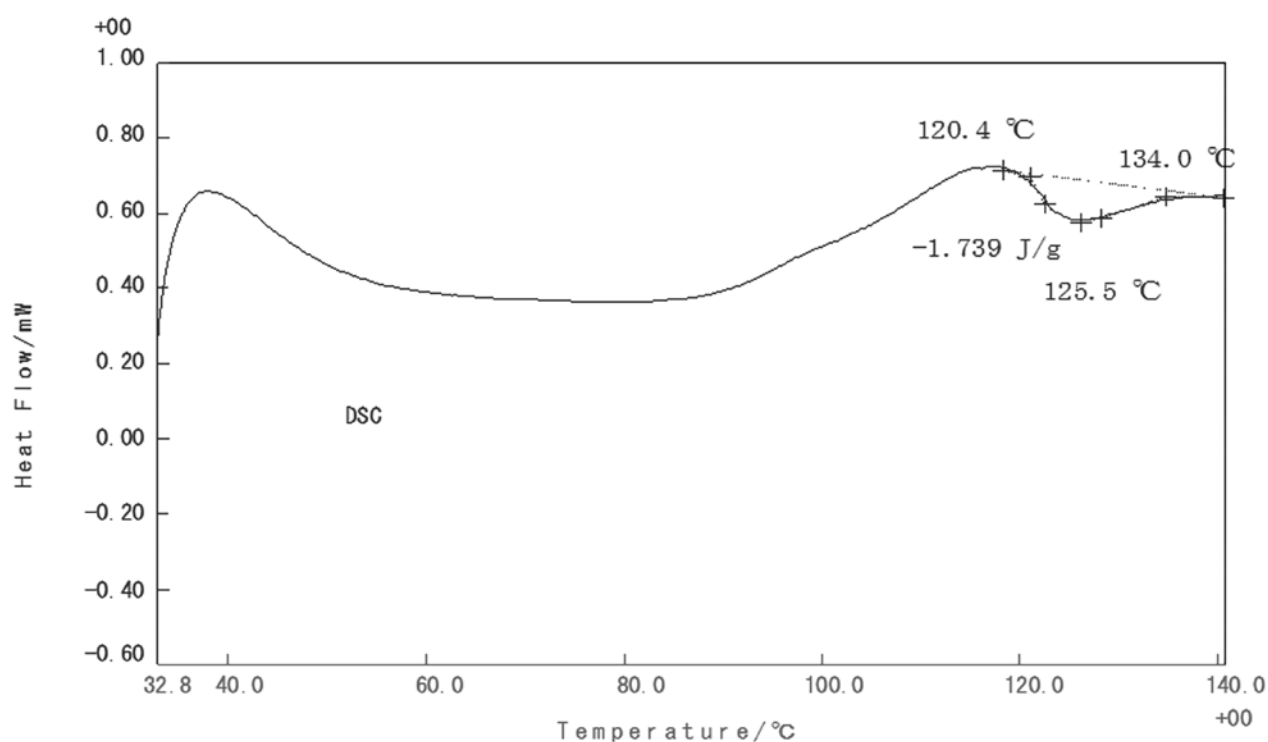


図 7 Maillard 反応における Glc+Lys の DSC 曲線 (昇温速度: $4^{\circ}\text{C}/\text{min}$)
 T_{max} は 125.5°C で観察された。

表 2 DSC 測定における Ozawa 式のパラメータ (Glc+Lys 系)

β (°C/min)	T_{max} (°C)	T (K)	$10^3/T_{max}$	β/T_{max}^2	$\ln(\beta/T_{max}^2)$
1	100.2	373.2	2.68	0.00000718	-11.84
2	113.8	386.8	2.585	0.000013368	-11.22
3	120.4	393.4	2.542	0.000019384	-10.85
4	125.5	398.5	2.509	0.000025189	-10.59

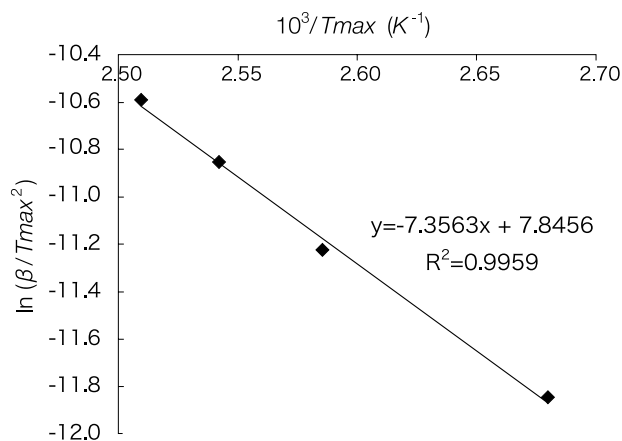


図 8 Glc+Lys 系の Ozawa プロット

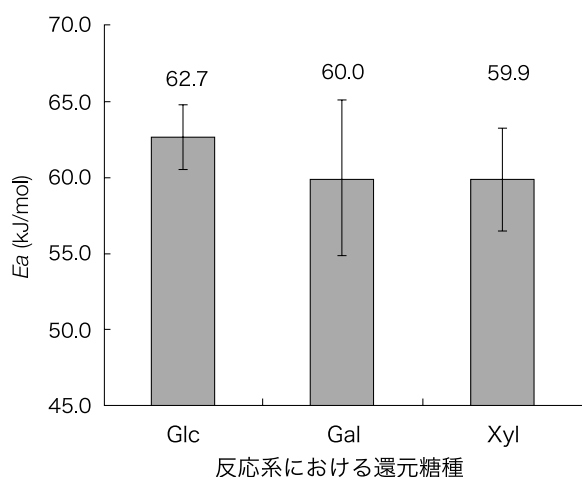


図 9 還元糖の種類とメイラード反応活性化エネルギー値

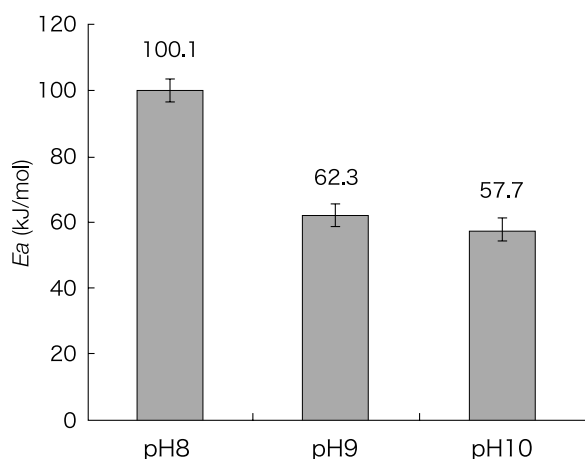


図 10 反応系の pH が活性化エネルギー値に与える影響

活性化エネルギー値に大きな差は認められず、およそ 60-63 kJ/mol の範囲であった。

還元糖の種類による活性化エネルギー値に大きな差は見られなかったが、 k_2 の値は系の pH によって大きく変化することが明らかとなった。そのため、pH が活性化エネルギー値に与える影響を調べるために反応系の pH を 8, 9, 10 に調整して D-DSC 測定を行った結果図 10 の結果を得た。

pH が上昇するに従って活性化エネルギー値は減少し、反応が速やかに進むことが裏付けられた。

まとめ

メイラード反応初期過程において活性酸素消去能が急速に発現し極大値を示した後、徐々に減衰することを確認した。これらの変化について反応基質、活性酸素消去物質、メラノイジン様着色物質の動態に対して逐次反応モデルを適用して解析することができた。実際のメイラード反応は本実験で仮定した単純な反応系ではないが、すくなくとも見かけの逐次反応モデルとすることによって二つの反応速度定数と活性化エネルギー値を求めることができた。われわれの研究室ではこれまでの研究成果を活用して、活性酸素消去能が高く、栄養、嗜好特性にも優れた食品の開発を進めている。その例として下記に示す食品を試作中である。

- 穀類に含まれる蛋白質と糖質を部分分解した後、メイラード反応によって活性酸素消去能を高めた食品の開発
- 牛乳中の乳糖とカゼインを部分分解しメイラード反応によって活性酸素消去能が高められた乳糖不耐症の人向けの乳飲料の開発
- チーズ製造工程で副生する乳清（ホエイ）を原料とした発酵素材の開発

参考文献

1. Sara I. F. S. Martins, Wim M. F. Jongen and Martinus A. J. S. van Boekel, A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling, *Trends in Food Sci and Technol.* **11**: 364-373, 2001.
2. 早瀬文孝, メイラード反応による活性酸素の生成と消去, 日本油化学会誌, **46** (10): 1997.
3. 臼井照幸, 食品におけるメイラード反応, 日本食生活学会誌 **26** (1): 7-10, 2015.
4. 大堀翔子, 森大輝, 中嶋奎太, 伊藤俊彦, 秋山美展: ガラクトースとリシンによる Maillard 反応の解析, 日本食品科学工学会平成 27 年度東北支部大会講演要旨集, p.14, 2015.
5. 中山茉優, 豊嶋瑠美子, 大木梓織, 中嶋奎太, 兎澤紗希子, 森大輝, 秋山美展: マイクケプロテアーゼとラクターゼによる牛乳の Maillard 反応, 日本食品科学工学会平成 29 年度東北支部大会講演要旨集, p.10, 2017.
6. 久保田菜月, 佐藤千樺, 大木梓織, 豊嶋瑠美子, 石川匡子, 秋山美展: ダイナミック示差走査熱量分析法による Maillard 反応の解析, 日本食品科学工学会平成 30 年度東北支部大会講演要旨集, p. 8, 2018.
7. Yusuf Yilmaz, Rimeo Toledo: Antioxidant activity of water-soluble Maillard reaction products, *Food Chem.* **93**: 273-278 (2005)
8. Marianne N. Lund and Colin A. Ray, Control of Maillard Reaction in Foods: Strategies and Chemical Mechanisms. *J. Agric. Food Chem.* **65**: 4537-4552 (2017)
9. 秋山美展: 米の活性酸素消去活性とその相乗作用, 化学と生物, **42** (6): 416-421, 2004.
10. 秋山美展: ジュール加熱技術-その特徴と応用-, ジャパンフードサイエンス, **41** (6): 47-53, 2002.
11. 日本化学会編, 第 4 版 実験化学講座 II 反応と速度, 丸善, 1993.
12. Shino Kajitani, Mika Fukuoka and Noboru Sakai, Kinetics of Thermal Denaturation of Protein in Pork Meat, *Jpn. J. Food Eng.* **12** (1): 19-26, 2011.
13. 小澤丈夫: 熱分析結果の速度論的解析について, 日本金属学会誌, **24** (10): 797-804, 1985.

ミツバチ (*Apis mellifera*) の蜜胃に生存する 新規乳酸菌フローラの検出と同定

アレジャンドラ・バスクス (Alejandra Vasquez)¹ トビアス・オロフソン (Tobias Olofsson)¹

訳: 山路 明俊 (Akitoshi Yamaji)²

Key Words: ミツバチ 乳酸菌 蜂蜜 プロバイオテクス

要 約

この研究は、蜂蜜の生成に役立つ花から、人間にとって有益な微生物をミツバチは収集しているのかどうかの疑問に関するものである。微生物の由来は、花、ミツバチの異なる器官、幼虫、様々な蜂蜜由来のもので、2年間をかけて収集した。分離物は 16SrRNA のシーケンスとクローニングを用いた。ミツバチの蜜胃由来で *Lactobacillus* と *Bifidobacterium* を含む乳酸菌から構成される新規微生物フローラ (LAB) を発見した。それは、花蜜の種類や他の微生物の影響により変化した、最終的には蜂蜜の中に集積したものである。ミツバチと LAB はそれぞれ、相互に依存関係にあるように見えた。LAB は蜂蜜の産生に関与していることから、蜂蜜は、発酵の産物と考えられることを示唆している。知見として得られるのは、今後の研究に明確な意味合いを持たせること、ミツバチの健康や、蜂蜜の産生と保存についての理解を助けること、さらには、ミツバチとヒトのプロバイオテクスとの関連性をより明らかにすることである。

はじめに

乳酸菌は、一般的に健常人に見いだされる有益な微生物であり、乳製品への使用や、プロバイオテクス (適正な量に調整された時には、宿主に健康効果を付与する生きた微生物) としても産業上重要である。ビフィズス菌は、真の LAB の仲間とは定義されないが、乳酸を産生することで乳製品に利用され、ヒトや動物の腸内フローラに良い影響を与えることが知られているので、一般的には、仲間とされている。LAB は、花の中と昆虫の細菌叢の一部として、良く見いだされる。

セイヨウミツバチ (*Apis mellifera*) は、昔から、ヒトの健康に中心的な役割を演じてきた。ヒトに蜂蜜を提供するばかりでなく、受粉によって多くの食物を生産する植物に受胎を保証してきた。蜂蜜は、ミツバチが集めた蜜から作られる。蜂蜜は甘い液体で、しょ糖、ブドウ糖、果糖から構成されていて、

飛んでいる間は、一時的にミツバチの蜜胃の中に蓄えられる (図 1)。蜜胃は、容量が拡大可能で、食道が拡大したものである。それは、前胃と称される構造を有し、蜜は胃 (中腸) の内容物と決して混ざ

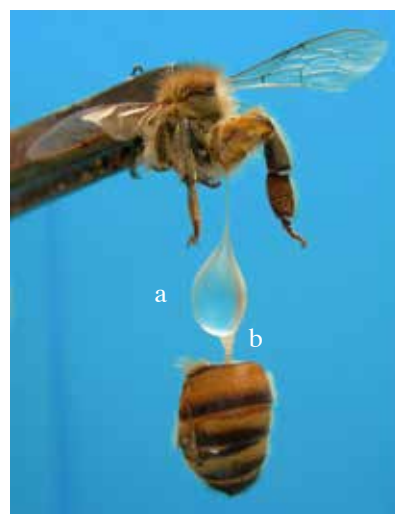


図 1 蜜を含む蜜胃全体で、餌となってきた内勤蜂である。蜜胃 (a) は、前胃 (b) の消化管とは分離している。

¹ ルンド大学医学研究所 医学微生物学教室

² ニュートリション・アイ y-aya09@opal.ocn.ne.jp

ることのない機能を有した胃である。巣の中では、蜜は、口から口へと家ミツバチに移送され、貯蔵されて、また、幼虫の餌になる。蜜は、ミツバチがその中にある水分のほとんどを蒸発させ、酵素が加えられた時、蜂蜜となる。蜂蜜が熟すると、ミツバチの巣の壁はワックスで閉じられる。

古来より、大衆薬として使用されてきた神秘的な食品である蜂蜜は、長い間、傷やのどの痛みに治療効果があることで、人々を困惑させてきた。ここ10数年で蜂蜜の研究は顕著に増加し、一部、抗生物質に対する抵抗性を乗り越えられるとのことから駆り立てられたが、蜂蜜の行動様式の知識は完全とは程遠いものである。化学的組成と共に、モル浸透圧濃度と酸度を包含した蜂蜜の治療的特質は、ミツバチによる過酸化水素の生成、フラボノイドとフェノール酸を含有する蜜の特性や未同定の成分の存在で説明が可能である。この未同定の成分は、かなりの過酸化水素以外の抗菌活性を示し、植物原料とミツバチそれ自信の両方に依存している。蜂蜜の抗菌活性は種類によりかなり異なる。

ミツバチの病気である腐敗病は、*Paenibacillus* 属 (*Paenibacillus*) 幼虫によって引き起こされ、コロニーの崩壊を伴い、世界中で農業への甚大な経済的損失を引き起こし、それによって近年では、蜂蜜研究が増加している。

土着の菌フローラは、人や動物にとって重要であるが、同様にミツバチにとっても重要であると、微生物学者として仮説を立てることができる。当研究は、ミツバチにとっての土着の菌フローラ的重要性を研究するためである。まず、最初の疑問は、ミツバチは、蜜や特別な花の中に、人にとって有益な菌（最終的に蜂蜜に含まれる）を集めるかどうかであった。調査は、ミツバチ中の土着の菌フローラに関するもので、含有する種類の異なる蜜、生成され保存された蜂蜜、2年間で発生したミツバチの幼虫である。

1. 実験方法

1-1. ミツバチ

ミツバチは、南スウェーデンのジョンストープ村の養蜂場で標準的な養蜂法を用いて管理されている集落から手に入れた。バックファスト法に従って養育されたミツバチ、幼虫、ミツバチが利用する花、新

鮮で保存された蜂蜜から菌の試料が2年間をかけて採取された。新鮮蜂蜜とは、ワックスでまだ封印されていないセルから得られる、完熟していない1～3日の蜂蜜を言う。実験が開始される前は、巣箱は常に蜂蜜は空っぽである。菌の同定と完全な菌フローラを入手するために16SrRNA遺伝子解析を実施した。最初の1年は、クローニングと純粋培養法を採用してすべての菌を対象とした。2年目は、純粋培養法のみとした。

1-2. 1年目の採取

約12,000匹の蜂が収容された小型養蜂箱を、クラバリにある開花したラズベリーの灌木地域に移動した。そこはジョンストープから10km離れた自然保護地である。この後の2週間で、出入りしている各10匹の働き蜂とラズベリーの花を採取した。花は、養蜂箱からミツバチが来てから採取した。フレッシュなラズベリー花の蜂蜜は4週目で採取した。養蜂箱は、次の年まで、ジョンストープの養蜂場に設置された。2005年の秋の期間、蜜胃とツタの花を採取した。2カ月間保存したラズベリー花の蜂蜜と、12カ月保存したリンデン花蜂蜜をサンプリングした。

1-3. 2年目のサンプリング

ジョンストープの養蜂箱で、ヤナギとアブラナ由来の蜜を蜂が採集したものをサンプリングした。その後、養蜂箱をラズベリー花の蜜収集のために自然保護地に設置し、それから、インデンと他の花由来の蜜採集のために、ジョンストープの養蜂場に設置した。約60,000匹の蜂を収容している、通常サイズの養蜂箱を、小サイズの養蜂箱で得られた結果を検証する目的で養蜂場に設置した。およそ、各10匹の出入りの働き蜂、10匹の家バチ、5匹のミツバチ幼虫(2～5日歳)が養蜂家によって拾い上げられ、それぞれの状況に応じてサンプリングされた。様々で異なる種類の花から得られるフレッシュ蜂蜜と同様に花がサンプリングされた。さらに、5つの頭、1つの後腸と5つの蜜胃がアスペルチック切除により得られた。蜜胃がネクターで満たされている受動ミツバチのみがこの工程で選別された(図1)。

1-4. 単離の方法

サンプリングされた花と蜂は、5mL の生理的食塩水 (0.9%w/v NaCl, 0.1% w/v Tween80 と 0.1%w/v ペプトン) を含んだ、10mL の無菌の試験管に分別された。フレッシュな蜂蜜と保存蜂蜜、幼虫が、それぞれ 0.9mL の生理的食塩水を含む 1.5mL の微量管に入れられた。それぞれの管は、強く攪拌後に、すみやかに Kullaberg から 70km 離れた Lund の研究室に移送された。0.5mL の懸濁液を含んだ検体のいくつかは冷凍され、直接、16SrDNA の分析用に -20°C に保存された。純培養液は、トリプトン大豆汁寒天 (Oxoid 製)、トマト汁寒天 (Oxoid 製) と、Tween (Merck 製) と Rogosa 寒天 (Merck 製) を含む全用途培地を含むものである。分離物は、好氣的、嫌気的条件下で 37°C で 3 ~ 4 日間培養された。それぞれの培地から、10 ~ 30 のコロニーが無作為に採取され、純粋な分離物を得るために二次培養された。

1-5. 遺伝子型の特性評価

既知の方法により、特性評価が実施された。ここでは、簡潔に記述されている。検体全ての DNA が抽出され、精製後、16SrRNA 遺伝子の PCR 増

幅に供された。次のクローニング手法で、異なる 16SrRNA 遺伝子は、適正の *Escherichia coli* 細胞を用いて区分けされ、コピーされた。クローン DNA の回復のために、一般的なフォワード、リバーサ M13 プライマーを用いて、PCR 増幅が実施された。単離物の PCR 増幅は、ENV1 と ENV2 プライマーで実施された。単離物とクローンに由来する PCR 生成物は、ENV1 と ENV2 プライマーを用いたシーケンス企業で、シーケンスされた。同定のため、これらの 16SrDNA シーケンスは、改良 BLAST 類似検索オプション (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) とリボソームデータベース Projects II (RDP) ソフト (<http://rdp.cme.msu.edu/>) を用いて、ジーンバンク (国立バイオテクノロジー情報センター) とは別に解析された。系統学的解析が、コンピューターのソフトウェアプログラムを用いて行われた。菌の 16SrRNA 遺伝子のクローニングは、内勤蜂と外勤蜂からと、花と、蜂がワイルドラズベリー花にいたときに採集された際、完熟していない蜂蜜からの検体で、最初の 1 年の間のみ実施された。クローニングは、2 カ月経ったラズベリー蜂蜜と 12 カ月経った蜂蜜で行われた。菌の 16SrRNA 遺伝子のシーケ

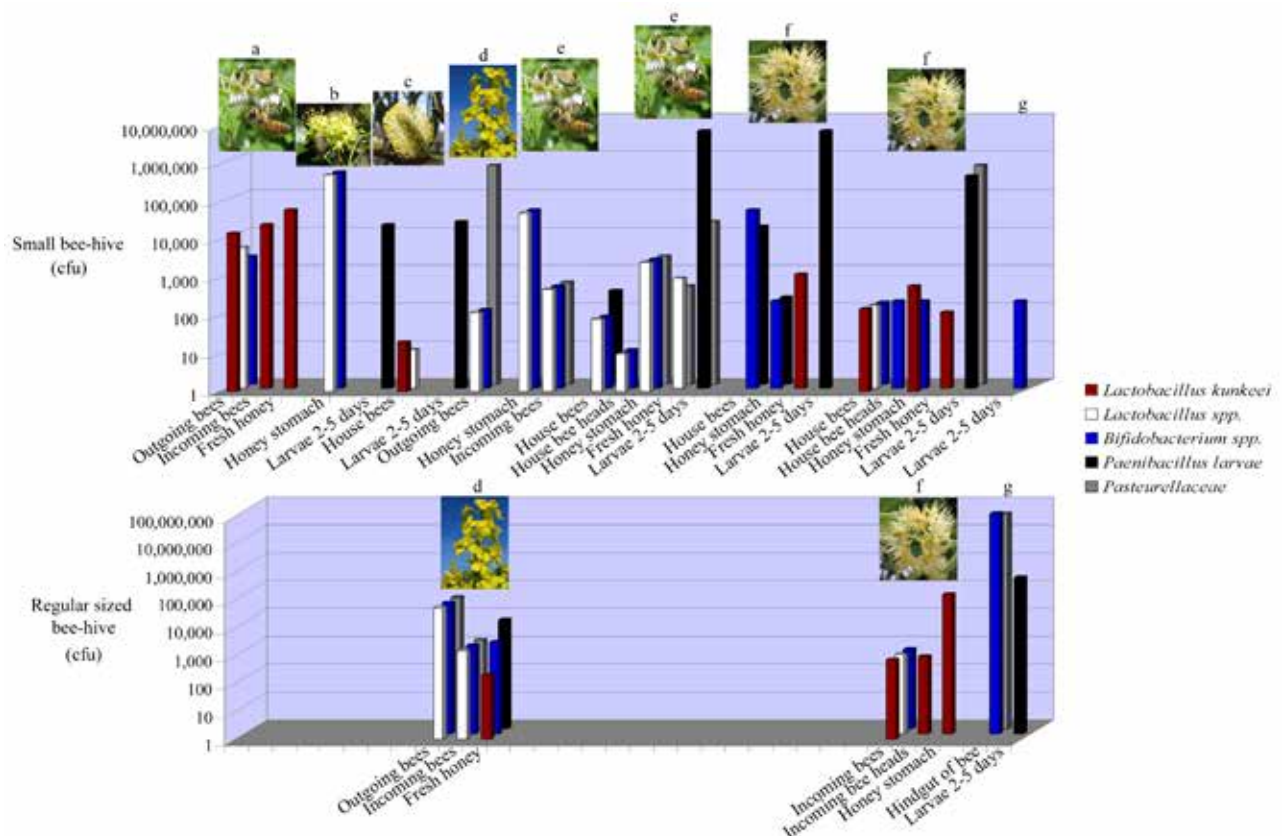


図2 状況が異なるサンプリングから見出された、多様で主な蜜源と菌群。

ンスは、取得 NO.EF187231 ~ 187250 で、ジーンバンクに登録された。

LAB 単離物の遺伝子型特性評価は、メーカーの取り扱い指示に従い、グラム染色法、カタラーゼ試験、L-乳酸と酢酸生成により解析された。さらに、単離物の形態学的外観と孢子形成能は光学顕微鏡を用いて調べられた。グルコース由来のガス生成は、de man,Rogosa,Shaeppe ブロス (Oxoid 製) を含む試験管とドラム管で分析された。

2. 結果

2-1. 単離物とクローンの分布

全体で398のシーケンスが菌から同定された。(クローン由来のものと単離物由来の両方) RDP 中で、株型の相同性は87%を超えていることを示した。

シーケンスのうち、124はクローン由来で、274は単離物由来で、好氣的、嫌氣的生菌数から選り出された。蜂蜜と幼虫由来でない、菌の16SrDNAは示されていない。

最初の年の結果は、ファイロタイプ Fhon2 が優位な LAB フローラを有していた。その菌種は、*Lactobacillus kunkeei* に最も近接していた。Fhon2 の殆どと他の LAB の少数は、様々な条件の蜂蜜とフレッシュ蜂蜜の検体から単離されたが、花由来ではなく、ラズベリーの花の蜜から採取された蜂蜜である。Fhon2 でない、他の LAB は、イングリッシュアイビーが開花した時に (図2)、花からでなく、蜜胃から単離された。2年目でも確認されているが、結果は図2に示されている。ミツバチの解剖学的な解析は、既知の LAB フローラの適した場所は、蜜

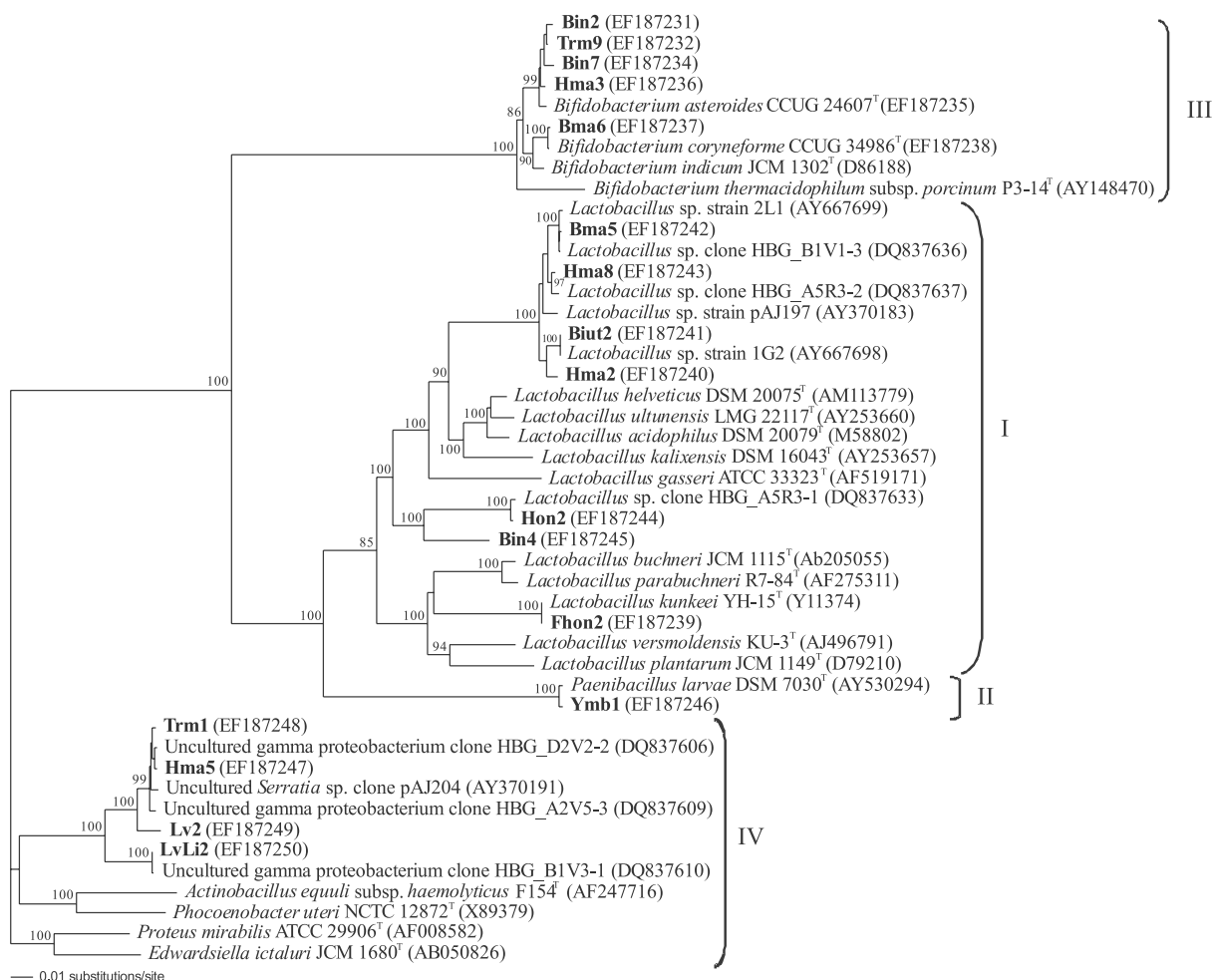


図3 サンプルングされた花は、a; 2005年夏のワイルドラズベリー (*Rubus idaeus* L), b; 2005年秋のツタ (*Hedera helix* L), 2006年春のヤナギ (*Salix caprea* L), c; 2006年の晩春のなたね (*Brassica napus* L), e; 2006年夏のワイルドラズベリー, f; 2006年夏のリンデン (*Tilia x vulgaris*), g; 2006年秋の糖液を給餌された蜂。小サイズの巣は、継続してサンプルリングし、レギュラーサイズの巣をコントロールとした。菌の蜜度は、/ミツバチ, /g; フレッシュ蜂蜜, /蜜胃, /幼虫, /頭部, /後腸当りのコロニー形成単位で示されている。種は spp で示され、属は少なくとも異なったファイロタイプの一つとして示されている。

表 1 ミツバチと幼虫に由来する菌のファイロタイプ

Isolates ^b	Clones ^b	Most closely related type strain ^c	Sequence lengths and Similarity ^d
Fhon2 (320-1455) [40]		<i>Lactobacillus kunkeei</i> YH-15 ^T (Y11374)	1455 (100.0)
	HonbakL13 (310-865) [30]	<i>Lactobacillus kunkeei</i> YH-15 ^T (Y11374)	865 (100.0)
Hon2 (230-1470) [15]		<i>Lactobacillus buchneri</i> JCM 1115 ^T (AB205055)	1470 (89.2)
Bin4 (880-1460) [2]		<i>Lactobacillus buchneri</i> JCM 1115 ^T (AB205055)	1460 (89.1)
Bma5 (150-1440) [1]		<i>Lactobacillus acidophilus</i> DSM 20079 ^T (M58802)	1440 (91.0)
Hma8 (250-1450) [10]		<i>Lactobacillus acidophilus</i> DSM 20079 ^T (M58802)	1450 (91.1)
Hma2 (160-1450) [8]		<i>Lactobacillus acidophilus</i> DSM 20079 ^T (M58802)	1450 (91.0)
Biut2 (590-1450) [6]		<i>Lactobacillus acidophilus</i> DSM 20079 ^T (M58802)	1450 (91.1)
Bin7 (310-1410) [20]		<i>Bifidobacterium asteroides</i> CCUG 24607 ^T (EF187235)	1410 (99.0)
Bin2 (210-1410) [30]		<i>Bifidobacterium asteroides</i> CCUG 24607 ^T (EF187235)	1410 (98.4)
Hma3 (615-1410) [8]		<i>Bifidobacterium asteroides</i> CCUG 24607 ^T (EF187235)	1410 (98.9)
Trm9 (305-1410) [6]		<i>Bifidobacterium asteroides</i> CCUG 24607 ^T (EF187235)	1410 (98.6)
Bma6 (120-1410) [2]		<i>Bifidobacterium coryneforme</i> CCUG 34986 ^T (EF187238)	1410 (99.6)
Ymb1 (280-1440) [15]		<i>Paenibacillus larvae</i> DSM 7030 ^T (AY530294)	1440 (99.6)
	Hho2MkL6 (231-407) [2]	<i>Paenibacillus larvae</i> DSM 7030 ^T (AY530294)	407 (100.0)
Hma5 (810-1410) [8]		<i>Actinobacillus equuli</i> subsp. <i>haemolyticus</i> F154 ^T (AF247716)	1410 (89.2)
Lv2 (820-1415) [7]		<i>Actinobacillus equuli</i> subsp. <i>haemolyticus</i> F154 ^T (AF247716)	1415 (88.1)
LvLi2 (990-1420) [5]		<i>Actinobacillus equuli</i> subsp. <i>haemolyticus</i> F154 ^T (AF247716)	1420 (87.8)
Trm1 (1420) [1]		<i>Actinobacillus equuli</i> subsp. <i>haemolyticus</i> F154 ^T (AF247716)	1420 (88.7)

a: 単離物とクローンから得られた, 16SrRNA 遺伝子のシーケンス同定

b: () 内は, シーケンス長さ, [] 内は, シーケンス数

c: () は受託番号。分類学上の所属は, シーケンスをリボゾームデータベースプロジェクト II (<http://www.rdp.cme.msu.edu/>) のデータベースと, 「シーケンス一致」とラベルされたエントリーと「タイプと NCBI」の選択とを比較して決められた。

d: 最も近接した株のシーケンスの相同性は, () 内の % で示される。

胃であることを示している (図 1)。図 2 で見られるように、蜜胃フローラは、蜜源や他の菌種の有無によって変化する。

2-2. 菌のフローラ

蜜胃中に土着の菌のフローラは、*Lactobacillus* と *Bifidobacterium* ファイロタイプが優位である。(図 3) 系統発生的解析は、蜜胃中の LAB フローラは、10 の異なるファイロタイプから成ることを示していて、その内、5 つは既知の種に近接していて、*L. kunkeei* (Fhon2), *Bifidobacterium asteroides* (Hma3, Bin7, Bin2), *Bifidobacterium coryneforme* (Bma6) (図 3 と表 1 で、クラスター I と III) である。他の 5 つのファイロタイプである、Hon2, Hma2, Biut2, Bma5, Hma8 は離れているが、*Lactobacillus* 属に最も近接している (図 3 と表 1 のクラスター 1)。

蜜胃 LAB のうち、3 つ (Fhon2, Bin2, Hon2) は、フレッシュ蜂蜜に見られ、単離物としても DNA 解析からも見いだされる (図 2)。異なる検体での小サイズ蜂の巣は、Fhon2 数はかなり多い。しかし、フレッシュ蜂蜜中には Hon2 が見いだされるが、Fhon2 は見られない。Fhon2 と併存する Bin2 のみが、レギュラーサイズの蜂の巣で検出される。フレッシュ蜂蜜中に見られる 3 つのうち、Fhon2 が、最初の年、ラズベリー蜜が採取された時に、大量に見られた。 $(5 \times 10^4 \text{ CFU/g 蜂蜜})$ これらの 3 つのファイロタイプは、2 カ月間保存されたラズベリー花の蜂蜜中や、単離物としても DNA 痕としても見いだされることはなかったが、12 カ月保存されたリンデン蜂蜜中の 1 株 (Fhon2) から、DNA 痕が見いだされた。

他の 2 の LAB が、蜜胃の外でのみ見られた (図 3)。(1) ファイロタイプ Bin4 で、*Lactobacillus* 属に最も近接していて、小サイズ蜂の巣にいる内勤、外勤蜂から単離されたもの。

(2) ファイロタイプ TRm9 で、*B. asteroides* 属に最も近接していて、レギュラーサイズの蜂の巣の後腸から単離された (図 2)。

蜜胃中の全ての 10 LAB ファイロタイプは、グラム陽性、カタラーゼ不活性、非孢子性、乳酸生成を示している。これらの結果は、菌の形態学的特性と共に、*Lactobacillus* 属、*bifidobacterium* 属の特性のいずれにも良く一致していた。さらに、*Lactobacillus* 属に近接していた蜜胃 LAB の全ては、

ホモ発酵性で、つまり、グルコースからガスは生成しないものであった。さらには、ビフィズス菌の全ては、乳酸と酢酸を共に生成した。

パエニバシラス幼虫感染

2 年目の春の間に、小サイズの蜂の巣の幼虫が、病原性の *Paenibacillus larvae* に感染していることを知った。*P. larvae* は、養蜂、蜜胃やフレッシュ蜂蜜に検出された (図 2, 図 3 のクラスター II)。この感染病に特有な臨床症状の記録はないので、蜂の巣は、研究期間中継続して使用した。*P. larvae* の数は、セイヨウナタネとワイルドラズベリー蜜の集積に伴い、増加し続けたが、リンデン蜜の集積と共に止まった。(図 2) この時点で、*P. larvae* 数は、 $8,000,000 \text{ CFU/larva}$ から減少が始まり、AFB の進展なしで、3 週間後に消失した。(図 2)

さらに、蜂群が *P. larvae* に感染している間、非常に多数の 3 つの菌のファイロタイプ (LvLi2, Lv2, Hma5) が、内勤蜂、外勤蜂幼虫、蜜胃とフレッシュ蜂蜜中に見いだされた (図 2)。これらのファイロタイプは、*Pasteurellaceae* 科に属する、*Actinobacillus*, *Phocoenobacter* 属に最も近接していた (図 3 と表 1 では、クラスター IV)。レギュラーサイズの蜂の巣をサンプリングの際に、小サイズの蜂の巣由来の単離菌属が見られた (図 2)。ミツバチがリンデンの花から蜜を集めた時に、蜜胃から最大数の Fhon2 が回収された。 $(5 \times 10^5 \text{ CFU/蜜胃})$ さらに、レギュラーサイズの蜂の巣もまた *P. larvae* に感染したが、このコロニーは、AFB の臨床的エビデンスを示さなかったことに我々は気づいた。4 番目の *Pasteurellaceae* ファイロタイプ (Trm1) は、*Bifidobacterium* ファイロタイプ Bin7 と Hma3 と共に、後腸のみに見られた (図 2, 3)。

考察

ここで実施された調査は、ミツバチから生成される蜂蜜は、花起源でなく、予見のごとく、蜜胃起源の LAB を含んでいることを示していた。全体として見ると、我々の結果は、6 つの *Lactobacillus* と 4 つの *Bifidobacterium* ファイロタイプから成ることが見いだされた新規の LAB フローラを示している。蜜胃から単離された、少なくとも 5 つのファイロタイプ (Hon2, Hma2, Bma5, Bin4, Hma8) と蜜胃

以外由来の1つ (Bin4) は、*Lactobacillus* 属に最も近接した新種と言えるものに属している。それらのシーケンスは、89.1% ~ 91.1% で、*Lactobacillus* 属に類似していて、(表1) これは、一般的に種を決定するために用いられる閾値よりも高い (95% ~ 97%)。

糖蜜は、恐らく、土着の蜜胃フローラの誘導物質として働き、ミツバチが訪れる花のタイプに合せて数を増大させる (図2)。菌は、蜜が蜂蜜になる過程の間に加えられ、それは、フレッシュ蜂蜜の中にある、3つの居所を突き止めた理由を示している (図2) が、検体数をもっと増やすと、他の7つのファイロタイプは、フレッシュ蜂蜜中に見つかるようである。2005年に採取されたフレッシュラズベリー蜂蜜 (図2では、a) 中に、Fhon2は、 5×10^4 CFU/g/新鮮蜂蜜の濃度とクローンとして見いだされたが、2カ月保存されたラズベリー蜂蜜中には、いずれの方法でも検出されなかった。しかし、16SrRNA遺伝子痕は、12カ月間保存されたリンデン蜂蜜の検体には見られた。浸透作用のため、LABも他の胞子形成菌もどちらも、蜂蜜中には生存できず、それらのDNAは、いずれDNA分解酵素により崩壊してしまう。このことが恐らく、今まで蜂蜜LABの報告書がなかった理由の一つであろう。

我々が知る限りでは、*Lactobacillus* 属と *Bifidobacterium* 属 (図3のクラスターIとIII) 由来の菌が、蜜胃とフレッシュ蜂蜜から単離されたのは、初めてである。採取された蜜と共に、微好気の状態にある蜜胃の環境は、糖蜜と栄養素で満たされていて、巣の中は、外の温度に影響されず、35°Cというかなり最適な温度条件である。それは、LABにとって、最適な居場所を示している。これまでの未発表のもの (シーケンスは、ジーンバンクに登録) と既報では、ここで示されているLABに近接しているファイロタイプは、ミツバチの腸の中にたまたま見いだされるのみであることに気づくことは重要である (図3のクラスターIとIII)。当研究で、我々は、異物汚染が蜜胃に見つかった場合には、それを排除するために、後腸の菌組成を調べた。ファイロタイプのうちの2つ (Bin7, Hma3) が、後腸検体で見つかった (図2, 図3)。従って、蜂が給餌の時、蜜胃に生息する菌は、蜜を後腸に送っているようである。

LABは、保存蜂蜜中には生存していないが、人

類は、人類の歴史を通じて、蜂蜜の収穫の間とその後、直接、フレッシュ蜂蜜中のLABを摂取してきたようである。LABは、有機酸、過酸化水素、ジアセチル、安息香酸塩、バクテリオシン等の抗菌物質を産生する。これらは全て、ヒトや動物や恐らくミツバチにとっても同様に有益である。様々なタイプの蜂蜜で報告されている抗菌性の違いは、一部は、LABによって生成される抗菌物質という点で説明ができるかも知れない。

蜜胃とフレッシュ蜂蜜中に高い頻度で見つかる、Fhon2の16SrRNA遺伝子のシーケンスは、*L. kunkei* タイプ株で見つかるシーケンスと同一である (図3)。*L. kunkei* タイプ株 YH-15は、元々、カリフォルニアのワイン製造から単離された。それは、酵母 *Saccharomyces bayanus* と *S. cerevisiae* のアルコール発酵を強力に阻害するので、破壊有機物と称される。*L. kunkei* は、ミツバチの来訪により、損傷ぶどう中に取り残されていることを、数連のエビデンスは示唆している。集荷された蜜は、水分含量が50% ~ 80%であり、水分量が安全レベルの18%に達するまで、酵母はフレッシュ蜂蜜を発酵させる。それは数日間を要する。こうして、我々は、ファイロタイプ Fhon2が、蜂蜜中の崩壊を生じさせる主要な酵母である、*Saccharomycea* を阻害することを確信するのである。他の蜜胃のLABは、同様な機能を持つかも知れないが、この仮説はさらなる研究が必要である。

全ての事実と、ここで示されている知見を考慮すると、広範囲に及んでいるLABフローラは蜜胃中で糖蜜に作用しているので、蜂蜜は、発酵食品として見なされることは可能と確信できる。蜂蜜が発酵食品と見なされるもう一つの理由は、ただの糖と比べ、蜂蜜は、風味、香り、やテクスチャーが豊かで、これらの一部はLAB代謝物によるものである。

2006年の早春、冬も過ぎて、*lactobacillus* が低濃度になり、ビフィズス菌が完全になくなったことを観察した (図2のc)。これは、蜜も蜂蜜も入手できないことで説明ができる。

さらに、晩春、小サイズの蜂の巣中の幼虫が、病原性のP.larvae (図2と図3のクラスターII) に感染していることに気づいた。これは、幼虫の病気であるAFBの原因となる。驚くべきことに、*P. larvae* 数は、1カ所で見つかった8,000,000CFU/幼

虫 (図2のe) から減少し、AFBの進展なく、3週間後に消失した。興味深いことは、蜂コロニーが *P. larvae* に感染した期間中、4つの菌のファイトタイプ (LvLi2, Lv2, Hma5, Trm1) のかなりの数が観察されたことである。(図2) これらの菌は、*Actinobacillus* 属と *Phocoenobacter* 属に最も近接していて、*Pasteurellaceae* 科に属している。(図3のクラスターIV) そして、*P. larvae* と殆ど同じ種類の検体中に見いだされた(図2)。これらの4つのファイトタイプは、それらのシーケンスが87.8% ~ 89.2% でタクソス属に最も近接していたので、新規な属を含むかも知れない(表1)。これは一般的に、属の同定に使用されている閾値レベルよりも高い。(91% ~ 95%) これまでの研究では、シーケンス相同性の高いクローンが、ミツバチの消化管より得られている(図3のクラスターIV)。このことは、我々が結果を証明している。*P. larvae*、*Pasteurellaceae* ファイトタイプと蜜胃 LAB フローラは、相互に影響を及ぼし、数に影響している。事実、ミツバチや幼虫をプロバイオテックスや病原性のない菌に暴露させたりすることで、ミツバチの病原体と闘う試みが実施されてきた。*Lactobacillus* や *Bifidobacterium* 種をプロバイオテックスとして用いると、病原体の攻撃

に対し、生き残ることを助けて、ミツバチの免疫力を高めることがわかっている。ギ酸、乳酸、酢酸が、*Varroa destructor* や *Nosema apis* 等のミツバチの病原体から保護するために養蜂家で広く採用されている。ビフィズス菌が生成するギ酸などの有機酸や、蜜胃中で見つかる LAB が生成する乳酸や酢酸は抗菌性物質で、病原体に対し、ミツバチを保護する上でかなり重要であることを示している。我々の結果は、蜂群に対するプロバイオテックの対処法の発展に貢献が可能である。

得られた知見によると、ミツバチと新規の LAB フローラは、それぞれ、相互に独立して進展するようである。栄養素を入手できる居場所を得て、ミツバチは、有害な微生物から LAB によって保護されている。このことは、パートナーとして共進化しながら、社会性昆虫と微生物種との間には共生が一般的であることが観察されることにより支持される。我々が見いだしたことは、恐らく、新しい研究の道筋の始まりとなり、ミツバチの健康、蜂蜜の生成と保存に関するさらなる多くの知見に到達できることが可能になる。

白石カルシウムの炭酸カルシウム

炭酸
カルシウム
とは?

古くから食品に使用されている安全性・吸収性に優れたカルシウム源です。用途も栄養強化はもちろんのこと、練製品の弾力増強などの品質改良、粉体の流動性向上・固結防止といった加工助剤などその目的は多彩です。

分散性・混合性に優れたものや、飲料用として沈殿を抑制したタイプ等、品揃えております。

一般の栄養強化には「ホホワイトン」

機能を求めるならば「コロカルソ」

飲料用には、スラリー状の「カルエッセン」

詳細につきましては弊社営業担当にお気軽にお尋ねください。

 白石カルシウム株式会社

食品部：東京都千代田区岩本町1-1-8 TEL03-3863-8913
本社：大阪市北区中之島2-2-7 TEL06-6231-8265

ギャバは身近な食材で作れます

渡部 保夫 (WATANABE Yasuo)¹ 菊池 愛依里 (KIKUCHI Airi)²

Key Words: ギャバ (γ アミノ酪酸, GABA), 機能性表示食品, カボチャ, ナス

はじめに

ギャバ (γ アミノ酪酸, GABA) という機能性アミノ酸は、コマーシャルなどでも時折取り上げられている昨今、次第に社会に認知されてきているようである。生物界に広く存在し、安全性の高いこのアミノ酸は、ストレス社会の現在、また、生活習慣病の増加が危惧される現在、重要度はますます高まっている。今回は、ギャバの機能性を再度ご紹介し、加えて、ギャバをたくさん含む食品を手軽に作ることができたので、各種農産物の加工産業において商品の差別化のための一つの方策として考慮していただけにと考え、いくつか事例をご紹介する。

1. ギャバ (γアミノ酪酸) とは

γアミノ酪酸 (ギャバ) とは、グルタミン酸から生体内で脱炭酸反応により生成されるアミノ酸であり、脳内では、興奮抑制性の神経伝達物質である。なお、グルタミン酸は反対に興奮性の神経伝達物質であり、その受容体を介して興奮の伝達をおこなっており、一方、ギャバは、その受容体を介してストレス等に起因する興奮を抑制する働きがある。ギャバは、血液脳関門を通過できるとする説も一部あるようではあるが、一般には脳関門を通過できないとされており、経口摂取したギャバは、人では末梢神経や迷走神経に対して効果を及ぼし、いろいろな機能を発揮することが期待されている^{1,2)}。

2. 機能性食品におけるギャバ

機能性を表示できる食品に、特定保健用食品や機能性表示食品がある。ギャバに関しては、令和元年12月6日現在、特定保健用食品 (再許可等特保を含む) で11件承認されており、すべて「血圧が高めの方に適した食品」であった。機能性表示食品では販売中のもの150件、販売休止中141件、合計296件届出されている。機能性表示食品は、撤回8件を含むが、販売中のもの150件について、「血圧が高めの方」55%、「精神的ストレスを緩和」30%、「睡眠の質の向上」7%、「それら両方」8%という割合であった。ギャバについては、一般社会ではこれらの機能性に魅力があるようで、「睡眠の質の向上」は、最近注目されている機能性である。

ギャバは食品にも含まれるアミノ酸ではあるが、食品添加物としては認められていないので、化学合成品や精製品を食品に添加することはできない。また、ギャバはL-グルタミン酸を基質としたグルタミン酸デカルボキシラーゼ (ギャバ生産酵素) の酵素反応により生成される事はよく知られている³⁾。グルタミン酸は旨味調味料の成分であるので、食品に添加することに何ら問題はない。したがって、グルタミン酸を添加して食品が持つこの酵素の作用でギャバを製造するという加工技術が、ギャバ富化 (強化) のために一般に利用されている。

¹Correspondence author : 愛媛大学大学院農学研究科 e-mail : watanabe@agr.ehime-u.ac.jp, ²愛媛大学農学部 〒790-8566 松山市樽味3丁目5番7号

3. ギャバ強化技術

生物が持つグルタミン酸だけを用いれば、効率よく経済的である。例えば、ギャバロン茶⁴⁾や、ギャバ乳酸菌飲料⁵⁾などであろう。しかしながら、手取り早く大量に製造する方法はやはりグルタミン酸を加える方法である。筆者は、以前、本誌で大麦類のもち麦（ダイシモチ）を用いて簡単に大量にギャバを製造する技術を開発したことをご紹介した^{1, 2, 6, 7)}。再度、概略を述べると、もち麦（ダイシモチ）粒を精白度 10% 程度で精麦後、0.5% グルタミン酸溶液（pH4-6）に浸漬し、室温で一晩保温することで、100 g 当たり 120 mg から 300 mg のギャバを製造できた。雑穀の中にはギャバ生産酵素の補欠分子族である活性型ビタミン B₆（ピリドキサルリン酸）を添加するとギャバを高生産できるものも見出されるが、もち麦はこの化学物質を加えなくてもギャバを高生産するので、ギャバ生産酵素が活性型であると推察された。また、精麦処理により取り除かれたヌカを用いてもギャバが高生産できることもわかった²⁾。これらの技術を用いて、共同研究企業は、「ギャバ〇〇〇」と名付けた商品を開発し販売している。残念ながら、特定保健用食品としても、機能性表示食品としても申請、届出できていない。

また、これ以外に、グルタミン酸を添加していろいろな食材を用いてギャバを強化する研究が行われてきた。すべての研究をフォローしているわけではないが、例えば、きのこを用いて^{8, 9)}、また、いろいろな野菜を用いてギャバを強化する研究などが報告されている¹⁰⁾。なお、本稿でご紹介するカボチャでのギャバ製造について、すでにカボチャ粉碎物にグルタミン酸を添加する方法でギャバを製造したことが報告されている¹¹⁾。

また、ギャバを強化した食品をさらに加工する場合、ギャバの含有量の増減は気になるところである。ギャバの消長についても筆者らは以前ご紹介した^{2, 12)}。概略をまとめると、ギャバは 120℃ 程度の加熱では分解されないが、パン製造においては表面での分解率が高かった。ギャバを加えてヨーグルトを製造した場合、分解は観察されなかった。ビール製造では主発酵では著しく分解消失したが、後発酵では分解されないことが分かった^{2, 12)}。

4. 身近な食材を用いたギャバの製造

上述の通り、ギャバを多く含む食材や、ギャバ生産酵素の活性が高い食材（補欠分子族である活性型ビタミン B₆ を高含有するもの）を用いれば、ギャバを容易に製造することができる。

今回、pH を調節したり、CO₂ センサーでギャバ生産酵素の活性を測定したりしており半実験室的な食品加工操作ではあるが、カボチャとナスを用いてギャバを高含有する食品を製造したので、ご紹介したい。

1) ギャバを多く含むカボチャの煮っ転がし

カボチャの表皮を含むもの、含まないものについて、1 cm 角および 0.5 cm 角に切断したサンプルと、種子も使用した。それぞれのサンプル 16g をフラン瓶（100 mL）に入れ 1%（w/v）L-グルタミン酸溶液（pH 4.5）80 mL に懸濁した。フラン瓶の挿入口の大きさのため、これ以上大きいものは利用できなかった。CO₂ センサー（東興科学研究所 TiN-900N）を挿入し、溶液中の CO₂ 濃度を 30℃ で保温しながら経時的に測定した¹³⁾。なお、L-グルタミン酸からギャバが作られると、副産物として CO₂ が発生し、pH が 5 以下であれば、CO₂ の形で溶存するため、CO₂ センサーでギャバ生産活性を計測できる。カボチャの大きさによる CO₂ の発生量については、小

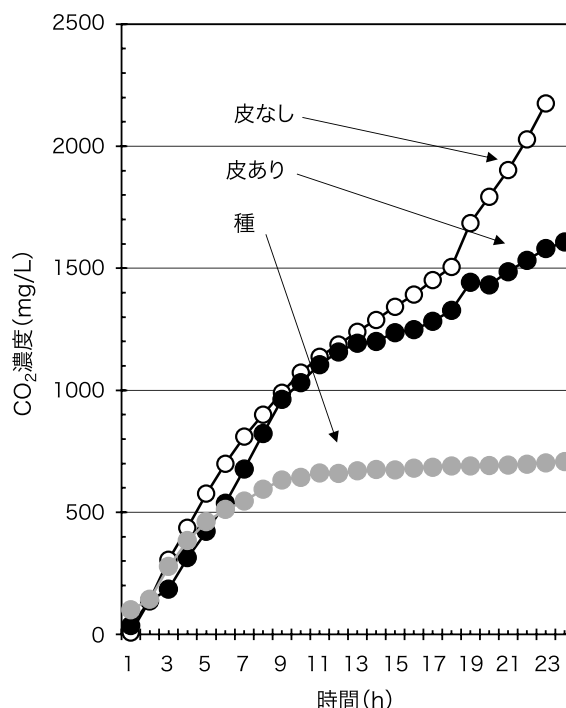


図1 カボチャの部位別 CO₂ 発生量の違い

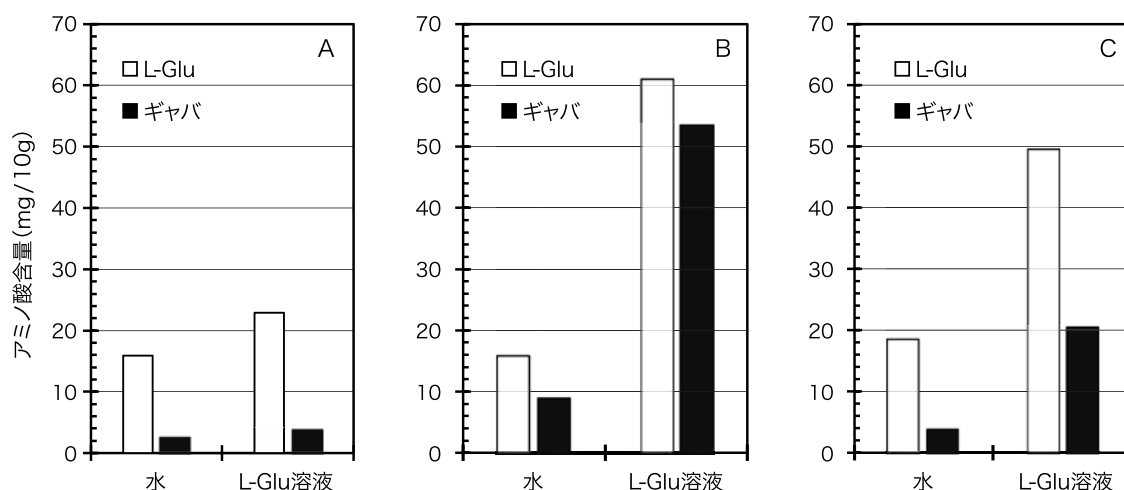


図2 ギャバ強化カボチャの「煮っ転がし」のアミノ酸分析結果
(A: 1% L-Glu, 5cm 角, B: 1% L-Glu, 0.5cm 角, C: 0.5% L-Glu, 1.5cm 角)

さい角の方がCO₂の発生量は大きかった。これは、小さい方が重量当たりの表面積が大きくなるので、酵素と基質との接触効率が良いためであろうと推察された。カボチャ各部位でのCO₂の発生量を測定した結果を図1に示した。種ではCO₂の発生はわずかであったが、皮がついていなくても十分なCO₂の発生を確認し、ギャバの生成が推測できた。

これらの結果に基づき、市販のカボチャを用いてもギャバが高生産されることが分かったので、実際に調味料を加え味付けを行った条件で、「カボチャの煮っ転がし」を作り、ギャバ含量を計測した。5 cm 角に切断したカボチャ 100 g を 1% L- グルタミン酸溶液 (pH 4.5 から 5) 300 mL に浸漬し、30℃ で 24 時間保温した。対象として、水 300 mL に同様に浸漬した。グルタミン酸溶液 (対象は水) を捨てた後、調味料を加えて煮物とした。ギャバ強化処理を行った場合と行っていない場合 (水に浸漬) の煮物サンプルに含まれる L- Glu 量とギャバ量は、既報に述べた方法に従いアミノ酸分析装置を用いて測定した¹⁾。その結果を図2Aに示した。ギャバはもとよりグルタミン酸もほとんど検出できなかった。これは、グルタミン酸溶液中に生成したギャバがカボチャには吸収されないことを示していると推察された。

そこで、次の2つの条件でギャバを生成した後、調味料をくわえ、溶液 (汁) をそのまま煮詰めることでギャバおよびグルタミン酸をカボチャに吸収させることにした。カボチャの大きさを 0.5cm 角と 1.5 cm 角、グルタミン酸濃度を 1% と 0.5% でそれぞれ

実施した。得られた結果を図2に示したが、0.5 cm 角、1% グルタミン酸濃度で行った図2Bでは、煮っ転がし 10 g 当たり 50 mg 以上ギャバが生成されていた。1.5 cm 角、0.5% グルタミン酸濃度 (図2C) では、10 g 当たり 20 mg のギャバが生成された。

味の素のホームページによるとチャーハン 500 g 当たりでは一般に、1 g のグルタミン酸ナトリウム、即ち 0.2% の濃度になるように調味料として加えるようである。今回のカボチャの場合、0.5% グルタミン酸を加えると、その 70% 程度残るので、0.35% グルタミン酸が含まれる計算となり、適量範囲と考える。一方、ギャバは 50 g 煮っ転がしを食べるとすると、100 mg のギャバを摂取できる。睡眠やストレスなどに対する効果を期待するには、1 日当たり 100mg のギャバを摂取するように推奨されており^{14,15)}、昔に比べて推奨量は増加しているように感じているが、製造した煮っ転がしを 50 g 食べれば 1 日の必要量を摂取できる (写真 1A)。

2) ギャバを多く含むナスの浅漬け

ナスを皮付きと皮なし、大きさを 0.5 cm 角と 0.5 cm×4 cm 角のものを 16 g、フラン瓶にいれ、0.5% グルタミン酸溶液 70 mL を加えて、30℃で保温し、経時的に CO₂ 濃度を測定した。皮付きと皮なしの部位に関しては皮なしの方が CO₂ の発生量が多く、大きさに関しては両者で大差なく、ナスの先端、中央、ヘタ近くの部位に関しても大差なかった。

これらの結果に基づき、ギャバを多く含むナスの浅漬けを製造した。この実験では、0.5 cm×4 cm 角



写真1 キャバ強化食品 (A: カボチャの煮っ転がし、B: ナスの浅漬け)

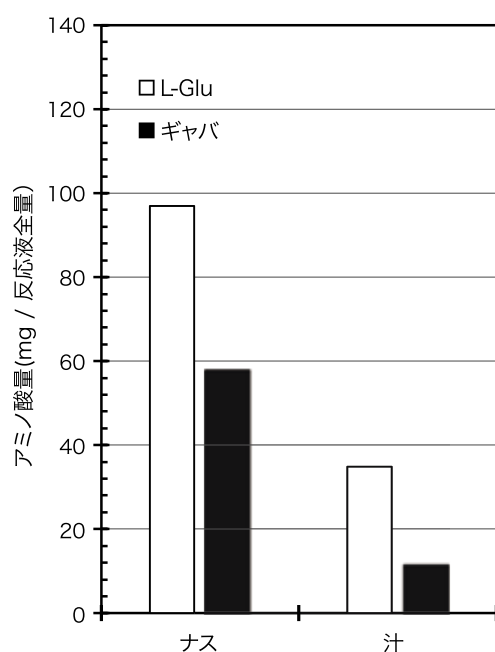


図3 ギャバ強化ナスの浅漬けのアミノ酸分析結果
(0.5% L-Glu, 0.5 × 4cm 角)

のナス 50 g に 0.5% グルタミン酸溶液 50 mL を加えて 30℃ で 15 時間保温し、その後、調味料を加えて「ナスの浅漬け」を作った。製造後のナスおよび汁(液体)のギャバおよびグルタミン酸量を測定した。結果を図3に示した。ナス全体に 60 mg、汁全量に 10 mg のギャバが含まれていた。ナスは多孔性であるので、液体(汁)中で生成したギャバもナスに吸い上げら

れたと推察した。1食でナス 50g 分の浅漬けを食べるのは難しいかもしれないが、1日数回に分けて摂取すれば、50 mg のギャバは摂取できそうである(写真1B)。

今回、カボチャとナスを食材としてギャバを大量に製造、強化することができること、実際に食品へと加工しても十分量のギャバが含まれる食品が製造できることを例証することができた。ギャバの製造の可否については、食材を前もって CO₂ センサーを用いて予備試験を行い、ギャバ生産酵素活性の強いものを選択すれば、大体のギャバ量を推測することができるので、ギャバ製造の失敗は回避できると考えている。

まとめ

ギャバは、血圧降下作用、成長ホルモン分泌促進作用、美白作用、ストレス軽減作用、睡眠の質の改善作用などの機能を有するため¹⁵⁾、これからの高齢化社会、高ストレス社会においては、大変貴重な機能性を有する化学物質である。また、過剰摂取による被害(毒性)も認められないことから¹⁶⁾、ギャバは、安心して推薦できる機能性物質である。いろいろな種類の加工食品がギャバ高含有を特徴として製造販売され、「ギャバ」が一般社会でより一層周知されていくことを期待したい。

参考文献

1. 渡部保夫：もち麦を用いた γ アミノ酪酸の高生産技術（その 1）. *New Food Industry*, **54**(6): 27-34, 2012.
2. 渡部保夫：もち麦を用いた γ アミノ酪酸の高生産技術（その 2）. *New Food Industry*, **54**(7): 38-44, 2012.
3. 今堀和友, 山川民夫（監修）：生化学辞典第 2 版, 東京化学同人, p. 70, 1990.
4. 津志田藤二郎, 松井敏信, 大森正司, 岡本順子：アミノ酪酸を蓄積させた茶の製造とその特徴. *日本農芸化学会誌*, **61**: 817-822, 1987.
5. 喜瀬光男, 青砥弘通：発芽玄米の新製法及び機能性研究米の可能性を追求. *食品工業*, **47**: 65-72, 2004.
6. 渡部保夫, 鳥居枝里子, 大野一仁, 前田耕作：もち麦粒を用いた γ アミノ酪酸の高生産技術. *日本食品科学工学会誌*, **58**: 182-185, 2011.
7. 渡部保夫, 鳥居枝里子, 渡辺誠也, 前田耕作：六条大麦ヌカを用いた γ -アミノ酪酸の高生産の要因. *日本食品科学工学会誌*, **59**: 291-294, 2012.
8. 原田陽, 永井武, 山本美保：ブラウン系統エノキタケによる γ -アミノ酪酸含有素材の作出と血圧降下作用. *日本食品科学工学会誌*, **58**: 446-450, 2011.
9. 原田陽：機能性を富化するきのこの製造技術. 特許番号 5245304 号.
10. 大野一仁, 松長崇, 佐野和男：野菜における γ -アミノ酪酸の蓄積. *愛媛県工業系研究報告*. No. 45, 29-34, 2007.
11. 鶴澤昌好, 奥山智子, 村田真由美, 佐藤良二, 大森正司： γ -アミノ酪酸高含有カボチャ加工品製造とそのラット血圧上昇抑制作用. *日本食品科学工学会誌*, **49**(9): 573-582, 2002.
12. 渡部保夫：愛媛県産六条大麦「はだか麦」の利用拡大を目指した地域連携（その 1）. *New Food Industry*, **55**(7): 36-43, 2013.
13. 渡部保夫, 河田航貴：CO₂ センサーを用いた γ アミノ酪酸製造工程の簡単なモニタリング. *New Food Industry*, **57**(6): 17-24, 2015.
14. アダハム M. アブダウ, S. 東口, K. 堀江, M. 金, H. 八田, H. 堀越：ヒトへのガンマアミノ酪酸（GABA）投与によるリラックスおよび免疫増進効果. *BioFactors*, **26**: 201-208, 2006.
15. 米谷俊：GABA. 機能性食品の安全性ガイドブック, pp. 105-110, サイエンスフォーラム, 2007.
16. 脳代謝促進剤 ガンマロン錠. 医薬品取扱説明書, 日本標準商品分類番号 872199.

新解説

グルテンフリー製品への乳の利用

瀬口 正晴 (SEGUCHI Masaharu)^{1, 2}

竹内 美貴 (TAKEUCHI Miki)³ 中村 智英子 (NAKAMURA Chieko)³

Key Words：グルテンフリー 乳の利用

本論文「新解説 グルテンフリー製品への乳の利用」は“Gluten-Free Cereal Products and Beverages” (Edited by E. K. Arendt and F. D. Bello) 2008 by Academic Press (ELSEVIER) の第 10 章 Dairy-based ingredients by Constantios E. Stathopoulos を翻訳紹介するものである。

基本乳成分

乳成分は、良好な機能的性質と最終製品に付与する栄養成分強化のため、古くから穀物加工品の生産に用いられて来た。また、加工品製造を容易にするために加えられてきた。乳成分は、グルテンフリー製品にも利用され、グルテンの構造タンパク質複合体の代替にされ、セリアック病を持つ人々に対して適したものにするため必要とされるものである。このような乳成分生産の全体像を適切な説明と共に、その利用とグルテンフリーパンの生産時に生じる問題点とともに示す。

紹介

長年にわたって多くの成分が食品産業で用いられて来た。特に乳タンパク質の利用は広く、カゼイン・カゼイネート等の利用は、ベーキング製品、チーズ、チーズ様製造を含む、コーヒークリーマー、アイスクリーム、パスタ製品、発酵乳製品、ホイップトッピング、ミルクタイプ飲料、非ミルクタイプ飲料、菓子製品、スプレッド、肉製品、その他である (Southward, 1989; Mulvihill, 1992; Damodaran, 1997a; Fox and McSweeney, 1998; Mulvihill and Ennis, 2003)。ホエータンパク質の利用は飲料、菓子、デザート、ドレッシング、肉製品、乳製品、新規乳製品があ

る (De Wit, 1989; Mulvihill, 1992; Damodaran 1997a; Mulvihill and Ennis, 2003)。ラクトースはいろいろな乳製品中に用いられ、例えば甘味コンデンスミルク、冷凍乳製品、ミルクとホエー粉、菓子製品、ベビーフード、また、フレーバー強化材、固形防止剤である (Morrissey, 1985; Fox and McSweeney 1998)。

乳成分はその機能性、栄養価、製造しやすさのため広く用いられる。グルテンフリーパン仕込み中でもっとも広く用いられる乳成分がカゼイネート (Lazaridou *et al.*, 2007), スキムミルクパウダー (Moore *et al.*, 2004; McCarthy *et al.*, 2005), ドライミルク (Sanchez *et al.*, 2004), ホエータンパク質濃縮物 (Sanchez *et al.*, 2004), ミルクタンパク質分離物 (Gallagher *et al.*, 2003a) である。

乳成分の生産とその性質；全体的観点

生産

カゼイン

カゼイン、カゼイネート、およびホエータンパク質の生産のスタート物質は、スキム (脱脂) ミルクである。スキムミルクの利用は、乾燥カゼイン製品中の脂質含量が十分低いいため脂質の悪変から生じるフレーバー悪化を最少に確保する。不安定化後、不溶性カゼインは、可溶性ホエータンパク質、ラク

¹ 神戸女子大学, ² 日本穀物科学研究会会長, ³ 神戸女子短期大学

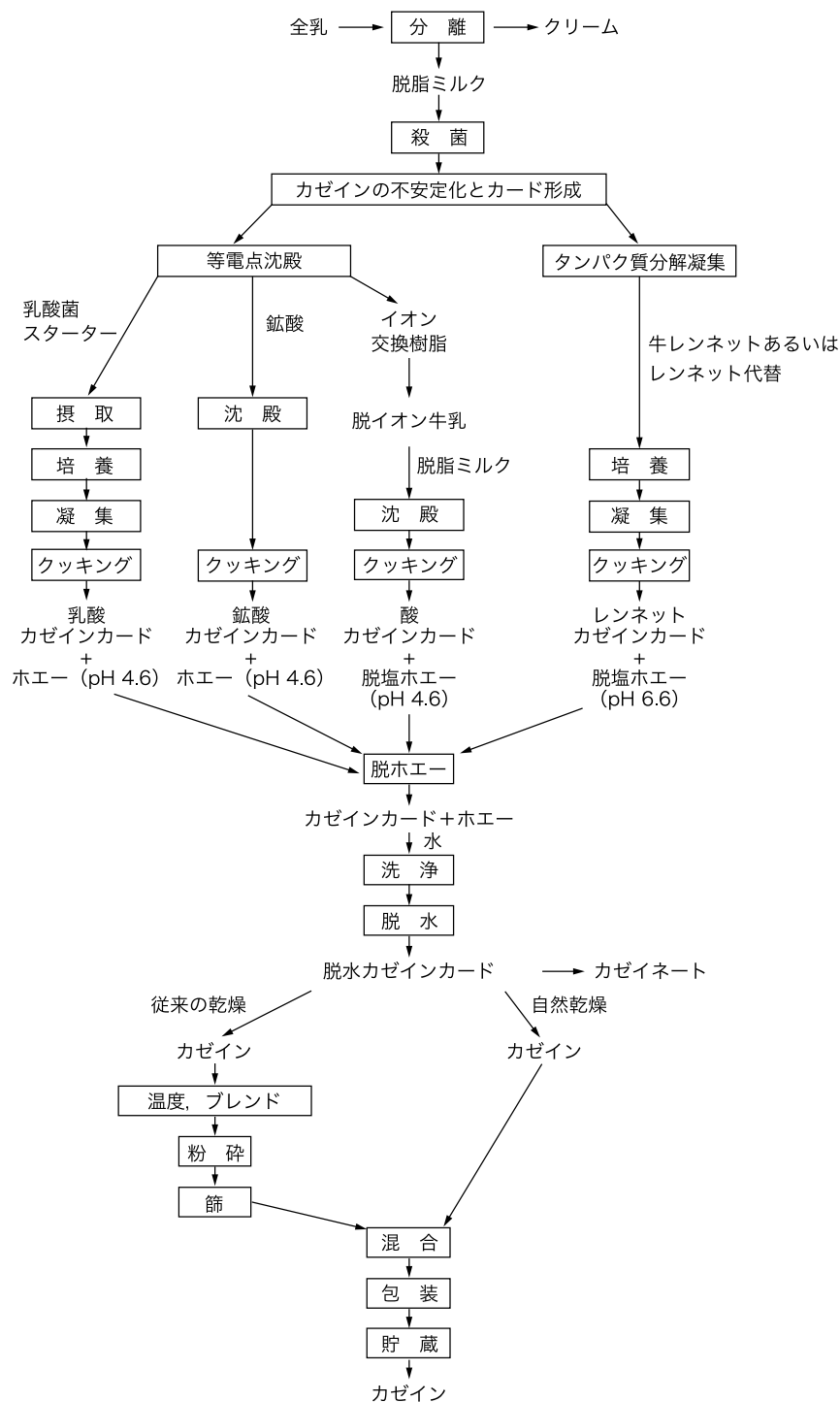


図 10.1 カゼイン生産の全体図 Mulvihill (1989)

トース、塩から分離し、可溶性固形物残渣除去のために洗浄し、乾燥する (Maulvihill,1992;Maubois and Ollivier,1997)。カゼインは非常に多くの方法で生産されるが、しかし産業的には等電点沈殿、あるいはタンパク質分解性凝固の何れかで行う。詳細な生産方法が以下文献でレビューされている (Mulvihill,1989,1992; Maubois and Ollivier, 1997; Fox and McSweeney, 1998; Mulbvihiill and Ennis 2003), その方法を図 10.1 に図示した。

等電点沈殿の間、スキムミルクの pH をカゼインの等電点まで低下する。pH 低下は乳酸菌の培養液添加で行う (ミルク中のラクトースのあるものは乳酸に変化した), あるいは希塩酸あるいは有機酸 (生産された乳酸あるいは酸カゼイン各々) 添加する。ミルクの全てあるいは一部にイオン交換樹脂を入れ、低温度で攪拌してスキムミルクの pH をカゼインの等電点にまで低下できる (Mulvihill,1989; Maubo and Olivier 1997; Lucey and Singh 2003;

Mulvihill and Ennis 2003)。酸カゼインの製造では、希釈塩酸（普通 HCl）を未加熱ミルク（25-30℃）の流れの中に pH4.6 になるまで反対方向から低圧スプレーして沈殿をつくる。その後、蒸気を酸性ミルクに入れて加熱し、約 50℃ の沈殿温度にする（Mulvihill 1992; Maubois and Olilivia 1997; Mulvihill and Ennis 2003）。

乳酸カゼインの製造では、殺菌したスキムミルクに一種あるいはそれ以上のはっきりしたスターターを接種し、22-26℃で 14-16 時間培養する。これらの条件下でスターターはゆっくり乳糖が乳酸に発酵する。ミルクの pH がカゼインの等電点に近づくにつれて、カゼインネットワーク（凝集）ができ、良好な水結合能を示す（Mulvihill, 1992; Fox and McSweeney, 1998）。凝集物を次にコアギュレーションバットから吸い上げて、直接スチームを吹き込んで煮る。

反応カラム中、水素イオン形（H⁺ 形）のカチオン交換樹脂と、低温度下（<10℃）で、スキムミルクを攪拌して、スキムミルクの pH をカゼイン等電点まで低下できる。ミルク中のカチオンは H⁺ で置換され、最終の pH の約 2.2 になる。脱イオン化した酸化ミルクは次に未処理ミルクと混合して最終的には約 4.6 の好ましい沈殿 pH にする。混合物は最終的には直接の蒸気吹き込みによって凝集温度に加熱する（Mulvihill, 1989, 1992; Fox and McSweeney, 1998; Mulvihill and Ennis 2003）。この方法は収量が 3.5% まで増加すると報告され、その結果より低塩濃度でホエーが得られる事も報告された。しかしながら、満足ゆくバクテリア条件下でイオン交換を維持することが困難であること、および大量に生じる溶出液のために、この方法は広くは用いられていない（Maubois and Ollivier, 1997）。タンパク質分解凝集の間、ミルクは選択したタンパク質分解酵素（レンネット）で処理される。凝集したカゼインはレンネットカゼインとして回収される。しかしながら、このやり方では κ -カゼインは加水分解され、レンネットカゼインの性質は酸カゼインとは本質的に異なる（Fox and McSweeney, 1998）。

タンパク質分解凝集はそこで 2 段階加工と述べられている：初めの段階には κ -カゼインからパラ- κ -カゼインとマクロペプチドへの特異的加水分解を含み；一方、次の段階には 20℃以上の温度で

Ca²⁺ によるレンネット変化したカゼインミセルの凝集を含む。この凝集がスキムミルクから生じる時、さらにレンネットカゼインが生じるように進む（乳酸カゼインの生産のような類似のステップが続く）（Mulvihill, 1989, 1992; Hyslop, 2003; Mulvihill and Ennis, 2003）。

カゼインの引き続いての記述は、カゼイン生産の次段階の脱ホエー、洗浄、脱水、乾燥である（図 10.1）。脱ホエー段階の効果は、次の加工のための回収されるホエー容積、洗浄操作効率、最終生産カゼインの品質を決めるのに非常に重要である（Mulvihill, 1989, 1992; Mulvihill and Ennis, 2003）。分離するのに用いる道具は、普通は振動装置、移動装置、あるいはナイロンか、微細ステンレススチールの固定傾斜クリーン、あるいはカスケードのような形状のポリエステル布地の傾斜スクリーンでカードを前後ローリングして傾斜を下らせるものである（Mulvihill, 1989; Mulvihill and Ennis, 2003）。

ホエー成分残渣（ラルトース、ホエータンパク質、塩類）と遊離酸は、脱ホエーカードからそのカード粒子の表面を洗浄し、ある程度除去する；さらにもっと多くはカード粒子内からの拡散で除去する。拡散の速度は、カード粒子のサイズと透過性により、粒子内部と洗浄水間の成分の濃度勾配により、さらに洗浄水の量、温度、移動性によるものである（Mulvihill, 1992）。洗浄が完了すると、カゼインカードは機械的に脱水し、最低量にまで水を蒸発させ、さらに其の後の熱的操作に必要なエネルギー量の最低にする。（Mulvihill, 1992; Mulvihill and Ennis, 2003）。

安定な貯蔵性よい製品を作るため、国際的に認知された食品グレード製品の成分標準に合致するカゼインカードは、水分含量 12% 以下に乾燥されたものである。伝統的に用いられた乾燥装置は半流動化振動タイプであった。このシステム中で、カゼインカードは振動するスチールコンベアにそって進み、一方、暖かい空気は強制的に穴を通し、部分的にカードを液体化し乾燥する。最近、広く用いられている乾燥技術にはニューマチック（空気入りの）リング状のドライヤーを用いている（Kelly and O'Kennedy 1986; Mulvihill and Ennis 2003）。これらのドライヤーは効果的な大きいステンレススチールダクト（リング形）で、そこからの高速加熱空気と湿って崩れた

カゼインカードは連続的に回転している (Mulvihill, 1992; Mulvihill and Ennis 2003)。

乾燥したカゼインがドライヤーから出る時には、比較的各粒子の水分含量はバラバラである。そこで加減するために乾燥したものをブレンドし、最終的には、均一な水分含量にすることが必要である (Mulvihill 1989)。“摩耗”乾燥として知られる乾燥工程は今や広くカゼイン製造に用いられている。このプロセスは1つの操作で粉碎と乾燥に基づくもので、噴霧乾燥カゼインに良く似たカゼイン製造法である (Kelly and O’Kennedy, 1986; Mulvihill and Ennis 2003)。乾燥機は、高速回転、マルチチェンバーローター、そして表面がギザギザのついた固定子からなる。ドライヤー中での、乱流、渦、キャビテーション効果が高度に乾燥効果を示すが、それらが非常に大きな表面積をもつ非常に小さい粒子を作る。

これらの粒子は、同時にドライヤー内を確実にカードとともに通る熱い空気の流れで乾燥する。乾燥したカゼインは非常に細かく全体的に平均粒子サイズは約 100 μ m である。粒子は十分に濡れ性で、分散性があるが、それは形状がバラバラであり多くは素早い乾燥プロセスでできた空泡のためである (Kelly and O’Kennedy, 1986; Mulvihill, 1989, 1992; Mulvihill and Ennis 2003)。

カゼイン生産の新しい方法にはクライオ沈殿、エタノール沈殿、超濾過、高速遠心分離がある (Maubois and Ollivier, 1997; Fox and McSweeney, 1998; Mulvihill and Ennis, 2003)。クライオ沈殿の間、ミルクは-10°Cで凍結する。液相のイオン強度は、付随する [Ca²⁺] 濃度で増加する。リン酸カルシウムの沈殿による水素イオンの放出のため pH は約 5.8 に落ちる。これらの変化は、ミルクが溶ける時に沈殿するカゼインミセルを不安定にする。エタノール沈殿では、ミルク中のカゼインは pH6.6、続いてエタノールを添加すると (約 40% の最終濃度に達し) 凝集する。pH が低下すると安定性は急激に低下し、pH6 で僅か 15% エタノールしか必要としない。

カゼイネート

酸カゼインは水中では不溶だが、ある適切な条件の下でアルカリに溶け、水溶性カゼイネートになると噴霧乾燥あるいはローラー乾燥させることが

できる (Kelly and O’Kennedy, 1986; Mulvihill, 1992; Mulvihill and Ennis, 2003)。Na- カゼイネート、水溶性カゼイネートは食品で最も一般に良く利用され、普通 NaOH で可溶化した酸カゼインから調製する。Towler (1976) は、次のプロトコルを一般の Na- カゼイネートの商業生産に示した；

1. 脱水装置から取り出し、細かくつぶしたカゼインカード (約 45% 固形分) と 40°C の水を混合して、約 25% の固形物のものを作り、コロイドミルを通過の準備をする。カード粒子サイズは、できるだけ小さくしなければならない。
2. Na- カゼイネートは pH6.6-6.8 範囲内にしなければならない。カゼインスラリー中に NaOH を送り込む際、それが 45°C でミルから出る時、好ましい最終カゼイネート pH になる。そのスラリーは歯磨きペースト状の粘度になるように、効率よく NaOH とミキサーで混合し高粘度のものが供給できるようにする。
3. その混合物をバットに移し、混ぜ、加熱されると可溶化する。スラリーを続いて再循環されるか、あるいは2回目のバットに入れ溶液温度を約 75°C に上昇させて完全に可溶化する。インライン pH メーターを利用し、加えるべき正確な NaOH 量を示すか、あるいはさらに多少調製が必要かどうか示す。
4. 熱交換機 (温度を約 95°C に増加) を通し、カゼイネート溶液をポンプでバランスタンクに入れる。必要あれば、再びインライン pH メーターで NaOH をさらに添加しコントロールする。
5. バランスタンクから溶液をポンプで噴霧乾燥にかけ、その際、熱水 (粘度をコントロールするため) 添加をインライン粘度計で調製し、ドライヤー中の溶液が十分に霧化しているかどうかを確認する。

他のカゼイネート、例えばカルシウム、アンモニウム、カリウム、あるいはクエン酸カゼイネートもまた製造される。カルシウムカゼイネートは、最初に“ソフト”カゼインカードミキサーに通し、均一な粒子サイズを得る。粒子は次に水と混ぜ、約 25% 全固形にする。混合物はコロイドミルを通し、温度 35-40°C の粉碎スラリーにする。これを次に容積測定した Ca (OH)₂ と混ぜて、スラリーの好ま

しい最終 pH を得る。混合物を変化が完全にすすむまで低温コンバージョンタンク中で (>10 分) 混ぜ、再循環する。最後に分散物をチューブ熱交換機で 70°C に加熱し、ポンプで直接噴霧乾燥機中に入れる (Roepert,1977; Mulvihill,1992; Mulvihill and Ennis 2003)。アンモニアカゼイネートは Na カゼイネート製造に用いる類似方法でやるが、NH₄OH あるいは KOH を NaOH の代わりに用いる。粒状アンモニアカゼイネートは、乾燥酸カゼインをアンモニアガスにさらし、続いて流動床脱気システム中で過剰のアンモニアを水蒸気で除去して調製する (Mulvihill, 1989)。クエン酸カゼイネートは、同じやり方で NaOH の代わりクエン酸トリナトリウムとクエン酸三カリウムの混合物を用いて行う。(Mulvihill, 1992; Mulvihill and Ennis, 2003)。

ホエータンパク質の製造

約 20% の牛ミルクタンパク質は、一般にホエータンパク質と述べられるタンパク質グループに入る。ホエータンパク質のグループは、簡単にミルクからカゼイン調製に述べられる方法で調製される (Roberts, 1985; Fox and McSweeney, 1998)。

ホエーとホエータンパク質に富む溶液は、一般に最低温度と保持時間で殺菌され、そして最低の微生物的、物理化学的なタンパク質とホエー成分劣化の低温保持し、最終製品の機能、組織的性質の悪変を最少に抑える (Mulvihill 1992)。ホエーおよびホエイタンパク質に富む区分は、広くレビューされている (Huginin,1985; Kelly and O'Kennedy,1986; Morr,1989; Mulvihill 1992; Maubois and Ollivier; 1997; Mulvihill and Ennis 2003)。商業スケールでホエータンパク質製品は調製されている (Fox and McSweeney, 1998) ;

1. 酸あるいはレンネットホエイの限外濾過 / 透析濾過は、ラクトースのいろいろな量を除去し、噴霧乾燥はホエータンパク質濃縮物 (30-80% タンパク質) を作る。
2. イオン交換クロマトグラフィー：タンパク質はイオン交換体に吸着され、遊離の乳糖、塩、を洗浄し、そして pH 調製で溶出される。溶出物は超遠心で塩を除去し、噴霧乾燥で分離したホエータンパク質を得る (約 95% タンパク質)。
3. 電気泳動、あるいはイオン交換で脱ミネラル化

し、水を熱蒸発しラクトースの結晶化をする。

4. 熱変性し、濾過・遠心分離により沈殿したタンパク質の回収し、噴霧乾燥してラクトアルブミンを得て、それは非常に低い溶解性で機能性に制限がある。

共沈殿

ミルクの酸性化、あるいはレンニン化でカゼインの沈殿化に続いて、ホエータンパク質はホエー中に可溶化してとどまる。しかしながらこれらはカゼインとコンビネーションで沈殿する事ができ、初めにミルクをホエータンパク質の変性する温度まで加熱し、それらのカゼインとの複合体を作るのである。そこで、ミルクタンパク質複合体は pH4.6 に酸性化する事で沈殿されるか、あるいはさらに CaCl₂ の添加と酸性化のコンビネーションによって沈殿する (Mulvihill 1989,1992; Fox and McSweeney,1998; Mulvihill and Ennis 2003)。

ミルクタンパク質濃縮

スキムミルクは直接、限外濾過 / 透析濾過によってミルクタンパク質濃縮物を作ることができ、そこにはタンパク質含量約 80% となり (Vetter,1985; Maubois and Olivier 1997; Kelly *et al.*, 2003), さらにその中にはカゼインはミルクで見られた同じミセル構造で存在し、一方ホエータンパク質も、天然の形で存在すると報告される。これらのものは比較的高い灰分含量であり、そこにはタンパク質—結合ミネラルが保持されている。(Mulvihill, 1992; Kelly *et al.*, 2003)。

乳成分の性質

乳タンパク質は食品科学者に広い品種の製品で利用されている。これらの加工品は簡単に乾燥、液体あるいはコンデンスした形で利用され、それはユーザーのニーズに応じてあるいはハンドリング能に応じて作られる。一般に、選択された乳タンパク質加工品は、機能的に考慮したものとコスト効果の両方に影響する (Stahel 1983; Tow 1985; Mannie 1999)。

溶解性

カゼインの典型的な溶解性 /pH プロフィールは、カゼインの酸性形の等電点 pH に近い所で完全に不

溶化を示す (Roberts,1985; Fox and McSweeney1998; Mulvihill and Ennis, 2003), 一方, pH が >5.5 ではカゼインは (Na, K, あるいは NH_3) カチオン塩になり, 完全に可溶化する (Mulvihill,1992)。等電点での不溶性は, 明らかに酸カゼインの製品では長所であり, 2つの大きな乳製品のグループで利用されている (例えば発酵ミルクとフレッシュチーズ) (Fox and McSweeney,1998)。Na, K カゼイネートは, Ca カゼイネートに比べ可溶性と機能性に改良を示す。

これはおそらく2価のカチオンの架橋に基づくCa カゼイネート会合のより大きなサイズと強い相互作用に基づくためであろう。Na, K カゼイネートは, pH が 5.5 以上の値で完全に水に溶け, 一方, Ca カゼイネートは, 溶液より安定なコロイド分散の形をとる (Kelly and O'Kennedy, 1986)。より知られている事は, ホエータンパク質の溶解性は pH とイオン強度の両方の機能である (De Wit 1989; Cayot and Lorient, 1997)。天然の立体構造のため, ホエータンパク質は食品に応用できる全 pH 範囲, 低イオン強度で可溶化する (Claypool,1985)。未変性形で, ホエータンパク質は僅かに水一結合能を示す (Hugumin, 1985; Cayot and Lorient, 1997)。しかしながら球状タンパク質であるので, 高塩濃度では塩析されその溶解性は低下する (Mulvihill, 1992)。ホエータンパク質の溶解性は 70°C 以上, pH は 4.0-6.5 の加熱処理でこわされ, ホエータンパク質の起泡性, 乳化性に深刻な結果を与える (De Wit 1989; Cayot and Lorient, 1997)。

共沈殿物の溶解性は, pH, 攪拌, 混合時間, それから, 力, 温度, 粒子サイズ, カゼイン製品濃度が, 他の物質 (例えば可溶の塩) の存在同様, 非常に大きく影響する。共沈殿物の溶解性は, 一般に pH 範囲が 6 から 10 と考えられる。しかしながら共沈殿物は pH2-3 の酸性で溶ける事も明らかなことである (Southward and Goldman,1975)。一般に共沈殿物の全てのグレードで, pH7 でナトリウムカゼイネートよりも共沈殿の可溶性は低く, 不溶性区分は主にホエータンパク質の変性区分であり, 共沈殿物の 4-15% を示す (Southward and Goldman 1975; Kelly and O'Kennedy, 1986)。

熱安定性

Na, K, アンモニウムカゼイネートは非常に熱安

定である。Mulvihill (1992) が述べるように, ある 3% (w/v) Na カゼイネート溶液は pH7.0 で 140°C, 60 分間凝集せずに加熱できた。しかしながら Ca カゼイネートは, 熱安定性はずっと低く, 1% (w/v) 分散液ゲルを 50-60°C 加熱したものですらそうである。ホエータンパク質は 70°C 以上の高温で変性の感受性を示す。ホエータンパク質の熱変性感受性は, 例えば pH, Ca_2^+ , タンパク質濃度, 砂糖の存在といったファクターで影響される (Mulvihill and Fox 1989; Mulvihill,1992; Fox and McSweeney 1998; Singh and Havea, 2003)。加熱した時, タンパク質球の 3 次構造を形成する結合が破壊され, タンパク質分子のほぐれが生じ, 新しいタンパク質間相互作用ができる。溶解性の損失は 1 つの機能性変化であり, タンパク質の変性に続いて起こる (Hugunin1985; Cayot and Lorient,1997)。

ゲル化と凝集

ミルクタンパク質はゲル化をおこし, 殆どの場合, カゼインが含まれる成分である (Mulvihill and Fox 1989; Mulvihill,1992)。ゲル化あるいは凝集は, ミルクが酸性プロテアーゼで限界加水分解された時に起こり, ミセル安定化 κ -カゼインを加水分解し, パラ κ -カゼインを含むミセルを作り, それがミルクセラム中 Ca_2^+ 濃度で凝集する (Mulvihill,1992; Lucey and Singh, 2003)。酸によるゲル化は発酵ミルク, 酸チーズ, 酸カゼイン製造に利用される。濃縮した Ca カゼイネート分散液 (>15% タンパク質) は 50-60°C の加熱でゲル化する。ゲル化温度はタンパク質濃度が増える (20% まで) に伴って上昇し, pH はそのとき 5.2-6.0 範囲内である。ゲルは冷えるとゆっくり溶けるが加熱で元にもどる。カルシウムカゼイネートは, 可逆的熱ゲル化の性質を示す唯一のミルクタンパク質系系である (Mulvihill and Fox 1989, Mulvihill,1992), さらに κ -カゼインが主に関係ある成分のようである。疎水結合が関与すると思われる (Mulvihill and Fox,1989)。カゼインは明らかに加熱安定で, 極端にきつい条件以外は熱的にゲル化しない。

可溶性ホエータンパク質に富む製品が作られるときには熱感受性は好ましくない。しかしながらこの性質はホエータンパク質から熱ゲル生産に利用され, それは良質な熱ゲルの性質である (Mulvihill

and Fox, 1989; Mulvihill, 1992; Singh and Havea, 2003)。β-ラクトグロブリンは、熱ゲル化の観点から最も重要なホエータンパク質と考えられており、牛血清アルブミンやイミノグロブリンもまた加熱で安定なゲルを作ると考えられている (De Wit 1989; Mulvihill and Fox 1989; Cayot and Lorient 1997; Singh and Havea 2003)。ホエータンパク質濃縮物やゲル化能の範囲内での分離物は、製造中のホエータイプの選択、あるいは加工条件の変化で作られる (Mulvihill and Fox 1989; Mulvihill 1992; Carr *et al.*, 2003)。20°Cでゲル化することからホエータンパク質濃縮物を作る事が可能である事が示されたが、ゲル化温度範囲は 50-90°Cの範囲である (Kelly and O'Kennedy, 1986)。

水和

乳タンパク質の機能食品応用の多くは水和能に基づくものであり、それは結合水あるいはトラップ水によるものである。一般的性質“水和”，そこには溶解性，分解性，分散性，湿り度，水の吸収，膨潤，濁りやすさ，ゲル化，レオロジー的性質，水保持能，離液，ドウ形成能がある (Mulvihill and Fox, 1989)。離水せずに水と結合，そして水の保持は，多くの食品で重要である。カゼインは比較的疎水的で，高，中，低疎水域をもち，高い負チャージ，高い陽チャージ，あるいは低いネットチャージ (Carr *et al.*, 2003) をもつが，それらは約水 2g/g で，それはタンパク質の典型である (Fox and McSweeney, 1998)。タンパク質の水和のレベルは，利用される水レベルにより強く影響され，一般的に言える事は，水和の程度はタンパク質が露出している周辺の相対湿度に関係あるということである (Mulvihill 1992)。水和は pH 増加で増加し，相対的には NaCl 濃度には関係なく，特に肉ベースのアプリケーション中のカゼインの効能に重要である (Fox and McSweeney, 1998)。結合水の相対湿度に対するプロットは水の等温吸湿曲線を示すが，それはタンパク質の水分吸着，あるいは水和の特徴に関する有用な情報を与える。Na カゼイネート，酸—カゼイン，ミセルカゼインの等温吸湿曲線は，酸カゼインの水和がミセルカゼインのそれより高いことを示し，そして $aw > 0.6$ の時，ずっと大きい違いとなる。高 aw での Na カゼイネートの高水和値は，膨潤と溶解性を示す (Mulvihill, 1992)。Na カゼイネートの水保持能は，

Ca カゼイネートやミセルカゼインの両方のそれより高い (Fox and McSweeney, 1998)。濃縮 Na カゼイネート成分の小，大変形特性への分散粒子の影響が最近調べられ，Na カゼイネートの両親媒性の性質が示された (Manski *et al.*, 2007)。粉ドウ混合物中の共沈殿物の水吸収性が研究され，一般に不溶性の共沈殿物は可溶性物質よりも低い水吸収値であった (Southward and Goldman, 1975)。

粘度

水和，膨潤，ポリマー—ポリマー相互作用のため，濃度 15% 以上でカゼイネートは高度の粘度溶液となり，20% タンパク質以上含有溶液では高温下でも粘度は非常に高くなり加工しにくくなる (Mulvihill and Fox, 1989; Mulvihill, 1992)。カゼイン / カゼイネートの粘度への溶液条件の効果は微妙である。Na- カゼイネートの粘度は強く pH に依存し，pH 7.0 で最少である (Mulvihill, 1992)。アンモニアカゼイネートは Na カゼイネートよりも pH 6-8.5 の間でより粘性である (Mulvihill and Fox 1989)。Na カゼイネートと比較すると，カルシウムカゼイネートは同じ濃度，pH ではより低い粘度を示す。その理由は，Ca カゼイネート粒子の Ca カゼイネート分散液中での構造と，Na カゼイネート溶液中の Na- カゼイネート会合体との間の違いにある (Carr *et al.*, 2003)。

いろいろな製造条件もまたカゼイン / カゼイネートの粘度に影響する。カゼイン製造の前に過剰のミルクへの加熱をすると，あるいは乾燥中カゼインカードの過剰加熱をすると，このカゼインから調製したカゼイネートの粘度は増加する。正常の pH 値より低い pH で沈殿させると (例えば 3.8)，さらに特に高い pH 値 (例えば 5.05) でもまたカゼイネートの粘度は増加し，一方ローラー乾燥のカゼイネートの粘度はまた，噴霧乾燥したカゼイネートのそれよりは高い (Mulvihill and Fox 1989; Mulvihill, 1992; Carr *et al.*, 2003)。可溶化したこれまでの共沈殿物は Na カゼイネートより粘度が高い，さらにそれらの粘度は Ca 濃度が増加するにともなって増加する。

低 Ca 共沈殿物は，酸カゼインのそれに類似の粘度であり，一方，中間，および高カルシウム共沈殿物の粘度は，相対的に pH が約 7.0 以上のときに高い (Southward and Goldman, 1975)。全ミルクタンパ

ク質の溶液は、Na- カゼイネートとこれまでの共沈殿物のそれらの間の粘度を示す (Mulvihill, 1992)。カゼイネートの粘度は、明らかに SS 還元および SH- 阻害剤処理で低下する。しかしながら用いた試薬のため、それらのカゼイネートは食品産業でちょっと興味が抱かれるだけだろう (Mulvihill and Fox, 1989)。コンパクトな球状構造系のため (Carr *et al.*, 2003), 未変性ホエータンパク質溶液は、カゼイネート溶液よりずっと粘度は低い。それらは最少の粘度を等電点 (pH4.5) 付近で示し、水に関してそれらの粘度は 30-65°C で低下し、タンパク質変性により増加する (Mulvihill and Fox 1989; Mulvihill 1992; Carr *et al.*, 2003)。85°C 以上でさらなる粘度上昇が、タンパク質会合結果で見られる (De Wit, 1989)。

加熱変性ホエータンパク質は、その二次構造の殆どは保持するが、共に結合して、変性と測定中の状況により、天然の球状タンパク質の普通に見られるホエータンパク質では 1g タンパク質当たり 0.2g の水なのに比べて、タンパク質 1g 当たり 10g 以上の水を受け取ることができる (Carr *et al.*, 2003)。25-40% の全固形物範囲のホエー濃縮物粘度は、強くホエーの成分と加熱前処理に依存する。さらに食品加工では、タンパク質溶液はしばしば高程度の剪断と極端な温度にさらされる (Carr *et al.*, 2003)。変性したホエータンパク質の分散に働く剪断は、大きな会合体を破壊し、粘度の低下になる (De Wit, 1989)。

乳化—起泡

可溶性カゼイネートは、会合カゼインよりも乳化力がずっと大きく、会合カゼインはより高い粘度をもつ乳化物を与える (Mulvihill and Fox 1989, Dagleish, 1997)。一般にカゼイネートは、ホエータンパク質濃縮物よりもはるかに乳化的性質が大きく、それは多分露出された疎水性と親水性域間のより好ましいバランスのためであり、それらに界面活性剤の様な性質を与える (Kelly and O'Kennedy, 1986; Kelly *et al.*, 2003)。乳化の間、カゼイネートはホエータンパク質濃縮物とは全く違う様に働く。乳化物形成の間、カゼイネートタンパク質は新しい表面が形成される際バルク相から吸収され続けるが、一方、ホエータンパク質濃縮物では、バルク溶液からのさらに新たに吸着して表面を形成するより優先して、既に吸収されているタンパク質が、表面上に広

がり、あるいはほどけて広がる (Mulvihill and Fox 1989; Dagleish, 1977)。最も関連的要因でホエータンパク質の乳化力に影響するものは、タンパク質濃度、タンパク質溶解性、pH、塩、他の溶質の存在、温度である (De Wit, 1989; Cayot and Lorient, 1997)。

ホエータンパク質濃縮物系中のオイルの均質化は、ホエータンパク質濃度が 10 倍まで増加する時に油滴サイズを低下する。ホエータンパク質のオイル/水乳化を安定化する力は、特に水相のイオン強度、pH により影響されるようだ。明らかに等電点付近での静電的相互作用は、タンパク質会合に関係あり、その結果、タンパク質は柔軟性が弱く、そこでしっかりした界面膜を作りにくくなる (De Wit, 1989; Mulvihill and Fox, 1989; Cayot and Lorient, 1997)。乳化プロセスの際 (pI の外)、塩の存在はその構造と溶解性に影響する事で恐らくホエータンパク質の乳化活性に影響を与えるであろう。温度は別の要因でホエータンパク質の乳化力に影響する。特に、新たにできた表面に拡散するスピードは吸着と解散のスピード同様、温度増加にともなって増加する (De Wit 1989; Cayot and Lorient, 1997)。

泡はコロイドシステムと定義でき、そこでは空気泡が水連続相に分散している (Damodaran, 1997b)。タンパク質ベースの泡の形成に対する不可欠なものは、タンパク質の空気—水界面への素早い拡散であり、それは表面張力を低下し、続いてタンパク質の部分的ほぐれによる (De Wit, 1989)。最も重要なタンパク質の起泡性は、泡容積 (% オーバーラン) と泡安定性である。最適タンパク質濃度とホイッピングタイムでは、Na と Ca カゼイネート両方はホエータンパク質濃縮物より高いオーバーランを与えた (Mulvihill and Fox, 1989)。Southward と Goldman (1978) は、Na- カゼイネートは僅かに卵アルブミンより低いオーバーラン値を示したがしかし Na カゼイネートの泡は安定性がわずかに低かったと報告した。安定性は砂糖添加で増加した。工業的に調製されたホエータンパク質製品のホイッピング性は幾つかのファクターで影響される。最もそれらに関係のあるものは：ホエータンパク質の濃度と状態、pH、イオン状況、加熱 (前) 処理と脂質の影響。ホエータンパク質濃度が増加するに連れて、泡は濃くなり、より均一で細かなテクスチャを与える空気泡になる。

一般にオーバーラン（泡容積マイナス初期溶液容積）はタンパク質濃度で大きくなり、最大値になったあと再び低下する（De Wit 1989）。実際には、カゼインは非常に良い乳化材で、簡単に起泡するが一方、できた泡は安定性が非常に低い（Mulvihill, 1992; Fox and McSweeney, 1998）。2つの泡の巨視的過程は、タンパク質安定化泡の安定性、ラメラからの液体排水スピード、およびフィルム破裂に影響する。これら2つの過程のスピードは、タンパク質膜の物理的性質とラメラ自体の物理性にに基づくものである（Damodaran, 1997b）。Cayot and Lorient (1997)は、また泡安定性の改良が密着膜形成のタンパク質の能力に関係する事を示した。タンパク質のポリペプチド鎖の柔軟性は、泡生成に不可欠であるが、逆に泡安定性には悪い効果である。事実、泡をうまくたて、泡を安定化するため、タンパク質にとり、空気/水界面で柔軟性と堅牢さの適当なバランスを示す事が大切である（Damodaran, 1997b）。

Southward and Goldman (1978) は、可溶性の高—、および中—Ca 共沈殿物両方が良い乳化—安定化の性質を示す事を見出した。可溶性酸共沈殿物は、調べた共沈殿のものの中でも最も低い安定能をもち、しかしそれは市販のNaカゼイネートとはうまく比較できた。さらに、全ての共沈殿物はそれだけで泡だてた時、あるいは砂糖と泡だてた時、相当するNaカゼイネートの泡よりも大きな泡容積と安定性を示した（Southward and Goldman, 1978）。

グルテンフリー食品への乳成分の応用

グルテンの置換は、大きな技術的な挑戦であるが、グルテンは不可欠な構造形成タンパク質であり、多くの焼き物製品の、外観や、クラム構造に寄与するためである（Gallagher *et al.*, 2004; Lazaridou *et al.*, 2007）。非常に多くの研究技術が基本的なメカニカル/レオロジカルなグルテンの性質の理解に開発され、そこには小、大の変形試験、温度、繰り返しスweep、泡膨張、顕微鏡、さらにそれ以上がある（Schofield *et al.*, 1984; Weegels *et al.*, 1994; Dobraszezyk and Roberts, 1994; Guerrieri *et al.*, 1996; Janssen *et al.*, 1996; Stathopoulos *et al.*, 2000, 2001; Toufeili *et al.*, 2002; Dobraszezyk and Morgenstern, 2003; Dobraszezyk, 2004; Li *et al.*, 2004; Stathopoulos *et al.*, 2006, 2007）。グルテンフリー焼き物製品の

レオロジーに関する研究が最近行われ（Gallagher *et al.*, 2003a, 2003b, 2004; Schober *et al.*, 2003; Moore *et al.*, 2004, 2006; Sanchez *et al.*, 2004; McCarthy *et al.*, 2005; Lazaridou *et al.*, 2007）、この分野は素早く進んだ。長年にわたって、多くのプロジェクトはグルテン置換よりむしろ乳製品による小麦粉の強化/供給のために行われて来た（Stahel, 1983; Harper and Zadow, 1984; Dubois and Dreese, 1985; Tow, 1985; Gelinas *et al.*, 1995; Erdogdu *et al.*, 1995a, 1995b; Erdogdu-Arnoczky *et al.*, 1996; Mann, 1996; Mannie and Asp, 1999; Kenny *et al.*, 2000, 2001; O'Brien *et al.*, 2000; Growley *et al.*, 2002; Singh *et al.*, 2003; Gallagher *et al.*, 2005; Esteller *et al.*, 2006）。他成分（この本その他章でレビューされる）もグルテンに置き換えに用いられるが、そこにはデンプン、ガム、ハイドロコロイドが食物繊維同様に含まれる。

2-3年前までは信じられなかったが、それらの性質のためミルクタンパク質がベーカリー製品中グルテン代替えに用いる事ができたことである。しかしながら、栄養的供給、それらの機能的効果としての利用は受け入れられていた（Mulvihill, 1992; Hambraeus and Lonnerdal, 2003）。栄養的価値はCa、タンパク質含量の増加を含み、不可欠アミノ酸供給も同様に含む（例えばリジン、メチオニン、トリプトファン）（Kenny *et al.*, 2000）。最近グルテンフリーパン仕込みに乳製品の添加が一般的な事として行われてきたが、水分吸収増加とバターのハンドリング性質の強化目的で有る（Gallagher *et al.*, 2004）。さらに栄養的価値および水吸収増加に加えて、老化速度の低下、クラスト色の増加が多少乳製品の製パン性における長所である（Stahel *et al.*, 1983; Harper and Zadow, 1984; Dubois and Dreese 1985; Tow 1985; Cocup and Sanderson, 1987; Gelinas *et al.*, 1995; Mann, 1996; Mannie and Asp, 1999; Kenny *et al.*, 2000; O'Brien *et al.*, 2000; Crowley *et al.*, 2002; Esteller *et al.*, 2006）。

Gallagher *et al.*, (2003b) はグルテンフリーパン仕込みに7種の乳粉を応用した。一般に高タンパク質/低ラクトース含量（例えばNaカゼイネートと分離ミルクタンパク質）の粉を添加すると、しっかりとしたクラムテクスチャーと同様パンでは全体的な形、容積に改良が起こった。パンはまた、良好な概観（白いクラム、褐色のクラスト）と官能的に点数

の高いものであった。粉と添加物レベルによってパン容積の相違が観察された。乳粉の含有はパン容積を約6%まで減らし、これまでのデーターをはっきりさせた (Gelinas *et al.*, 1995; Erdogdu-Arnoczky *et al.*, 1996)。しかしながら甘いホエー, Na カゼイネート, ミルクタンパク質分離物の含有レベルを挙げると, パン容積は増加した。反対の効果は認められたのは, 脱塩ホエー, フレッシュミルク固形物, スキムミルク粉を用いた時である。全体的にこの仕事は, 乳製品の応用がパン容積への悪い効果は別として, コントロール仕込みよりもパネリストにアピールする製品を与えることができることを明らかにした (Gallagher *et al.*, 2003a)。

RSM (応答曲面法) が, 最近最適の乾燥ミルクとホエータンパク質濃縮物のグルテンフリーパン仕込みの決定を得るために用いられた。7.5% 大豆粉, 7.8% 乾燥ミルクをこれまで進めて来た仕込みに添加すると, タンパク質含量1から7.3%に増加し, 僅かだが結果としてパンへ官能品質を修飾した (Sanchez *et al.*, 2004)。米粉, ポテトデンプン, 脱脂ミルク粉を含むグルテンフリーパン仕込み中, RSMで最適の水, ハイドロプロピルメチルセルロース (HPMC) 量が用いられた (McCarthy *et al.*, 2005)。

ベーカリーおよびグルテンフリー製品に乳成分を用いるもう一つの重要な意義は, シェルフライフを伸ばす点である (Mannie and Asp 1999; Kenny *et al.*, 2000)。Gallagher *et al.*, (2003b) は, ミルク粉添加がグルテンフリーパンの中間期, 長期のシェルフライフへの老化プロファイルの仕込みをテストするために一定の変更された大気下に放置して評価した。彼らは分離したミルクタンパク質添加で, パン容積を増やし, 見た目のよい, しかも受け入れられるパンを作り, 最終的には老化速度の変化しないパンを作れることを見出した。最近, Moore *et al.*, (2004) は2レシピを用いてグルテンフリーパンのテクスチャ研究の仕事をし, その1つは37.5% (乾物) スキンミルク粉を入れたレシピであった。結果は, 市販に利用されているグルテンフリー粉を用いて得たものと, 普通の小麦パンで得たものを比較した。

ベーキング試験は, コムギパンと市販利用されているミックスとは, はっきりパン容積の違いが大きかったが, 一方全てのグルテンフリーパンには2日貯蔵後苦みがあった。しかしながらこの変化は

スキムミルク粉を入れると少なく, このことは乳製品添加でプラスの効果のあることを示した。共鳴レーザー走査型顕微鏡を用いたところ, 乳製品ベースのグルテンフリーパンのネットワーク構造に, 小麦パンクラムのグルテンネットワークに似たものが含まれていることが示された。Na カゼイネートと異なるハイドロコロイドとのコンビネーションの効果が最近研究された (Lazaridou *et al.*, 2007)。そのパン品質への影響のタイプと程度は, 用いた特異的ハイドロコロイドとその添加レベルによるものであった。

グルテンフリー穀物製品中の乳製品の取り込みの問題

最近多くのグルテンフリーパンがマーケットにでているが, 貧弱な品質とフレーバーであり, 多くのものは乾燥してもろいテクスチャである (Gallagher *et al.*, 2003a, 2004; McCarthy *et al.*, 2005)。グルテンは製パン時の“構造”タンパク質と考えられ, その欠除は時にはベーキングの前, ドウよりも液状バターとなる。多くのグルテンフリー製パンはもろいテクスチャ, 色が貧弱で焼いた後の他の品質にも欠点有る (Gallagher *et al.*, 2004; McCarthy *et al.*, 2005)。グルテンは泡として広いタンパク質のネットワークを作り, ドウ中での水の移動をゆっくりすすめ, クラム構造を柔らかく保つ (Gan *et al.*, 1995; Gallagher *et al.*, 2003a)。グルテンフリーバター中では, グルテンがないのでクラムからクラストへの水の移動の増加が起こり, その結果よりかたいクラムと柔らかいクラストになる (Gallagher *et al.*, 2003a)。グルテンフリーパンのさらに問題点は, クラスト色がより明るくなることである (Gallagher and Gormley, 2002)。最近乳粉の混入がクラスト色を暗くするのが, 多分メーラード褐変とカラメル化反応によるためであろうと示された (Gallagher *et al.*, 2003a)。しかしながら殆ど各ミルク区分はパン容積を寂しいものにするものだが (Harper and Zadow 1984; Erdogdu-Arnoczky *et al.*, 1996; Kenny *et al.*, 2000; Singh *et al.*, 2003; Esteller *et al.*, 2006), ここで重要な事は乳成分の適当量を決める事であり, それが色を濃くするが最終のパンの容積を減らす事無く色を濃くできる。

グルテンフリー仕込みで乳製品をベースに改良する時, 考慮せねばならない重要な面は, 粉中の乳糖含量である。セリアック病の人々は, 乳糖不耐性で

あると報告されていて、そのため高乳糖含量の製品は彼らにとって適していないが、それは絨毛で作られるラクターゼ酵素が無いためである (Ortolani and Pastorello 1997; Gallagher *et al.*, 2004; Moore *et al.*, 2004)。グルテンフリー仕込みに関与するもう一つの問題は、選択されたデンプン源である。いろいろな乳製品のタイプの如何に関係なくグルテンフリーレシピに用いられるデンプンは、小麦デンプンである。それらには当然グルテン、グリアジンを含まない。しかしグリアジンを完全に除去するのは非常に難しく、アレルゲンタンパク質の僅かな量は残るであろう (McCarthy *et al.*, 2005)。グルテンフリー食品中のグルテン含量穀物の検出方法は進んでいるので (Olexova *et al.*, 2006)、選ばれたデンプンのグルテンフリーの状態もチェックされるべきであろう。

今後の方向

現在、信頼性のある研究は、まだいくつかの欠陥はあるかもしれないが、グルテンフリーパンのレオ

ロジー、あるいは官能的性質にマイナスの影響を与えることなく、グルテンを（1種あるいはそれ以上）の機能的乳製品に完全に置き換える事が可能であろうということである。現在、ガム、ハイドロコロイド、乳タンパク質製品の混合が、最も多い方法である (McCarthy *et al.*, 2005; Lazaridou *et al.*, 2007)。グルテンフリー粉、分離大豆タンパク質の混合物に、ガム類（ローカストビン、グア、コンニャク、キサンタン、HPMC）と食物繊維の組み合わせ、さらに機能的乳製品を加えて、次世代グルテンフリーパンの存在として期待されている。

最近の研究目的は、完全にグルテンを機能的カゼインベース成分で置き換える事である。この研究の原理は、Ca濃度をカゼイン/カゼインネート成分の最適レベルまで上げ、正しいpH、イオン強度条件下にすることで、小麦ドウ中の高度に機能的（共有）S-S結合をカルシウム（調整）結合にうまく置換することが可能になるというものである (Stathopoulos and O'Kennedy, 2007)。

References

- Carr, A. J., Southward, C.R., and Creamer, L.K.: (2003). *Advanced Dairy Chemistry*, Vol.1: *Proteins Part B*. New York: Kluwer Academic.
- Cayot, P. and Lorient, D.: (1997). *Food Proteins and their Applications*, New York: Marcel Decker.
- Claypool, L.L.: (1985). *Dairy Products for the Cereal Processing Industry*. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.
- Cocup, R.O. and Sanderson, W.B.: (1987). *Food Technol.* **41**: 86-90.
- Crowley, P., O'Brien, C., Slattery, H., Chapman, D., Arendt, E., and Stanton, C.: (2002). *Eur. Food Res. Technol.* **215**: 131-137.
- Dalgleish, D.G.: (1997). *Food Proteins and their Applications*. New York: Marcel Decker.
- Damodaran, S.: (1997a). *Food Proteins and their Applications*. New York: Marcel Decker.
- Damodaran, S.: (1997b). *Food Proteins and their Applications*. New York: Marcel Decker.
- De Kruif, C.G. and Holt, C.: (2003). *Advanced Dairy Chemistry*, Vol.1: *Proteins, Part A*, 3rd edn. New York: Kluwer Academic.
- De Wit, J.N.: (1989). *Developments in Dairy Chemistry*, Vol.4: *Functional Milk Proteins*. London: Elsevier.
- Dickinson, E.: (2003). *Advanced Dairy Chemistry*, Vol.1: *Proteins Part B*. New York: Kluwer Academic.
- Dobraszczyk, B.J.: (2004). *J. Non-Newtonian Fluid Mech.* **124**: 61-69.
- Dobraszczyk, B.J. and Morgenstern, M. P.: (2003). *J. Cereal Sci.* **38**: 229-245.
- Dobraszczyk, B.J. and Roberts, C. A.: (1994). *J. Cereal Sci.* **20**: 265-274.
- Dubois, D.K. and Dreese, P.: (1985). *Dairy Products for the Cereal Processing Industry*. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.
- Erdogdu-Arnoczky, N., Czuchajawoska, Z., and Pomeranz, Y.: (1996). *Cereal Chem.* **73**: 309-316.
- Erdogdu, N., Czuchajawoska, Z.Y., and Pomeranz, Y.: (1995a). *Cereal Chem.* **72**: 76-79.
- Erdogdu, N., Czuchajawoska, Z.Y., and Pomeranz, Y.: (1995b). *Cereal Chem.* **72**: 70-75.
- Esteller, M., Sergio, Zancanaro, O. et al.: (2006). *Eur. Food Res. Technol.* **222**: 26-31.
- Fox, P.F.: (2003). *Advanced Dairy Chemistry*, Vol. 1: *Proteins, Part A*, 3rd edn. New York: Kluwer Academic.
- Fox, P.F. and McSweeney, P.L.H.: (1998). *Dairy Chemistry and Biochemistry*. London: Blackie Academic.
- Gallagher, E. and Gormley, T.R.: (2002). *Research Report. Dublin, Teagasc, The National Food Centre*.
- Gallagher, E., Gormley, T.R., and Arendt, E.K.: (2003a). *J. Food Eng.* **56**: 153-161.
- Gallagher, E., Kunkel, A., Gormley, T.R., and Arendt, E.: (2003b). *Eur. Food Res. Technol.* **218**: 44-48.
- Gallagher, E., Gormley, T.R., and Arendt, E.K.: (2004). *Trends Food Sci. Technol.* **15**: 143-152.

- Gallagher, E., Kenny, S., and Arendt, E.: (2005). *Eur. Food Res. Technol.* **221**: 237-243.
- Gan, Z., Ellis, P.R., and Schofield, J.D.: (1995). *J. Cereal Sci.* **21**: 215-230.
- Gelinas, P., Audet, J., Lachance, O., and Vachon, M.: (1995). *Cereal Chem.* **72**: 151-154.
- Guerrieri, N., Alberti, E., Lavelli, V., and Cerletti, P.: (1996). *Cereal Chem.* **73**: 368-374.
- Hambraeus, L., and Lonnerdal, B.: (2003). *Advanced Dairy Chemistry*, Vol. 1. *Proteins Part B*. New York: Kluwer Academic.
- Harper, W.J. and Zadow, J.G.: (1984). *N. Z. J. Dairy Sci. Technol.* **19**: 229-237.
- Huginin, A.G.: (1985). *Dairy Products for the Cereal Processing Industry*. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.
- Hyslop, D.B.: (2003). *Advanced Dairy Chemistry*, Vol. 1. *Proteins Part B*. New York: Kluwer Academic.
- Janssen, A.M., Van Vliet, T., and Vereijken, J.M.: (1996). *J. Cereal Sci.* **23**: 33-42.
- Kelly, A.L., O'Connell, J.E., and Fox, P.F.: (2003). *Advanced Dairy Chemistry*, Vol. 1. *Proteins Part B*. New York: Kluwer Academic.
- Kelly, P.M. and O'Kennedy, B.T.: (1986). *Production and Functional Properties of Total Milk Protein Isolates*. The Agricultural Institute.
- Kenny, S., Wehrle, K., Stanton, C., and Arendt, E.K.: (2000). *Eur. Food Res. Technol.* **210**: 391-396.
- Kenny, S., Wehrle, K., Auty, M., and Arendt, E.: (2001). *Cereal Chem.* **78**: 458-463.
- Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., and Biliaderis, C.G.: (2007). *J. Food Eng.* **79**: 1033-1047.
- Li, W., Dobraszczyk Bogdan, J., and Wilde, P.J.: (2004). *J. Cereal Sci.* **39**: 403-411.
- Lucey, J.A. and Singh, H.: (2003). *Advanced Dairy Chemistry*, Vol. 1. *Proteins Part B*. New York: Kluwer Academic.
- Mann, E.: (1966). *Dairy Indust. Int.* **61**: 10-11.
- Mannie, E. and Asp, E. H.: (1999). *Cereal Foods World* **44**: 143-146.
- Manski, J. M., Kretzers, I. M. J., Van Brenk, S., Van Der Goot, A. J., and Boom, R. M.: (2007). *Food Hydrocolloids* **21**: 73-84.
- Maubois, J. L. and Ollivier, G.: (1997). *Food Proteins and their Applications*. New York: Marcel Dekker.
- McCarthy, D. F., Gallagher, E., Gormley, T. R., Schober, T. J., and Arendt, E. K.: (2005). *Cereal Chem.* **82**: 609-615.
- Moore, M. M., Schober, T. J., Dockery, P., and Arendt, E. K.: (2004). *Cereal Chem.* **81**: 567-575.
- Moore, M. M., Heinbockel, M., Dockery, P., Ulmer, H. M., and Arendt, E.: (2006). *Cereal Chem.* **83**: 28-36.
- Morr, C. V. (1989). *Developments in Dairy Chemistry*, Vol. 4. London: Elsevier.
- Morrissey, P. A.: (1985). *Developments in Dairy Chemistry*, Vol. 3: *Lactose and Minor Constituents*. London: Elsevier.
- Mulvihill, D. M.: (1989). *Developments in Dairy Chemistry*, Vol. 4: *Functional Milk Proteins*. London: Elsevier.
- Mulvihill, D. M.: (1992). *Advanced Dairy Chemistry*, Vol. 1: *Proteins*. London: Elsevier.
- Mulvihill, D. M. and Ennis, M. P.: (2003). *Advanced Dairy Chemistry*, Vol. 1: *Proteins. Part B*. New York: Kluwer Academic.
- Mulvihill, D. M. and Fox, P. F.: (1989). *Developments in Dairy Chemistry*, Vol. 4: *Functional Milk Proteins*. London: Elsevier.
- Nieuwenhuijse, J. A. and Van Boekel, M. A. J. S.: (2003). *Advanced Dairy Chemistry*, Vol. 1: *Proteins. Part B*. New York: Kluwer Academic.
- O'Brien, C. M., Grau, H., Neville, D. P., Keogh, M. K. and Arendt, E.: (2000). *Eur. Food Res. Technol.* **212**: 64-69.
- O'Connell, J. E. and Fox, P. E.: (2003). *Advanced Dairy Chemistry*, Vol. 1: *Proteins. Part B*. New York: Kluwer Academic.
- Olexova, L., Dovicovicova, L., Svec, M., Siekel, P., and Kuchta, T.: (2006). *Food Control* **17**: 234-237.
- Ortolani, C. and Pastorello, E. A.: (1997). *Study of Nutritional Factors in Food Allergies and Food Intolerance*. Luxemburg: CEC.
- Roberts, H.: (1985). *Dairy Products for the Cereal Processing Industry*. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.
- Roeper, J.: (1977). *N. Z. J. Dairy Sci. Technol.* 182-189.
- Sanchez, H. D., Osella, C. A., and De La Torre, M. A.: (2004). *Food Sci Technol. Int.* **10**: 5-9.
- Schober, T. J., O'Brien, C., McCarthy, D. F., Darnedde, A., and Arendt, E.: (2003). *Eur. Food Res. Technol.* **216**: 369-376.
- Schofield, J. D., Bottomley, R. C., Legrys, G. A., Timms, M. F., and Booth, M. R.: (1984). *Second International Workshop on Gluten Proteins*. Wageningen: PUDOC.
- Singh, H. and Havea, P.: (2003). *Advanced Dairy Chemistry*, Vol. 1: *Proteins Part B*. New York: Kluwer Academic.
- Singh, N., Kaur Bajaj, I., Singh, R. P., and Singh Gujral, H.: (2003). *J. Food Eng.* **56**: 89-95.
- Southward, C. R.: (1989). *Developments in Dairy Chemistry*, Vol. 4: *Functional Milk Proteins*. London: Elsevier.
- Southward, C. R. and Goldman, A.: (1975). *N.Z.J. Dairy Sci Technol.* **10**: 101-112.
- Southward, C. R. and Goldman, A.: (1978). *N.Z.J. Dairy Sci Technol.* **13**: 97-105.
- Stahel, N.: (1983). *Cereal Foods World* **28**: 453-455.
- Stathopoulos, C. E., Tsiami, A. A., and Schofield, J. D.: (2000). *Wheat Gluten*. Cambridge: Royal Society of Chemistry.
- Stathopoulos, C. E., Tsiami, A. A., and Schofield, J. D.: (2001). *Aspects of Applied Biology*. Warwick: The Association of Applied Biologists.
- Stathopoulos, C. E., Tsiami, A. A., Dobraszczyk, B. J., and Schofield, J. D.: (2006). *J. Cereal Sci.* **43**: 322-330.
- Stathopoulos, C. E., Tsiami, A. A., Schofield, J. D., and Dobraszczyk, B. J.: (2007). *J. Cereal Sci.* (in press).
- Stathopoulos, C. E., and O'Kennedy, B. T.: (2007). *Milchwissenschaft* (in press).
- Swaisgood, H. E. (2003). *Advanced Dairy Chemistry*, Vol. 1: *Proteins part A*. New York: Kluwer Academic.
- Toufeili, I., Lambert, I. A., and Kokini, J. L.: (2002). *Cereal Chem.* **79**: 138-142.
- Tow, G. J.: (1985). *Baking Today* 17-18.
- Towler, C.: (1976). *N.Z.J. Dairy Sci. Technol.* **11**: 24-29.
- Vetter, J. L.: (1985). *Dairy Products for the Cereal Processing Industry*. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.
- Weegels, P. L., Verhoek, J. A., De Groot, A. M. G., and Hamer, R. J.: (1994). *J. Cereal Sci.* **19**: 31-38.

難消化性澱粉の低糖質製品への応用

東川 浩 (HIGASHIKAWA Hiroshi)¹

Key Words: 低糖質, 難消化性澱粉, RW-90, 活性酸素, RT-90

1. 低糖質製品市場の現況

現在, 低糖質製品市場が活性化している。富士経済の調査によると, 2018 年度の低糖オフ, 糖質ゼロ市場は, 前年比 4.6% 増の 3,514 億円に拡大し, 2019 年度は前年比 2.8% 増の 3,612 億円に成長する見込みであるとのことである。いまだ市場の約 9 割はアルコール飲料分野であるとのことであるが, 食品分野においても着実に成長しつつある。

特に不溶性食物繊維である難消化性澱粉が四半世紀ほど前に市場に投入されてから, 澱粉製品の品質改良 (食物繊維含有量の上昇, 加工耐性の改良, 食感改良等), 様々な分野でのアプリケーションの開発が進化してきた。

長い時間は掛かったが, 近年において小麦粉関連製品を中心に幅広く難消化性澱粉が応用されるようになってきた。

2. 健康機能とおいしさ・食べやすさの両立

低糖質とおいしさ, 食べやすさを両立させることは至難の業である。不溶性食物繊維である難消化性澱粉は, 原則的に加熱しても澱粉粒子が膨潤することではなく, 粉末のままであるからこそ, 小腸において吸収されず体外に排出される。しかし, ざらつき・粉っぽさという喫食時の違和感によって, 「低糖質 イコール おいしくない」という先入観の定着が市場の伸びを抑制しているよ

うである。

弊社では低糖質製品でありつつ, おいしさ, 食べやすさも同時に実現できるような配合例を開発し, 市場の成長に少しでも貢献したいと考えている。

3. 難消化性澱粉の製品ラインナップ

弊社では表 1 に示す二種類の難消化性澱粉製品を取り揃え, 多種多様な要求に応えるべく, 用途開発に従事している。

両製品ともに食物繊維含量規格が 90% 以上 (固形分当り) と設定されている。高食物繊維含有量の故に, 目標の食物繊維含量を達成するために澱粉添加率を抑制して, 食感にも最小限の影響で止めることもできる。

RW-90 は, 小麦原料故に小麦粉関連製品との相性・相溶性が良く, 粉っぽさも感じにくい。RT-90 は, タピオカ原料故に, 無味無臭に近く, 他の素材の風味を阻害しにくい。最終用途の要求特性に応じて, 使い分けを推奨している。

両製品ともに粒子径が極めて微細 (ほぼ 100 μm

表 1 難消化性澱粉 製品群

製品名	RW-90	RT-90
原料	小麦	タピオカ
加工方法	リン酸モノエステル化リン酸架橋	
食物繊維含量 (固形分当り)	90 % 以上	
原産国	米国	ベトナム

¹ 伊藤忠食糧株式会社 穀物油脂本部 食糧素材部 R&D・市場開発担当部長
TEL 03-5771-6374 e-mail : higashikawa-h@itochufsm.co.jp

以下)で、最終製品の粉っぽさが感じにくいので、幅広い用途に応用可能である。

4. 低糖質製品への応用

4-1. 配合設計の基本的な考え方

小麦とタピオカ原料の難消化性澱粉を比較すると、小麦粉との相性と相溶性の良さ、違和感のなさの故か、小麦原料の方が風味・食感を評価しても、製麺、製菓・製パンに向いているようである。したがって、今回の試作はRW-90を中心に配合を組み立てることとする。

製麺、製パンにおける配合のコンセプトは、なるべく高い食物繊維含有量を確保することと、粉っぽさによる風味・食感上の違和感を最小限にし、おいしく喫食できる配合を目指す。

今回の配合の目指したところとしては、以下のとおりである。

- ①難消化性澱粉の添加率は、できるだけ高いレベルを確保して、低糖質オフの比率を高くする。
- ②小麦粉を低減した分、グルテンネットワークが弱くなるので、できるだけ良質の小麦グルテンを高配合で添加する。小麦粉中の小麦澱粉の配合率が低くなると同時に、製品の老化による品質劣化も抑えることができる。
- ③難消化性澱粉が高添加率故に食感が粉っぽくなるので、保水性・伸展性の極めて高い加工澱粉を高添加率配合する。それによって、粉末状の難消化性澱粉がコーティングされることにより、粉っぽさをマスキングすることができる。結果的に違和感のない滑らかな食感の実現を目指す。

4-2. 喫食しやすさ改善のための加工澱粉について

前項目の③において、CIT-407、CIT-405等の極めて高加工度のヒドロキシプロピル化リン酸架橋澱粉(糊液は非常にソフトでなめらかであり、曳糸性が極めて高い。それ故に、最終製品にソフトで曳きの強い、従来の加工澱粉製品に見られない。極めて高いもちもち感を付与することができる)を添加すると、粉っぽさのマスキングに有効である。

保水性が極めて高いため、老化耐性が非常に優れているので、チルド環境下においても高いもちもち感を長期間維持することが可能である。

また、もちもち感が不要な場合は、ワキシーコー

ン原料で高加工のヒドロキシプロピル化リン酸架橋澱粉、CIX-607Lが高い保水性を有するが故に、粉っぽさのマスキング防止に有効である。本製品を添加すると、咀嚼しても口中で団子状にならないため、しっとり感、くちどけ、のどごしを改善することができる。

さらには、ベーカリー製品用途においては、冷水可溶化したヒドロキシプロピル化リン酸架橋ワキシーコーンスターチ、CWS-W1を単独添加、または上の加工澱粉と併用添加することによって、加水率を上昇させることができ、保水性もより良いものとするができるため、さらに優れた粉っぽさのマスキング能力を発揮する。冷水可溶澱粉、CWS-W1は、過剰に添加するとミキシング時のベタツキが増し、作業性が低下するため、2~5%添加が適正添加率である。ミキシング時の生地ベタツキも低くすることができ、作業性低下の問題もなくなる。

5. 低糖質製品への応用例について

5-1. 低糖質うどんの応用例

低糖質うどんの配合例を表2に示す。本配合は小麦粉添加をゼロにした。難消化性澱粉を高配合したが、タピオカ原料のRT-90よりも小麦原料のRW-90の方が、自然な風味であった。さらに、高加工のヒドロキシプロピルタピオカ澱粉であるCIT-407、またはCIT-405を高配合で添加して、難消化性澱粉の粉っぽさのマスキングを試みた。そして、小麦粉を無添加にしたため、グルテンネットワーク形成のために、活性小麦グルテンを高配合添加した。

低糖質麺用途においては、保水能力の高いCIT-407、CIT-405のような高ヒドロキシプロピルタピオカ澱粉の併用が粉っぽさのマスキングに有効である。表2の配合の低糖質うどんを喫食したが、もちもち感が高く、難消化性澱粉による粉っぽさ、ざ

表2 低糖質うどん配合例

原材料	配合量 (g)
難消化性澱粉 RW-90	250
加工タピオカ澱粉 CIT-407 / CIT-405	150
活性小麦グルテン	100
食塩	5
水	220

表3 低糖質食パンの配合例

原材料	配合量 (g)
強力小麦粉	42.5
難消化性澱粉 RW-90	132
冷水可溶澱粉 CWS-W1	7.5
活性小麦グルテン	64
砂糖	17
脱脂粉乳	6
食塩	6
ドライイースト	3.5
マーガリン	10
水	170



写真1 低糖質食パンの外観

らつきについては、違和感なく喫食できるレベルまで仕上げる事ができた。

5-2. 低糖質食パンの応用例

低糖質食パンの配合例を表3に示す。今回の配合は、簡易試験として自動パン焼き機で作成した。難消化性澱粉を高配合としたが、ボリュームも出て、焼き色も良好で、粉っぽさが抑えられ、違和感なく喫食できる食パンとなった。パンの外観を写真1に示す。

今回の配合のポイントは、保水性、耐熱性に優れる冷水可溶澱粉 CWS-W1 の添加である。本製品を少量添加することによって、次の項目を改良することができる。

- ①加水を上昇できるので、しっとり感を改善し、粉っぽさを低減できる。
- ②焼成後の収縮が小さくボリューム維持に寄与する。
- ③保水性が高いので、老化抑制にも大きな効果がある。

④澱粉配合のないパンに近い。くちどけが良好で自然な食感のパンとなる。

さらに、先述の高ヒドロキシプロピルタピオカ澱粉 CIT-407, CIT-405 を同時添加することによって、もちもち感を付与し、老化耐性をさらに改善したパンを作成することも可能である。また、高ヒドロキシプロピル化リン酸架橋ワキシーコーンスターチ CIX-607L の同時添加により、もちもち感を上昇させることなく、さらに上の項目を改善し、相乗効果を得ることができる。

おわりに

難消化性澱粉の応用について縷々論じてきたが、市場をさらに活性化させていくためには、健康機能と同時においしく喫食しやすいアプリケーション開発が必要である。保水能力の高い加工澱粉、相性の良い活性小麦グルテンの選択・利用が必須である。

弊社ではさらなる周辺の高付加価値加工澱粉製品の開発にも取り組んでいる。幅広い高品質の食品用途に利用していただけることを切望している。



School cafeteria in the world (5) - University of Siena (UNISI)

Tiziana Doldo¹, Takafumi Ooka², Hiroaki Takanashi³, Naho Yamamoto³, and Hiroshi Sakagami⁴

Correspondence to:

Prof. Tiziana Doldo (e-mail: tiziana.doldo@unisi.it), Prof. Takafumi Ooka (e-mail: takao3ka@dent.meikai.ac.jp),

and Prof. Hiroshi Sakagami (e-mail: sakagami@dent.meikai.ac.jp)

1. Exchange with The University of Siena (UNISI)

The University of Siena (UNISI) in Siena, Tuscany, Italy is one of the oldest and first publicly funded universities in Italy, and was founded in 1240. Today, the faculties of medicine, pharmacy, law, economics, and business at Siena University are well known. The historic city of Siena is said to be an ancient city, and in 1995 the entire town was listed as a World Heritage Site. A student exchange program between UNISI and two Japanese sister universities, Meikai University (MU) and Asahi University (AU), began in 2008. On the Japanese side, one instructor (alternating MU and AU) leads four undergraduate students (two from MU, two from AU) and usually stays at UNISI for about a week in March. On the other hand, UNISI sends TD as an instructor for two students' one week visit to both MU and AU universities in October. The year of 2019 was TD's tenth visit to MU. TD reunited with TO (who was 2018's instructor) and HS (who was the chairman of the International Exchange Committee of Meikdai University School of dentistry from 1998 to 2014). TD introduced us about the cafeteria of UNISI.

2. UNISI visit and city tour

In March 2018, TO led four MU/AU students to visit INISI. The group visited the hospital at UNISI and received lectures by university faculty and students. The buildings of Siena are made of brick and has brown exteriors. The group visited the World Heritage Sites. The Palazzo Pubblico that stands on Piazza del Campo (built in 1310) is used as the City Art Museum (on the second floor) and the City Hall. Siena Cathedral (Italian: Duomo di Siena) (consecrated in 1215) is a medieval church in Siena, Italy has the most beautiful Gothic facade in Italy (**Photo 1**).

3. University canteens

The University Canteens are run by the DSU-Toscana - Azienda regionale per il diritto allo studio universitario (Local Authority for the Right to University Education), which offers students low cost, full meals, with a varied menu. In order to have access to university canteens, students need a smart card issued upon enrolment.

The catering service charges are set by the DSU board of directors according to the Regional Policy Plan guidelines every year. There are three meals: full meal

¹Division of Orthodontics, Department of Medical Biotechnologies, University of Siena, Siena, Italy

²Division of Feeding and Swallowing Rehabilitation, Meikai University School of Dentistry, Saitama, Japan

³Meikai University School of Dentistry student, Saitama, Japan

⁴Meikai University Research Institute of Odontology (M-RIO)



Photo 1. (A) Entrance of hospital, (B) city of Siena, (C, D) view from the annex building, and world heritage site of (E) Siena Cathedral and (F) The Palazzo Pubblico (town hall) (major building in the front) in Piazza del Campo.

(the first course + the second course), meal 1 (the first course) and meal 2 (the second course). All of these provides vegetables, fruits, bread and beverage.

The current charges for degree-seeking students range from 1.80 to 4.50 euro (€), depending on the menu chosen and on the family income (**Table 1**).

The new income-based catering rates (based on ISEE = Equivalent Economic Status Indicator)

have been in force since 1st March 2017. There are six canteens in university. Some canteens provide the services for take out, snacks, and internet (**Table 2**).

We could taste the cuisines of Siena and Tuscan regions in school cafeterias and town restaurants in Siena. The chefs do not compromise on everything from the ingredients to the cooking, taking care of making characteristic dishes for the regional. There were so many types of pastas, sauces, and seasonings that we have never seen in Japan, and all of them we tasted for the first time were delicious. We are sure that such cuisines can only be produced from the experiences and knowledges

Table 1. Meal bill for students for three different meals.

Annual income (€)	Meal bill (€)		
	Large meal	Small meal 1	Small meal 2
ARDSU grant holders	0 (free)	0 (free)	0 (free)
$x \leq 22000$	2.8	1.8	2.3
$22000 < x \leq 30000$	3.0	2.0	2.5
$30000 < x \leq 45000$	3.5	2.3	2.9
$45000 < x \leq 60000$	3.8	2.5	3.2
$60000 < x \leq 75000$	4.0	3.0	3.5
$75000 < x$	4.5	3.5	4.0

cultivated over a long history. The pizzas strongly reflect the tastes of chefs, who value their seasonings and cookeries using original Pizza dough, sauce and topping. The rich taste of tomatoes was exceptional. We had valuable experiences of the elaborate cuisines of the university cafeteria, thanks to a great cultural exchange between two universities.

Internet search revealed the presence seven Japanese restaurants and 11 Chinese restaurants among 409 restaurants in Siena. We hope that food cultural exchange will explore new area of fusion foods like we have experienced in South Africa¹⁾.

Table 2. Operation hours and services in six UNISI.

University Canteens	Sallustio Bandini	Sant'Agata	Tavola calda San Miniato	Ristorante Self Service San Miniato	Policlinico Le Scotte	SG Food (Cibiamo-La Bottega del Caffè)
Opening hours	Mon~Fri 12:00~14:30 19:00~21:15	Mon~Sun 12:00~15:00 19:00~21:30	Mon~Fri 12:00~14:30	Mon~Sat 12:00~14:30 19:00~21:00 Sun: 12:00~14:30	Mon~Fri 12:00~14:30	Mon~Fri 12:00~14:30
Payment by Cash	○	○	○	○	○	○
Payment by Card						
Cafeteria		○	○			○
Study room						
Internet			○	○		
Pasta/Rice or Meat/Fish; + Vegetable and Fruit	○	○	○	○	○	○
Course meal		○	○			
Vegetarian meal	○	○	○	○	○	○
Cold dishes (Es: Ham, cheese)	○	○	○	○	○	○
Big salad (+ eggs or cheese)	○	○	○	○	○	○
Take out	○	○	○	○	○	○
Piza choices		○		○		○
Snacks						○
Gluten-free	○	○		○	○	○

OT and MU/AU students visited the cooking studio, school cafeteria and city market (Photo 2).

At the cooking studio



Apron



Making a meal



Eeating a meal



Dinner (outside restaurant)

At the University cafeteria



Menu



Inside



Lunch



Lunch



Drinks



Pasta in the city market



T D

T O

H S

Photo 2. Tour to cooking studio and university cafeteria.

References

1. Sakagami H, Katsumata A, Fujiwara S, Den I, Pheko M, Malan SF, Lamson D, Bawa U, Rhoda A, Gottgens P, Osman Y and Ohtomo K.: School cafeteria in the world (4) – University of the Western Cape. *New Food Industry*, **61**(8): 637-647, 2019.

和訳

世界の学食 (5) - シエナ大学

チジアナ・ドルド (DOLDO Tiziana)¹, 大岡 貴文 (OOKA Takafumi)²,
高梨 弘晃 (TAKANASHI Hiroaki)³, 山本 奈穂 (YAMAMOTO Naho)³, 坂上宏 (SAKAGAMI Hiroshi)⁴

1. はじめに

イタリア、トスカーナ州シエナにあるシエナ大学 (UNISI) は、イタリアで最も古く、最初の公的資金提供を受けている大学の1つであり、1240年に設立された。今日、シエナ大学では、医学部、薬学部、法学部、経済学部、経営学部がよく知られている。歴史的な都市シエナは古都といわれ、1995年に町全体が世界遺産に登録された。UNISIと日本の2つの姉妹校である明海大学 (MU) および朝日大学 (AU) の歯学部との学生交換プログラムは2008年から開始された。

日本側は、1人のインストラクター (MUとAUが交互に) が、4人の学部生 (MUから2人、AUから2人) を引率し、通常3月にUNISIに約1週間滞在する。これに対して、UNISIは当初から、TDが2人の学生を引率して、10月に約1週間で、MU/AU両大学をスピード訪問する。2019年は、TDの10度目の来校となった。2018年の引率者であるTO、1998年から2014年まで国際交流委員会の委員長を務めたHSと再会した。TDは、シエナ大学のカフェテリアを紹介してくれた。

2. UNISI 訪問と市内観光

2018年3月、TOはMU/AUの4人の学生を引率してUNISIを訪問した。グループはUNISIの病院を訪問し、大学の教員と学生による講義を受けた。シエナ大学では病院を見学し、大学教員および学生による講義を受けた。シエナの建物はレンガ造りで茶色い外装をしている。グループは世界遺産を訪問した。カンポ広場 (1310年建造) にあるプッブリコ宮殿は、市美術館 (2階) と市庁舎として使用されている。シエナ大聖堂 (1215年に奉献) は、イタリアで最も美しいゴシック様式のファサードを持つ中世の教会である (Photo 1)。

3. 大学食堂

大学食堂は、DSU-Toscana-Azienda Regionale per il diritto allo studio universitario (大学教育を受ける権利のための地方自治体) によって運営されており、学生に低価格でフルメニューの食事を提供する。大学の食堂にアクセスするには、学生は入学時に発行されるスマートカードが必要である。ケータリングサービス料金は、地域政策計画のガイドラインに従って毎年DSU理事会によって設定される。

フルミール: 第1と第2コースの両方、食事1は第1コース、食事2は第2コース。これらすべての食事には、野菜、果物、パン、飲み物がつく。学位取得を希望する学生の現在の料金は、1.80～4.00ユーロであり、選択したメニューと家族の収入により変わる (Table 1)。新しい収入ベースのケータリング料金 (ISEE = 同等の経済状況インジケータに基づく) は、2017年3月1日から有効である。大学には6つの食堂がある。一部の食堂は、テイクアウト、スナック、インターネットのサービスを提供している (Table 2)。

¹ シエナ大学医療バイオテクノロジー学部矯正学分野, ² 明海大学歯学部摂食嚥下リハビリテーション学分野

³ 明海大学歯学部学生, ⁴ 明海大学歯科医学総合研究所

OT は、学生を引率して、パスタ工房と学食を訪問した (Photo 2)。学食や町のレストランではシエナやトスカーナ地方の料理を味わうことができたが、どれも食材から調理まで妥協がなく、地方の特徴をものすごく大事にしていることが分かった。日本では見たことがないパスタの種類やソース、味付けなど本当に多くの種類があり、初めて食べた料理もすべて美味しく、料理や文化の歴史の長さを知ることができた。ピザは作った人の嗜好が強く反映されており、同じ生地、同じソースやトッピングはないといわれるくらい、自分たちで作った味付けや方法を大事にしているということもわかった。トマトの濃厚な味わいは格別であった。大学内の食堂とは思えないおいしさ、手の込んだ料理を味わうことができ、これも大きな文化の交流ができたと思う。

インターネットで調べてみると、シエナには、409 軒のレストランのうち、7 軒の日本料理店と 11 軒の中華料理店がある。南アフリカで経験したように、食文化交流が新しい融合食品の分野を開発することを願っている¹⁾。

野山の花

— 身近な山野草の食効・薬効 —

城西大学薬学部 白瀧 義明 (SHIRATAKI Yoshiaki)

ヤブコウジ *Ardisia japonica* (Thunb.) Blume
(新エングラー体系, クロンキスト体系: ヤブコウジ科 Myrsinaceae
APG 体系: サクラソウ科 Primulaceae)

連絡先: 城西大学薬学部生薬学教室
shiratak@josai.ac.jp

春まだ浅い林の中, 小さな赤い実をつけた常緑の小低木を見かけます。ヤブコウジ (藪柑子) は別名を十両 (ジュウリョウ) ともいい, 北海道 (奥尻島), 本州, 四国, 九州, 国外では朝鮮半島, 中国大陆, 台湾に分布します。冬に赤い果実をつけ美しいので栽培もされます。草のように見えますが, 実は木本で細く長い匍匐^{ほふくけい}茎があり, 斜上する茎は, 高さは 10 ~ 30cm になります。茎の上部と若い花序には短い粒状の毛が生え, 茎の 2 節あたりに深緑色で光沢があり, 縁に細かい鋸歯のある 6 ~ 13cm の長楕円形または狭楕円形の葉を 3 ~ 4 枚輪生します。花序は散形状になり, 7 ~ 8 月, 径 6 ~ 8mm の白色または帯紅色の両性花を

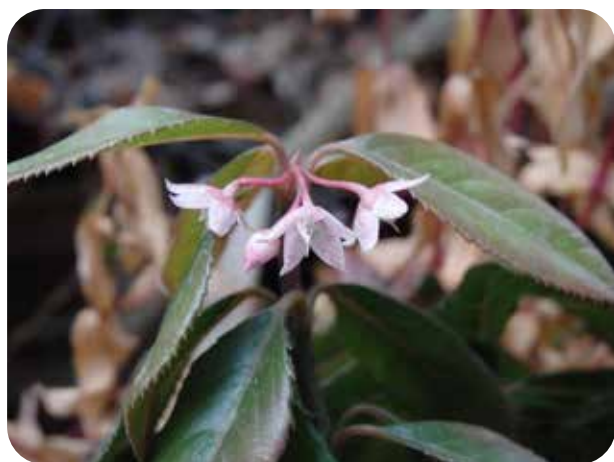


写真1 ヤブコウジ (花)



写真2 ヤブコウジ (果実)



写真3 マンリョウ (果実)



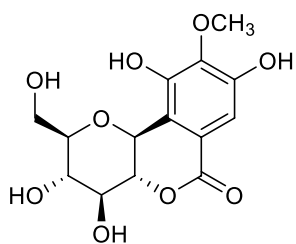
写真4 センリョウ (果実)



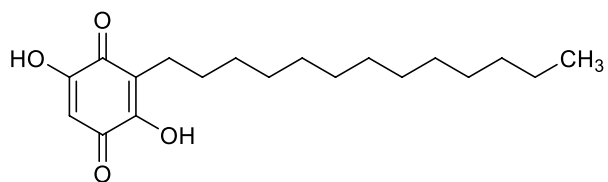
写真5 カラタチバナ (果実)



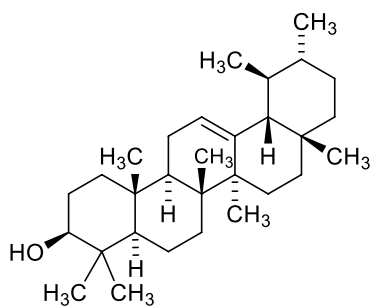
写真6 アリドウシ (果実)



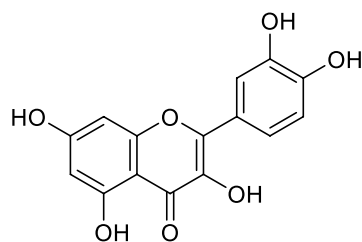
bergenin



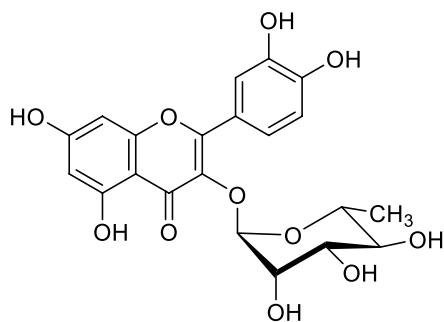
rapanone



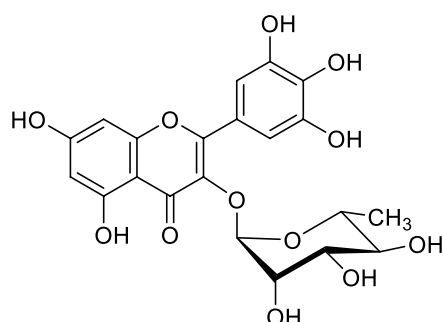
α -amyrin



quercetin



quercitrin



myricitrin

図1 成分の構造式



写真7 生薬：シキンギユウ（紫金牛）

下向きにつけます。雄蕊は5個あり花冠裂片より短く、雌蕊は1個で花冠と同じ位の長さで、子房は卵円形で上位につき1室あります。果実は液果様の核果で径5～6mmの球形となり、冬（10～11月）に赤色に熟し、中に1個の大きな種子があります。生薬としては、晩秋に掘り上げた根茎と根を水洗し、陽乾したものを紫金牛（シキンギユウ）といい、鎮咳、消炎、解毒作用があるとして、消化不良、膀胱炎、腫れ物、咳、のどの腫瘍などに用いられ、根や葉の成分としては、イソクマリン誘導体の bergenin、ベンゾキノンの rapanone、トリテルペノイドの α -amyrine、フラボノイドの quercetin, quercitrin, myricitrin などを含み、rapanone には回虫・条虫駆除作用のあることが

報告されています。ヤブコウジは万葉の昔より日本人に愛されてきた植物の一つで『万葉集』にも山橘^{やまたちばな}の名で多くの歌が詠まれ、江戸期の印籠の下絵にも用いられたりしました。また、正月の縁起物として重宝され、マンリョウ *Ardisia crenata*（万両、サクラソウ科）、センリョウ *Sarcandra glabra*（千両、センリョウ科）、カラタチバナ *Ardisia crispa*（百両、サクラソウ科）、アリドオシ *Damnacanthus indicus*（一両、アカネ科）などと同様、寄せ植えの素材として、今も利用されています。日陰や寒さにも強く、栽培が容易なことから観葉植物としても利用され、江戸時代、寛政年間には葉に斑が入るヤブコウジが人気をよび、多くの品種がつくられ、古典園芸植物の一つとしてもてはやされ、現在でも約40種の品種が保存されています。ブームは明治20年ごろから新潟県で再び流行し、明治27年には全国に広がり、相当な高値で取引されたものもあったそうです。このように人々を熱狂させたヤブコウジの魅力は、葉に入る黄や白の斑や、葉の縁がコンペイトウのような形に突出する「コンペ」とよばれる葉形によるそうです。ヤブコウジは生命力があり縁起物として扱われた経緯からおしはかると落語『寿限無』の中の「…やぶらこうじのぶらこうじ…」とは本植物をさすものと思われます。

漢方の効能

Efficacy of traditional medicine “KAMPO”

マスティック樹脂の薬理活性と臨床応用

Pharmacological actions and clinical application of mastic resin

渡辺 秀司 (WATANABE Shuji)^{1, 2*}, 両角 旦 (MOROZUMI Akira)³, 高橋 慶壮 (TAKAHASHI Keiso)⁴,
浜田 信城 (HAMADA Nobushiro)¹, 鈴木 光雄 (SUZUKI Mitsuo)^{1, 5}, 遠山 歳三 (TOYAMA Toshizo)^{1, 6},
佐々木 悠 (SASAKI Haruka)¹, 岡部 葉子 (OKABE Yoko)⁵, 北原 文子 (KITAHARA Fumiko)⁷,
坂上 宏 (SAKAGAMI Hiroshi)⁸

¹ 神奈川歯科大学 口腔科学講座 微生物感染学分野 (神奈川県横須賀市稲岡町 82)

² とつかグリーン歯科医院 (神奈川県横浜市戸塚区汲沢 1-10-46 踊場メディカルセンター 4F)

³ もろずみ歯科 (神奈川県川崎市宮前区宮前平 1-3-1 白水ビル 1F)

⁴ 奥羽大学 歯学部 歯科保存学講座 歯周病学分野 (福島県郡山市富田町字三角堂 31-1)

⁵ デンタル デザイン クリニック (東京都港区北青山 3-7-10 D2 Place 2F)

⁶ リーフデンタルクリニック (神奈川県横浜市金沢区泥亀 2-11-2 高波ビル 2F)

⁷ 北原文子、歯科衛生士 (非常勤) 佐藤歯科医院 (神奈川県横浜市鶴見区下野谷町 4-145-2)

⁸ 明海大学歯科医学総合研究所 (埼玉県坂戸市けやき台 1-1)

Key Words: 漢方薬, マスティック, 薬理活性, 抜歯, インプラント, *Porphyromonas gingivalis*

Abstract

Mastic showed pronounced selectivity against hydroxyl radical scavenging, anti-*Porphyromonas gingivalis* activity and anti-human leukemia activity, while it showed weak or mild anticancer activity against oral squamous cell carcinoma cells and anti-inflammatory activity in LPS-stimulated rat RAW264.7 cells. Treatment by mastic gel paste of patient who shows bleeding due to the mobility of upper right 4th and 5th teeth improved the gingival inflammation.

要旨

マスティックは、ヒドロキシラジカル消去能、抗菌作用、白血病に対する抗癌作用に対して高い選択性を示した。一方、抗ヒト口腔扁平上皮癌細胞毒性と抗炎症作用は軽微であった。上顎右側第一、第二臼歯の動揺による歯肉より出血、歯肉に発赤・腫脹がある患者に、レーザー照射と漢方洗口剤マスティックジェルを塗布すると、歯肉炎が改善した。

はじめに

マスティックとは、東エーゲ海に浮かぶギリシャのヒオス島南部にしか生育しないウルシ科の低木 *Pistacia lentiscus* var. Chia の樹液状の滲出液であり、切り込みを入れると滲出し、乾燥して結晶化する (図 1C-G)。マスティックは成分として、2～5% の α -ピネンと β -ミルセンに富む精油、そして、約 25% のポリ β -ミルセンを含む。マスティックをエーテル：エタノール (1:3) で処理して、 β -ミルセンを沈殿・除去すると、溶解性が増した 100 種以上の酸性および中性のジテルペン、三環、四環、五環系のトリテルペンを得ることができる¹⁾。

マスティックは、ギリシャの伝統医学では、胃痛や消化性潰瘍に使用されてきた。マスティックは、抗菌、抗動脈硬化作用、抗腫瘍活性、創傷治癒効果、香味、芳香を有することから、歯磨剤、洗口液、サプリメント、石鹸、シャンプー、顔用クリーム、パン、スナック、ソース、アイスクリーム、料理などに添加されている。

連絡先：渡辺 修司 (Watanabe Shuji)* 戸塚グリーン歯科 Email: swatanabe2010@nifty.com

〒245-0061 神奈川県横浜市戸塚区汲沢 1-10-46 踊場メディカルセンター 4F 電話：045-871-2010



図1 (A) ヒヨス島, (B) マスティック協会, (C-G) マスティック生育地にて (2007 年 9 月 26 日)。(H, I) 原稿執筆陣: 2008 年 7 月 31 日, 中村カイロ協会にて, 2019 年 11 月 30 日, (株)お口の健康社にて

1. マスティックの薬理作用

(a) ラジカル消去作用

ヒドロキシラジカル ($\cdot\text{OH}$), スーパーオキシドアニオン (O_2^-), 一重項酸素 ($^1\text{O}_2$), 過酸化水素 (H_2O_2) などの活性酸素は, タンパク質, 脂質, 核酸を酸化し, 生体膜やミトコンドリアや, 核などの細胞内小器官を損傷する。中でも, $\cdot\text{OH}$ の酸化力は, O_2^- の酸化力の 100 倍もある。紫外線の照射により発生した $\cdot\text{OH}$ は, グアニンを酸化して 8- オキソグアニンを生成する。8- オキソグアニンは, シトシンとアデニンの両方と対合するため, DNA に取り込まれると, それを除去する機構が働かない場合, 塩基対置換による突然変異を起こしてしまう。マスティックの各種ラジカル消去能を ESR を用いて調べてみたところ, NO や O_2^- と比較し, $\cdot\text{OH}$ をより強く消去することが判明した²⁾。この結果は, マスティックは, 突然変異の発生率を減少させる可能性を示唆する。

(b) 抗炎症作用

マスティック錠剤の投与は, 慢性の炎症性疾患であるクローン病患者の血漿 IL-6, CRP を低下させ, 抗酸化ポテンシャルを増大させた³⁾。マウスマクロファージ様細胞 RAW264.7 は, LPS の刺激により, 活性化され, 一酸化窒素 (NO) や炎症性物質であるプロスタグランジン E_2 (PGE_2) の産生を促進する。マスティックは, NO や PGE_2 の生成酵素である iNOS や COX-2 タンパク質の発現を抑制することにより, 炎症を抑制する可能性がある。しかし, マスティックは細胞傷害活性が強いため, 安全域が狭く ($\text{SI} (\text{CC}_{50}/\text{EC}_{50}) = 1.2 \sim 2.1$), 慎重投与が必要である²⁾。また, マスティックの抗炎症効果は, 半夏瀉心湯に比べるとはるかに低い ($\text{IL} = 1\beta$ - 刺激ヒト歯肉線維芽細胞では, $\text{SI} = 100$)⁴⁾。

(c) 抗菌作用

マスティックガムは, プラーク指数 (口腔のよごれ), gingival index (歯周炎), 上顎, 下顎の舌側のプラーク形成を抑制した⁵⁾。マスティックは, グラム陽性菌, グラム陰性菌, 特に, 歯周病原性細菌 (*Porphyromonas gingivalis*, *Prevotella melaninogenica*), 真菌 (*Candida albicans*) に有効であり, 口臭 (硫黄化合物) を抑制することが報告されている⁶⁾。抗菌成分として, verbenone, α -terpineol, linalool が同定されている⁷⁾。マスティックは, 唾液中の多形核白血球 (OPMN) の自発的な細胞死を抑制するので OPMN による口腔内細菌の貪食を促進する可能性が示唆された⁸⁾。

(d) 抗ウイルス作用

抗ヒト免疫不全ウイルス (HIV) 活性は, HTLV-1 感染ヒト T4 抗原陽性細胞株 MT-4 を標的細胞として検討した。非感染細胞に対する 50% 傷害濃度 (CC_{50}) を, HIV 感染細胞の生存率を無処理の非感染細胞の 50% まで復帰させる濃度 (EC_{50}) で除することにより得られる選択係数 SI ($\text{SI} = \text{CC}_{50}/\text{EC}_{50}$) で評価した。マスティッ

クには抗 HIV 活性は検出されなかった(陽性対照の AZT と ddC の SI 値は、11567 と 1320 であるのに対して、マスティックの SI 値は <1 であった)(表 1)⁸⁾。

HSV-1 活性は、アフリカミドリザルの摘出腎臓由来 Vero 細胞を標的細胞として検討した。Vero 細胞は、HSV-1 に感染すると、生細胞数は、非感染細胞の $12.5 \pm 7.6\%$ ($n=6$) まで低下した。マスティック抽出物は、HSV-1 感染による細胞変性効果を有意に抑制し ($p<0.05$)、生存率を非感染細胞の 50% まで復帰させたが、マスティック抽出物の毒性のために、完全復帰はできなかった。有効係数 SI は約 3.0 であった⁹⁾。陽性対照のクマザサ葉アルカリ抽出液 (SE) (SI=10)¹⁰⁾ やアシクロビル (SI>19) と比べるとはるかに弱い。

(e) 抗癌作用

マスティックは、ヒト口腔間葉系正常細胞(歯肉線維芽細胞、歯根膜線維芽細胞、歯髓細胞)と比較し、約 2 倍薄い濃度で、ヒト口腔扁平上皮癌細胞 (HSC-2, HSC-3, HSC-4) を傷害した。また、マスティックは、正常細胞と比較し約 10 ~ 200 倍薄い濃度で、ヒト白血病細胞(前骨髄性 HL-60, 骨髄性 ML-1, KG-1, 赤芽球性 K-562)を傷害した。マスティックは、HL-60 細胞にアポトーシス(ヌクレオソーム単位の DNA の断片化、カスパーゼ-3 の活性化)を誘導した。マスティックは保存期間中に酸化を受けて少しずつ黄褐色に変色するが、HL-60 細胞に対する傷害活性は維持されていた⁸⁾。ヒト白血病細胞に対する高い傷害活性は、今後の臨床への応用の可能性を示唆する。

2. マスティック含有歯磨剤の臨床例

口腔内は唾液、粘膜の状態、口腔細菌叢のバランス等多くの環境因子で維持されている。今回、脳梗塞で手が不自由にてブラッシングが困難であり、そのため治療効果が期待できないため治療後、マスティックジェルペーストを塗布することで病原細菌の付着を防ぎ治療効果をあげることができたので報告する。

(症例) 72 歳男性、上顎右側第一、第二臼歯の動揺による咀嚼障害の主訴にて来院。3 年前に脳梗塞にて倒れ、現在、月 1 回内科に通院中。右手が震えるためブラッシングが不十分にて口腔内清掃状態は不良、プロービングにて出血が多く、歯肉に発赤、腫脹等炎症所見を認めた。



図 2 炭酸ガスレーザーおよびマスティックゲルの治療効果。

(A) 治療前(最初の訪問時); (B) レーザー照射(初回)後に、マスティックジェル塗布。(C) レーザー治療(2回目)後、細菌感染を防ぐためにクロルヘキシジンによる消毒、歯肉にマスティックゲルを塗布。(D) レーザー治療(3回目)により軽い凝固層を加え、マスティック塗布。(E) レーザー治療(4回)後、マスティックジェル塗布。(F) マスティック治療(5回)により、上顎右側第一、第二臼歯の歯肉の改善が認められた。患者からインフォームドコンセントを得た後、写真撮影¹¹⁾。

上顎右側第一，第二臼歯は動揺を示していたがX写真による骨吸収は悪くなく歯牙の動揺は歯肉の慢性炎症によるものと判断した。EPPは近遠心に5mm以上であった。通常の初期治療を開始したが，出血量が多く上皮付着は悪くないが患部歯肉溝の炎症が強く，この状態では初期治療は不完全になると考え歯肉粘膜組織の改善を図り初期治療を行うこととした。

(治療)本症例に対しては炭酸ガスレーザーを使用した。炭酸ガスレーザーは，非観血的処置が可能であり，術後の出血，腫脹，疼痛が少なく，患部歯肉の蒸散により組織の改善を期待することにした。不完全なブラッシングのためマスティックジェルペーストを塗布することで病原細菌の定着を防ぎ，唾液に溶けこむことで唾液性細菌の増殖を防止，さらに自然免疫系因子を誘導することで術後の炎症を防ぎ粘膜の改善が図れた(図2)¹¹⁾。

マスティック樹脂の精油成分は2.5%であり抗菌効果は高い，しかし精油成分以外の成分が組織細胞活性をもたらすことが分かっている。それが天然物素材の特徴であり，有効性を示す。今回，精油以外に樹脂エキスを高濃度配合した歯磨き剤を使用した。

おわりに

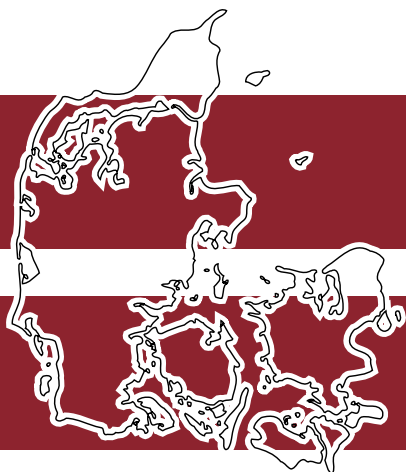
これまでに我々が明らかにしたマスティックの生物活性を表1にまとめた。マスティックは，口腔内細菌を直接的に殺菌するばかりでなく，唾液中の細菌を貪食する多形核白血球の自発的なアポトーシスを阻害することにより，より効果的に口腔内環境を正常化する。マスティックは，ヒト口腔扁平上皮癌細胞に対して，口腔正常細胞と比較して選択的に傷害することが明らかになった。特に，マスティックのヒト白血病細胞に対する高い選択毒性は，白血病の治療戦略に利用できるだろう。マスティックは強い・OH消去能は，歯科で使用するX線，薬剤，あるいは大気汚染(PM2.5)に暴露された時発生する・OHに対して保護的に働くであろう。ヒトの発生，発育，性成熟期までの全過程は，遺伝因子によってプログラムされており，子供の養育期間が終了する45歳頃からは環境因子であるフリーラジカルなどによる生体構成成分への障害，老廃物などが蓄積して老化が進行すると考えられる。すなわち，45歳ごろからは，遺伝子の修復や制御などの機構が破綻し，ホメオスタシス作用が低下し，環境の影響を大きく受けて老化は進行するものと考えられる。マスティックの・OH消去能は，老化を遅延させる可能性を示唆する。液状マスティックは，固形マスティックと比較して高い抗白血病作用を示すので，液状マスティックの利用法の検討も必要であろう。

表1 マスティックの薬理作用

薬理作用	標的	有効係数 (SI)		Ref.
		固形マスティック	液状マスティック	
・OH消去活性	無細胞系			2
抗炎症作用	LPS刺激ラット RAW264.7細胞	1.2 ~ 2.1 (半夏瀉心湯=100)		2, 4
抗菌作用	<i>Porphyromonas gingivalis</i>			
抗ウイルス作用	HIV (ヒトT細胞白血病細胞 MT)	<1 (AZT=11567)		8
	HSV (アフリカ緑ザル由来 Vero 細胞)	2.0 (SE=10, ACV>19)		9, 10
抗腫瘍作用	ヒト口腔扁平上皮癌細胞 (HSC-2, HSC-3, HSC-4)	1.3	> 2.0	5
	ヒト前骨髄性白血病細胞 HL-60	5.1	> 128.0	5

参考文献

1. Skaltsounis L: Chios mastic gum: chemistry and biology. マスティハ・プレゼンテーション, 青山ダイヤモンドホール, 2008 年 11 月 18 日
2. Zhou L, Satoh K, Takahashi K, Watanabe S, Nakamura W, Maki J, Hatano H, Takekawa F, Shimada C and Sakagami H: Re-evaluation of anti-inflammatory activity of mastic using activated macrophages. *In Vivo* **23**: 583-590, 2009.
3. Kaliora AC, Stathopoulou MG, Triantafyllidis JK, Dedoussis GVZ and Andrikopoulos NK: Chios mastic treatment of patients with active Crohn's disease. *World J Gastroenterol* **13**(5): 748-753, 2007.
4. Kato T, Segami N and Sakagami H: Anti-inflammatory activity of hangeshashinto in IL-1 β -stimulated gingival and periodontal ligament fibroblasts. *In Vivo* **30**: 257-264, 2016.
5. 高橋慶壮, 坂上宏, 小林正樹, 橋本 研, 鈴木史香, 五十嵐武, 栗原華絵子, 中島秀喜, 清水貴壽, 武田 健, 佐藤和恵, 渡辺秀司, 中村 渡: 多機能食品としてのマスティックの生物学的作用, *New Food Industry* **49**(4): 1-8, 2007
6. Sterer N, Nuas S, Mizrahi B, Goldenberg C, Weiss EI, Domb A and Davidi MP: Oral malodor reduction by a palatal mucoadhesive tablet containing herbal formulation. *J Dent* **36**(7): 535-539, 2008.
7. Koutsoudaki C, Krsek M and Rodger A: Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil and the gum of *Pistacia Lentiscus* Var. Chia. *J Agric Food Chem* **53**(20): 7681-7685, 2005.
8. Sakagami H, Kishino K, Kobayashi M, Hashimoto K, Shimetani A, Nakamura Y, Takahashi K, Ikarashi T, Fukamachi H, Satoh K, Nakashima H, Shimizu T, Takeda K, Watanabe S and Nakamura W: Selective anti-bacterial and apoptosis modulating activities of mastic. *In Vivo* **23**: 215-224, 2009.
9. Suzuki R, Sakagami H, Amano S, Fukuchi K, Sunaga K, Kanamoto T, Terakubo S, Nakashima H, Shirataki Y, Tomomura M, Masuda Y, Yokose S, Tomomura A, Watanabe H, Okawara M and Matahira Y: Evaluation of biological activity of mastic extracts based on chemotherapeutic indices. *In Vivo* **31**: 591-598, 2017.
10. 福地邦彦, 坂上宏, 安井利一, 金本大成, 寺久保繁美, 中島秀喜, 勝呂まどか, 名取威徳, 大泉浩史, 大泉高明: ササヘルズの卓越した抗ウイルス活性, *New Food Industry* **58**(12): 23-32, 2016
11. Watanabe S, Toyama T, Sato T, Suzuki M, Morozumi A, Sakagami H and Hamada N. Kampo therapies and the use of herbal medicines in the dentistry in Japan. *Medicines* **6**(1): 34, 2019. <https://doi.org/10.3390/medicines6010034> (registering DOI) Published: 28 February 2019



◆ デンマーク通信 ◆

Naoko Ryde Nishioka

デンマークの冬

デンマークの冬はクリスマスの時期に一番暗くなり、それをすぎると毎日少しずつ日照時間が伸びて、春に向かい始めます。「北欧は寒い」というイメージですが、デンマークは、気温からするとそれほど極寒の地ではありません。ただ、日照時間が短いため、昼間と夜の気温差が少なく、終日 0℃から 4℃の間であることも珍しくありません。雪も降るには降りますが、数週間降り続いたり、積雪したりすることは稀です。

そんな冬のデンマークですが、12月から1月にかけては、街中でたくさんのギフト商品を見かけます。もちろん12月はクリスマスの時期なので、プレゼント用の食材もたくさん出回ります。グルメセットや、ワインのセット、チョコレートの詰め合わせなどは、定番セットで、この時期になると、多くの店に、きれいにラッピングされた贈答用のセットが並びます。酒屋さんであれば、ワインやお酒とつまみをセットにしたり、チーズ屋さんだったらチーズとクラッカーとワインをセットにしたり、チョコレート屋さんだったらチョコレートの詰め合わせクリスマス特大版を出したりと、商機を狙って、多くのギフトセットを店頭で陳列しているのを見かけます。

クッキーやチョコレートなどのお菓子類のギフトセットもよく見かけますが、その包装の方法が、やや日本と違うことに気づきます。日本の贈答用のクッキーなどは、缶や箱の中に、さらに個装されたクッキーが入っ



クリスマス食前、ギフトセット販売もピーク



チョコレート屋さんにもギフトセットがたくさん



デパートや街中は、デコレーションやイルミネーションで飾られます

ていることが多いですが、そのような個装は、こちらではあまり見かけません。缶や箱、プラスチック容器に直接多くのクッキーが入っていることが主流です。一つ一つ個装されていれば、湿度の多い環境でも湿気ることなく長持ちするなど利点も多いですが、以前デンマーク人が日本の缶入りのクッキーを見て、小さなクッキーが個装されていてもったいない、エコでない、とコメントされたことがあります。デンマークは近年環境への関心が高まっていますので、小さなクッキー1枚1枚の包装はちょっともったいない、と感じる人々が増えてきているのかもしれません。

12月はギフトシーズンが職場にも訪れます。以前も紹介しましたが、普通の職場では、全社員が同じクリスマスギフトをもらうことが普通です。ギフトの内容は会社によって異なりますが、主流は、グルメセットや、ギフトカードなどです。デンマークのクリスマスギフトは、全員が同じものをもらうというのが普通で、勤続年数や役職などに関係なく、皆が同じようにもらえます。また、同時期に会社内では必ずといっていい



会社で配られるクリスマスギフト、食材の詰め合わせが主流



酒屋にもギフトセットが並ぶ

ほど行われる、クリスマスパーティも全社員が招待される夕食会です。食事のみならず、アルコールがパーティでは欠かせず、誰々が飲みすぎて、どうしたこうした、という話題がこの時期になるといろいろな場面で見られます。

この時期には、クリスマス前のショッピングもピークを迎えますが、クリスマス後のショッピングには多くの人が出回ります。お店やデパートでは、1月中は大セールを開催しており、街やデパートはたくさんの人で賑わいます。そんな中、この季節によく見かけるのが、Brændte mandler の屋台（または屋内のスタンド）です。Brændte mandler は、ローストアーモンドという意味ですが、アーモンドを砂糖でローストした、この季節にぴったりな立ち食い食品です。砂糖がキャラメル状になりアーモンドをコーティングします。キャラメルはあまくて香ばしく、クリスピー。ショッピングの合間にちょっとお腹が空いたら一袋買って、歩きながら食べるというのもこの季節ならではの楽しみ。その場でローストしたアーモンドを売っているのだから、周りにはいい匂いが漂い、甘栗かな？と思ったら、それは Brændte mandler でしょう。暖かいうちに食べるとさらに美味しく、ショッピングの疲れも一気に吹き飛ばすというものです。

デンマークの冬は外は暗くても、人々の心が暖かく、明るくなる要素がたくさんある時期なのかもしれません。



ローストアーモンド売り場はいろいろなところにあります

パネルディスカッション 産・学・官に期待される役割と課題 — 食の開発を中心にして —

司会 宮田 満¹

パネリスト 板倉 弘重² 大谷 敏郎³ 山野井 昭雄⁴ 宇野 薫⁵

NPO 法人 21 世紀の食と健康文化会議は健全な健康長寿社会の構築を目的として平成 19 年 11 月 9 日に内閣府から認証を受け設立されて以来、有識者を交えた意見交換会や企業及び広く一般消費者も対象にした公開シンポジウムの開催などを通じて、食品業界に携わる関係者ならびに一般消費者への知識の共有と普及を目指した活動を行っております。

それらのシンポジウムなどで行われる専門家による講演やパネルディスカッションの内容は、特に食に関わる研究者ならびに食に関心を持つ一般消費者の方々すべてに大変有意義なものと考えております。これらの情報を当 NPO 法人の機関誌に纏めるなどしておりますが、当 NPO 法人の活動範囲が首都圏エリアに偏っていることもあり、限られた方々にしかご紹介する機会がなく残念に思っております。

当 NPO 法人のシンポジウム開催時にもご協力いただいたニューフードインダストリー編集部から誌面への掲載機会をいただいたことで、より多くの皆様へご紹介できる運びとなりました。2015 年に開催されたシンポジウムではありますが、広く食に関わる皆様にお役立ていただけることを喜ばしく思うとともに、このような情報の共有が今後の食品業界を支える礎を築いていくものと信じております。

これからも当 NPO 法人を刷新し、産・学・官必要に応じて民の協調体制を強化して正しい「食と健康の科学」の発展を基盤にして健全な健康長寿社会の進展を目差して鋭意活動していきたいと思っております。

パネルディスカッションの氏名・所属につきましては開催時のものとなっておりますのでご了承ください。

今後ともご指導、ご鞭撻頂きますようお願い申し上げます。

NPO 法人 21 世紀の食と健康文化会議
事務局長 島崎秀雄

島崎 パネルディスカッションを行いたいと思います。大谷先生はご存知のように食総研の所長をされています。山野井先生は、今日は味の素株式会社の元副社長ということで企業のリーダー格としてお越しいただきました。それから、我々は活動の中で若い人たちにもぜひいろいろな意見を言って欲しいと思っているのですが、今回協賛していただいている一般社団法人日本生活習慣病予防協会、認定 NPO 法人セルフメディケーション推進協議会理事長の池田義雄先生にご相談しましたら、株式会社タニタヘルスリンクでご活躍されている宇野薫先生をご紹介いただきましたので、管理栄養士の視点からも忌憚のないご意見を出していただきたいと思います。司会は、日経 BP 社の宮田先生にお願いしています。それでは、宮田先生よろしくお願

いします。

宮田 ご紹介ありがとうございます。皆さんこんにちは、日経 BP 社の宮田と申します。今日は第 1 回、第 1 回というのはだいたいジャーナリストは大好きなので、食と健康のフォーラムパネルディスカッションの司会を仰せつかって本当に名誉なことだと思っております。今回のパネルはまったく打ち合わせなしの出たところ勝負でございますので、本音が多分出やすいんじゃないかと思っています。途中で議論を止めつつみなさんからもいろいろなご意見とか質問を承りたいと思っておりますので、どうぞみなさんもお参加いただきたいと思います。パネリストの紹介がありましたが、講演をなさっていないパネリストに関しては大谷先生

¹ (株) 日経 BP 社 特命編集委員, ² 茨城キリスト教大学 名誉教授, ³ 国立研究開発法人 農研機構,

⁴ (元) 味の素株式会社 副社長, ⁵ (株) タニタヘルスリンク, 女子栄養大学 管理栄養士

から自己紹介をしていただきたいと思います。特にこの今回のテーマであります食の開発を中心にして一体今どういう役割をなさっているのかという簡単な自己紹介をしていただきたいと思います。

大谷 ただいまご紹介いただきました農研機構の食品総合研究所の所長をしております大谷と申します。農研機構というのは農業・食品産業技術総合研究機構という長い名前ですが、もとはというと農水省系の研究機関でございます。14の研究機関がありますが、その中には作物の研究所や果物の研究所などがありまして、その中で唯一食品の研究を行っている研究所です。

私どもの研究所は、もちろん幅広く安全から加工流通までやっていますが、やはり機能性食品は一つ大きな目玉になっております。皆さんご存知のように1984年から機能性食品の研究が始まっていて、その直後から農水省ではずっと30年近く機能性食品の研究を続けています。初期は動物試験、細胞試験などでしたが、実はちょうど1年前の平成25年から少し本格的に、板倉先生のご講演の最後にありましたような、丸ごと食品や農産物そのもののヒト介入試験をスタートさせました。今年でちょうど2年目になり、来年度まで継続します。その中でも特にサプリメントでなく、農産物を丸ごとそのまま、いかに効果を見るかという初めての大きなプロジェクトなので、方法論も含めて、今一生懸命やっているところです。従いまして当所では、先程板倉先生の最後の方のお話にありました、丸ごと食品から栄養素を強化してある食品、それからサプリメントになってさらに薬剤につながるというところの、この図でみると一番左端の丸ごと食品というところを担当していることになります。もう一つ、健康と病気の境界領域という話がありました。境界領域、もちろん健康側に寄った方が対象になりますが、健康の方を健康に維持する、未病の方を健康に維持するというのはやはり食の役割だと思います。私たちの研究機関全体では、いろいろな素材を追求できるという立場にありますので、ぜひそのあたりで貢献していきたいと考えております。

宮田 ありがとうございます。それでは山野井先生どうぞよろしくお願いいたします。

山野井 味の素の社友の山野井でございます。私は、大学では発酵および応用微生物学を専攻しまして、会社に入った時は発酵の研究開発関係だったんですが、その後発酵関係よりもよりフィットすると誰かが考えたかどうか判りませんが、途中から食品系に変わりました。主として研究開発を中心にならずと技術関係の担当だったわけです。

食品の場合、健康長寿との関連では、いわゆる「機能性」がひとつの視点になりますが、例えばグルタミン酸1ナトリウム塩は結晶状のものです。これは機能性という意味でいえば、「うま味」という機能性を持っているのです。うま味というのは食事をおいしくしますから、そういう意味で精神的な満足感も含めて大きな影響を持っているものなので、そのような機能です。血圧や血糖値がどうかというようなメタボ対応品とは違いますが、うま味の提供というものも重要なひとつの機能性なんです。その一方で、先程板倉先生のお話にありましたように食品自体は多成分複雑系です。多成分複雑系の価値、これをいかに高めるかという方向のもっとも典型的なカタチがプロの料理人の世界なんです。プロの料理人の方々は、科学者ではありませんから要素還元志向で何が一番よく効いてるかということ深く分析的に考えるのではなくて、その食材の持っているそのものの食感、香り、味など、これらを全部ひっくるめて最大限の嗜好に合うようにどう引き出していくかを考えます。装置を用いて大量生産をするメーカーは、基本的に要素還元思考がベースになっていますが、この複雑系自体の価値、意義を重んじる料理人の世界の取り組み姿勢は我々メーカーにとって非常に重要なヒントになるわけであって、そういう意味で手作りベースの食の匠の技を実際に工業化するというもう一つの流れを企業在任中につくりました。ですから、要素還元思考で有効因子を特定するという面と、多成分複雑系の食、その価値をどうやって高めるかという面と、その2面を仕事としてずっとやってきました。すでに後期高齢者の線を数年前に越えておりますが、どうも敬老精神が薄いのでしょうか、農水省関係、厚生労働省関係など委員会の委員を仰せつかったり、最近では大谷先生も関係ある「SIP」という新しいプログラムの戦略コーディネーターを命じられたりで、どうも敬老精神がないですね。問題があると思いますが（一同笑）。今回の島崎さん、これまた敬老精神がない人ですねこの人も。なんでもいいから出てこいっていうから、今この壇上に居るわけです。宮田先生は存知あげており、たいへん尊敬している方ですが、ただ事前に全然打ち合わせをやらないなんて珍しいです。ということでございまして、よろしくお願いいたします。

宮田 ありがとうございます。僕にとってもわりと珍しいです。それでは宇野先生どうぞよろしくお願いいたします。

宇野 皆様こんにちは、株式会社タニタヘルスリンクで管理栄養士をしております宇野薫と申します。皆様タニタという会社はご存知かと思いますが、もしくは、「タ

ニタ食堂」でご存知の方も多いかと思いますが、そちらで仕事をしてきました。もともとタニタは体脂肪計、体組成計のメーカーでしたが、測ることを通じて健康を伝えていくということを社業に行っていますが、私は2008年にタニタに入社いたしまして、測ってその後どうしたらいいんですかという多くのお客様の声に応えるかたちでサービス業をチャレンジしてきたのが私です。タニタの中で、タニタ社員食堂のレシピ本をお陰様で530万部というベストセラーに押し上げたり、丸ノ内他全国で今7店舗ほどタニタ食堂をオープンさせていただいております。それらを通して、実際にどういった食事がより健康寿命に貢献できるかというところをお伝えする役割を果たしております。

先程の基調講演の中村丁次先生と一緒に、厚生労働省の日本人の長寿を支える「健康な食事」の検討会の検討委員をさせていただきまして、どうしたらより日本人の健康長寿を延伸できるのかというところ、食事というところを管理栄養士の立場で食教育というところに携わってまいりました。今回は、池田先生から電話で行って来て欲しいとご依頼をいただきまして、このような先生方と一緒させていただくのは本当に恐縮なのですが、ぜひ何かお役に立てることがあればと思ってお話させていただきたいと思います。どうぞよろしくお願いいたします。

宮田 どうもありがとうございます。私のことも少し自己紹介させていただきます。もともと僕は大学では植物学をやっておりまして、日本経済新聞に入ってそのままバイオテクノロジーの雑誌をつくりたいと思って入っております。今は合計6つくらいの雑誌やウェブサイトをやいま創刊して、バイオ関係をずっとやってまいりました。当初医薬品ばかりだったのですが、最近バイオテクノロジーも食とか健康、あるいはエネルギーといったところにも転進しておりまして、何かと島崎先生との御縁もでております。

一つだけエピソードを紹介したいのですが、今日も未病あるいは境界領域というのは一つテーマになると思います。最近テレビ神奈川で「未病対策」を政治的なスローガンにしている神奈川県黒岩知事ですが、この間一緒に番組をやって彼は毎日5キロ走っていると自慢して、タニタの体重計に乗るとそこに健康寿命、体内年齢というのが出ると。彼60代ですが、「俺の体内年齢は45歳だ」と言ったんです。僕も実は測って、34だって言ったら彼はその機械は壊れてるって生放送なのに言うという大胆な感じになっていましたけれども。我々やっとなんかそれが正しいかどうか今後科学が進むとだんだん証明されてくると思います。いろんなことが測れるようになってきました。全ての科学は測れるということから始まるので、いよいよ健康科学、食の

科学というところも、ある意味本格的なサイエンスですね。昔はどちらかというと医学と比べると相当イマチュアな学問だという段階にあったと思いますが、今やだいぶそれが本当に科学として可能になってきたのではないかと考えています。板倉先生からまた皆さんに伺いますが、今回のテーマである食と健康科学の重要性がなぜいま日本あるいは世界で認識されてきたのかというのを、とりあえず4人のポジショントークとして伺いたいと思っています。板倉先生からお願いします。

板倉 現在、日本をはじめ世界では高齢者が増加し、それに伴ういろいろな健康障害が問題になってきています。例えば、男性も更年期障害が現れるなど、だんだん年をとってきくと、いわゆる老化現象が健康障害として現れてきます。また高齢化社会では認知症が増えています。その予防あるいは治療にもっとも効果があるのは何かというと、今のところ薬ではあまり期待できないんですね。いろいろ開発されていますが一番いまのところ効果があるのは身体活動、運動ではないかと。テストステロンを増やすのも運動ではないかと言われているくらい、食事とか運動などの日常生活上のものが、実は身体の健康に非常に大事だということが認識されるようになってきたと思います。薬がいろいろ開発されている中で医療費などの負担がむしろ壁になってきているということもあるかと思います。それには今お話になりました身体活動や栄養を強化するようなシステム、これが科学的エビデンスとして明確に示されていくでしょうし、同時にそれが可能になってきた時代になっていっているのではないかと思います。

大谷 私のところは農水省系の研究所と申し上げましたが、日本食はなぜよいかということを証明するように、かなり前から言われています。ところがそもそも日本食とは何かということもありますし、それからデータを考えてみますと、いま健康寿命と平均寿命の差というのは世界で日本が一番離れています。一番長寿の国ですけども、健康寿命としては、他人の手助けを受けなくて生活できるのが健康寿命ですが、健康寿命と平均寿命の差というのが問題だと思います。他の先進国ですと、その差はだいたい7歳から7.5歳ですが、日本だけが男性の場合は9歳、女性の場合は12歳くらいになっています。そういうことを考えますとやはり食がどのように日本人の健康寿命に効果があるかという実態はぜひ調べたいと思っています。いわゆる科学的エビデンスです。これはまさしく評価をきちんとするということになるので、先程少しお話したようなプロジェクトを3年前に始めるときに、一つひとつの食

材をまずはきちんと評価してみようということになりました。食材ごとにどれだけ効果があるかを調べてから、その後それらを組み合わせて評価することが必要になります。さらに調理の効果も調べる必要があります。まだまだ先は長いのですけれども、一つひとつやって、きちんと評価をしていけば、かなりきちんとした形で、なぜ日本食がよいかというのがわかるのではないかと考えています。ただし一方で、板倉先生のお話にもありましたが、人というのは1000年前の人と今の我々はあまり変わっておりません。だから科学的エビデンスも必要ですし、評価も必要ですけれども、やはり食育によって、人間自体は今でも変わっていないということ認識して食を考えるようになればよいと考えております。

山野井 今の宮田先生のご質問は、結局食と健康に関わるリテラシーというのでしょうか、関心が非常に高くなってきているのは一体どういう背景があるのでしょうかというご質問だと思います。世界的にどうこうというのはよくわかりません。例えば、アメリカだったらまず大きく言われているのはチャイルドフードオベシティ、子供の肥満という問題があります。あるいは脂肪がカロリーの40%を占めているので非常に不健康だとか、そういう流れがアメリカにあると聞いています。わが国の場合は、高齢化が進むに従って病気がだんだん増えてくる。これは当然の話ですが、その時に行政的には結局お金がかかる、保険がパンクしてしまうと。病気になった場合、これは食事の範囲ではなくて医学薬学の世界なんです、これはお金がかかるわけなんです。したがって、できれば病気になりにくいというんでしょうか、広い意味での予防対策、そのようなことはどうなんだろうかとこの関心が高まってきているのではないかと。

私はこの関心の一番学問的なベースにあるのは、医学の進歩だと思っています。医学が遺伝子を中心に、先程の児玉先生の話もそうですが、いろいろな難しい病気について、ゲノミクスやエピゲノミクス、あるいはその結果としてのプロテオミクス、あるいはメタボリズムとしてのメタボロミクス、いろいろな立場から精密に数多くのバイオマーカーを活用して健康の状態と病気の状態の違いがわかってくることによって、今度は食をもってそういう変化をどの程度予防できるのかという話になってきます。例えば、いわゆる未病の状態でのそれら各項目の変化が、食によって健康な状態にカムバック出来るか否か。つまり、これを食べていけばいいよという話ではこれは科学ではないので、そういう意味で医学における遺伝子を中心とする病理学といいますか、病気のメカニズムがどんどんわかってつつある状況の中で、これまで医学薬学の世界である

セラピー (therapy) という立場から、今度はそれに対してプリベンション (prevention) の重要性が次第に上がってきているのではないかと、これが私の認識です。

宇野 私も管理栄養士なので、ずっと予防を志してやってまいりました。病気にならない、病院に行かなくても済む、介護にならない体、病気にならない体というところで、今も多くのお客様を対象に生活習慣病の予防、介護予防、アンチエイジングの視点から、さまざまなお話をさせていただいています。やはり生活習慣病も介護も食べ過ぎであったり食べな過ぎであったり、栄養の過剰と不足によって引き起こるものだと考えています。食事が原因でなる病気が多くなってきており、食源病とも呼ばれています。ただ一方で、食事というのはよく選びよく食べていただくことで病気や介護を予防することもできますので、メタボ予防、ロコモ予防の観点からいろいろお話をさせていただいています。

食と健康という観点からいいますと健康の三本柱は、皆様ご承知のように食事、運動、休養と3つありますけれども、なかなか皆さんお忙しいので運動にチャレンジするところは難しい。けれどもお食事のチョイスでよりベターチョイスをしていただくことで予防できるものがあればという観点でよくお話をさせていただいています。科学というところが私どものところでは弱いところでして、よくタニタ食堂の効果があって、医療費削減の効果があつたと発表もさせていただいているんですけれども、実際に食べ続けることでどういう効果が得られるのかということを中心にきちんと証明する、エビデンスをつくっていくということが、私たちに今後求められている課題なのかなと思っています。

宮田 ありがとうございます。それではまた皆さんに一つ共通の質問をします。それは、おいしいものは健康によいという我が母から教わったことと、どうもそれが今この状況では乖離してしまった、そこに逆にいえば今もこのパネルディスカッションが必要になっているような状況もあると思いますが、それを皆さんに伺う前に、ぜひ私の方から時間を皆さんに差し上げたいと考えています。

先程大谷先生がご指摘になった寿命と健康寿命の間が先進国では日本が一番長い。これはいいようで悪いんですが、実は羨ましいことなんですよ、他の先進諸国からすれば。医療アクセスというのは日本ほどいい国はありません。H1、N1という新型インフルエンザが流行った時に死亡者数がほとんどゼロというのは日本しかなかった。それはなぜかということ、どこでも誰でも医院に行けてタミフルという抗ウイルス剤が提供されたからなんですね。同じことをやったのはカイロ、エジプトですが、それは非常にうまくいっております。

我々は確かに理想的な医療アクセスシステムをつくってしまったために、寿命は延びました。でも、今国民がうんざりしているのは医療費が高騰しつつあってこれはもうサステナブルではないことが明らかになったことと、過剰診療によってスパゲティ症候群みたいになって、生きてなかなか死ななくなってしまった自分たちの親族をみて、これは正しい終わり方ではないのではないかと多くの国民は考え始めているのではないかと思います。そういう意味では日本が今示している長寿に健康寿命まで延びていくと世界で最も幸せな国を我々はつくれるのではないかと私は思っています。しかしすると私が母から教わっていたその時々旬のものを人間はおいしいと思うんだからそれをちゃんと食べれば健康になるという一種の神話がなぜ崩れてしまったのかというのを、先生方に伺いたいなと思っています。

板倉 いろいろな食品業界の努力の結果だと思います。加工食品から自然食品まで品種の改良があり、おいしいものが増えています。例えば、果物も非常に糖度の高いものが増えてきた、そうすると甘くておいしいので、いわゆる品種改良した糖度の高い果物をたくさんとってしまうということです。秋になるとメロンをたくさん食べて糖尿病が悪化した患者さんがよくみえます。野菜もおそらく土あるいは栽培法によって中に含まれているビタミン、ミネラルが時代とともに変わってきているのではないかと。かつてはおいしいものは適度な糖分とミネラル、ビタミンが豊富に含まれている。最近はそれが非常に少ないあるいは変質したもの、おいしいものがそれはむしろ添加されているなど、そういう科学技術、食品科学の進歩があるのではないかと思います。

宮田 それは鋭い指摘でしたね。もう一つは多分国際的な食品の流通です。先程中村先生がおっしゃったように、日本ほどバラエティのあるものを食べているところはないですよ、すし屋に行っても近海ものなんてほとんどなくなって、マグロなんてニューファンランドって書いてあったりいろいろしますよね。これは大谷先生ぜひこういった観点からお伺いしたいです。

大谷 実は野菜の育種をやっている研究者と話しているとおもしろいことがあります。いま機能性ということでポリフェノールだとかいろいろなことを言いますね。こちらは実験の結果からその機能性が良いという話をすると、そういうこと言ってもらっても、野菜の育種というのは、戦争が終わって70年経ちますが、一

貫して苦いとかエグイとか辛いとか、そういう成分を外す方で育種をしてきたと言われてしまいます。何を今さらそれを増やせというのかと言います。同じようなことが果樹にもいえます。果樹は甘いというのを消費者が求めるというので、「甘い」ということをキーワードにして、やはり営々と甘い品種をどんどん育種している。シャインマスカットってご存知かもしれませんが最近出ている皮ごと食べるとすごく甘いマスカットですが、ああいうのもさんざん苦労してやっとあそこまでできたということなのです。そういう意味では育種はかなり時間がかかるので、戦争直後の皆さんの苦しい時代の目標値がそのままになっていて、10年か20年前から漸くものが出てきた。人は、甘い、塩辛い、脂っぽいなどものすごく好きなわけです。素材の方は、そういう状況にあるということでございます。

宮田 ありがとうございます。加工食品をやっているしゃった立場から山野井先生いかがですか。

山野井 おいしく食べて健康づくりというのは、この理念は全く変わっていないと思います。ご承知のように食べ物というのは、第一機能は栄養供給で生命の源です。第二機能は嗜好性、つまり「おいしさ」なんです。記憶がはっきりしない話で申し訳ありませんが、不味いものを無理に食べることは身体にとってストレスである、と述べた米国の学者がいたように思います。身体に対して求められないもの、精神的にも物理的にも、気温や湿度などもそうでしょうし、ダイレクトに美味しくない食べ物も。ストレスによって免疫力が下がるということを聞いたことがあります。もちろん不味いものを食べたならそうなるか否かは判りませんが、おいしく食べて健康になるというのは、基本的には非常に大事なポイントなんですね。しかし今度は、おいしい好きなものばかりをどんどん食べてしまうという問題もあるんです。大事なのは、おいしいものをバランスよく食べることであって、甘いもの好きだったらそれだけどんどん食べてしまうというのは、これはバランスに問題があります。したがって、おいしく食べて健康づくりという時には、健康と食との関係についておいしい食のバランスの知識をある程度持たないとそういう問題が起こる可能性はあります。しかし基本的においしく食べて健康追求という理念そのものは全く変わっていない。嗜好性は、食が持つ大事なポイントだと思っておりますし、嗜好性の低いもの、不味いものは本来、食としての資質に欠けていると思います。

宮田 山野井先生ありがとうございます。ただコマースリズムになるといっぱい売りたいわけですよね。

おいしくちょっとだけ食べてという宣伝を聞いたことがない。

山野井 もちろんそうですよ。ただし、これは先程宮田先生も言及された食と健康に関するリテラシーに繋がる話と理解しています。関連して、これはむしろ学問の世界でぜひ研究してもらいたいと思うのは、「飽き」の問題です。飽きるという問題について、例えばホメオスタシスという話が先程出ましたが、ホメオスタシスが非常にいいかたちで強く維持される人の場合には、環境が変わっても健康です。一方、当然健康状態によってホメオスタシスが変わります。特に食べ物によっても変わりますから、非常に食べ物の影響は大きいと思うんですが、この飽きるというのは何かというと、さっき言った不味いものとの関連もあって、不味いものはあまり食べませんから、飽きるということとは関係ありませんが、おいしいものを食べるとある時点にくるともう食べたくなくなるという問題について、つまり摂食にブレーキがかかるわけです。おいしくても食べたくなくなるというブレーキがかかる。この問題をぜひ解いていただきたい。これが、おいしく食べて健康づくりというもう一つの側面なんですね。ところが学問的にこの問題は全くわかっていません。例えば、日本でも、ティラミスなんかそうですが、入った時はものすごく売れましたけど今は普通になってしまったとかね。あるいはナタデココですか、あっという間に終わってしまった。食べたらいいですよ、決して不味くない。不味いなら買いませんから。おいしいけど長続きしないとは一体どういうことなんですかということ。しかし、日本人の場合にはお米とかみそ汁とかそういうものは飽きません。フランス人も多分フォアグラを毎日食べても飽きないと思います。我々は毎日フォアグラを出されたら多くの日本人はすぐに飽きてしまう。そういう問題が、ホメオスタシスとして関係があるのではないかと想像しています。

おいしいということと健康という時に、この問題はもう一つ大きなテーマとしてあるんですね。これは企業でやるような研究としてはなじまないと思いますので、あえてここは先生方がいらっしゃるので提起したいと思うんですが、ぜひ大きなテーマとしてやっていただきたい。実は企業にとってなぜこれが必要かというと、国際化を展開していく時に各々の国の食文化の壁にぶつかってしまうんです。日本食は健康にいいとみなさん認めている、じゃあそれを持っていってどの国でもよく売れますかということそんなことはないんです。それは彼らは最初は日本食をおいしいと思うんですが、でも長続きしない。さっき述べた輸入食品の場合と同じように、この部分が企業にとって困るのですが、そういう問題もあります。

宮田 いま非常に大きなテーマを出されたと思うんです。カリフォルニアで炭酸飲料に対する課税というのが今始まっています。これは山野井先生がいま指摘されたような、異性化糖というのが満腹感をどうやら食欲中枢に対してあまり働きかけないためにいくらかでも飲めてしまうので、糖分過剰になるという学説が今出ていて、それに基づいて課税という行為で消費構造を変えようとしているわけです。多分これから深刻に肥満の問題が医療経済を通じて国や州の財政に影響すると、課税というかたちで消費を抑制しようという仕組みも現れてくる可能性があるんじゃないかと思います。先程節約遺伝子のお話をなさって、それだけでなく、我々の身体はほとんど氷河期と変わっていないので、どうしても好きなものがありますよね脂とか、それで溜めこみますよね、そのメカニズム、満腹のメカニズムの遺伝子的なものが十分整ってなくて壊れているというところが、いま山野井先生がおっしゃったところの大きな問題を示していると思っています。そうすると教育とか自覚が重要になります。宇野先生いかがでしょうか。

宇野 私は2歳と4歳の子供を抱える母親でもありますが、やはり3歳までにだいたい味覚は決まるといわれているので、自分自身の子供にはおいしいと感じるものは何か、すごくシンプルなもの、できるだけ加工度の低いもの、自分の手をかけて提供できるものというかたちで食育を行っていますし、保育園や小学校からご依頼いただく際にもできるだけ手作りでというふうにお話してしまうので、今日食品企業の先生方も多いとうかがっていますのでちょっと敵に回してしまうかもしれないんですけども、やはりおいしいと感じるものが甘いものであったり脂ものであったり、逆に塩分であったり、大人の方ですとアルコールであったり。あまり健康にとっては好ましくないものをおいしいと感じ、脳で感じるとして依存性が高まるようなお話も出ていますし、科学的にもそういうデータも出てきているので、量と頻度の問題、過剰に摂ればそれは健康を害しますし、そういうところで何をどうどのくらい食べるかというところをお伝えしてはいます。ただそのおいしいと呼ばれるもの、素材のところと調理という過程で、さまざまなフードシステムが発達してきて、加工だったり流通だったり世界からいろいろな食材が手に入るようになり、本当に選択肢が多くなってきているので、その中でどう消費者は賢く選び、賢く食べ、ご自身の健康を維持していくことができるかというところをお伝えしていくのが私の課題でもあります。

宮田 ありがとうございます。4人の先生のご指摘は本当にいちいち頷かれるものです。例えばグルタミン酸、味の素の発明者である池田菊苗さん、あれはなぜグルタミン酸を発見するに至ったかという、ドイツに留学して日本人の貧弱な体型、それに対して大いに劣等感を持ち、我々はまずい食事でもしっかり食べられるようなおいしさを見つけようとした。富国強兵みたいなものが明治時代初期にはあったし、西洋に対する我々の劣等感、栄養面、体格面での劣等感というのがグルタミン酸、味の素を生んだという背景がある。これでもわかる通り明治時代の日本の食事と今の食事でも劇的な変化があります。なおかつ我々の体は先程の児玉先生のミュレーションレートを計算しても1万数千年前の氷河期と変わっていないんですよ。そことの間に大きなギャップがあるために、なおかつ今までの我々の食習慣がそれを守っていただきましたけれども、今やお祖父さんお祖母さんが曾おじいさん曾おばさんから受け継いだ食経験の伝統は断ち切られております。せいぜいインターネットでクックパッドみたいなところで多くの人たちのレシピを共有するような時代になっています。今いったい何が頼りになるのかというところで、食と健康の科学というものをぜひ展開していただきたいと考えています。

今日のパネルディスカッションは、健康な人をより健康にするか、あるいはそうじゃなくていわゆる境界領域とか未病といわれている人たちを健康にするということを考えること、どちらかに絞らないといけないと思っています。今までのお話でも思いますけれども、とりあえず健康寿命の延伸を目指すというそのための科学をどう展開していったらいいか、あるいはサービスをどう展開していったらいいかという話に絞りたいと考えています。それでは健康寿命を延伸させるためには疾患と介護リスクの低減が重要になると思いますが、具体的には何を目的とすべきでしょうかということ伺いたと思います。多分議論をこれから深めていきますので、極めてイメージ的なものでかまわないのですが、板倉先生いかがでしょうか。

板倉 今、行政の方針としては高リスク群を捕まえて高リスク対策を中心にやろうとしているところです。だけど日本人の生活、個人個人の健康を考えた場合には、やはり境界域の人の健康維持、増進をもっとシステムとして促進すべきではないか。現在のところは、人間ドック学会も高リスク群をみつけ、受診を勧めようとしています、要観察レベルの方が自己判断で健康管理をしていても潜在的に病気が進行し、いつ倒れるかわからないような状態ともいえます。健康を維持できるような管理方法を確立することで、年をとっても社会に貢献できるような活動を続けていけるように

なると考えています。

宮田 ありがとうございます。健康な人で健康じゃないんじゃないかという危機感から健康食品、あるいはサプリをとろうという人たちはとりあえずおいといて、今私たちが国の大きな目標でもあります健康寿命の延伸、それを考えるとやはり境界値とか未病といわれる人たちを対象に健康科学をすすめなければいけないと思うのですが、具体的にそれでは何を目標にすれば。いま板倉先生は社会に貢献できるように未病の人をより健康にすると考えられていますが、大谷先生はいかがでしょう。

大谷 私のところは極めてシンプルに考えておりまして、例えば皆さんがスーパーに行くあるいはメニューを選ぶ時、例えばちょっと血圧が高い方の場合、あるいは少し腹囲が気になる方が、それぞれ気になるところのボタンをポンと押す、そうするとあなたはだいたいいくつという素材を使った方がいいですよ、というのが現れて、そしてその素材を使ったメニューも出てきて、それを参考に買い物や注文をするようなイメージです。もう少し進むと管理栄養士の方などがきちんと健康診断の結果をみてもう少し具体的な細かい指導をするという方向で検討しております。その時に、今まではなんとなく玉葱がいいですよ、とかいうようなことでしたが、きちんとしたヒトのエビデンスが背景にあつて、あるいは調理をしたらこれは少し減ってしまうからあまり熱をかけないようにすると良いですよとか、そういう様々なデータがきちんと整理されたデータベースが元になった食による健康支援システムのようなものを作りたいと思っています。実は今日の最初の中村丁次先生とご一緒に、その取り組みの最初のところをやっております。健康な人を健康に、ということを考える時に一番問題になるのが、治療が必要な人というのはどこで線が引かれているかということです。いま板倉先生からいろいろな学会のご対応が出てきましたが、お医者さん以外がその境界領域に踏み込むとなかなか微妙な問題があつて、お医者さんの方からいろいろ指摘があり、その辺が今非常に悩んでいるところではあります。

宮田 ありがとうございます。山野井先生に伺いますが、要するに疾患、介護リスクの低減というのがとりあえず今回の食と健康の科学の目標だと思います。具体的に何を実現することを我々は目標とすべきなんですか。

山野井 それはまさに病人を減らすことなんですけどね。今のお話のように、ある程度病気というのは起こ

るわけですから、これはもう避けるわけにいかないんだけど、大事な今はまさに宮田先生がおっしゃった未病の段階です。これの一番のポイントは、あなたは未病の段階ですと宣言できるかどうかなんです。先程のお話で、未病の状態というのはほとんど自覚症状はないんじゃないかとおっしゃいました。つまり未病の状態を通過して病気になってしまう。病気になったら、これは治療するしかない。病気へ向かう動きに対して食でもってストップをかけるには、どうしても未病ですとということを本人がわからなかったら、どうしたらわかるようになるんですかという話になる。先程申し上げた医学の進歩の中で境界の部分、血圧だったらこれ以上は病気です、これ以下はどうですという中間の部分、これはたくさんの方がいるはずなんです。ここのところをどういう仕組みで、あなたは未病ですからこのままだとこういふ病気になりますよということを伝えるか、これですね。未病ですから医薬品で止めるというかたちではなく、主役は食になると思います。ただ課題は、今の医学の方々、私の知っている医師の方々はこのように関心がないんです。何に関心が強いかといえば、難しい病気のメカニズム、それを解明することによってすばらしい新しい治療法を開発すること、あるいは新薬の開発に結びつけることにあると思います。これはすばらしい大変な貢献ですよ。当然ですがそういうことに関心があって、未病の状態でどうしたらいいとか、それを食の世界でどうするのかとか、どのようにブロックしカムバックさせるのかとか、ほとんどそういうことに関心を持っておられる先生はいらっしゃらない、ここが一番ネックとなる問題ではないかと思っています。

農学系とか理学系、工学系もそうですが、そういう人たちは物質科学については非常に詳しいです。あるものがどういう成分をもっているとか、それはこういう機能を持っているよとか。生理的機能との関連で、こういうものが入っているということを見つけ出したその同定をしたりするのは詳しい。お医者さんは、そういう物質科学面はあまりお詳しくないんですが、生体科学については専門家ですから生体の反応等について詳しい。したがって、今の問題は結局生体科学の問題なんです。それによって今度は、物質科学がそれにどういうふうに関与するかという話になるのです。そういう意味では、未病の状態をどうやってクリアに基準を決め判定してその人に伝えられるかという仕組み、これをどうやってつくるか、これに尽きるんじゃないかと思っています。

宮田 山野井先生どうもありがとうございます。確かに2つ大きな問題があります。板倉先生はお医者さんだから言うのは憚られますけど、お医者さんは健康

な人をほとんど見てないんですよね。医療機関に行くと病気になってしまう、病気と診断されてしまうという仕組みがあつて。医療機関に行かないと病気にはならないんですが。ですからそれが未病の段階の自覚的な認識をどういうふうにさせるかということが非常に重要になるだろうと思います。今の健康科学に関してもお医者さんが主力であります、本当のことというとなんか健康な人を対象に科学が始まったのはここ20年くらいの歴史しかないのではないかなというふうに実は思っています。今までの例えば私も生物学やりましたが生物学とか生理学の方法論は極端なもの、つまり病気の状態とそうでないふつうの健康な状態を調べて、差があつたところに病因があるだろうというアプローチです。だけど健康なもの、未病のもののどこに差があるのかというアプローチが今できるかというと、まだまだデータが足りない状態。

いま僕は弘前大学でCOI、センターオブイノベーションをやっています、それは岩木山の麓の住民の方と協力して600項目も身体測定をやって、運動機能なども全部やって、栄養もやって、追跡調査をやっているんです。今5、6年経っているんですが、明らかに認知機能が落ちる可能性があるリスクをいっぱい持っている人が出てきてるんです。だけどその人に、ひょっとしたら認知機能がこれから落ちますよということを伝えようと、失礼だつていつて怒ってもう二度と現れなくなってしまうという状況があるんです。だからそういう意味ではどうやって伝えるか、どうやって検出するか、コミュニケーションの問題も含めて後ほど議論させていただきたいと思っています。宇野先生いかがでしょうか、何を目的に我々は。

宇野 やはり皆さん各自の人生を謳歌していただくために、健康というのは非常に重要な資源だと私は考えています。各自が健康マネジメントサイクル、健康を自分でみずからマネジメントできるようにサポートさせていただくのが私たちの仕事だと思っています。お医者様は病気になった人を治療することはできますが、管理栄養士や保健師という予防を得意とする職種は病気にさせないことができる職種だと思っています。各自が健康のマネジメントサイクルを回すために必要なのがプラン、ドゥー、チェック、アクション（Plan, Do, Check, Action）というPDCAサイクルだと思っています。まずはチェックしていただくこと、検診を毎年受けることもそうですし体重、体組成、筋肉量、血圧などを日々チェックしていただくことで健康管理というのは各自がしていただけたらと思いますので。

山野井先生がおっしゃっていた健康リテラシー、ヘルスリテラシーを高めるというやり方を一つひとつ伝えていく必要がある。なぜかというそれは大学教育

の中では学んでこなかったんですね。日本の中ではヘルスリテラシー教育はなっていないくて、大人になって失ってから初めて健康の重要性に気が付き、どうしようとあがくんですね。ですが今、今日のテーマと外れてしまうかもしれませんが、20代、30代が健康的かというところとひょっとしたら50代、60代の方が健康かもしれないと思うくらい危機的な状況にあります。実際年齢を隠して血液データをみて、これは高齢者ですかというくらい栄養状態が悪い方も多くいらっしゃいます。痩せ女性の問題というのは特に問題になっています。そういったところを体重を測ることをスタートに管理していただけたらいいかなと思っています。雑駁な話になっていますが、健康寿命の延伸リスクを早めに確認していただくというところでは検診であったり体重測定であったり、自分の健康チェックの習慣を身につけていただいてそれを継続していただくことがまず大事なのかなと思っています。

宮田 宇野先生ありがとうございます。実は先生の発言が一番僕にフィットして、要するに健康寿命を延伸して、そのファイナルの目的が何かという自立自助、自分の生活を楽しんで周りに迷惑をかけないであの世に召されるという、我々の生き方の問題だと思うんですが、それで一つ明確になりましたので、自立自助できるような健康リスクの低減とか介護リスクの低減をするためにまずはどういう未病、どういう疾患の未病を我々は研究すべきか。板倉先生いかがでしょうか。

板倉 日常生活で介護とかいろいろな生活上の支障をきたす一つは、関節痛があげられます。関節の病気や関節の不調で健康が損なわれることが多くみられます。原因の一つは、肥満にともなう膝関節障害など、骨格系の健康障害も未病の一つだろうと思います。それから潜在的に進行するものとして癌と動脈硬化です。癌の場合には、癌で死ぬのが一番幸せだといわれるほど、病気にかかってから死ぬまでの期間が比較的是っきりしているということがあるのですが、潜在癌から発症まで長い時間があります。動脈硬化の場合には、脳卒中などのかたちで長期にわたり不自由な生活をするということで、動脈硬化の危険因子を抑えていくのも一つ大きなターゲットであると思います。

大谷 話が少し違うかもしれませんが、自立自助という話がありましたね。そういうことになると、自分でわかるようなことをまずターゲットにした方がいいのではないかなと思っています。もちろんいま研究としては高血圧や高血糖をやっていますが、例えばQOLの向上ということでロコモの問題とか睡眠の問題、メタボ

もそうでしょうが自分が自覚できるところをどうやってやるかということです。ところが先程から話題に出ている未病の方をどう健康に繋げるかということになると、非常に差の少ないところの科学的エビデンスを出さなくてはいけないという大問題に直面して、なかなかそうはうまく行きませんが、方向としては正しいと思っています。今いろいろな新しい方法論が出ているので、そのうち解決するとは思いますが。方向はわかっているのですが、科学的方法論がまだ追いついていないのではないかなというのが印象です。

宮田 今の大谷先生のご指摘でおもしろいと思ったのは、睡眠のようなひょっとしたらあらゆる疾患のベースになるようなものを対象にするという手もありますね。

大谷 私どもも動物実験で研究を進めております。時間栄養学といわれていますが、いつ食べるか、どのタイミングで食べるかとか、何を食べるか、あるいは組み合わせなどによって随分違ってくるのがわかりつつあります。ヒトでどうやって実験するかがこれまた大問題なのですが、将来的にはそうなってくると思います。

宮田 山野井先生、どの病気、あるいはどの病気の未病状態を対象にすべきでしょうか。

山野井 私は医学ではないので責任もって言いにくいんですが、病気自体がいろいろな副次的な病気を引き起こすものに糖尿病がありますが、これは比較的測りやすく、対象になりうると思います。血糖は全身に全部回ってしまいますから、糖尿病というのはいろいろなことが起こりますよね。そういう意味で私は、生活習慣病の代表的なものでもある糖尿病というのは一つのターゲットになるのではと思います。もう一つは精神的な問題なんですね。これを告知するのは非常に難しいですが、例えば脳梗塞や脳出血とかで起こる場合は、これは原因がかなり調べられているので、血圧とかコレステロールなどで予防的な取り組みはいろいろできると思います。いまひとつには、アルツハイマー病とか、あるいはアスペルガー症候群というものは、未病状態でそういう兆候がつかめるか否か。これは自立が難しく、あるいは介護が必要になります。アルツハイマー病は、進行を遅くすることはできても、今の医学では治すことはできませんので予防的対応は大変難しいとは思いますが、例えばアスペルガーのような問題とか精神的な意味で自立と相反するような動き方をする予兆があるのではないかなと思うんです。この2つですね。

宇野 どういう疾患を防ぐかというのは、私もどの年代に向けて話すかで全然内容が変わってくると思うのですが。

宮田 伺いたいのは、うんと若い女性と、それから健康寿命を延ばすような層です。

宇野 まず一般論として死亡の原因は癌、心疾患、脳血管疾患、肺炎が今1位から4位なので、それを予防しましょうということで、特に男性の方はメタボのリスクが高いので動脈硬化、高血圧、糖尿病を予防しましょうというところを中心にお話します。今ご指摘いただいた若い女性、20代30代の女性がどう健康に、よりよく生きる戦略を立てるか、リスクヘッジしていくかという点で言えば、やはり筋肉量を維持するとか骨を丈夫にするといったロコモ対策ですね。どうしても女性は女性ホルモンで守られてメタボになるリスクが男性より少ないので長生きできてしまうんですね。なのでその後よりよく生きるために寝たきりにならないようにするためには20代30代から筋肉を落とさない、筋肉を増やすような食事であったり運動習慣だったり、というところをお伝えするようにしています。どの年代でも女性にとってはロコモ対策、サルコペニア対策、骨と筋肉の話が必要になってくると思います。あとはシニアの方々はやはり寝たきりを予防するという点と、あと認知症が怖いというところがリスクに感じられてらっしゃると思うので、認知症予防、脳血管疾患の予防、骨折の予防という点ではメタボ予防とロコモ予防を併せて行っていただくという、すごくシンプルではあるんですが、性別年代別に強弱、濃淡が違ってくるかなと思っています。

宮田 板倉先生いかがですか。今のが一番まとまった意見だったと思います。

板倉 日本の現状をみると同感であります。先程宮田先生が非常におもしろいことをおっしゃったんですが、病院へ行くとお医者さんに行くから病気になって、行かないと健康、病気でない、今の段階ではと。最近話題になりましたが、超健康人、スーパーノーマルの人ということで、人間ドック学会が資料を出した時に医学会ガイドラインの基準からみると、かなり異常の人がたくさん入っていたのです。すなわち、病院に行かないと病気じゃないと判断されるけれども、検査すると明らかにかなり異常という人が入ってきている。だから、そういう人たちをいかに気付かせるかということ、従っていま薬剤師の方もいらっしゃると思いますが、行きやすい薬局店頭とかコンビニなどでの管理栄養

士さんや薬剤師さんの指導など、ある程度健康や病気について知っている方が少しでもアドバイスしていただけるようなシステムができるといいかなと思っています。

宮田 今、プチ健診ということで、日本医師会は相当しかめっ面になっているのですが、やはりそれは僕もやるべきだと思っています。

宇野 私も今日この会場に来る前に“まるのうち保健室”というところにおいて、就労女性に対してカウンセリングを行ってたんですけども、体組成と骨密度を測定してお食事のアンケート、アセスメントをして、足りている足りていないというところをお伝えして。このまるのうち保健室に来る方々は女性が中心で20代から40代の女性で、お子さんを欲しいと思っている妊娠を望まれる方で、最近不妊の方が7組に1組が不妊といわれていて、そこも食事が原因なのではないかもいわれていまして、そこを解消していただくためにも適正体重、適正筋肉量の重要性というのをお伝えしています。医師会の先生から怒られてしまうかもしれないですけども、タニタ食堂にも管理栄養士が常駐しておりまして、自分自身痩せているのがいいのか悪いのか、筋肉があるのかなないのか、そこもわからない方が多いので、そういったところからチェックしていただけるといいかなと思います。

宮田 去年アップルのiPhoneがOS8になったのですが、あそこにヘルスケアキットというのが全部入っていて、自分が何歩歩いたとか何階上がったとかそういうのが全部いま集められているんです。いろんなセンサーシステムがあって、今年の3月くらいに指輪で全部心拍数などわかるようなものが出ます。それがiPhoneを通じてクラウドになると自分がいったいどういうことになっているのか、つまり自分の活動量がある程度目に見えるようになるんですね。今そういったシステムは体重計もBluetoothで飛んで全部データも出ますので、うんざりするくらい歩いてないということが本当にわかってしまう。多分そういうワイヤレステクノロジーと今度の食と健康の科学というものがいづれ融合して非常に我々に正しい生き方とか摂食行動とは何かというビッグデータを提供する時代もくるだろうと思っています。

ここでいったんお休みで、会場からなにかご質問があれば、あるいはこの後どういうテーマで話して欲しいということがありましたら遠慮なく手を上げていただきたいと思います。これから先は結構難しい科学に入ってしまうと思います。

質問者 1 (企業関係者様) 食産業からの参加ということとぜひ聞いておきたいことがあります。元味の素の山野井先生がいらっしゃいますが、やはり食品産業の立場からすると買っていただかないといけないというところがありまして、そういうお話も出ていたと思いますが、やはり食品ですので予防するとか治療ですとかはすごく謳いにくいという、食薬区分の問題などもあります。その辺も今後変わっていくとは思いますが、やはり大前提がそういう問題があるということに対して立ち向かう場合に、やはりおいしさや付加価値という部分でやっていかないといけない。和食の部分も確かにありますが、やはり板倉先生のお話に出ていたようなおいしさとか味とか、幸福感というキーワードも出ていたと思いますが、まだまだその辺を科学的に解明したエビデンスは決して十分ではないと思います。究極的には先生が言われていたカプセルとして摂取する場合と、食品で食べる、おいしさとか咀嚼とか、幸福感を感じながら食べるというのは、全然違うものであろうと思います。多少そのようなエビデンスなどもあると思うので、そういったものもぜひ踏まえてやっていただけると、我々の食産業としてもうまく波に乗っていただけるのかなというところがあると思いますので、ぜひ今後の要望としてお願いしたいです。

あと、全体的にやはり国民に対する教育といいますが、食品や栄養学に対する関心をもう少し喚起する必要があると思います。例えばアメリカですと法律の体制も随分違うと思いますが、量販店などでかなり読んでいるんですね。食品の裏面をひっくり返して、いろんなラベルがあって、いま逆にそれがうるさい、クリアにしようという動きもあると思いますが、たくさん書いてあってそこを見て考えてるんですね、じつと5分、10分。薬剤師さんなどもいらっしゃっていろいろやりとりしてるんですけども、それと比べるとやはり日本はまだまだ、せいぜい見ても価格くらいしか見ておらず、全然違うと思うので、そういったところをやはり変えていかないといろいろな問題はなかなかクリアできないかなと思いました。

質問者 2 (団体関係者様) いろいろなお話が出ましたけれども、私は今の話は全て正しいのですが、困ったことに一般の多くの方がどうして健康検診に行かないのか。ここに来ていらっしゃる方とか健康セミナーに来られる方はもう十分そういうことはわかっていらっしゃる方です。今のお話は全部通じます。でも全体からみると私は国民の方々がそういうことを知っている方はせいぜい10%。ですからこの10%以下の、真ん中の未病というよりも、国民の階層の中の少なくとももう少し下までのところから掘り起こさない限り、宇野先生の御本が530万部売れても、これを読んだ方が全

て持続してそのようなかたちにならない限り、結果として皆さん方が言われる医療費の高止まりが少し減るかとか、あるいは皆さんが健康寿命と平均寿命との差が縮まるということは、私は非常に悲観的なことを言いますが、現在のままではあり得ないと思います。

ちょうどいま学齢になる方の人数と、例えば60歳の人が61歳になる人数は、どこの市町村でもだいたい全部同じです。それに対して学校教育というのは教育委員会があつて、学校があつて、先生がいるわけです。それに比べて各自治体の健康づくり課というところがあつたとしても、その職員のの方は課長さん含めてせいぜい2、3人。来ている専門士は保健所から派遣された保健士の方、あるいは栄養士の方、やはり2、3人くらいです。同じ人数のところを対象にどうやって健康教育を、どうやって今日いろいろな先生方がおっしゃったことを一般の60歳の人が61歳になるところに普及させるかということの、社会インフラが全くできていない。ここが一番の問題だと思います。先生方のコメントがいただければありがたいと思います。

宮田 ありがとうございます。これはエッグアンドチキンの問題なのではないでしょうか。要は実はそういったことに影響するような科学をやろう、つまり科学的根拠がないからその程度しか税金を使っていないんですよ。いま例えば山形県の鶴岡市で、我々は1万人のメタボロームコホートをやっているんです。メタボロームを全部調べている。それをずっと10年以上追跡をして、途中で介入研究をやろうとしている。それが本当に意味があつて医療費がこれだけ減ったというモデルが出たら、ちゃんとやる市町村が出てきます。今の段階では残念ながらいわゆる健康教育の材料が足りないんです。信頼できるものがほとんどない。例えば3年前くらいに一生懸命プロビタミンAをサプリメントとしてとっていましたが、国立がん研究センターが発表したのを見ると癌になるって書いてあるんです。ちゃんとしたメタアナリシスのデータが出てきたのは去年くらいからですね。それはまだ早いんです。むしろ誤った知識を普及してしまう可能性があるんで、むしろこれからサイエンスを10年くらいかけてつくって、それから普及の段階になるんじゃないかと思っています。今しばらくお待ちください。

質問者 2 せっかくですけれども、それでは間に合わない。現在の高齢者の増加と日本の医療にかかっている費用からいって、10年では間に合わないんで、少なくとも同時進行を始めなければならないと思います。先程から、新しい医学の知識でどんどん先端科学が進んでいって、いろいろな新しい薬ができます。よくスクラップアンドビルドという話がありますが、日本で

はスクラップができないんですね。ビルドはたくさんやるけれど、スクラップができない。それなら、例えばかなり進んだようなものについては、食で治せるものだったら健康保険からむしろ外すだとか、あるいはOTCを使うとか、そういう選択肢を与えないと国民はどちらを選んでいいかわからない。今はまだ、確かに全部についてエビデンスがなく、10年とかもつとかかるかもしれないけれども、ここまで進んでますよということの一つひとつ訴えていかないと、せっかく新しいことやろうとしても、むしろ今までのことが足を引っ張っているような感じがしています。

宮田 その通りです、ありがとうございます。ただ本当に科学が先なんです、インフラが先ではない。するとそのインフラも自分たちの既得権として譲らなくなるので、それは同時並行でやっていくということで収めさせていただきたいです。それでは本当に我々を救う根拠をつくる食と健康の科学をどうやってつくるかという議論をしたいと思います。先程板倉先生の講演で非常にいい、エビデンスベースドニュートリションというのが出てきました。それではどうやってそれをつくるのかという話を展開したいと思っています。なぜかという食は極めて民族的な背景が影響するものだろうと考えていますので、どちらかという日本人のデータはまだ少ないので、我々に本当に役に立つような日本人のデータをどうやってとっていくのかという議論をしたいと思います。

そこで伺いたいのは、コントロールドトライアルと、一方で先程の児玉先生のお話などを聞いていると、ずいぶん個人ごとに遺伝的背景が違ってくる、ライフスタイルが違ってくる、個別化、それが可能になり始めている。この割合をどのように考えたらいいのか、お伺いしたいと思います。

板倉 大変難しい問題で、今度の消費者庁のいろいろな議論の中でもそれが一番大きな問題になっています。すなわち、ランダム化したRCTのデータでなければこういう科学的実証性を認められないという議論がされるんですけども、食品の場合、特に丸ごと食品では、プラセボ食品を用意することが非常に難しい。プラセボ食品を作りやすい、いわゆる機能性食品のサプリメントだったらある程度やるべきだろうと思います。生鮮食品の場合にはある程度観察研究とかあるいはその他を利用したプラセボがなくてもきちんとした調査、きめ細かいいろいろなバイオマーカーの動きとか、あるいは先程のエピジェネティクスの面とか、それを含めた研究の蓄積、これが一つの製薬メーカーとか食品会社とか、ある1カ所だけではなくてそれが複数のところから出るようなメタアナリシスが必要になってく

るのではないかと。そして可能ならば玉葱でもケルセチンの多い玉葱とケルセチンの入っていない玉葱でそれを比較するとか、そういう成分がはっきりしているものはいいですけど、それがない場合には観察研究のきめ細かい成果が求められていると思います。

宮田 先生、その観察研究が重要だというのはもう少し声高に言っていただきたいです、このままではRCTがないとデータとして意味がないということになってしまうと思います。

大谷 この4月から新しい機能性食品の表示システムが始まります。新しい機能性食品の検討会がまとめた報告書の中にサプリメント、加工食品はRCTで機能性を証明することになっていきますけれども、生鮮食品に関しては観察研究およびRCTで証明するとなっていて、観察研究（横断研究）が入っています。そういう意味では、生鮮食品に関しては、一歩前進したものと思います。

宮田 特にホールの食品を使った場合にはそういった問題が必ず起こりますよね。ただ三ケ日みかんの研究は非常に優れた方向性を示していると思います。

大谷 一つのとても良い例になっていて、三ケ日のコホート研究の結果からようやく消費者庁は納得して、それで観察研究という言葉が入ったという事情があります。

宮田 三ケ日みかんを食べている三ケ日の人たちの住民調査で、明らかに健康によいということを証明したんですね。私はあのスタディですごくいいと思うのは、実は三ケ日みかんをけっこうな量食べなければいけないのですが、掌が黄色くなってくる。つまり三ケ日みかんの有効成分と思われるものと、血中の中の有効成分の量というのが手の色を見ればわかってくる。要するに観察の中でも、ある一定の機能性成分の血中に対する摂取量がある程度わかるというケースなので、それは観察研究とはいえ、きちんとした科学的根拠を得られたんだと思うんです。ですからその次、そういうもの以外で、色で変わらないとかそういうものをどうやってやるかというのが一つ大きな問題になって、バイオマーカーというコンセプトが重要になってくると考えてよいでしょうか。

板倉 やはりそれを見出す、どの食品がどのバイオマーカーがいいか、それは一つの大事なことでそれをきちんと学者の先生方は示していただきたいと思います。例えばβカロテンの摂取量の調査と血中濃度を測って、

βカロテンの濃度を測って、じゃあそれと病気の関係がどちらがあるかという、摂取量と関係なかったと。血中濃度と有意に関係があるなど、そういう例がけっこうありますので、どういうバイオマーカーを使うかによって本当にその人の健康状態を将来見極めるのが重要になってくるかと思いますので、大事な結果だと思います。

大谷 まさしく私たちがバイオマーカーというのは非常に注目しているのですが、やはり血液をとるところのハードルが非常に高いので、例えば唾液を検査するとか、もう少し簡便な方法ができないかなということもいつも考えています。ただ研究としてはまず血液からということになっています。それから今後ビッグデータの利用で発病などのデータがたくさん出て来るようになると、何を食べたかとかを正確に把握しておく必要が出てきます。これは、すでに多くのところで検討が進んでいると思いますが、例えば、スマホで撮ってそれを処理するとかそういう簡便な手法がセットでないとなかなか正しいデータは得られないと思います。ただ、これも日進月歩ですから、必ずある程度のところまでいくだろうと思います。そういうことが全部合わさって、丸ごと食品の健康の人を健康に維持する効果ということがわかるようになると思います。先程あったように科学的な解析をする時間というのはかなり長いものですから、それと実際の食生活の変化の速度との差をどうやって縮めるか、あるいはそのように差のある中で、どういうことを途中でアピールしていくかというのは、これから議論すべきだと思います。一番は多分食育が重要ではないかとは思いますが。

宮田 宇野先生の会社はそういうことをやっていませんか。食事の写真を送るとカロリー分析とか。

宇野 やっています。この4月から導入される日本人の食事摂取基準2015でも、やはりインプットの量をきちんとアセスメントしなさいと言われてます。足りているか足りてないかは、エネルギーに関しては体重でみましょうということになっています。栄養価をきちんと摂れているか摂れていないかというところでは、その食事摂取基準の中ではBDHQという食物摂取頻度調査を使って栄養素の頻度を確認するということがあります。弊社のサービスの中では写真を撮っていただいて栄養士が重量をおこして、成分表で栄養価を計算してということもしております。

宮田 今そういう時代になっておりまして、写メというのを世界で初めてやったのは日本ですので、それを

うまく利用しているわけですね。先週まで沖縄で感染症の会議をやっていたのですが、一番びっくりしたのはWHOの職員がウガンダの難民キャンプで50%がスマホを持っている。そういう時代になっているので、つまりそういった技術と栄養研究、健康研究というのはもう組み合わせられてくると、本当に活動量とインプットが両方わかるようになります。これはある意味では新しい地平をこの食と健康科学に拓いたのではないかと考えておりまして、タニタさんはその分野でも先端を走っているなと思っています。

山野井先生、最終的には食品として食と健康の成果を消費者に戻すんですけれども、2つ伺いたいのは、そういう食品を開発する時にその効能効果というか健康増進機能が本当にあるんだというのを、表示するために国がある程度の試験などを求めてきますよね。その場合いまの段階ですとRCTになってしまっていますが、それ以外のやり方というのがないか。サプリメントなら絶対RCTでいいと思いますが、例えばレトルト食品みたいなものを提供する時にそういったことは考えられるのかなというのを一つ伺いたいです。

山野井 機能性ですね、機能性というものをどのように判断するかということだと思います。今のお話と関係があると思いますが、我が国では私のみるところ機能性を中心とする栄養科学の研究というのは世界トップランクだと思うんです。これはネスレなどもこれを認めています。日本は粒ぞろいの研究者が揃っていて、機能性を中心とする栄養科学においては世界トップを走っているといってもいい位だと思うんですが、そうした研究も含めて行われて、世界に先駆けて世界に例のない一つの制度としてできている特定保健用食品ですね。一千品目以上は今あると思うんです。ただし、一つとして国際標準になっているものはない。世界で日本の特定保健用食品のある機能性成分について、これはいいから取り上げようではないか、国際標準化を目指して検討しようではないかという動きもないし、日本の国内からもそういう動きがあまり見えてこない。実は企業の立場からするとこれは非常に困ることなんです。

TPPを始めこれからも間違いなくグローバルに展開が進んで行きます。食品産業も全く例外ではありません。少子高齢化の中で日本でいくら頑張ってもたかが知れているといっちは語弊がありますが、なかなか大きな発展を考えるということは難しい。そうすると海外に企業の大小を問わず、目を向けていく必要がある。成功しているのはネスレであり外資系で、まあこれは大企業ですけど。そういう意味で必ずぶつかってくるのは海外のそういう強敵とぶつかるわけですね。その時に日本の機能性を中心とした栄養科学の力をもつ

て、世界で通用するエビデンス、日本のこの企業がつくったこれは、同じハンバーグだけど違うんだということが言えるようなレベルの国際的に認められるようなレベルのエビデンスというのが一体なぜないのかということが、実は企業がこれから世界に出ていく時に非常に大きなネックになってきます。

そういう意味で私が考えているのは、産学官が一緒になって連携し、これをいかにまず日本国内で社会にスムーズに貢献できるかという仕組みをもう一回考える必要がある。産学官が一緒になって、その仕組みについてモデルを少なくとも1つか2つ、なぜかというそれは加工食品からスタートするのかあるいはサプリメントのようなかたちなのか、あるいは生鮮なのかという問題があるので、産学官の役割がその連携の中で違ってくるんです。そのことをベースとして3つか4つモデルをつくる。産学官が一緒になってですよ。そして、バイオマーカーなどいろいろなやり方のある中で、ポイントを決める。そして国際的にみんなが認める、先進国含めて全部認める。これは確かに間違いないといえるようなレベルの研究というのはやはり、産学官が一緒になってやるといっても、自ずから役割が違うから、私はまず学だと思います。ただし企業が途中で上手くいかなかったら逃げてしまうということは絶対まずいから、産学官が一緒になってあるテーマを決めたら、その時に全部コミットする。まず、ここまで学が国際的に通用するまで徹底的にやる。そしてそのこのある段階においてオーバーラップしてきて、例えば産なり官が入って、間違いなくそれは商品化しますよとコミットする、契約でもいいです。そういうようなモデルをいくつつくってやらないと、機能性の問題はどんどん増えると思います。国際的には全く通用しない、ガラパゴスの中の話になってしまつて、食品企業が世界に羽ばたこうとした時にネックになります。これは食品企業のネックというだけではなくて、世界の国民の皆さんにとっても決してプラスにならないはずなんです。そういう意味で私はこの問題をどういうレベルかといったら、まずはみんなが納得する一千品目があっても一つも国際標準にならない、どこも認めてくれない、認めようとしないうし認める動きもない、そういうレベル、はっきりいってそう認識せざるを得ない。大変失礼な言い方かもしれないけど、世界の現実には厳しいですから。それが私の意見です。

宮田 ありがとうございます。いいご指摘です。確認ですが、そういったことを可能にするためにはまずエビデンスのとり方が科学的に国際的にも認められるようになるということですよ。もう一つはそこから先になるとあるバイオマーカーを使って例えば栄養状態を評価することがまた国際的に認められるようになる。

そのために産学官がまず学を先頭にやれというのがすごくよくわかったんですが、エビデンスをとるためにはひょっとしたら地方自治体の住民の参加も必要ではありませんか。

山野井 おそらくスタートが博物学的な発想だと思うんです。こういうものを食べている人はこういう病気になりにくいようですねとか、噂だか何だかわからないけど、多分そのような中にヒントがあると思います。昔、石油問題の時に読んだ本で、砂漠で火が燃えたという話があった場所で、後の人がそれは石油じゃないのか、天然ガスじゃないのかといつて、そこを掘ったらその通りだったという。噂みたいなものですけどね。それと同じような話が、多分地方にたくさんあると思います。そういうのがヒントになるのではと思います。その時はそこでやる。その地域においてそのこの大学なり研究機関なりというのが入っていつて、そして具体的にそこからスタートする。それは十分あり得ることだと思います。

宮田 宇野先生に一つ伺いたいのは、そういうすばらしいサイエンスが仮にできたとして、すばらしい食品、サプリ、それからホールの野菜、この産地のこの時期のはこういういいのがある、それを全ての市民があまねく理解して、それを食生活にかえるということは、先程のご指摘もありましたが相当大変ですよ。そうすると新しいサービス産業というのがどうしても必要になるのではないかと。それを実はタニタにつくってもらいたいと思っているのですが、どうでしょうか。いま着実にそういう方向にタニタが向かっているように私は思っているのですが。つまりこれから膨大な知識が出てきます。それを個人が全部咀嚼して自分の生活に還元するのはそんなに簡単なことではないし、多くの市民にとっては不可能なことだと思います。いかがでしょうか、タニタの言うことを聞いていれば健康寿命を全うできるというサービスをつくるには一体どういう努力が必要ですか。

宇野 難しい質問だと思うんです。皆さんもご承知の通り食事というのは1日3回、1年で365日の約1000回チャンスがあります。それを健康的な食事をとり続けるということを推奨したいわけだし、みんな多くの国民の方、先程、質問者様のお話にもありましたように、あまり理解していない人もいて、知識のレベルにかなりの格差がある、リテラシーに関しても。けれども、それをわかるをできるに変えるというところを教育するということも、ヘルスエデュケーションというのは必要だということもあります。もうすでに知識を十分お持ちで、わかっているところをできるに変えるにはこういったカウンセ

リングのような専門家のサービスというのにも必要なと思います。

ヘルスエデュケーションとヘルスプロモーションの両方を実現して多くの方、国民の皆様の健康が守られるとも思っているのですが、そのヘルスプロモーションというところでは食環境を整備していくというところがすごく重要だと健康日本21でもいわれてまして、いいとわかった食品をいつでもどこでもアクセス可能な状態にしていくというところを目指すことですよね。高すぎたら国民は買えないしアクセスできない。あとコンビニの店舗数が増えているのでコンビニで買える食品が健康的かどうかというところで今回私たちも健康な食事のマークとして主食主菜副菜の揃ったお食事のマークをつくるとか、主食として炭水化物が入っているとか主菜としてのたんぱく源がしっかりと摂れるとか、副菜として野菜がたっぷり摂れるみたいなマークをつくって、多くの方に教育をしつつ環境を整備していくということを、やっていこうというふうに決めたわけで、それがタニタが何かお手伝いできることがあるとすれば、専門家がいろいろなアドバイスをさせていただいて、エデュケーションをする機会だったり、カウンセリング、あとは遠隔地のサポートももちろんできます、メールやウェブを使つてのサポートもできますので、そういったところで今も各自治体様とタイアップさせていただいて地域の皆様の健康づくりをやらせていただいているので、そういうところで貢献できるかなと思っています。

宮田 ありがとうございます。食と健康の新しい科学ができると、多分農業も変わりますし、食品流通も変わり、食品加工も変わります。だけど新しいタニタのようなサービス産業もでてくるのではないかと期待しています。ちょっとタニタは真面目すぎてしまって、DeNAみたいなゲームの会社みたいなところと一緒に入ってみんながワクワクしながら健康になるというのを少しでも考えてください。あまりにも切実な感じで健康を追求するのは、日本人的かもしれないけどこれはやめた方がいい、楽しみながら健康になるということをやめていただきたいと思います。

宇野 今、エヴァンゲリオンとのタイアップなどもやっています。

宮田 ぜひ。そういうことをちゃんとと言わなければ(笑)。では先生方に言い残したことを伺います。おひとり1分でお願いします。

板倉 どうやってエビデンスとするかというので今注目しているのは、機能性表示ガイドラインに取り上げ

られた丸ごと食品の場合です。例えば、クルミはなぜ推奨しているのかということで注目して調べているのですけれども。ほとんどが欧米での研究ですが、その進め方は日本にも活用できると思っています。それから先程個人の栄養のところでも話したのですが、ある程度いい加減でいいのではないかと、すなわち、1点ではなく健康であり得るレンジというのを示してあげる、食品の選び方とか量などをレンジとして示してあげる。理想値ではなくてレンジで自分である程度できるようなかたちです。そして欧米ではスコア化して食品のよさを示しているの、その体質に合わせて選択できるようなシステムとかいろいろあると思います。

大谷 山野井先生から今後の国際展開に向けて産学官でプロジェクトというお話がありました。直接関係はしませんが、私はいつも産学官の連携で、官の方に申し上げているのですが、やはりこういうことをやる時にはロードマップというのが必要で、例えば5年間のあいだに誰がいつの時点でどれを担当して、そしてどういうふうに外にアピールしていくかという時には、官の役割というのは非常に重要になると思います。例えば規制の問題、特に食の分野では、厚労省の食品衛生法による安全性の規制とか、あるいは輸出する際の輸出に関連する規制だとか、官でなければ解決できないことがあります。そういう官の役割も考慮に入れながら、いつの時点で官がそれらの問題を解決するかという戦略をセットにしないと、なかなか本当の意味での産学官の協力や国際展開というのは進まないと思います。官の方には、お金を出すだけではなく、あるいは、単に産学官の協力プラットフォームをつくるだけではなくて、どこに官の役割があるか、最初からちゃんと認識して研究プロジェクトに官として入って欲しいといつも申し上げます。それからもう一つ、ちょっと言い過ぎかもしれませんが、先程ゲームでアピールするという話がありましたけれども、一方でフードファディズムってありますね。どなたか有名人が言うといきなり売ってしまうようなことがあります。そういう方法もあることを少し頭に入れてアピールを考えると、ものも、ちょっとやりすぎかもしれませんが、ひとつの方法かも知れません。様々な科学的なエビデンスを明らかにするには時間がかかりますから、その間はそういうものを駆使してアピールするという選択もあるのかなと思います。それから今日は山野井先生から飽きるというメカニズムのお話がありました。これは私にとっては非常にいいテーマだと思いますので、ぜひ研究所に持ち帰って今後の参考にしようと考えています。

宮田 その研究はけっこうつらそうですけども是非

やっていただきたいと思います。

山野井 ひとつには、先程の物質科学と生体科学の融合が必要だと思います。もっと具体的にいえば、医学と農学または工学、タテ割りの中では、だいたいお互いが各々の立ち位置にこだわりがあつてうまくいかないんです。海外はそうではない。一緒にやっています。ですから勝てないわけですね。これをどうやって乗るのかというのは、これはリーダーの問題だと思うんです。各分野から一致して尊敬を受けるようなリーダーが果たしていらっしゃるでしょうか、どうでしょうか。これがないと世界に冠たるサイエンティフィックエビデンスのあるものをつくり出すのは非常に難しい。私はむしろやり方よりも人材の問題だろうと思っておりまして、特にリーダーの問題です。これを非常に強く感じます。当然これは学問の世界ですから科学者が一番いいわけですが、そういう方がいらっしゃるかどうかですね。大変勝手な発言で恐縮ですが、それ

が第一に非常に気になる点です。

宮田 最後に一番問題のところをご指摘いただきありがとうございます。私はいると思います。

宇野 私は産業にいる立場としては、プロモーションとコミュニケーションがすごく大事だと思っているので、正しい情報をきちんと世に発信し続けることを自分の役割としてやっていきたいと思っています。一方でいま私は女子栄養大学の大学院で学び直し、エビデンスづくりというところもチャレンジしている途中でございます。なのでしっかりとした情報、エビデンスに基づいた情報をお伝えしたいと思い直してもう1回大学院に戻っているわけですが、そういうところを自分としてはやっていきたいなと思っています。

宮田 ありがとうございます。会場の皆様も10分も超過して申し訳ありません。お付き合いいただきましてありがとうございます。

www.newfoodindustry.com

ニューフードインダストリー 第62巻 第2号

印刷 令和 2 年 1 月 25 日
発行 令和 2 年 2 月 1 日
発行人 渡邊 力
編集人 今西 和政
発行所 エヌエフアイ合同会社
〒185-0012 東京都国分寺市本町3-7-23-302
TEL: 042-312-0836(代表)
FAX: 042-312-0845
振込先: 三井住友銀行 国分寺支店 普通2312814
多摩信用金庫 国分寺支店 普通3073817
ゆうちょ銀行 ○一九店 当座0324817

印刷所 株式会社メイク
定価 本体2,500円 + 税 (送料120円)

e-mail: newfood@newfoodindustry.com

New Food Industry 投稿規定

1. 本誌 New Food Industry は、食品に関する原著論文、総説、ノート、解説、特集原稿、国内新製品紹介、海外レポート、随想および各種研究会会告等を掲載します。
2. 投稿原稿は、日本語または英語を標準とし、欧語は使用しないでください。
和文原著論文、総説、ノート、解説には、和文タイトル、著者名および所属機関名（所在地）、次に英文タイトル、著者名、所属機関名（所在地）をつけ、本文の前に必ず7つ以内のキーワード（英語と日本語）を加える。原著論文、総説、ノートには、400 単語程度の英文 Abstract をつけます。また、総説、解説等については出来れば Graphic abstract で本文の概要を説明してください。
英文原稿には、7つ以内の英語のキーワード、末尾に、和文タイトル、著者名および所属機関名（所在地）、7つ以内の和文キーワードおよび和文要約を書き入れてください。
3. 原著論文、ノート、総説については編集委員会にて査読者を選出し査読を行います（総説は査読希望があるものについて査読をします）。また、研究解説、特集等に関しては各著者の責任において投稿いただきます。
査読される原著論文は、未発表の新規知見を含み食品科学・食品の機能性等の発展に寄与するものとし、ノートは、食品業界の発展に寄与する短報とします。総説はすでに発表されたもので新たに加筆、修正をし、食品科学の知見に基づいた機能、官能評価、開発のための価値の高い研究論文などを対象とします。また、研究論文の著者が複数の場合、その責任者（研究室長・教授）等の責任において発表し、査読希望の場合に限り査読を行います。
原稿の取扱い、編集委員会に一任され、査読を行う原稿は、編集委員会の判断で査読者を2人以上選出し掲載可の判断がされた後、編集作業にかかります。
4. 原稿はすべて A4 ワードドキュメントに、和文は横書きで 40 字×35 行、英文の場合は 72 字×35 行を標準とします。
5. 論文の長さは、本誌印刷時に原著論文では 8～12 頁（ワード頁で 10～20）以内、ノートでは 4 頁以内とします。
6. 和文原稿はひらがな、新仮名遣いとし、物質名や学術用語などに対して欧語を用いないこと。研究に用いた機器試薬名は一般名と商標登録名、メーカー名、所在地を記載します。
7. 本文および文献中の学名やジャーナル名はイタリック、ジャーナルの巻数はボールドとします。
8. 図・写真・表並びに説明文は、別稿で提出してください。
9. 図表の挿入希望位置は、原稿欄外に指示してください。
10. 数字はすべてアラビア数字を用い、数量の単位は SI 単位を基本とする。単位および述語の略字例は次の通り。
km, m, cm, mm, L, mL, mL, kg, g, mg, mg, mol, mmol, mM, mM, pH, b.p., f.p., MW, V, A, N, M, Rf 等
11. 引用文献は、本文中での引用順に片括弧付きの上付き番号を付して記載します。
12. 引用文献リストは、本文の後に番号順にまとめて記載します。
13. 原稿の校正は、初校・再校まで著者が行い、大幅な修正、加筆は不可。三校以降は希望があれば行います。
14. 掲載された論文は、論文公開検索システム等に採択されます。掲載論文の著作権は、エヌエフアイ合同会社に帰属します。
15. 掲載された論文は、出版元の許可を得れば頒布、複製、著者 HP での公開をしてもよい。



New Food Industry

エヌエフアイ合同会社

本社 〒185-0012 東京都国分寺市本町3-7-23-302
電話 042-312-0836 FAX 042-312-0845

定価： 本体2,500円 十税
(送料120円)

雑誌 89591-2



4910895910208
02500