

New Food Industry

2021
3

New food indust. 63 (3): 2021.

総説

- ◆ シイタケ菌糸体の -20°C 凍結保存における前処理の効果

原著

- ◆ Effects of consumption of food containing Mulukhiyah (*Corchorus olitorius*; AOTSUBU) on immune function of healthy Japanese adults: a randomized, double-blind, placebo-controlled, parallel-group comparison study
- ◆ 卵焼き製造ロスから調製した発酵調味料の品質特性

解説

- ◆ α -シクロデキストリンの界面活性作用と加工食品への応用
- ◆ 食間の糖類含有飲料摂取による食後高血糖抑制効果
- ◆ ウェブプログラミング入門 ―発酵食品データベースを例にして―

コーヒー博士のワールドニュース

- ◆ コロナに勝つ?/COVID-19患者のコーヒーとは

Essay

- ◆ Lifestyle Changes Following Spread of COVID-19 and Considerations for the Future

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	東京家政大学大学院
山口	正義	Masayoshi Yamaguchi	University of Hawaii Cancer Center
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

『 α -オリゴ糖』 糖質で初の機能性関与成分！

【食事と共に 5g 摂取で食後の血糖値の上昇抑制効果を発揮】

糖質を含む食事とともに1回5g以上の「 α -オリゴ糖」を摂取することによって健常人における食後血糖値の上昇抑制効果について、臨床試験のシステマティックレビューを行い検証、その効果が示されました。

【1日 6g 摂取（毎食 2g 摂取）で小型 LDL* 低減効果を発揮】

*小型 LDL とは、LDL-コレステロールが含まれている LDL 粒子の中で、サイズが小さな粒子のことです。
動脈硬化を引き起こすのは大型 LDL ではなく小型 LDL であることが明らかとなっており、冠動脈疾患などに対する真のリスクマーカーとして注目されています。

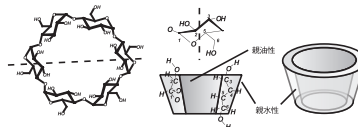
α -オリゴ糖（ α -シクロデキストリン）

α -オリゴ糖の分子構造と3次元構造

は

「ただの食物繊維」

ではございません！



食後の血糖値上昇を抑える
難消化性 α (アルファ) オリゴ糖



-シクロデキストリンの機能を最大限に発揮する-

株式会社シクロケムバイオ

URL: www.cyclochem.com/cyclochembio

東京本社 : Tel.03-6262-1511

神戸本社 : Tel.078-302-7073



セサミンを規格

香り芳醇

リグナンリッチ黒胡麻
マイクロパウダー

金胡麻マイクロパウダー

60 メッシュ 90% パス、胡麻粉末飲料、ふりかけ、生菓子、製菓へ
「通常のすりごまより香りが広がる」セサミンリッチな黒胡麻です。

～プロテイン飲料、菓子、スープ、トッピング等へ～

～リグナンリッチ黒ごままで栽培された～

胡麻若葉末

有機認定（島根産）

九州産（鹿児島）

※特許査定を受けました

※急性毒性、変異原性試験、ORAC 値測定

※黒酢との比較で ACE 活性阻害作用を確認

リグナンリッチ黒胡麻ペースト
(セサミン規格値 0.8%)

リグナンリッチ黒胡麻油
(セサミン規格値 1.2%)

発酵胡麻ほか

胡麻クランチの OEM



胡麻を通じて健康を科学する。
～香と機能、個性ある胡麻をお届けします～

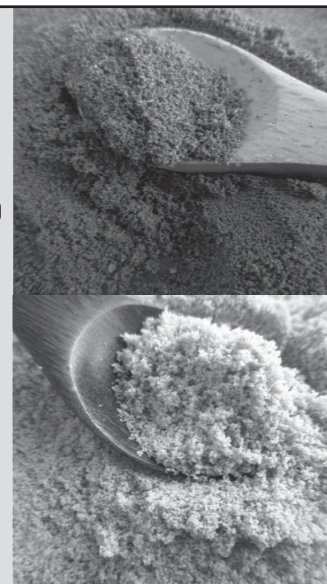
株式会社

わだまんサイエンス

本 社 〒604-0845 京都市中京区烏丸御池上る二条殿町546

TEL 075-222-7318 / FAX 075-222-0318

<http://www.wadaman-s.com>



総説

■ シイタケ菌糸体の-20℃凍結保存における前処理の効果

富樫 巖, 梶 暉, 横田 喬央 177

原著

■ Effects of consumption of food containing *Mulukhiyah* (*Corchorus olitorius*; AOTSUBU) on immune function of healthy Japanese adults: a randomized, double-blind, placebo-controlled, parallel-group comparison study

Hodai Nagahara, Meisen Nagahara, Nobuo Ohmi, Yuta Takahashi, Tsuyoshi Takara 185

■ 卵焼き製造ロスから調製した発酵調味料の品質特性

山崎 聡子, 原田 恭行, 早坂 浩史, 佐藤 勉, 濱岡 直裕, 船津 保浩 201

解説

■ α -シクロデキストリンの界面活性作用と加工食品への応用

古根 隆広, 石田 善行, 宮本 有香, 松村 康生, 寺尾 啓二 210

■ 食間の糖類含有飲料摂取による食後高血糖抑制効果

藤田 雅子 221

■ ウェブプログラミング入門 –発酵食品データベースを例にして–

曲山 幸生 227

連載解説

■ 新解説 セリアック食事時のオート製品の現在の状況

瀬口 正晴, 竹内 美貴, 中村 智英子 242

コーヒー博士のワールドニュース

■ コロナに勝つ？ / COVID-19 患者のコーヒーとは

岡 希太郎 249

連載 野山の花 — 身近な山野草の食効・薬効 —

■ カントウタンポポ *Taraxacum platycarpum* Dhalst. subsp. *platycarpum* (キク科 Compositae APG 体系: Asteraceae)

白瀧 義明 252

Essay

■ Lifestyle Changes Following Spread of COVID-19 and Considerations for the Future

Ryusuke Oishi 255

コラム 大学生の声

■ コロナとともに生きる私の日常

村上 可奈 258

世界から、優れた「自然の恵み」を提供します

アンデスの母なる穀物 **キヌア**



南米アンデ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。

取扱い製品

◆キヌア粒

◆有機キヌア粒



大日本明治製糖株式会社 本店営業部

〒100-0011 東京都千代田区千代田二丁目1番1号 飯野ビルディング10階
電話 03-5510-1871

<http://www.dmsugar.co.jp>

第 25 回腸内細菌学会学術集会（ハイブリット開催）

■メインテーマ：人生 100 年時代と腸内フローラ ～ヒトの一生における腸内フローラと健康の関係～

■大会長：阿部 文明（森永乳業（株））

■会 期：2021 年 6 月 1 日（火）・2 日（水）

■会 場：タワーホール船堀（東京都江戸川区船堀 4-1-1）

※現地開催および web によるライブ配信予定

■事前参加登録・オンライン参加登録費：

（事前参加登録期間：2021 年 2 月 1 日（月）～5 月 20 日（木））

2/1～4/30：会員 7,000 円 一般 11,000 円 学生 1,500 円（事前登録）

5/1～5/20：会員 8,000 円 一般 12,000 円 学生 1,500 円（事前登録）

※当日参加は、会員 9,000 円 一般 13,000 円 学生 2,000 円

■大会ホームページ：<https://bifidus-fund.jp/meeting/index.shtml>

■お問い合わせ先：公益財団法人腸内細菌学会事務局

〒170-0002 東京都豊島区巣鴨 1-24-12

TEL: 03-5319-2669 FAX: 03-5978-4068 e-mail: jbf@ipec-pub.co.jp

※プログラムは変更になる可能性がありますのでご了承下さい。

【6 月 1 日（火）】

- ・ 9:55～10:00 開会の挨拶
- ・ 10:00～12:00 一般演題 A 口頭発表（若手枠）※優秀発表賞選考対象演題
一般演題 B 口頭発表（一般枠）
- ・ 13:15～14:30 財団 40 周年記念式典および記念講演 坂口 志文（大阪大学免疫学フロンティア研究センター）
「制御性 T 細胞による免疫応答制御」
- ・ 14:30～15:20 特別講演 松本 哲哉（国際医療福祉大学）
「COVID-19 を取り巻く状況の変化－新たな知見を含めて－」
- ・ 15:35～16:30 研究奨励賞授賞式および受賞講演
- ・ 16:40～17:40 海外特別講演 John F. Cryan（University College Cork, Ireland）

【6 月 2 日（水）】

- ・ 10:00～12:00 シンポジウム 1
『人の一生と腸内フローラ：乳児、成人、高齢者における腸内フローラと健康』
 - ・ 乳 児：片山 高嶺（京都大学）
 - ・ 児 童：中山 二郎（九州大学）
 - ・ 成 人：小田巻俊孝（森永乳業（株））
 - ・ 高齢者：佐治 直樹（国立長寿医療研究センター）
 - ・ 高齢者：内藤 裕二（京都府立医科大学）
- ・ 13:30～14:20 教育講演 遠藤 明仁（東京農業大）
「Lactobacillus 属のゲノム情報に基づく再分類」
- ・ 14:20～16:20 シンポジウム 2『感染症と腸内フローラ・腸管免疫』
 - ・ 長谷 耕二（慶應義塾大学）
 - ・ 大野 博司（理化学研究所）
 - ・ 國澤 純（国立研究開発法人 医薬基盤・健康・栄養研究所）
 - ・ 北澤 春樹（東北大学）
 - ・ 藤原 大介（キリンホールディングス（株））
- ・ 16:20～16:30 閉会の辞

市民公開講座『健康になる食事と腸内細菌』（期間限定オンデマンド配信予定）

- ・ 福田 真嗣（慶應義塾大学先端生命科学研究所）「腸内環境に基づく層別化医療・ヘルスケアがもたらす未来」
- ・ 吉野 正則（（株）日立製作所）「いま、未来の子供たちにできること、便からわかる母子の健康」

シイタケ菌糸体の −20℃凍結保存における前処理の効果

富樫 巖 (TOGASHI Iwao)*, 梶 暉 (KAJI Hikaru), 横田 喬央 (YOKOTA Takao)

Key Words : シイタケ, 菌体ディスク, 保存, 菌株, 凍結

Effects of a pretreatment on cryopreservation of shiitake (*Lentinula edodes*) mycelia at −20°C

Authors: Iwao Togashi*, Hikaru Kaji, Takao Yokota

***Corresponding author:** Iwao Togashi

Affiliated institutions:

National Institute of Technology (KOSEN), Asahikawa College,
(2-2-1-6, Shunkodai, Asahikawa City, Hokkaido, 071-8142, Japan.)

Key Words: Edible mushroom, Mycelial disk, Preservation, Strain, Freezing

Abstract

In this study, methods for cryopreservation of shiitake (*Lentinula edodes*) mushroom strains (ANCT-05072, ANCT-05152, NBRC 30877 and NBRC 31864) at −20°C were investigated using mycelium agar discs soaked in 40% (w/w) saccharide aqueous solutions (e.g. glucose, maltose, sucrose, trehalose and fructose) as cryoprotectants. The discs were incubated with the solutions at 7°C or 25°C for 24 h before freezing. In comparison with samples that were not pre-treated (i.e. not incubated before cryopreservation), the survival rates of most shiitake strains were improved by pre-treatment with the solutions. Results differed according to the combination of strain and solution; however, there was a tendency for superior survival rates when pre-treated at 25°C rather than at 7°C. Following pre-treatment with a maltose aqueous solution, the survival rate of the three strains other than NBRC 30877 was 100% over 16 weeks when incubation was at 25°C; survival was 100% over 4–10 weeks with incubation at 7°C. Although mycelial reproduction from the mycelium agar discs on potato dextrose agar plates was delayed after storage at −20°C for 10–16 weeks, there was no change in the mycelial growth ability of all four shiitake strains. The effects of the aforementioned pre-treatment were similar to those previously reported for hiratake (*Pleurotus ostreatus*) strains combined with 40% (w/w) glucose aqueous solution and cryopreserved at −20°C for 10 weeks.

富樫 巖 (Iwao Togashi)* (責任著者) E-mail: togasi@asahikawa-nct.ac.jp
(独) 国立高専機構 旭川工業高等専門学校 (〒 071-8142 旭川市春光台 2 条 2 丁目 1-6)

はじめに

菌体ディスク法を用いる食用菌・菌株（菌糸体）の凍結保存では菌種・菌株・凍結保護液の組合せによる差異があるものの、-20℃保存では超低温の-85℃保存や液体窒素の-196℃保存と比べて生存率が低く、特にシイタケ (*Lentinula edodes* (Berk.) Pegler) とヒラタケ (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm.) の-20℃凍結感受性が高い（死滅しやすい）ことが報告^{1,2)} されている。一方、著者らは食用菌・菌株の凍結保存の低コスト化を狙い、家庭用冷凍庫の温度レベルとなる-20℃の利用可能性を検討してきた³⁻⁶⁾。その結果、シイタケ菌株においてグルコースやマルトースの40% (w/w) 水溶液を凍結保護液に用いると10% (w/w) グリセリン水溶液と比較して生存率が改善する⁴⁾ こと、ヒラタケ菌株と40% (w/w) グルコース水溶液の組合せにおいて25℃または7℃で24時間放置する前処理によって-20℃凍結保存における生存率が顕著に改善される⁵⁾ ことをそれぞれ報告した。

本研究では系統の異なるシイタケ4菌株、凍結保護液として5種類の40% (w/w) 糖水溶液（単糖と二糖）を供試し、7℃または25℃で24時間放置する前処理がシイタケ菌糸体の-20℃凍結保存における生存率に与える影響を観察した。

1. 実験方法

1-1. 供試菌株と凍結保存方法

シイタケの供試菌株にはANCT-05072とANCT-05152（旭川高専保存株）、およびNBRC 30877とNBRC 31864の合計4菌株を用いた。いずれもPDA培地（日水製薬製）で継代培養保存（7℃）していたものである。凍結保存に供試する菌体ディスクの作成には、直径90 mmのシャーレを使用したPDA平板培地を用いた。各供試菌株を接種後、25℃で14日間培養したコロニーからコルクボーラーで寒天培地ごと打ち抜くことで直径5 mmの菌体ディスクを得た。

1.5 mLのマイクロチューブ（エッペンドルフ製、以下チューブと記す）に菌体ディスク5個を入れ、凍結保護液として高圧蒸気滅菌（121℃・15分間）した約1 mLのグルコース、マルトース、スクロース、トレハロース、およびフルクトースの各40% (w/w) 水溶液で満たした。その後、7℃または25℃

で24時間放置する前処理を施して-20℃のフリーザーで最大16週間の凍結保存を行った。なお、前処理を行わずに凍結保存する試験区を併せて設け、以上の操作と1-2に示す生存率の測定を2回繰り返した。

1-2. 生存率と菌糸伸長量の測定方法

経時的にチューブをサンプリングして30℃のアルミブロックに5分間差し込んで解凍し、チューブ内の菌体ディスク5個を1枚のPDA平板培地に接種した。25℃・10日間の培養を行うことで同ディスクからの菌糸再生状況を実体顕微鏡観察した。菌糸が再生して平板培地に活着した時点で生存と判断し、1組5個の菌体ディスクの活着で生存率100%とした。

16週間（一部、12週間）凍結保存後のサンプルについては、生存率と菌糸伸長量の測定を兼ねた。その際、1枚のPDA平板培地の中央部に1個の菌体ディスクを接種して25℃で培養した（1組5枚のPDA平板培地使用）。菌糸伸長測定では各平板培地のシャーレ裏面に直交する直線を引き、菌体ディスクの縁からコロニーの先端までの4方向（半径方向）を経時的に10日間測定した。凍結保存試験区のサンプル（菌体ディスク数）の反復数は5、対照試験区のサンプル（継代培養保存株のコロニーから得た菌体ディスク）の反復数は3、それぞれの測定データ数は20または12となる。

2. 結果と考察

2-1. 凍結保存菌株の生存率変化（グルコースとマルトースの利用）

40% (w/w) 濃度のグルコース水溶液とマルトース水溶液を凍結保護液として、-20℃凍結保存を行った各供試菌株の16週間の生存率変化を表1と表2にそれぞれ示す。表中の『100』は2回の測定で生存率100%のみ、『≤100』は生存率が0～100%で変動、『<100』は生存率が0～100%未満、『0』は生存率が0%のみをそれぞれ示している。両表において前処理なし試験区では、前処理あり試験区と比較して生存率100%維持期間（100）が短く、NBRC 31864では1週間程度、それ以外の菌株の生存率100%維持期間はほぼ4週間（マルトース水溶液とANCT-05152の組合せでは10週間）で

表 1 40% (w/w) グルコース水溶液を用いた -20°C凍結保存におけるシイタケ菌株の生存率変化

供試菌株	前処理	生存率 (%) ^{a, b)}				
		凍結保存期間 (週)				
		0 ^{c)}	1	4	10	16
ANCT-05072	なし	100	100	100	≤ 100	≤ 100
	7°C・24 h		100	100	100	100
	25°C・24 h		100	100	100	100
ANCT-05152	なし	100	100	100	≤ 100	≤ 100
	7°C・24 h		100	100	100	100
	25°C・24 h		100	100	100	100
NBRC 30877	なし	100	100	≤ 100	< 100	< 100
	7°C・24 h		100	100	100	< 100
	25°C・24 h		100	100	100	≤ 100
NBRC 31864	なし	100	≤ 100	< 100	0	0
	7°C・24 h		100	100	< 100	0
	25°C・24 h		100	100	100	< 100

a) : 平板培地へ接種した 1 組 5 個の菌体ディスクの全てに菌糸活着が生じると生存率 = 100% ;

b) : 2 回の繰返し実験結果 ; c) : 継代培養保存株 (未凍結)

注) 100 : 2 回の測定で生存率 100% のみ, ≤ 100 : 2 回の測定で生存率が 0 ~ 100% で変動, < 100 : 2 回の測定で生存率が 0 ~ 100% 未満, 0 : 2 回の測定で生存率が 0% のみ

表 2 40% (w/w) マルトース水溶液を用いた -20°C凍結保存におけるシイタケ菌株の生存率変化

供試菌株	前処理	生存率 (%) ^{a, b)}				
		凍結保存期間 (週)				
		0 ^{c)}	1	4	10	16
ANCT-05072	なし	100	100	≤ 100	< 100	< 100
	7°C・24 h		100	100	100	≤ 100
	25°C・24 h		100	100	100	100
ANCT-05152	なし	100	100	100	100	< 100
	7°C・24 h		100	100	100	≤ 100
	25°C・24 h		100	100	100	100
NBRC 30877	なし	100	100	100	0	0
	7°C・24 h		100	100	≤ 100	0
	25°C・24 h		100	100	≤ 100	≤ 100
NBRC 31864	なし	100	100	0	0	0
	7°C・24 h		100	100	< 100	0
	25°C・24 h		100	100	100	100

a) : 平板培地へ接種した 1 組 5 個の菌体ディスクの全てに菌糸活着が生じると生存率 = 100% ;

b) : 2 回の繰返し実験結果 ; c) : 継代培養保存株 (未凍結)

注) 100 : 2 回の測定で生存率 100% のみ, ≤ 100 : 2 回の測定で生存率が 0 ~ 100% で変動, < 100 : 2 回の測定で生存率が 0 ~ 100% 未満, 0 : 2 回の測定で生存率が 0% のみ

あった。前処理あり試験区の前処理温度と生存率の関係では 40% (w/w) グルコース水溶液の ANCT-05072 と ANCT-05152 を除いて、7°C と比べて 25°C で生存率 100% 維持とその可能性期間 (100 と ≤ 100) が長い傾向がみられた。また、供試 4 菌株全ての生存率 100% 維持とその可能性期間が 16 週間以上期待できる試験区は 25°C・24 時間の前処理を施した 40% (w/w) マルトース水溶液のみであった。

1-2 に述べたように生存率は 25°C・10 日間培養で観察した。この 10 日間において菌体ディスクか

らの経時的な菌糸再生挙動を観察した例を図 1 と図 2 に示す。図 1 は 40% (w/w) グルコース水溶液と NBRC 30877 の組合せの 10 週間保存後と 16 週間保存後の結果である。前処理あり試験区の生存率は 7°C と 25°C 共に 10 週間保存後で 100%, そして 16 週間保存後で 80% であるが、培養開始から菌糸活着が始まるまでの誘導期間が保存期間と共に長くなる傾向がみられた。加えて、前処理温度別の誘導期間は 7°C より 25°C で短い傾向がみられた。図 2 は 40% (w/w) マルトース水溶液と ANCT-05072 の組合せの 10 週間と 16 週間保存後の結果である。

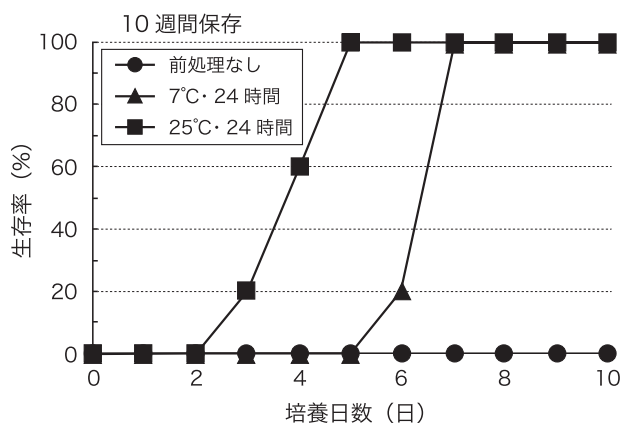


図1 40% (w/w) グルコース水溶液を用いて10週間 (上) と16週間 (下) -20℃で凍結保存したNBRC 30877の菌糸再生挙動 (25℃)

同様に誘導期間は保存期間と共に長くなっている。前処理あり試験区の生存率は10週間保存後で7℃と25℃共に100%であるが、25℃では培養後3日で100%、7℃では培養後4～8日で100%に達した。前処理なし試験区では培養後4日から活着が始まったが10日間の培養で5個全ての菌体ディスクの活着には至らずに生存率60%であった。16週間保存後の生存率は前処理なし試験区で0%、前処理7℃で80%、そして前処理25℃では培養後9日で100%となった。

継代培養保存株のコロニーから得た菌体ディスク (対照) について以上と同様の観察を行うと、供試菌株に関係なく培養後2日間以内に生存率100%に到達する。-20℃環境下では菌体ディスクのシイタケ菌糸体の内外の凍結、特に菌糸体細胞内の氷晶成長によって細胞器官に損傷が生じ⁷⁾、保存期間と共に損傷が大きくなることが推察される。そして、解凍後の培養時に損傷の修復が行われ (誘導期間に該当)、発菌、そして菌糸の活着に至る。損傷が大

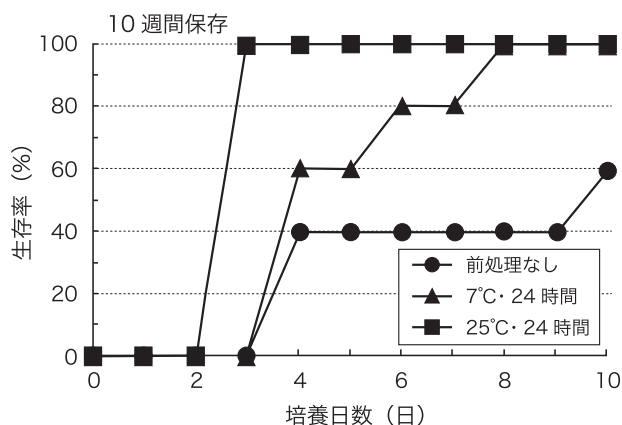


図2 40% (w/w) マルトース水溶液を用いて10週間 (上) と16週間 (下) -20℃で凍結保存したANCT-05072の菌糸再生挙動 (25℃)

きになると修復に長時間を要し、最終的には修復不能に至ると考えられる。-20℃凍結前に前処理を施すとグルコースなどの糖分子が菌体ディスクの寒天培地や菌糸体に取り込まれ、その結果として凍結による菌糸体の損傷が抑えられた^{8,9)}可能性がある。菌体ディスクへの糖分子の移動・拡散・取り込み量はより温度が高い25℃の方が活発で、より長期間のシイタケ菌糸体の生存に繋がった可能性があると推察する。

2-2. 凍結保存菌株の生存率変化 (スクロース, トレハロース, フルクトース)

40% (w/w) 濃度のスクロース, トレハロース, およびフルクトースの各水溶液を凍結保護液として、-20℃凍結保存を行った各供試菌株の12週間までの生存率変化を表3～表5にそれぞれ示す。表中の数値の意味は表1と同じである。2-1と同様に前処理なし試験区では、ANCT-05152を除き、前処理あり試験区と比較して生存率100%維持期

間 (100) が短い傾向が観察された。

表 3 の 40% (w/w) スクロース水溶液では前処理を施すことで、4 菌株共に 12 週間以上の生存率 100% 維持が期待できる結果が示された。表 4 の 40% (w/w) トレハロース水溶液では前処理を施すことで 4 菌株共に 12 週間以上の生存率 100% 維持とその可能性 (100 と ≤ 100) が期待できる。表 5 の 40% (w/w) フルクトース水溶液では、NBRC 31864 について 25°C で前処理を施しても 12 週間の生存率 100% 維持とその可能性 (100 と ≤ 100) が難しいことが示された。以上から、凍結保護液に

使用する糖の種類によって -20°C 凍結保存におけるシイタケ菌株の生存率に影響が生じることが明らかになった。

スクロースとトレハロースの両水溶液で -20°C 凍結保存 12 週間後の菌体ディスクについて、経時的な菌糸再生挙動を観察した NBRC 31864 の例を図 3 に示す。上図は 40% (w/w) スクロース水溶液との組合せの結果である。前処理なし試験区の誘導期間が長く、生存率は 40% となった。前処理あり試験区の誘導期間と生存率 100% に達するまでの培養期間は、前処理温度 7°C よりも 25°C で短い傾向

表 3 40% (w/w) スクロース水溶液を用いた -20°C 凍結保存におけるシイタケ菌株の生存率変化

供試菌株	前処理	生存率 (%) ^{a, b)}				
		凍結保存期間 (週)				
		0 ^{c)}	1	4	8	12
ANCT-05072	なし	100	100	100	< 100	< 100
	7°C・24 h		100	100	100	100
	25°C・24 h		100	100	100	100
ANCT-05152	なし	100	100	100	100	100
	7°C・24 h		100	100	100	100
	25°C・24 h		100	100	100	100
NBRC 30877	なし	100	100	100	100	≤ 100
	7°C・24 h		100	100	100	100
	25°C・24 h		100	100	100	100
NBRC 31864	なし	100	100	≤ 100	≤ 100	< 100
	7°C・24 h		100	100	100	100
	25°C・24 h		100	100	100	100

a) : 平板培地へ接種した 1 組 5 個の菌体ディスクの全てに菌糸活着が生じると生存率 = 100% ;

b) : 2 回の繰返し実験結果 ; c) : 継代培養保存株 (未凍結)

注) 100 : 2 回の測定で生存率 100% のみ, ≤ 100 : 2 回の測定で生存率が 0 ~ 100% で変動, < 100 : 2 回の測定で生存率が 0 ~ 100% 未満, 0 : 2 回の測定で生存率が 0% のみ

表 4 40% (w/w) トレハロース水溶液を用いた -20°C 凍結保存におけるシイタケ菌株の生存率変化

供試菌株	前処理	生存率 (%) ^{a, b)}				
		凍結保存期間 (週)				
		0 ^{c)}	1	4	8	12
ANCT-05072	なし	100	100	≤ 100	< 100	< 100
	7°C・24 h		100	100	100	≤ 100
	25°C・24 h		100	100	100	≤ 100
ANCT-05152	なし	100	100	100	100	100
	7°C・24 h		100	100	100	100
	25°C・24 h		100	100	100	100
NBRC 30877	なし	100	100	≤ 100	≤ 100	0
	7°C・24 h		100	100	100	≤ 100
	25°C・24 h		100	100	100	≤ 100
NBRC 31864	なし	100	100	≤ 100	≤ 100	≤ 100
	7°C・24 h		100	100	100	≤ 100
	25°C・24 h		100	100	100	≤ 100

a) : 平板培地へ接種した 1 組 5 個の菌体ディスクの全てに菌糸活着が生じると生存率 = 100% ;

b) : 2 回の繰返し実験結果 ; c) : 継代培養保存株 (未凍結)

注) 100 : 2 回の測定で生存率 100% のみ, ≤ 100 : 2 回の測定で生存率が 0 ~ 100% で変動, < 100 : 2 回の測定で生存率が 0 ~ 100% 未満, 0 : 2 回の測定で生存率が 0% のみ

表5 40% (w/w) フルクトース水溶液を用いた-20℃凍結保存におけるシイタケ菌株の生存率変化

供試菌株	前処理	生存率 (%) ^{a, b)}				
		凍結保存期間 (週)				
		0 ^{c)}	1	4	8	12
ANCT-05072	なし	100	≤ 100	< 100	0	0
	7℃・24 h		100	100	< 100	< 100
	25℃・24 h		100	100	100	100
ANCT-05152	なし	100	100	100	100	100
	7℃・24 h		100	100	100	100
	25℃・24 h		100	100	100	100
NBRC 30877	なし	100	≤ 100	< 100	0	0
	7℃・24 h		100	100	0	0
	25℃・24 h		100	100	100	100
NBRC 31864	なし	100	< 100	0	0	0
	7℃・24 h		< 100	0	0	0
	25℃・24 h		100	≤ 100	≤ 100	< 100

a) : 平板培地へ接種した1組5個の菌体ディスクの全てに菌糸活着が生じると生存率 = 100% ;

b) : 2回の繰返し実験結果 ; c) : 継代培養保存株 (未凍結)

注) 100 : 2回の測定で生存率 100% のみ, ≤ 100 : 2回の測定で生存率が 0 ~ 100% で変動, < 100 : 2回の測定で生存率が 0 ~ 100% 未満, 0 : 2回の測定で生存率が 0% のみ

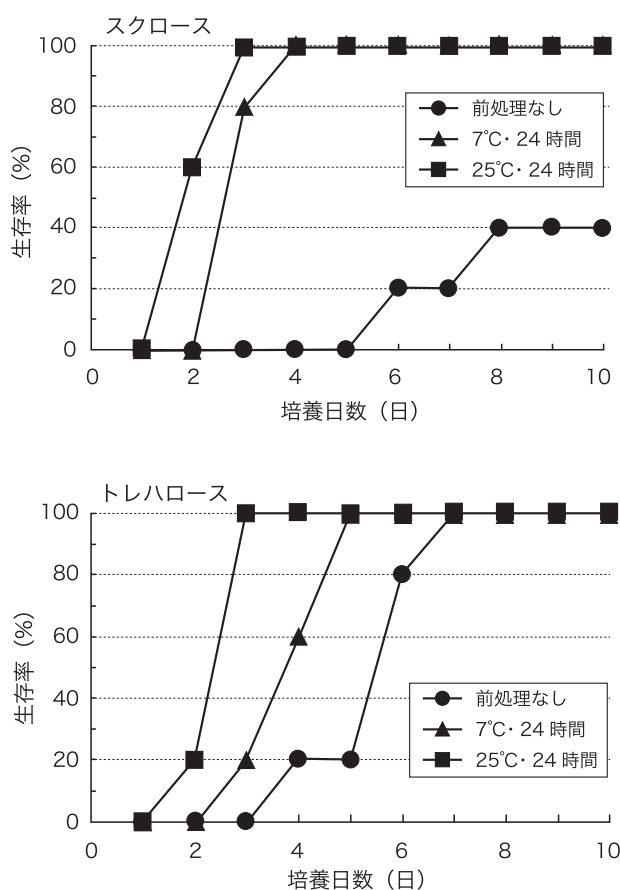


図3 40% (w/w) スクロース水溶液と NBRC 31864 の組合せ (上), および 40% (w/w) トレハロース水溶液と NBRC 31864 の組合せ (下) で各 12 週間 -20℃で凍結保存した菌体ディスクからの菌糸再生挙動 (25℃)

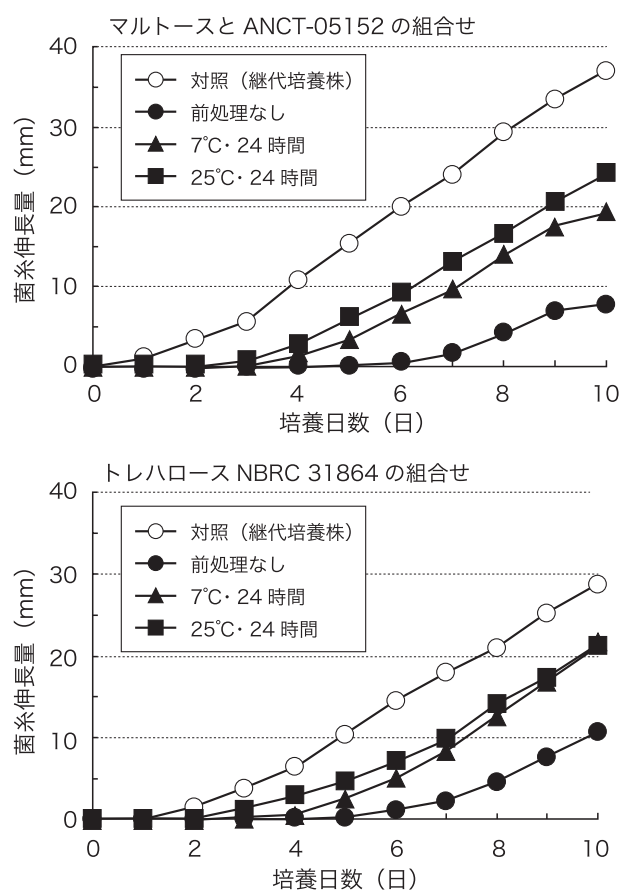


図4 40% (w/w) マルトース水溶液で 16 週間 -20℃凍結保存した ANCT-05152 (上) と 40% (w/w) トレハロース水溶液で 12 週間 -20℃凍結保存した NBRC 31864 (下) の各菌体ディスクからの菌糸伸長挙動 (25℃)

注: 対照 (継代培養株) は 7℃での継代培養保存株 ; 対照の各平板の反復数は 3 (コロニーの半径方向測定データ数 12), 凍結保存株の各平板の反復数は 5 (同測定データ数 20)

がみられた。下図は 40% (w/w) トレハロース水溶液との組合せの結果である。誘導期間の長さとの生存率 100% に達するまでの培養期間の長さは、前処理なし > 7°C > 25°C となり、25°C・24 時間の前処理が凍結による損傷などの菌糸体を受けるストレスを軽減している傾向がみられた。

スクロース、トレハロース、フルクトースにおいても -20°C 凍結前に前処理を施すと糖分子が菌体ディスクの寒天培地や菌糸体に取り込まれ、凍結による菌糸体の損傷が抑えられた^{8,9)} 可能性がある。菌体ディスクへの糖分子の取り込み量は 7°C よりも 25°C の方が活発で、より長期間のシイタケ菌糸体の生存に繋がると推察する。一方、供試菌株による差異はあるが、スクロースやトレハロースと比べてフルクトースの -20°C 凍結保護性能が劣る傾向が確認された。前二者は二糖、後者は単糖の違いがある。2-1 に示したグルコースは単糖でマルトースは二糖であり、25°C・24 時間前処理の -20°C・16 週間凍結保存後の 4 菌株の生存率に注目した両凍結保護液の優劣は不明瞭である。今後において更なる検討を行うこととしたい。

2-3. 凍結保存菌株の菌糸伸長能

40% (w/w) マルトース水溶液を用いて -20°C 凍結保存 16 週間後の ANCT-05152、および 40% (w/w) トレハロース水溶液を用いて -20°C 凍結保存 12 週間後の NBRC 31864 について、菌体ディスクからの菌糸伸長挙動を 25°C で 10 日間測定した例を図 4 (上図と下図) に示す。いずれにも対照 (継代培養保存株) の菌糸伸長量を併せて載せた。上図のマルトース水溶液と ANCT-05152 の組合せでは凍結後の生存率は前処理なしが 60%、前処理 7°C が 80%、同 25°C が 100% であった。菌糸の再生と活着がみられた菌体ディスクのみの菌糸伸長量測定を行い、平均値を図に示した。誘導期間の長さは、前処理なし > 7°C > 25°C > 対象の順であった。そのために同じ培養日数で比較すると対照より菌糸伸長量の値が小さいが、活着が確認された菌体ディスクからの菌糸伸長量は滞ることなく増大した。下図のトレハロースでは凍結後の生存率は全て 100% であった。誘導期間の長さは、前処理なし > 7°C > 25°C > 対象の順であり、対照と前処理あり試験区の菌糸伸長速度 (グラフの傾き) は同程度となっ

ている。

超低温保存や液体窒素保存の菌体ディスクでも初期培養の菌糸伸長量が継代培養保存株より小さく¹⁾、再培養によって菌糸伸長挙動が改善する¹⁰⁾ ことが報告されており、-20°C を用いた本検討においても同様の現象と考察される。なお、-20°C 凍結保存後 (16 または 12 週間) の各菌体ディスクから菌糸が再生して生じたコロニーの外観については、4 菌株共に各対照との差異が観察されなかった。

おわりに

シイタケ 4 菌株、凍結保護液としてグルコースやマルトースなどの 5 種類の 40% (w/w) 糖水溶液を供試し、7°C または 25°C で 24 時間放置する前処理が -20°C 凍結保存 (最大 16 週間) のシイタケの菌糸体 (菌体ディスク) の生存率に与える影響を観察した。その結果、菌株により挙動は異なるものの前処理によって生存率 100% 維持期間が改善した。菌株と凍結保護液の組合せによる差異はあるが、前処理温度 7°C よりも 25°C で生存率 100% 維持期間が長くなる傾向がみられ、加えて凍結保存後の菌体ディスクからの菌糸再生に要する誘導期間が短い傾向がみられた。前処理によりグルコースなどの糖分子が菌体ディスクの寒天培地や菌糸体に取り込まれることで菌糸体の内外における氷晶の形成と氷晶の成長が抑制され、凍結による菌糸体細胞の損傷が緩和された可能性がある。菌体ディスクへの糖分子の移動・拡散・取り込み量はより高温の 25°C が活発で、より長期間のシイタケ菌糸体の生存維持に繋がった可能性があると推察する。また、-20°C 凍結保存後に再生した菌糸のコロニー外観、および誘導期間を除く菌糸伸長挙動が対照 (継代培養保存株) と顕著な差異がないことから、生存していた菌体ディスクのシイタケ菌糸体には前処理と凍結保存が原因となる不可逆的な特性変化が生じている可能性は低いと考えられる。

以上に述べたシイタケ菌株の結果は、著者らがすでに報告した -20°C 凍結保存のヒラタケ菌株と 40% (w/w) グルコース水溶液の組合せ⁵⁾ と同じ傾向であった。今後は供試菌株数の増大や -20°C 凍結保存期間の拡大に加え、凍結保護液の糖の種類別効果 (単糖や二糖など) や更なる前処理条件の検討 (25°C 放置時間の延長など) について興味を持たれる。

参考文献

1. Ohmasa M, Abe Y, Babasaki K, Hiraide M, Okabe K: Preservation of cultures of mushrooms by freezing. *Transactions of the Mycological Society of Japan* **33**(4): 467-479, 1992.
2. 大政正武：遺伝資源研究 最近の進歩 (2) —栽培きのこ菌株の超低温保存法の検討—, 農業技術 **48**(2): 74-77, 1993.
3. 富樫巖, 幸田有以：純水と-20℃を用いたエノキタケ菌株の凍結保存の試み, *New Food Indust* **55**(1): 6-12, 2013.
4. 富樫巖, 大谷和也, 安東敬史, 細川芽衣, 曾我瞳, 幸田有以：シイタケ菌糸体の-20℃凍結保存における高濃度糖水溶液と寒天培地の影響, 日本菌学会会報 **57**(2): 93-98, 2016.
5. 富樫巖, 新井悠：-20℃凍結保存におけるヒラタケ菌糸体に対する高濃度グルコース水溶液の保護効果, 日本菌学会会報 **60**(2): 37-41, 2019.
6. 富樫巖, 鬼柳春花：-20℃と-50℃におけるシイタケ菌糸体とヒラタケ菌糸体の凍結保存, *New Food Indust.* **62**(6): 391-398, 2020.
7. 白樫了：糖類（トレハロース）の細胞内凍結抑制?, 生産研究 **55**(2): 150-152, 2003.
8. 渡辺 信：環境問題と微生物の保存, 環境技術 **27**(7): 485-487, 1998.
9. 桑野和可：藻類の凍結保存, 日本藻類学会創立 50 周年記念出版・21 世紀初頭の藻学の現況, 堀輝三・大野正夫・堀口健雄共編, 日本藻類学会 108-111, 2002.
10. Ohmasa M, Tsunoda M, Babasaki K, Hiraide M, Harigae H: Fruit-body production of test cultures of *Flammulina velutipes* preserved for seven years by freezing at three different temperatures. *Mycoscience* **37**(4): 449-454, 1996.

Effects of consumption of food containing Mulukhiyah (*Corchorus olitorius*; AOTSUBU) on immune function of healthy Japanese adults: a randomized, double-blind, placebo-controlled, parallel-group comparison study

Hodai Nagahara^{1*}, Meisen Nagahara¹, Nobuo Ohmi¹, Yuta Takahashi², Tsuyoshi Takara^{3**}

Key Words: Mulukhiya, Dietary fiber, Scoring of immunological vigor, *Clostridium* cluster IV, Short-chain fatty acids

*Correspondence author: Hodai Nagahara

**Principal investigator: Tsuyoshi Takara

Affiliated institutions

¹ AOTSUBU CO., LTD. (3406-1, Arinochoarino, Kita-ku, Kobe-shi, Hyogo, 651-1312, Japan)

² ORTHOMEDICO Inc. (2F Sumitomo Fudosan Korakuen Bldg., 1-4-1, Koishikawa, Bunkyo-ku, Tokyo, 112-0002, Japan)

³ Medical Corporation Seishinkai, Takara Clinic

(9F Taisei Building, 2-3-2, Higashi-gotanda, Shinagawa-ku, Tokyo, 141-0022, Japan)

Abstract

Objective: This study aimed to investigate the effects of 4-week continuous consumption of mulukhiya (*Corchorus olitorius*)-derived dietary fiber (MDF) on immunity in healthy Japanese adults experiencing daily fatigue.

Methods: We conducted a randomized, double-blind, placebo-controlled, parallel-group comparison study from December 13, 2019 to March 24, 2020 in 22 healthy Japanese adults who were experiencing daily fatigue. The subjects were randomly allocated into the MDF (77 mg/tablet of dietary fiber) or placebo groups ($n = 11$ per group) using a computerized random number generator. Subjects consumed 30 tablets of either the MDF or placebo food daily for 4 weeks. Scoring of immunological vigor (SIV) was set as the primary outcome, and the subscores of immunity test and subjective symptoms (i.e., Likert scale method) were set as secondary outcomes.

Results: The number of subjects finally analyzed according to the protocol dataset was 9 from the MDF group (4 men, 5 women) and 8 from the placebo group (4 men, 4 women). Compared with the placebo group, the measured values and changes from the baseline at 4 weeks after the start of the test food consumption of the SIV were significantly higher in the MDF group ($P < 0.05$). There was no significant difference between the groups in the subscores of immunity test and subjective symptoms throughout the test period. Furthermore, no adverse events were reported.

Conclusions: The consumption of MDF-containing food for 4 weeks resulted in an improvement in immune system balance in healthy Japanese adults who were experiencing daily fatigue.

Trial registration: UMIN-CTR: UMIN000038687

Funding: AOTSUBU CO., LTD.

I. Introduction

The immune system acts as a defense mechanism by recognizing and eliminating foreign substances, pathogens such as viruses and bacteria, and abnormal cells such as cancer cells. However, when immune function is weakened for any reason, it can be a factor for the development of diseases such as infectious diseases and cancer. It is known that immune function declines with age, mainly owing to a decline in the function of acquired immunity¹⁾. The acquired immunity system develops rapidly after birth, peaking at puberty, and then beginning to decline in one's 20s. Acquired immunity typically declines to approximately 50% of its peak in one's 40s and to approximately 10% in one's 70s¹⁾. The immune system not only protects the body from infections and cancer, but also plays a role in the development of atherosclerosis and is closely related to the development of various age-related diseases¹⁾. In addition, it has been suggested that the immune system works in concert with the neuroendocrine system as a countermeasure against stress, and there is an association between the intestinal environment and psychiatric disorders²⁾. Therefore, inhibiting the decline in immunity with aging is believed to contribute to the maintenance of physical and mental health and is expected to be a useful approach for extending healthy life expectancy and improving quality of life.

The test food used in this study, mulukhiya-derived dietary fiber (MDF)-containing food (AOTSUBU), is made from 100% mulukhiya (*Corchorus olitorius*). In our previous study of 2-week continuous consumption of MDF-containing food in healthy Japanese adults conducted in 2019, stool frequency and stool volume increased significantly in the MDF group compared with the placebo group³⁾. In addition, the occupancy rate of *Clostridium* cluster IV, a type of butyrate-producing bacteria, and the fecal *n*-butyric acid level were significantly increased in the MDF group compared with the placebo group³⁾. *Clostridium* cluster IV is known to act in an anti-inflammatory manner and contributes to the maintenance of intestinal immune homeostasis through the production of butyrate⁴⁾. Because the intestinal tract is the largest immune organ in the body and is where 70%

to 80% of immune cells accumulate²⁾, the consumption of MDF-containing food was expected to improve immunity in healthy subjects through an increase in *Clostridium* cluster IV. Hence, the current study aimed to investigate the effect of 4-week continuous consumption of MDF-containing food on immunity in healthy Japanese adults who were experiencing daily fatigue.

II. Materials and Methods

1. Study design

This was a randomized, double-blind, placebo-controlled comparison study, and the allocation was based on a 1:1 ratio. This study was approved by the Ethics Committee of Takara Clinic (Medical Corporation Seishinkai, Tokyo, Japan; Approval ID: 1911-1911-AT01-01-TC; November 19, 2019) and registered at the University Hospital Medical Information Network Clinical Trial Registry (Registry no. UMIN000038687). This study was conducted in accordance with the principles of the Declaration of Helsinki (2013) and the ethical guidelines for medical and health research involving human subjects in Japan, with complete consideration of medical ethics.

2. Subjects

The inclusion criterion of this study included healthy Japanese adults who were experiencing daily fatigue. The exclusion criteria were defined as follows: (1) a medical history of current treatment for malignancy, heart failure, or myocardial infarction; (2) use of a pacemaker or an implantable cardioverter defibrillator; (3) current treatment for cardiac arrhythmia, hepatic, renal, or cerebrovascular disease, rheumatism, diabetes mellitus, hyperlipidemia, hypertension, or other chronic diseases; (4) daily consumption of "foods for specified health uses," "foods with function claims," or other functional foods or beverages; (5) regular use of medications, including herbal medicines or supplements; (6) regular use of anticoagulants such as warfarin; (7) smokers; (8) diagnosis of a pollen allergy; (9) allergic reaction to medications or products that contain the study components; (10) being pregnant, lactating, or planning to become pregnant; (11) enrollment in other

clinical trials within the previous 3 months before the agreement to participate in this trial or planning to participate in another trial during this trial; and (12) ineligibility to participate in the study based on the evaluation of the principal physician. The subjects were recruited via a website (<https://www.go106.jp/>) operated by ORTHOMEDICO Inc. (Tokyo, Japan). The study protocols were comprehensively explained to all subjects at the office of ORTHOMEDICO Inc. Furthermore, all subjects provided informed consent before their participation in the study. No subject was part of the sponsors or funding companies. The study was conducted at Medical Corporation Seishinkai, Takara Clinic (Tokyo, Japan).

3. Intervention

The composition of the test foods in each tablet is shown in **Table 1**. We asked all subjects to take a total of 30 tablets per day of either active (MDF-containing tablet) or placebo with water, without chewing, between meals. The length of the intervention period was 4 weeks. The ethics committee declared that both tablets were identical in color, odor, and flavor.

4. Outcomes

The schedule of this study is shown in **Table 2**. Efficacy and safety assessment were conducted at screening (examination before consumption [Scr]) and at 4 weeks after the start of test food consumption (4w).

Table 1. Contents of test tablets (per one tablet)

Test Food	Form	Component	Amount (mg)
Tablet containing mulukhiya	Tablet	Powdered mulukhiya*	200 mg
		Potato starch	156 mg
Placebo tablet	Tablet	Powdered tea	20 mg
		Sodium, Iron, and Chlorophyllin	20 mg
		Calcium stearate	4 mg

*77 mg of dietary fiber.

Table 2. Schedule of enrollment, intervention, and assessments

	Screening				Intervention Period	
	Examination	Screening (Scr)	Enrollment	Allocation	Start intake (0w)	4 weeks after the start of the test food consumption (4w)
ENROLLMENT:						
Eligibility screen	●		●			
Informed consent	●					
Other procedures	●					
Allocation				●		
INTERVENTIONS:						
MDF group					↔	
Placebo group					↔	
ASSESSMENTS:						
Primary outcome		●				●
Secondary outcomes		●				●
Physical examination	●	●				●
Urinalysis		●				●
Blood test		●				●
Medical questionnaire		●				●
Daily record					↔	
Dietary survey		●				●

Closed circles (●) display the execution timing of each items.
MDF, mulukhiya-derived dietary fiber.

(1) Primary outcome

The immunity test is an easy and comprehensive method that can assess the status of immunological function from cellular parameters^{5,6}. The scoring of immunological vigor (SIV) was calculated from the following 8 immunological subscores: number of T cells, ratio of CD4⁺ cells to CD8⁺ cells (CD4/CD8 ratio), number of naïve T cells (CD4⁺CD45RA⁺), ratio of naïve T cells to memory T cells (N/M ratio), number of B cells, number of NK cells (CD56⁺16⁺), number of CD8⁺CD28⁺T cells, T cell proliferation index (TCPI)⁷. The measured values of 8 immunological parameters fell within a range specified in a database, and each parameter was scored as 3 (sufficiently high immunity level), 2 (moderate immunity level), or 1 (low immunity level) based on the reference range⁷. Then, these eight scores (score of T cells, score of CD4/CD8 ratio, score of naïve T cells, score of N/M ratio, score of B cells, score of NK cells, score of CD8⁺CD28⁺T cells, and score of TCPI) were summed as SIV (maximum, 24 points)⁷. The TCPI was a parameter that indicates T cell proliferative capacity adjusted by the number of T cells in peripheral blood (i.e., TCPI was a modified value of the T cell proliferative capacity at an individual level)⁷. The immunity test was conducted at the Institute for Health and Life Science (Tokyo, Japan).

(2) Secondary outcomes

(a) Items of immunity test

The following immunological subscores of the immunity test were evaluated: immunological age (IA), T lymphocyte age, percentage of CD3⁺T cells, percentage of CD4⁺T cells, percentage of CD8⁺T cells, percentage of naïve T cells (CD4⁺), percentage of memory T cells (CD4⁺), percentage of CD8⁺CD28⁺T cells, percentage of B cells (CD20⁺), percentage of NK cells (CD56⁺CD16⁻), percentage of NK cells (CD56⁺CD16⁺), number of CD3⁺T cells, number of CD4⁺T cells, number of CD8⁺T cells, CD4/CD8 ratio, number of naïve T cells, number of memory T cells, N/M ratio, number of B cells, number of NK cells, TCPI, T cell proliferative capacity, immunological grade, score of T cells, score of TCPI, score of CD4/CD8 ratio, score

of naïve T cells, score of N/M ratio, score of B cells, score of NK cells, and score of CD8⁺CD28⁺T cells⁷. The IA was a parameter calculated from the regression of TCPI on age and its standard deviation (SD)⁷. If the IA was younger than the actual age, an individual's immunological function is relatively high. The number of CD8⁺CD28⁺T cells is reported to show a decreasing trend with age^{8,9}, and T lymphocyte age was calculated based on the number of CD8⁺CD28⁺T cells of actual age⁵. The T lymphocyte age also correlates with IA and T cell proliferative capacity⁵⁻¹⁰. Therefore, if the T lymphocyte age was younger than the actual age, an individual's immunological function is relatively high. The immunological grade was classified to the following 5 grades according to SIV: I (critical zone, 8-12 points), II (warning zone, 13-16 points), III (observation zone, 17-20 points), IV (safety zone, 21-23 points), or V (sufficiently high, 24 points)⁷.

(b) Subjective symptoms

The subjective symptoms of the following items were evaluated using the Likert scale method: "I often get a mouth ulcer," "I am still tired even if I take a rest," "I am tired for no apparent reason," "I am anxious about my rough skin," "I feel sick to my stomach," "I am anxious about impaired sleeping," "I don't feel like going outside," "I don't feel like eating," "I don't laugh as much as before," "My health condition is affected by the changing of the seasons," "My nose often tickles," "I am anxious about my itchy skin," and "I am anxious about a low body temperature." All of these questions were assessed on a 6-point scale, where 1 indicated "strongly disagree," 2 indicated "disagree," 3 indicated "slightly disagree," 4 indicated "slightly agree," 5 indicated "agree," and 6 indicated "strongly agree." A smaller score meant better subjective symptoms.

(3) Safety evaluation

Safety evaluations were assessed in physical examination, urinalysis, and blood analysis. The subjects' weight, body mass index, body fat percentage, systolic and diastolic blood pressures, and pulse rate were measured as the physical examination items. Height was only measured at Scr to calculate the body mass index.

In the urinalysis, urine samples were collected to evaluate the levels of protein, glucose, urobilinogen, bilirubin, ketone bodies, pH, and occult blood. The collected samples were entrusted to LSI Medience Corporation (Tokyo, Japan), and each item was evaluated in accordance with the global standard.

Hematological tests were conducted to assess the following: leukocyte count, erythrocyte count, hemoglobin, hematocrit, platelet count, mean corpuscular volume, mean corpuscular hemoglobin, mean corpuscular hemoglobin concentration, and white blood cell differential count (i.e., numbers of neutrophils, lymphocytes, monocytes, eosinophils, and basophils). For the biochemical tests, we evaluated the following: aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase, γ -glutamyl transpeptidase, alkaline phosphatase, lactate dehydrogenase, leucine aminopeptidase, total bilirubin, direct bilirubin, indirect bilirubin, cholinesterase, total protein, urea nitrogen, creatinine, uric acid, creatine kinase, calcium, serum amylase, total cholesterol, high-density lipoprotein cholesterol, low-density lipoprotein cholesterol, triglycerides, glycoalbumin, serum iron, sodium, potassium, chloride, inorganic phosphorus, glucose, and hemoglobin A1c. In addition, nonspecific immunoglobulin E was only measured at Scr. The level of each was measured by LSI Medience Corporation.

All subjects were asked to complete a medical questionnaire to allow for understanding of their health conditions at each examination. In addition, subjects were asked to keep a daily record of consumption of the test food, health conditions, use of medications, and lifestyle.

5. Sample size

The sample size was determined to be 20 subjects within the maximum utility of the budget. In consideration of dropout, 1 additional subject was included in each group. A total of 22 subjects were enrolled.

6. Selection, randomization, and blinding

Of 33 subjects who provided informed consent, 22 eligible subjects who were considered appropriate for

the study were selected by the physician. The inclusion criteria were defined as follows: (1) eligible to participate in the study based on the evaluation of the principal physician and (2) relatively low SIV at Scr. Test foods were provided to the contract research organization by the sponsor. After the test foods were confirmed to be indistinguishable and after entering and verifying the data at Scr, an individual in charge of shipping, who is a member of the contract research organization, gave the code of the test foods to an allocation controller who was not directly involved in the studies. Allocation was performed according to a computer-generated randomization list by this allocation controller. The allocation adjustment factors were sex, age, and SIV at Scr. Subjects were equally, but randomly, assigned to either the MDF group or the placebo group ($n = 11$ per group). The allocation table with the coded test foods was provided only to the person in charge of shipping, who sent the test foods to each subject according to the table. The sponsors, principal investigator, subinvestigators, entire contract research organization staff (i.e., director of the trial, director of trial conduction, individual in charge of monitoring, director and staff of statistical analysis, and individual in charge of shipping), medical institution staff, institutional review board members, contract laboratory, and others who were related to this study were not aware of the group assignments. The allocation controller locked the allocation table until the key opening day.

7. Statistical analysis

All statistical analyses in this study were 2-sided, and the significance level was set to 5% with no adjustment for multiple comparisons. Data analyses were performed using Windows SPSS, version 23.0 (IBM Japan, Ltd., Tokyo, Japan).

The subjects' background data were demographically aggregated by the enrolled subjects and the analyzed subjects. The subjects' age, height, and nonspecific immunoglobulin E for both groups were compared using Student's *t* test.

The data of each item at Scr was set as the baseline, and the changes in the value (4w-Scr) were identified

by subtracting the baselines from the measured values at 4w. The data of the immunity test, physical examination, and blood analysis were presented as means and standard deviations, which were analyzed using Student's *t* test at the baseline. Furthermore, we analyzed the measured values and changes at 4w using the repeated measures 2-way analysis of covariance with the baseline values used as covariates. In addition, the data of the subjective symptoms were presented as medians and interquartile ranges (first and third quartiles [Q1 and Q3], respectively), which was compared between groups using the Mann-Whitney *U* test. Furthermore, urinalysis data was assigned codes in which "1" was identified as within the normal range

and "0" was identified as outside the normal range. The data was expressed as number of subjects and analyzed using the chi-square test. For the safety assessment items, the principal investigator evaluated and checked the data case-by-case to confirm that there were no medical problems associated with ingestion of the test food.

III. Results

1. Subjects

Figure 1 shows the flowchart of this study. We recruited subjects from November 26, 2019, to January 10, 2020. The test period was from December 13, 2019 to March 24, 2020.

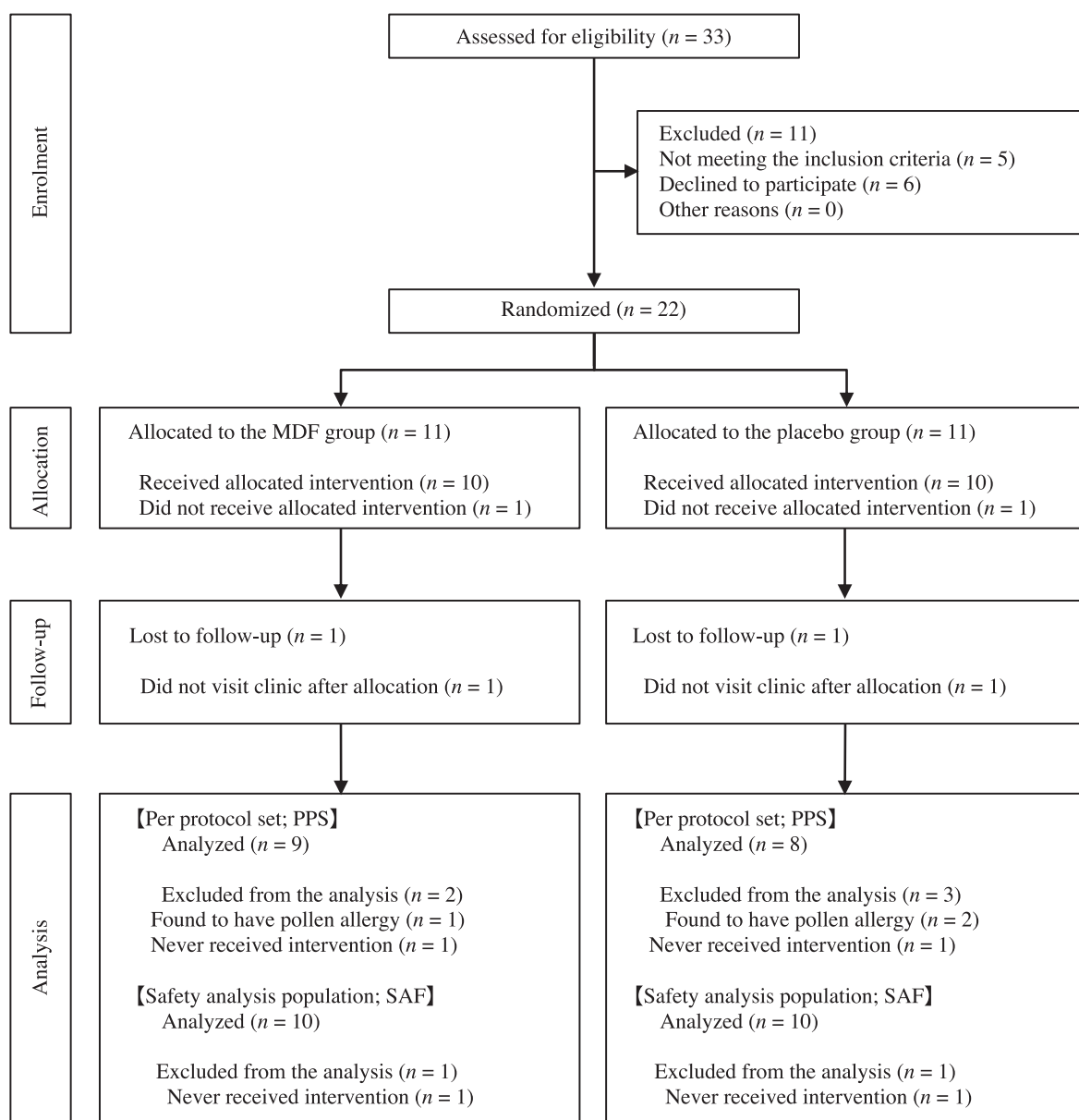


Figure 1. Flowchart of the participants of the study
MDF, mulukhiya-derived dietary fiber

At the case review meeting after the intervention, 2 subjects who did not receive a test food intervention after allocation and 3 subjects who were found to have pollen allergy at 4w were excluded from the analysis. Regarding the safety evaluation, the analysis excluded those who did not receive a test food intervention after allocation. After the key opening, 1 subject each in the MDF and placebo groups did not receive a test food intervention after allocation. In addition, 1 subject in the MDF group and 2 in the placebo group were found to have pollen allergy at 4w. As a result, the per-protocol analysis involved 9 subjects in the MDF group (4 men, 5 women) and 8 subjects in the placebo group (4 men, 4 women). Furthermore, the safety analysis was comprised of 10 subjects in the MDF group (4 men, 6 women) and 10 subjects in the placebo group (4 men, 6 women). The subjects' backgrounds are summarized in **Tables 3-1** and **3-2**. There was no significant difference between the groups in terms of background factors.

2. Immunity test

The results of the immunity test are shown in **Table 4**. The results of any items between the groups at Scr had no significant differences. Regarding the measured values at 4w, SIV was significantly higher in the MDF group than in the placebo group (MDF: 17.4 ± 1.4 points; placebo: 16.4 ± 1.7 points; $P = 0.029$). In addition, the changes in the value at 4w–Scr were significantly higher in the MDF group than in the placebo group (MDF: 1.0 ± 0.7 points; placebo: 0.0 ± 0.9 points; $P = 0.024$).

Figures 2-1 and **2-2** show the transition of the immunological subscores of the immunity test for each subject and the mean values for each group. At 4w, more individuals in the MDF group had improved subscores compared with the placebo group.

3. Subjective symptoms

There was no significant difference in subjective symptoms between the groups (**Table 5**).

4. Safety evaluation

In the comparison between the MDF and placebo groups, there were significant differences in some items

of the physical examination, urinalysis, and blood test. However, changes were within the reference range and not medically problematic. They were therefore judged as not clinically meaningful. Therefore, continuous consumption of the test food was deemed safe (**Tables 6-8**).

IV. Discussion

In a previous study on the effects of consumption of the same test food on bowel movements and intestinal environment in healthy subjects, the occupancy rate of *Clostridium* cluster IV and the fecal *n*-butyric acid level were significantly increased in the MDF group compared with the placebo group³⁾. *Clostridium* cluster IV is a type of butyrate-producing bacteria, and butyrate has been reported to promote the production of interleukin (IL)-10, one of the cytokines produced by T-helper (Th) 1 cells, in the *in vitro* study in dendritic cells¹¹⁾. In the immune system, Th1, Th2, Th17, and regulatory T cells are known to interact via the inflammatory cytokines produced by each cell¹²⁾. The presence of each is important in balance, and an imbalance in the proportion of any one of them can lead to the development of disease owing to abnormal immune system¹²⁾. The ratio of Th1 and Th2 cells can be influenced by the factors such as diet, lifestyle, and exercise¹³⁻¹⁶⁾, suggesting that this may be imbalanced even in healthy individuals and that the immune system can be unstable. In particular, when an individual experiences fatigue, it is likely a condition with an increase in inflammatory cytokines and oxidative stress^{17,18)}, suggesting that the immune system is unstable in subjects who are experiencing fatigue. As noted above, MDF contains rich dietary fiber and increases the intestinal butyric acid level via its assimilation by intestinal bacteria³⁾. Its butyrate-mediated regulation of human immune function homeostasis is expected. Hence, this study evaluated the effect of 4-week continuous consumption of food containing MDF on immunity in healthy Japanese adults who were experiencing daily fatigue.

In this study, we assessed the immunological function by immunity test, which is an easy and comprehensive method that can assess the status of immunological function from cellular parameters^{5,6)}. Because the T cell

Table 3-1. Subjects' background information (Gender, Age)

Item	MDF group		Placebo group		P value
	Men	Women	Men	Women	
Allocated subjects (MDF group $n = 11$, Placebo group $n = 11$)					
Gender	5 (45.5%)	6 (54.5%)	5 (45.5%)	6 (54.5%)	1.000
Age (years)					
20-29	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	1 (9.1%)	—
30-39	1 (9.1%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	—
40-49	0 (0.0%)	2 (18.2%)	1 (9.1%)	0 (0.0%)	—
50-59	3 (27.3%)	3 (27.3%)	4 (36.4%)	3 (27.3%)	—
60-69	1 (9.1%)	1 (9.1%)	0 (0.0%)	2 (18.2%)	—
70-79	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	—
≥ 80	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	—
Per protocol set; PPS (MDF group $n = 9$, Placebo group $n = 8$)					
Gender	4 (44.4%)	5 (55.6%)	4 (50.0%)	4 (50.0%)	1.000
Age (years)					
20-29	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	1 (12.5%)	—
30-39	1 (11.1%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	—
40-49	0 (0.0%)	1 (11.1%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	—
50-59	2 (22.2%)	3 (33.3%)	4 (50.0%)	1 (12.5%)	—
60-69	1 (11.1%)	1 (11.1%)	0 (0.0%)	2 (25.0%)	—
70-79	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	—
≥ 80	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	—
Safety analysis population; SAF (MDF group $n = 10$, Placebo group $n = 10$)					
Gender	4 (40.0%)	6 (60.0%)	4 (40.0%)	6 (60.0%)	1.000
Age (years)					
20-29	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	1 (10.0%)	—
30-39	1 (10.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	—
40-49	0 (0.0%)	2 (20.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	—
50-59	2 (20.0%)	3 (30.0%)	4 (40.0%)	3 (30.0%)	—
60-69	1 (10.0%)	1 (10.0%)	0 (0.0%)	2 (20.0%)	—
70-79	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	—
≥ 80	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	—

The data are presented as the number of subjects and as a percentage of the each group.
MDF, mulukhiya-derived dietary fiber.

Table 3-2. Subjects' background information (Age, Height, Non-specific IgE)

Item	MDF group		Placebo group		Pvalue
	Mean	SD	Mean	SD	
Allocated subjects (MDF group <i>n</i> = 11, Placebo group <i>n</i> = 11)					
Age (years)	52.6	8.6	51.6	10.6	0.810
Height (cm)	162.3	7.5	163.9	8.8	0.662
Non-specific IgE (IU/mL)	203.9	265.8	362.5	548.4	0.398
Per protocol set; PPS (MDF group <i>n</i> = 9, Placebo group <i>n</i> = 8)					
Age (years)	52.9	9.1	52.5	11.8	0.940
Height (cm)	163.1	7.6	165.1	8.0	0.611
Non-specific IgE (IU/mL)	220.6	289.9	460.1	624.1	0.317
Safety analysis population; SAF (MDF group <i>n</i> = 10, Placebo group <i>n</i> = 10)					
Age (years)	52.2	8.9	52.8	10.4	0.891
Height (cm)	162.1	7.9	162.8	8.5	0.836
Non-specific IgE (IU/mL)	221.5	273.3	386.7	571.8	0.421

The data are presented as the mean and standard deviation (SD).
MDF, mulukhiya-derived dietary fiber.

Table 4. Immunity test

Item	Unit	Scr				4w				4w - Scr				P value	
		MDF group (n = 9)		Placebo group (n = 8)		MDF group (n = 9)		Placebo group (n = 8)		MDF group (n = 9)		Placebo group (n = 8)			
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD		
Scoring of immunological vigor (SIV)	points	16.4	1.3	16.4	1.3	17.4	1.4	16.4	1.7	1.0	0.7	0.0	0.9	0.915	0.029*
Immunological age (IA) (lower limit)	years	59.2	7.6	60.1	9.4	56.6	8.7	59.4	9.7	- 2.7	3.2	- 0.8	2.7	0.831	0.220
Immunological age (IA) (upper limit)	years	62.2	7.6	63.1	9.4	59.6	8.7	62.4	9.7	- 2.7	3.2	- 0.8	2.7	0.831	0.220
T lymphocyte age (lower limit)	years	59.6	8.3	59.0	10.8	58.2	8.3	58.3	10.5	- 1.3	1.6	- 0.8	2.1	0.906	0.549
T lymphocyte age (upper limit)	years	62.6	8.3	62.0	10.8	61.2	8.3	61.3	10.5	- 1.3	1.6	- 0.8	2.1	0.906	0.549
Immunological grade (numerical value)	-	2.6	0.5	2.4	0.5	2.8	0.4	2.5	0.5	0.2	0.4	0.1	0.4	0.488	0.385
The score of T cells	-	1.8	0.4	1.9	0.4	2.1	0.3	2.0	0.0	0.3	0.5	0.1	0.4	0.626	0.342
The score of T cell proliferation index (TCPI)	-	2.1	0.6	2.0	0.0	2.6	0.5	2.3	0.5	0.4	0.5	0.3	0.5	0.610	0.289
The score of ratio of CD4 ⁺ cells to CD8 ⁺ cells (CD4/CD8 ratio)	-	1.8	0.8	2.1	1.0	1.9	0.9	2.0	1.1	0.1	0.6	- 0.1	0.4	0.445	0.409
The score of naive T cells	-	2.1	0.6	2.0	0.8	2.1	0.6	2.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.740	N.A.
The score of ratio of naive T cells to memory T cells (N/M ratio)	-	1.8	0.4	1.6	0.5	1.8	0.7	1.5	0.5	0.0	0.5	- 0.1	0.4	0.521	0.533
The score of B cells	-	3.0	0.0	3.0	0.0	3.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	N.A.	N.A.
The score of NK cells	-	1.9	0.3	1.9	0.6	2.0	0.5	1.8	0.5	0.1	0.3	- 0.1	0.4	0.955	0.153
The score of CD8 ⁺ CD28 ⁺ T cells	-	2.0	0.0	1.9	0.4	2.0	0.0	1.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.304	N.A.
The percentage of CD3 ⁺ T cells	%	74.5	5.6	74.3	8.2	72.3	7.5	73.3	8.5	- 2.1	2.7	- 1.0	3.4	0.952	0.447
The percentage of CD4 ⁺ T cells	%	54.5	5.8	50.0	10.9	50.7	6.9	47.0	11.8	- 3.8	4.2	- 3.0	3.3	0.292	0.657
The percentage of CD8 ⁺ T cells	%	16.1	3.5	18.5	6.5	16.7	4.4	19.7	7.4	0.5	1.6	1.2	1.7	0.360	0.628
The percentage of naive T cells (CD4 ⁺)	%	34.4	11.6	32.0	8.6	34.9	12.0	32.6	10.0	0.5	3.4	0.6	3.6	0.640	0.924
The percentage of memory T cells (CD4 ⁺)	%	65.6	11.6	68.0	8.6	65.1	12.0	67.4	10.0	- 0.5	3.4	- 0.6	3.6	0.640	0.924
The percentage of CD8 ⁺ CD28 ⁺ T cells	%	64.7	15.8	57.0	19.2	63.9	14.1	57.6	16.0	- 0.8	5.4	0.6	5.0	0.380	0.972
The percentage of B cells (CD20 ⁺)	%	15.6	3.9	14.3	5.3	17.3	4.0	15.9	5.0	1.7	1.7	1.6	2.1	0.589	0.775
The percentage of NK cells (CD56 ⁺ CD16 ⁻)	%	2.3	1.3	3.7	2.8	2.8	2.1	4.2	2.2	0.5	1.1	0.5	1.8	0.181	0.724
The percentage of NK cells (CD56 ⁺ CD16 ⁺)	%	9.2	3.9	10.3	5.0	9.8	4.8	9.8	4.9	0.6	3.5	- 0.5	3.2	0.611	0.605
The percentage of NK cells (CD56 ⁻ CD16 ⁺)	%	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.0	0.1	0.1	- 0.1	0.2	- 0.1	0.3	0.717	0.350
The number of CD3 ⁺ T cells	/μL	1067.7	178.1	1046.5	144.6	1115.7	222.7	1074.5	128.4	48.0	154.5	28.0	83.7	0.793	0.713
The number of CD4 ⁺ T cells	/μL	785.7	163.2	711.9	199.6	786.2	193.6	692.4	189.4	0.6	126.9	- 19.5	58.7	0.415	0.605
The number of CD8 ⁺ T cells	/μL	226.6	36.1	256.5	87.8	250.9	51.6	289.4	124.7	24.3	36.2	32.9	47.8	0.362	0.976
CD4/CD8 ratio	-	3.6	1.0	3.2	1.8	3.3	1.0	3.0	1.9	- 0.3	0.5	- 0.2	0.3	0.649	0.800
The number of naive T cells	/μL	270.3	121.1	230.0	95.2	280.7	148.5	226.8	101.1	10.3	56.2	- 3.3	26.8	0.461	0.678
The number of memory T cells	/μL	515.3	147.3	481.9	143.3	505.6	128.5	465.6	138.0	- 9.8	84.0	- 16.3	47.4	0.643	0.691
N/M ratio	-	0.6	0.2	0.5	0.2	0.6	0.3	0.5	0.2	0.0	0.1	0.0	0.1	0.514	0.862
The number of B cells	/μL	228.3	84.1	211.1	103.6	270.7	85.1	246.3	113.8	42.3	51.8	35.1	55.2	0.711	0.743
The number of NK cells	/μL	132.9	59.9	154.6	91.6	152.3	76.9	153.4	85.1	19.4	44.2	- 1.3	55.0	0.567	0.489
TCPI	-	1.3	0.3	1.2	0.1	1.6	0.4	1.4	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.352	0.303
T cell proliferative capacity	OD	1.2	0.2	1.2	0.1	1.4	0.2	1.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.334	0.313

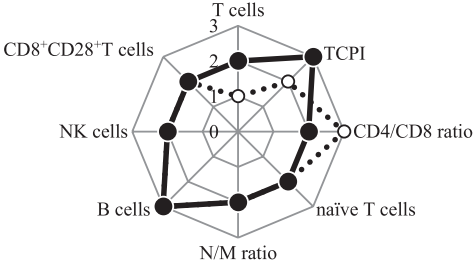
The data are presented as the mean and standard deviation (SD).

*: $P < 0.05$

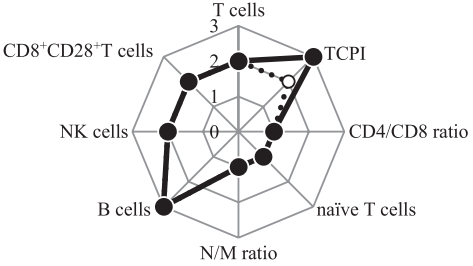
N.A.: Not Available.

MDF, mulukhiya-derived dietary fiber.

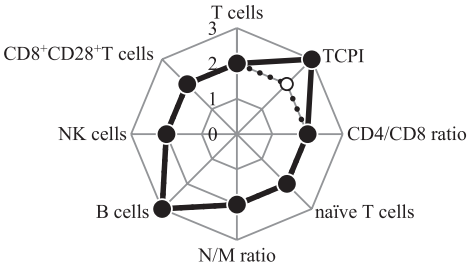
ID49189



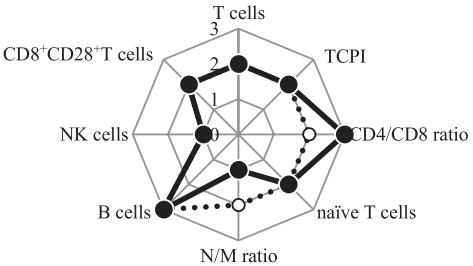
ID49518



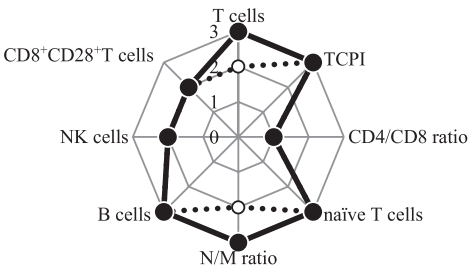
ID49190



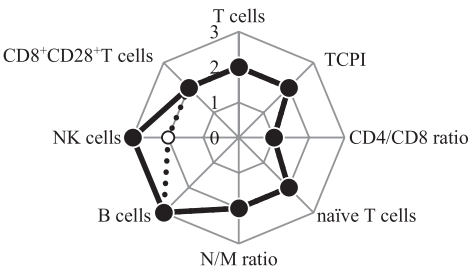
ID49519



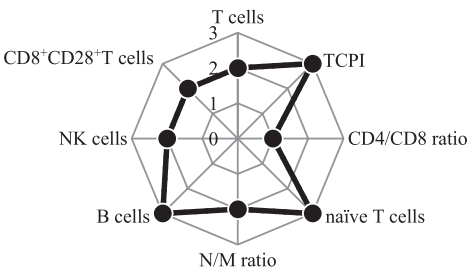
ID49199



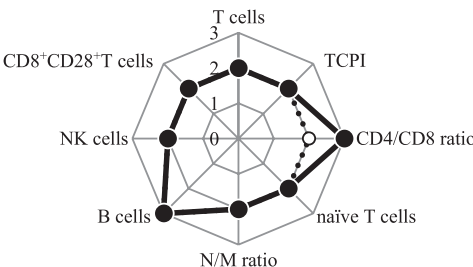
ID49523



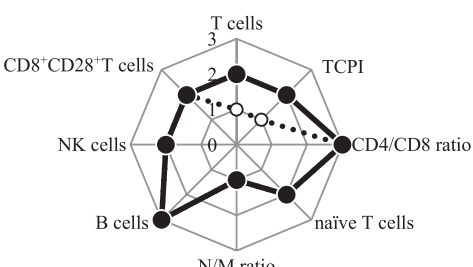
ID49371



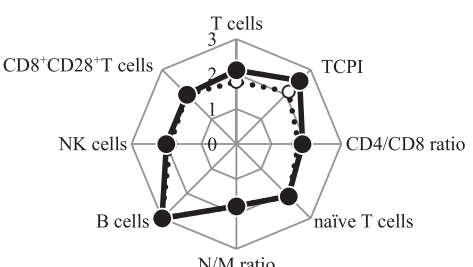
ID49524



ID49515



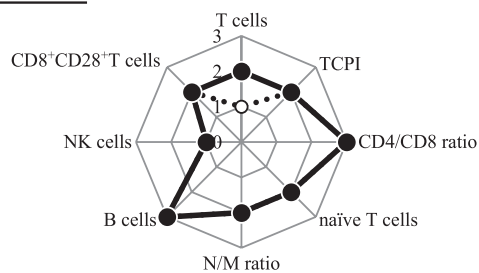
Overall mean



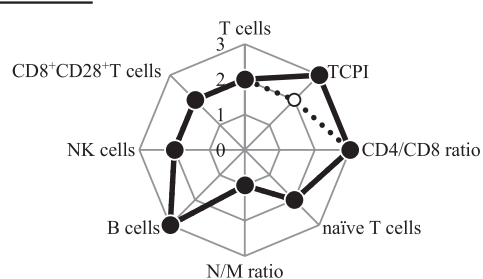
...○... 0w —●— 4w

Figure 2-1. Transition of immunological sub-scores of the immunity test (MDF group)

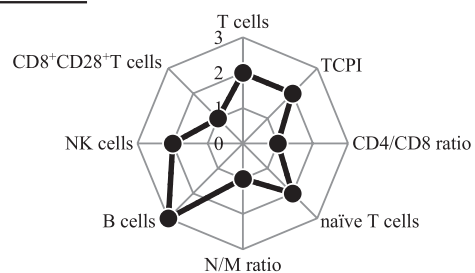
ID49145



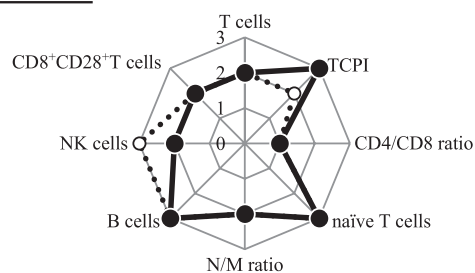
ID49517



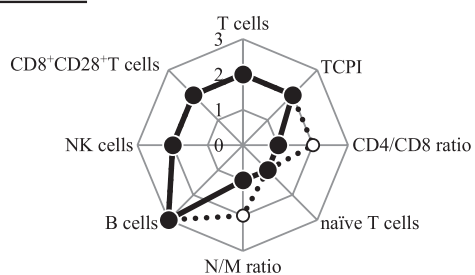
ID49192



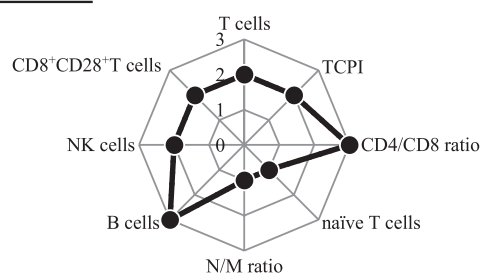
ID49520



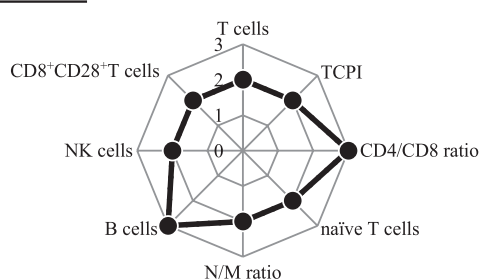
ID49225



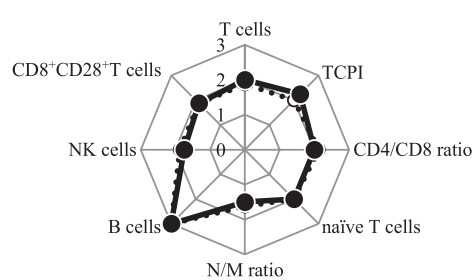
ID49528



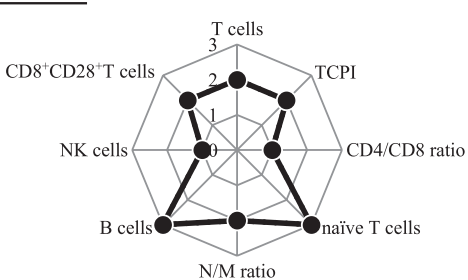
ID49378



Overall mean



ID49496



...○... 0w —●— 4w

Figure 2-2. Transition of immunological sub-scores of the immunity test (Placebo group)

Table 5. Subjective symptoms

Item	Scr						4w						P value	
	MDF group (n = 9)			Placebo group (n = 8)			MDF group (n = 9)			Placebo group (n = 8)				
	Median	Q1	Q3	Median	Q1	Q3	Median	Q1	Q3	Median	Q1	Q3	Scr	4w
I often get a mouth ulcer	2.0	1.0	3.0	2.0	1.0	2.0	1.0	1.0	3.0	1.5	1.0	2.3	0.887	0.836
I am still tired even if I take a rest	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	3.0	3.0	4.0	0.082	0.212
I am tired for no apparent reason	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	3.0	4.0	3.0	2.0	4.3	0.366	0.557
I am anxious about my rough skin	3.0	3.0	4.0	4.0	3.5	2.8	4.3	3.0	2.0	4.0	3.0	1.8	0.528	0.447
I feel sick to my stomach	2.0	2.0	4.0	4.0	2.5	2.0	3.0	2.0	1.0	3.0	1.5	1.0	0.972	0.878
I am anxious about impaired sleeping	4.0	2.0	5.0	5.0	3.5	3.0	4.3	3.0	2.0	3.0	3.0	2.8	0.609	0.487
I don't feel like going outside	4.0	1.0	4.0	4.0	4.0	3.8	4.3	4.0	2.0	4.0	2.5	2.0	0.312	0.924
I don't feel like eating	2.0	1.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.3	2.0	1.0	3.0	2.0	1.0	0.516	0.619
I don't laugh as much as before	3.0	2.0	3.0	2.5	2.0	2.0	4.3	3.0	2.0	3.0	3.0	2.8	0.850	0.757
My health condition is affected by the changing of the seasons	3.0	2.0	4.0	4.0	4.0	3.0	5.0	3.0	2.0	4.0	3.0	2.8	0.376	0.660
My nose often tickles	2.0	2.0	4.0	4.0	3.0	2.8	4.0	3.0	1.0	3.0	2.5	1.0	0.513	0.777
I am anxious about my itchy skin	2.0	2.0	4.0	4.0	2.0	1.8	4.0	3.0	2.0	3.0	2.5	1.0	0.859	0.614
I am anxious about a low body temperature	2.0	1.0	3.0	3.0	4.0	2.0	6.0	1.0	1.0	2.0	3.0	1.8	0.088	0.118

The data are presented as median (Median), first quartile (Q1), and third quartile (Q3).
1: strongly disagree / 2: disagree / 3: slightly disagree / 4: slightly agree / 5: agree / 6: strongly agree
MDF, mulukhiya-derived dietary fiber.

Table 6. Physical examination

Item	Unit	Scr						4w				P value	
		MDF group (n = 10)		Placebo group (n = 10)		MDF group (n = 10)		Placebo group (n = 10)					
		Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Scr	4w		
Weight	kg	59.5	8.8	60.0	19.9	60.3	9.2	60.3	20.3	0.947	0.380		
Body mass index	kg/m ²	22.7	2.7	22.1	5.1	23.0	2.9	22.2	5.2	0.780	0.354		
Body fat percentage	%	25.0	7.7	23.4	6.0	25.5	8.1	24.2	6.5	0.613	0.312		
Systolic blood pressure	mmHg	119.8	13.7	116.2	15.6	116.4	13.7	110.0	15.0	0.590	0.393		
Diastolic blood pressure	mmHg	75.9	9.2	73.5	9.5	75.8	9.3	71.3	10.6	0.573	0.392		
Pulse rate	bpm	76.7	9.6	75.4	9.6	69.5	6.5	75.6	9.9	0.757	0.024*		
Temperature	°C	36.0	0.4	36.1	0.5	36.1	0.4	36.3	0.3	0.652	0.180		

The data are presented as the mean and standard deviation (SD).
*: $P < 0.05$
MDF, mulukhiya-derived dietary fiber.

Table 7. Urinalysis

Item	Reference range	Scr				4w				Pvalue	
		MDF group (n = 10)		Placebo group (n = 10)		MDF group (n = 10)		Placebo group (n = 10)		Scr	4w
		Normal range		Normal range		Normal range		Normal range			
		Within	Outside	Within	Outside	Within	Outside	Within	Outside		
Protein	(−)	10	0	9	1	10	0	7	3	1.000	0.211
Glucose	(−)	10	0	10	0	10	0	10	0	N.A.	N.A.
Urobilinogen	(±)	10	0	10	0	10	0	10	0	N.A.	N.A.
Bilirubin	(−)	10	0	10	0	10	0	10	0	N.A.	N.A.
pH	5.0-7.5	10	0	10	0	10	0	10	0	N.A.	N.A.
Occult blood	(−)	8	2	8	2	9	1	9	1	1.000	1.000
Ketone bodies	(−)	10	0	10	0	10	0	10	0	N.A.	N.A.

The data are presented as the number of subjects (n).

N.A.: Not Available.

MDF, mulukhiya-derived dietary fiber.

system is involved in the decline in immune function⁷⁾, the function and the number of cells in the T cell system were measured and 8 immunological subscores were calculated. In addition, each immunological subscore was compared with a database and scored as 3 (sufficiently high immunity level), 2 (moderate immunity level), or 1 (low immunity level)⁷⁾. Because the SIV is a comprehensive score of the subscores, a higher value corresponds to better overall immunity⁵⁻¹⁰⁾. In this study, the SIV of the MDF group was significantly higher than that of the placebo group at 4w and 4w-Scr. Therefore, the consumption of MDF was confirmed to improve immunity. Furthermore, the intergroup differences of SIV at 4w and 4w-Scr were approximately 1.0. A previous study using SIV for evaluating immunity concluded that an intergroup difference of SIV of approximately 0.8 was clinically meaningful¹⁹⁾. Hence, the change of approximately 1.0 in SIV observed in the current study was considered clinically significant.

Although there was no significant difference in the subscores between the groups in this study, IA and the T lymphocyte age were lower in the MDF group than in the placebo group. In addition, subjects in the MDF group generally demonstrated increased scores for more items, especially the T cell-related items, than those in the placebo group, and the balance of immune function was improved. IA and the T lymphocyte age were calculated from TCPI and the number of CD8⁺CD28⁺T cells, respectively⁷⁾. When T cells recognize pathogens such as bacteria and viruses, they proliferate, produce

cytokines, become involved in biological defense, and regulate the immune response. T cells are composed of various functional subpopulations and can be divided broadly into CD4⁺T cells (helper T cells) and CD8⁺T cells (killer T cells). Although CD8⁺T cells also express CD28 receptors, killer T cells to kill virus-infected cells must positively express CD28 on CD8⁺T cells (CD8⁺CD28⁺T cells). However, T cell proliferative capacity and the expression of CD28 receptors decrease with age, resulting in a decline in T cell proliferation and the number of CD8⁺CD28⁺ T cells¹⁾. Thus, T cell proliferative capacity and an increase in CD28 receptors expression on CD8⁺ T cells are considered important against the decline of immune function with aging. CD28 receptor expression is known to be down-regulated by tumor necrosis factor (TNF)- α ²⁰⁾, and T cell proliferative capacity is restricted by reactive oxygen species (ROS)²¹⁾. The subjects in this study who were experiencing daily fatigue were suggested to have increased inflammatory cytokines and oxidative stress^{17, 18)}, and TNF- α and ROS might have been overexpressed. However, short-chain fatty acids (SCFA), in which production is enhanced by the consumption of MDF, is known to reduce TNF- α expression²²⁾, and the reduction of TNF- α leads to a decrease in ROS²³⁾. Therefore, it is speculated that the consumption of MDF suppressed the expression of TNF- α and ROS subsequently to the absorption of SCFAs produced in the intestinal tract and enhanced T cell proliferative capacity and CD28 receptors expression, resulting in rejuvenation of IA and

Table 8. Blood test

Item	Reference range	Unit	Scr				4w				Pvalue	
			MDF group (n = 10)		Placebo group (n = 10)		MDF group (n = 10)		Placebo group (n = 10)		Scr	4w
			Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD		
Leukocyte count	3300–9000	/ μ L	4460.0	1087.5	4520.0	877.9	4890.0	1241.4	4820.0	882.9	0.894	0.706
Erythrocyte count	M: 430–570 W: 380–500	$\times 10^4$ / μ L	455.0	40.5	451.3	40.2	446.2	43.9	457.0	47.0	0.840	0.229
Hemoglobin	M: 13.5–17.5 W: 11.5–15.0	g/dL	14.1	1.3	13.9	1.3	13.9	1.7	14.1	1.4	0.768	0.409
Hematocrit value	M: 39.7–52.4 W: 34.8–45.0	%	43.8	3.1	43.5	3.4	43.5	4.1	44.6	3.8	0.821	0.259
Platelet count	14.0–34.0	$\times 10^4$ / μ L	26.3	6.6	27.5	5.3	24.5	6.3	27.4	5.8	0.658	0.042*
Mean corpuscular volume	85–102	fL	96.3	4.0	96.4	3.3	97.6	4.2	97.8	3.1	0.952	0.850
Mean corpuscular hemoglobin	28.0–34.0	pg	31.1	1.9	30.9	0.9	31.2	2.0	30.9	1.1	0.802	0.673
Mean corpuscular hemoglobin concentration	30.2–35.1	%	32.2	0.9	32.0	0.7	31.9	1.5	31.6	0.9	0.686	0.654
Percentage of neutrophils	40.0–75.0	%	59.5	9.1	62.3	6.1	59.2	8.7	61.9	6.7	0.418	0.810
Percentage of lymphocytes	18.0–49.0	%	33.8	9.2	29.8	4.9	33.1	9.2	30.3	5.1	0.244	0.966
Percentage of monocytes	2.0–10.0	%	4.6	1.2	4.8	1.8	5.0	1.1	5.0	1.6	0.723	0.713
Percentage of eosinophils	0.0–8.0	%	1.8	1.1	2.5	2.4	2.2	1.1	2.3	1.9	0.394	0.074
Percentage of basophils	0.0–2.0	%	0.4	0.2	0.5	0.4	0.5	0.2	0.6	0.4	0.521	0.716
Neutrophils level	—	/ μ L	2719.8	1007.7	2815.8	621.6	2978.1	1127.8	2993.8	673.8	0.800	0.854
Lymphocytes level	—	/ μ L	1434.7	240.3	1339.4	301.2	1534.1	281.6	1438.2	265.5	0.445	0.804
Monocytes level	—	/ μ L	202.0	65.7	218.9	105.6	242.1	82.1	242.5	108.0	0.674	0.598
Eosinophils level	—	/ μ L	83.9	60.5	121.4	130.7	112.2	68.5	116.0	109.2	0.420	0.027*
Basophils level	—	/ μ L	19.6	10.7	24.4	19.5	23.5	11.0	29.5	22.7	0.504	0.752
Aspartate aminotransferase	10–40	U/L	23.3	6.2	20.1	4.0	20.4	3.7	19.6	4.7	0.187	0.668
Alanine aminotransferase	5–45	U/L	19.6	6.8	13.6	5.0	18.9	6.7	13.0	4.6	0.037*	0.423
γ -glutamyl transpeptidase	M: $\leq$ 80 W: $\leq$ 30	U/L	26.2	21.7	14.2	4.0	26.8	21.0	14.7	4.3	0.102	0.675
Alkaline phosphatase	100–325	U/L	230.6	54.5	222.4	103.4	243.4	42.0	212.0	85.0	0.827	0.022*
Lactate dehydrogenase	120–240	U/L	190.3	38.4	182.1	16.9	185.5	39.1	185.6	19.6	0.544	0.240
Leucine aminopeptidase	M: 45–81 W: 37–61	U/L	57.4	17.7	49.4	5.8	57.0	16.5	49.7	6.6	0.191	0.981
Total bilirubin	0.2–1.2	mg/dL	0.90	0.32	0.76	0.33	0.80	0.34	0.69	0.25	0.349	0.864
Direct bilirubin	0.0–0.2	mg/dL	0.10	0.05	0.06	0.05	0.08	0.04	0.05	0.05	0.087	0.582
Indirect bilirubin	0.2–1.0	mg/dL	0.80	0.29	0.70	0.31	0.72	0.32	0.64	0.23	0.463	0.905
Cholinesterase	M: 234–493 W: 200–452	U/L	335.9	81.5	325.3	58.1	326.7	88.7	323.0	67.2	0.742	0.428
Total protein	6.7–8.3	g/dL	7.3	0.3	7.3	0.2	7.1	0.3	7.3	0.3	0.934	0.210
Urea nitrogen	8.0–20.0	mg/dL	14.0	3.2	14.7	5.2	13.3	2.9	14.0	4.7	0.743	0.801
Creatinine	M: 0.61–1.04 W: 0.47–0.79	mg/dL	0.69	0.06	0.69	0.19	0.66	0.08	0.71	0.19	1.000	0.011*
Uric acid	M: 3.8–7.0 W: 2.5–7.0	mg/dL	4.9	1.4	4.6	1.2	4.5	1.1	4.5	1.3	0.600	0.401
Creatine kinase	M: 60–270 W: 40–150	U/L	205.0	248.9	128.0	87.0	117.2	75.9	121.0	41.0	0.368	0.850
Sodium	137–147	mEq/L	140.9	1.3	140.8	1.6	140.5	2.0	140.8	2.3	0.880	0.562
Potassium	3.5–5.0	mEq/L	4.2	0.4	4.1	0.3	3.9	0.2	4.0	0.4	0.538	0.564
Chloride	98–108	mEq/L	100.6	1.5	101.1	2.4	101.4	2.6	101.1	2.1	0.586	0.379
Calcium	8.4–10.4	mg/dL	9.5	0.4	9.3	0.3	9.3	0.2	9.3	0.2	0.270	0.108
Inorganic phosphorus	2.5–4.5	mg/dL	3.5	0.3	3.2	0.5	3.6	0.5	3.5	0.6	0.140	0.541
Serum iron	M: 50–200 W: 40–180	μ g/dL	118.4	38.1	99.7	30.0	136.1	64.5	96.9	34.3	0.238	0.256
Serum amylase	40–122	U/L	92.6	26.2	93.8	31.3	88.9	21.5	96.7	28.1	0.927	0.259
Total cholesterol	120–219	mg/dL	237.6	44.7	212.1	32.4	234.7	46.8	205.8	40.1	0.161	0.782
High-density lipoprotein cholesterol	M: 40–85 W: 40–95	mg/dL	77.3	14.0	66.4	19.2	76.6	15.4	66.6	20.8	0.165	0.665
Low-density lipoprotein cholesterol	65–139	mg/dL	142.7	37.3	125.1	27.3	143.3	42.5	119.2	33.1	0.244	0.479
Tryglyceride	30–149	mg/dL	71.7	40.6	95.2	38.9	83.9	29.7	118.1	90.0	0.203	0.840
Glucose	70–109	mg/dL	82.5	9.4	81.2	9.2	86.1	8.0	79.9	5.7	0.759	0.066
Hemoglobin A1c	4.6–6.2	%	5.5	0.3	5.3	0.2	5.6	0.4	5.3	0.2	0.029*	0.944
Glycoalbumin	12.3–16.5	%	14.8	1.2	14.2	1.1	15.0	1.1	14.5	1.1	0.258	0.895

The data are presented as the mean and standard deviation (SD).

*: $P < 0.05$

MDF, mulukhiya-derived dietary fiber; M, men; W, women.

the T lymphocyte age. Furthermore, the enhanced T cell system functions related to IA and the T lymphocyte age may have resulted in a significant difference in SIV between the 2 groups.

Improvement in the immunological function after the consumption of MDF was observed in this study. One of its mechanisms is believed to maintain immune system homeostasis by enhancing the production of SCFAs with the consumption of MDF. Among SCFAs, butyric acid has been found to promote the production of IL-10 in Th1 cells in an *in vitro* study¹¹⁾. In addition, IL-10 is known to enhance NK cell activity²⁴⁾, and MDF may have enhanced NK cell activity. However, we did not focus on NK cell activity in this study and this will be a task for future studies. In the intestinal immune function, regulatory T cells, a subset of CD4⁺ T cells involved in suppressing the allergic response and the secretion of IgA antibody in the small intestinal mucosa play important roles^{25, 26)}. Among intestinal bacteria, *Clostridium* has been shown to enhance the differentiation of regulatory T cells²⁶⁾ and the secretion of IgA antibody²⁷⁾ by producing butyric acid. Therefore, the changes in the intestinal immune system may have resulted from the expression of regulatory T cells and IgA antibody, which may have

enhanced the whole-body immune function. It is also interesting to compare the expression of regulatory T cells and IgA antibody after the consumption of MDF.

V. Conclusion

This study investigated the effect of 4-week continuous consumption of food containing MDF on immunity in healthy Japanese adults who were experiencing daily fatigue. The consumption of food containing MDF was confirmed to improve immune system balance.

Conflict of Interests

The sponsor of this study, AOTSUBU CO., LTD., assigned ORTHOMEDICO Inc. to conduct the study. H.N., M.N., and N.O. are affiliated with AOTSUBU CO., LTD., and Y.T. is a member of ORTHOMEDICO Inc. The study was conducted by both AOTSUBU CO., LTD. and ORTHOMEDICO Inc. Furthermore, T.T. (MD) was the principal investigator and monitored the conditions of all subjects.

Acknowledgements

The authors thank all the subjects and staff who cooperated in this study.

References

1. Hirokawa K: Age-related changes of immune system; mechanism, evaluation and restoration (in Japanese). *Ochanomizu Med. J.* **61**(1): 17-35, 2013.
2. Rudzki L, Szulc A: "Immune Gate" of Psychopathology—The Role of Gut Derived Immune Activation in Major Psychiatric Disorders. *Front. Psychiatry* **9**: 205, 2018.
3. Nagahara H, Nagahara M, Ohmi N, Takahashi Y, Takara T: Bowel movement improvement by Mulukhiyah (*Corchorus olitorius*)-containing food (AOTSUBU®) consumption: A randomized, double-blind, placebo-controlled, parallel- group comparison trial. *Funct. Foods Heal. Dis.* **10**(5): 210-227, 2020.
4. Andoh A: Programs for Continuing Medical Education: A session; 2. IBD and Gut Microbiota (in Japanese). *Nihon Naika Gakkai Zasshi* **106**(3): 466-471, 2017.
5. Hirokawa K, Utsuyama M, Kitagawa M: U.S. Patent Application. 2009; 140(13):627 2009.
6. Hirokawa K, Utsuyama M, Kitagawa M: U.S. Patent. No. 2014;8815524 2014.
7. Hirokawa K, Utsuyama M: Proper Assessment and Restoration of Immunological Function (in Japanese). *Biotherapy* **23**(1): 1-12, 2009.
8. Utsuyama M, Kikuchi Y, Kitagawa M, Hirokawa K: Age-related changes in subpopulations of peripheral blood lymphocytes in healthy Japanese population. Handbook on Immunosenescence. (Fulop T , Franceschi C , Hirokawa K , Pawelec G ed.), Springer, Berlin, pp.203-218, 2009.
9. Hirokawa K: My research in biomedical gerontology (in Japanese). *Biomed. Gerontol.* **40**(1): 3-9, 2016.
10. Hirokawa K, Utsuyama M, Kikuchi Y, Kitagawa M: Assessment of Age-related Decline of Immunological Function and Possible Methods for Immunological Restoration in Elderly. Handbook on Immunosenescence. (Fulop T , Franceschi C , Hirokawa K , Pawelec G ed.), Springer, Berlin, pp.1547-1570, 2009.
11. Sun M, Wu W, Chen L, Yang W, Huang X, et al.: Microbiota-derived short-chain fatty acids promote Th1 cell IL-10 production to maintain intestinal homeostasis. *Nat. Commun.* **9**(3555): 1-15, 2018.

12. Noma T: Helper T cell paradigm: Th17 and regulatory T cells involved in autoimmune inflammatory disorders, pathogen defense and allergic diseases (in Japanese). *Japanese J. Clin. Immunol.* **33**(5): 262-271, 2010.
13. Meessen ECE, Warmbrunn M V., Nieuwdorp M, Soeters MR: Human Postprandial Nutrient Metabolism and Low-Grade Inflammation: A Narrative Review. *Nutrients* **11**(12): 1-21, 2019.
14. de Punder K, Pruimboom L: Stress Induces Endotoxemia and Low-Grade Inflammation by Increasing Barrier Permeability. *Front. Immunol.* **6**(223): 1-12, 2015.
15. Wärnberg J, Cunningham K, Romeo J, Marcos A: Physical activity, exercise and low-grade systemic inflammation. *Proc. Nutr. Soc.* **69**(3): 400-406, 2010.
16. Terada O, Suzuki K, Kurihara Y, Moriguchi S: Effects of Low-Intensity Brief Exercise and Training on Cell-Mediated Immunity (in Japanese). *Japanese J. Complement. Altern. Med.* **4**(2): 71-77, 2007.
17. Besedovsky L, Lange T, Haack M: The Sleep-Immune Crosstalk in Health and Disease. *Physiol. Rev.* **99**(3): 1325-1380, 2019.
18. Lee J-S, Kim H-G, Lee D-S, Son C-G: Oxidative Stress is a Convincing Contributor to Idiopathic Chronic Fatigue. *Sci. Rep.* **8**(1): 1-7, 2018.
19. Kuroda R, Higuchi H, Yoshida K, Yonejima Y, Hisa K, et al.: Effects of chocolate containing *Leuconostoc mesenteroides* strain NTM048 on immune function: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Immun. Ageing* **15**(1): 1-9, 2018.
20. Goronzy JJ, Li G, Yu M, Weyand CM: Signaling pathways in aged T cells – a reflection of T cell differentiation, cell senescence and host environment. *Semin Immunol* **24**(5): 365-372, 2012.
21. Moro-García MA, Mayo JC, Sainz RM, Alonso-Arias R: Influence of Inflammation in the Process of T Lymphocyte Differentiation: Proliferative, Metabolic, and Oxidative Changes. *Front. Immunol.* **9**(339): 1-18, 2018.
22. Vinolo MAR, Rodrigues HG, Nachbar RT, Curi R: Regulation of Inflammation by Short Chain Fatty Acids. *Nutrients* **3**(10): 858-876, 2011.
23. Blaser H, Dostert C, Mak TW, Brenner D: TNF and ROS Crosstalk in Inflammation. *Trends Cell Biol.* **26**(4): 249-261, 2016.
24. Cai G, Kastelein RA, Hunter CA: IL-10 enhances NK cell proliferation, cytotoxicity and production of IFN- γ when combined with IL-18. *Eur. J. Immunol.* **29**: 2658-2665, 1999.
25. Nishikawa H, Sakaguchi S: Analysis of human regulatory T cells (in Japanese). *J. Clin. Exp. Med.* **252**(1): 69-74, 2015.
26. Atarashi K, Tanoue T, Shima T, Imaoka A, Kuwahara T, et al.: Induction of Colonic Regulatory T Cells by Indigenous *Clostridium* Species. *J. Invest. Dermatol.* **331**(6015): 337-341, 2011.
27. Ohashi Y, Hiraguchi M, Ushida K: The Composition of Intestinal Bacteria Affects the Level of Luminal IgA. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **70**(12): 3031-3035, 2006.

卵焼き製造ロスから調製した発酵調味料の品質特性

山崎 聡子 (YAMAZAKI Akiko)¹, 原田 恭行 (HARADA Yasuyuki)², 早坂 浩史 (HAYASAKA Hiroshi)³
佐藤 勉 (SATO Tsutomu)⁴, 濱岡 直裕 (HAMAOKA Naohiro)⁵, 船津 保浩 (FUNATSU Yasuhiro)^{1, 6*}

Key Words : 卵焼きロス, 鶏肉, 麹, 発酵調味料, 再利用

Quality Characteristics of Fermented Seasonings Prepared with Egg-Roasted Production Loss

Authors: Akiko Yamazaki¹, Yasuyuki Harada², Hirofumi Hayasaka³, Tsutomu Sato⁴, Nohiro Hamaoka⁵, Yasuhiro Funatsu^{1, 6*}
* **Correspondance author:** Yasuhiro Funatsu

Affiliated institutions:

¹ Department of Food Science, Faculty of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, 582, Midorimachi, Bunkyo-dai, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan.

² Northwest Pacific Region Environmental Cooperation Center, 5-5, Ushijimashin-machi, Toyama, 930-0856, Japan.

³ Taste & Aroma Strategic Research Institute, 8F Shinkawa Central Bld., 1-17-24, Shinkawa, Chuo-ku, Tokyo, 104-0033, Japan.

⁴ Akita Konno Co., Ltd., 248 Aza Kariwano, Daisen-shi, Akita 019-2112, Japan.

⁵ Food Processing Research Center, Hokkaido Research Organization, 589-4, Midorimachi, Bunkyo-dai, Ebetsu, Hokkaido, 069-0836, Japan

⁶ Department of Food Science and Human Wellness, Rakuno Gakuen University, 582, Midorimachi, Bunkyo-dai, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan

Key Words: egg-roasted production loss, chicken meat, *koji* mold, fermented seasoning, reuse

Abstract

Background and Purpose:

Recently, increasing interest has been focused on food loss, such as non-standard products in food manufacturing plants, and their reuse in Japan. Food loss that occurs during the egg-roasting process can be possibly used as a material and to convert it to fermented seasonings. This study aimed to investigate the quality of various types of fermented seasonings prepared from the food loss using soy sauce brewing technology.

Materials and Methods:

The food loss produced during the egg-roasting process was chopped with a kitchen knife. The chopped food loss was mixed with three types of *koji* moulds: rice *koji*, soy sauce *koji* and soybean *koji*, salt-tolerant lactic acid bacterium (*Tetragenococcus halophilus*), salt, tap water and commercial enzyme in a two-liter crow bottle. Three types of *moromis* with and without minced chicken meat were fermented at approximately 30°C for 24 weeks. Soy sauce yeast (*Zygosaccharomyces rouxii*) was added to each *moromi* after 2 weeks. Various *moromis* were heated up to 90°C at the end of fermentation. The sample obtained after centrifugation and filtration with the heat-treated *moromi* was tentatively called as final product. Physicochemical properties and extractive components of the final products were investigated. In addition, taste sensor (TS) analyses of the final products were performed.

Results and Discussion:

The pH levels of all products were in the range of 4.6 to 4.7. The total nitrogen and soluble solids excluding salt levels, were higher in the products with chicken meat than those without chicken meat. The histamine levels of all products were below 20

ppm. Lactic acid, glutamic acid, lysine, leucine and arginine levels were richer in the products with chicken meat than in those without chicken meat, whereas citric and succinic acids and glycine levels exhibited the opposite trend. According to TS analysis, saltiness and sourness were stronger in the product with soybean *koji* than those with the rice bran and soy sauce *koji*, and the strength of umami (first taste) was remarkable in the products with chicken meat. Moreover, the product with soybean *koji* and the chicken meat achieved most well-balanced umami (first taste and aftertaste) in all the products.

Conclusion:

Food loss, such as non-standard products, produced at egg-roasting process can be effectively reused by converting it to a variety of fermented seasonings using soy sauce brewing technology.

抄録

背景と目的

現在、食品製造工場では規格外品のような食品ロスへの関心が高まり、その再利用法が求められている。このような食品ロスが食品原料として再利用できれば、卵焼き製造工程で生じる規格外品から発酵調味料への変換が可能となる。本研究では醤油醸造技術を用いて卵焼き製造工程で発生するロス（卵焼き製造ロス）から種々の発酵調味料を調製し、その品質を調査することを目的とした。

材料と方法

卵焼き製造ロスを細切し、これと3種類の麴（米麴、醤油麴、大豆麴）、醤油用乳酸菌（*Tetragenococcus halophilus*）、食塩、水および市販酵素剤を2 L容のガラス瓶に入れて良く混合した。次にこれらのもろみを鶏肉添加区と鶏肉無添加区にそれぞれ分けて合計6種類のもろみを調製し、約30℃で24週間発酵させた。2週間目の各種もろみに醤油用酵母（*Zygosaccharomyces rouxii*）を添加した。発酵終了後、90℃に到達するまで火入れを行い、遠心分離・ろ過後の試料を最終製品とした。各種製品の物理化学的特性と呈味成分を調査した。また、味覚センサー（TS）分析も実施した。

結果と考察

すべて試料で製品のpHは4.6～4.7であった。全窒素分と無塩可溶性固形分は共に鶏肉添加区の方が鶏肉無添加区よりも高かった。ヒスタミンレベルはすべての試料で20 ppm未満であった。呈味成分をみると、乳酸、グルタミン酸、リジンおよびアルギニンは鶏肉添加区が鶏肉無添加区よりも高値を示した。一方、クエン酸とコハク酸およびグリシンは逆の傾向であった。TS分析では、塩味と酸味は大豆麴添加区が米麴および醤油麴添加区よりも強く、また、うま味（先味）の強さは鶏肉添加区で顕著であった。さらに、鶏肉と大豆麴添加区はすべての製品の中で最もうま味（先味・後味）のバランスが良かった。

結論

卵焼き製造工程で生じる規格外品のような食品ロスは醤油醸造技術を用いて効果的に多様な発酵調味料に再利用可能と考えられた。

* 責任著者：船津保浩 E-mail: funatsu@rakuno.ac.jp

¹ 酪農学園大学酪農学部食品科学科（〒069-8501 江別市文京台緑町582番地）

² （公財）環日本海環境協力センター（〒930-0856 富山市牛島新町5-5）

³ （株）味香り戦略研究所（〒104-0033 東京都中央区新川1-17-24 新川中央ビル8F）

⁴ （株）秋田今野商店（〒019-2112 秋田県大仙市字刈和野248）

⁵ （地独）北海道立総合研究機構食品加工研究センター（〒069-0836 江別市文京台緑町589番地4）

⁶ 酪農学園大学農食環境学群食と健康学類（〒069-8501 江別市文京台緑町582番地）

はじめに

食品ロスとは、本来食べられるにもかかわらず捨てられる食品のことで、その削減が、国連「持続可能な開発目標」(SDGs)にも位置付けられている¹⁾。また、世界の9人に1人、約8億人が栄養不足で苦しんでいると言われている中で、食料の6割以上を輸入している我が国でも食品ロスが発生している。

我が国における食品ロスの発生量は、612万トン(平成29年度推計)¹⁾国民1人1日当たり茶碗一杯のご飯に相当する量の食品を捨てている換算になり、そのうち5割強に当たる量が、食品関連事業者が廃棄している、いわゆる事業系食品ロスである。事業系食品ロスの内訳は、4割弱が外食産業、4割弱が食品製造業、2割が食品小売業、残りが食品卸売業となっている。

矢野経済研究所の調査によれば、食品メーカーの82.5%が食品ロス削減に取り組んでおり、食品ロス削減に取り組む理由として78.8%がコスト削減のためと回答している²⁾。食品ロス削減は食品工場にとって企業の財務体質を改善するためにも重要課題である。食品ロスの発生は見込生産、発注、在庫管理、製造工程で生じている³⁾。このうち製造工程で発生するロスとしては、原材料の下処理において発生する残澄、生産設備に付着して取り切れない残留分や盛付などで生じる工程ロス、設備トラブルで生じるロス、移送中や作業中の取り落としによるロス、品質基準を満たさないため廃棄されるロスおよび検食によるロスなどである。

Takano *et al.*⁴⁾は、かまぼこ製造工程で発生するロス(規格外品)の再利用を目的として発酵調味料に変換した。その結果、ロスの液化率が約75%以上と高く、呈味成分は魚肉より製造したもののほうが低い、うま味成分は同等で、食品添加物の残存量も低いことから発酵調味料として再利用が可能であると報じている。

卵焼き製造工程でも焼き加減等の違いでロスが発生している。これまでに卵焼き製造ロスから発酵調味料への変換を試みた研究例^{5, 6)}がある。山崎ら⁵⁾は卵焼き製造ロスから製麹し、味噌を製造したところ、卵焼きロス麹で製造した味噌は、市販の白こし味噌や米麹で製造したものに比べて色調が薄い、脂質や遊離アミノ酸が多く、官能的な風味も良好であると報じている。また、卵焼きロス麹を用い

た醤油様調味料への変換も試みられ、卵焼きロス麹に卵焼きロスと鶏肉を混合し、35℃で4ヶ月間発酵させることでうま味(先味)や原料由来のクセと味のふくらみに特徴のある製品が得られている⁶⁾。しかし、発酵法の相違による製品の呈味成分と味わいとの関係については検討されていない。

本研究では卵焼きロスや鶏肉を主原料に用いて麹の種類を変えて発酵させた製品の呈味成分と味わいとの関係を調査することで、卵焼きロスの発酵調味料への幅広い活用法を検討することを目的とした。

1. 実験材料と方法

1-1. 実験材料

醤油様調味料の製造には、食品製造工場で卵焼きを製造する際に発生したロスと成鶏(品種:ジュリアまたはボリスブラウン)むね肉(皮なし生)を挽肉(4mm目)にしたものを主原料として使用した。以下、上記の試料をそれぞれ卵焼き製造ロスおよび挽肉と略す。また、本実験では醤油の製造に用いられる市販の醤油麹、米麹および大豆麹の3種類の麹を用いた。なお、これらの麹はそれぞれ大麦、米、大豆を基質として *Aspergillus oryzae* を接種して製造されたものである。さらに本研究では、醤油用乳酸菌 *Tetragenococcus halophilus* (秋田今野商店(株))および醤油用酵母 *Zygosaccharomyces rouxii* (秋田今野商店(株))も使用した。発酵を促進する目的で粉末タイプのタンパク分解酵素剤であるスミチームLP50(新日本科学(株))を使用した。

1-2. 実験方法

1-2-1. 各種醤油の製造

卵焼き製造ロスを包丁で細切し、表1に示すような6種類のもろみを調製した。まず、卵焼き製造ロスを細切し、3種類の麹(米麹、醤油麹、大豆麹)を用いて6試験区(鶏肉無添加区:①ロス+米麹, ②ロス+醤油麹, ③ロス+大豆麹, 鶏肉添加区:④ロス+米麹+鶏肉, ⑤ロス+醤油麹+鶏肉, ⑥ロス+大豆麹+鶏肉)に分けて2L容のガラス瓶に入れた。これらに食塩、水、市販タンパク質分解酵素剤および醤油用乳酸菌を混合後、ろ紙で蓋をして約30℃で24週間発酵させた。食塩は終濃度15%(w/w)になるように150g添加した。なお、醤油用乳酸菌は 10^6 cfu/gレベルで、醤油用酵母は 10^5 cfu/gレベルで

表 1 各種卵焼き製造ロス醤油の配合 (g)

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
卵焼き製造ロス	450	450	450	225	225	225
食塩	150	150	150	150	150	150
醤油麴	100			100		
米麴		100			100	
大豆麴			100			100
鶏挽肉				225	225	225
水	295	295	295	295	295	295
スミチューム LP50	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9

醤油用乳酸菌と醤油用酵母は No.1 ~ No.6 のすべてにそれぞれ最終濃度として 10^6 cfu/g および 10^5 cfu/g レベルで添加した。なお、前者は仕込み時に、後者は発酵 2 週間目にそれぞれ添加した。

それぞれ仕込み時と発酵 2 週間後に接種した（接種時の菌数は製造元の菌数から算出した概算値）。

1-2-2. 分析試料

24 週間後、もろみを 90°C に達するまで火入れをし、遠心分離 ($10,000\times g$, 30 分) を行い、遠心分離後の上清をろ過 (No.5C, アドバンテック (株)) して得られたろ液を最終製品とした。

1-2-3. 色調

色調は色差計 (Spectrophotometer SA4000, 日本電色工業 (株)) を用いて透過法にて、 L^* , a^* および b^* を測定した。なお、実験に用いたセルは $2\text{ mm}\times 40\text{ mm}\times 50\text{ mm}$ の大きさのものである。

1-2-4. pH

pH はガラス電極式の pH メーター (HM-20P, 東亜ディーケーケー (株)) を用いて常温で測定した。

1-2-4. 全窒素分と無塩可溶性固形分

全窒素分はケルダール法⁷⁾ を用いて測定した。Brix は、糖用屈折計 (MASTER-20M, ATAGO) を用いて測定した。無塩可溶性固形分は醤油試験法⁸⁾ によって算出した。

1-2-5. ヒスタミン

ヒスタミンの測定は酵素法⁹⁾ を用いて行った。すなわち、各種製品を蒸留水で 100 倍希釈後、固相フィルター (Waters) で不純物を除去し検液とし、この検液をチェックカラーヒスタミン ((株) キッコーマン) を用いて測定した。

1-2-6. 有機酸および遊離アミノ酸

有機酸は各種製品を蒸留水で 10 倍に希釈した試料を $0.45\text{ }\mu\text{m}$ のセルロースアセテートフィルターでろ過し、島津 HPLC 分析システム (島津製作所 (株)) に供した。分析に用いたカラムは Shim-pack

SCR-102H ($8\text{ mm I.D.}\times 300\text{ mm L.}$), 移動相は 5 mM p- トルエン スルホン酸, 液量は 0.8 mL/min , カラム温度は 40°C とした。遊離アミノ酸は最終製品をトリクロロ酢酸により除タンパクした後, 定容し, 自動アミノ酸分析計 (L-8500, (株) 日立製作所) を用いて測定した。

1-2-7. 味覚センサー分析

(1) 味覚軸の選定

各種製品を蒸留水で 10 倍に希釈し, 味覚センサー (味認識装置 TS-5000Z, Insent) を用いて分析した。次に 12 軸で得られた測定結果の平均値 ($n=3$) から分析に用いる味覚軸の選定を行った。すなわち, 味推定値 < 0 は人も実際には感じにくいと判断し, 甘味を候補軸より除外した。また, にがり系苦味は試料間差 (差異) の低さから除外し, 10 軸 [先味 (苦味雑味/葉, 苦味雑味/食, 渋味刺激, うま味, 塩味), 後味 (苦味/葉, 苦味/食, 渋味, うま味コク, 酸味 B)] で評価した。

(2) データ解析

測定データを用いて多変量解析 (主成分分析) を行い, 固有値ベクトルより PC1 (横軸) と PC2 (縦軸) のプラス方向とマイナス方向の味わいの定義をそれぞれ決定し, 主成分分析散布図を作成し, 麴の違いや鶏肉添加による呈味の変動を可視化した。

2. 結果および考察

2-1. 麴の種類と鶏肉添加有無による各種製品の物理化学的特性と呈味成分の違い

2-1-1. 色調と化学成分

最終製品の色調と化学成分を表 2 に示す。まず色調をみると, 大豆麴添加区 (No. 3 と No. 6) では, 鶏

表 2 最終製品の色調と化学成分

		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
色調	L*	70.89	89.51	85.78	83.72	86.99	83.56
	a*	0.83	-3.26	-1.47	-2.93	-4.24	-1.34
	b*	42.10	29.33	36.38	41.91	40.87	40.09
pH		4.7	4.7	4.6	4.6	4.6	4.7
全窒素分 (g/100 mL)		1.6	1.4	1.6	1.8	1.9	2.1
無塩可溶性固形分 (%)		14	12	12	18	17	18
ヒスタミン (ppm)		15	15	17	15	11	17

無塩可溶性固形分 (%) = Brix - 食塩分 No.1 ~ No.6 は表 1 に示すとおりである。

肉添加の有無による色調の違いはみられなかったが、醤油麹添加区 (No. 1 と 4) と米麹添加区 (No. 2 と 5) では違いがみられた。醤油麹添加区では鶏肉を添加した試料 (No. 4) の方が、鶏肉を添加していない試料 (No. 1) よりも L* が高く、a* が低かった。また、米麹添加区では、鶏肉を添加した試料 (No. 5) の方が、鶏肉を添加していない試料 (No. 2) よりも a* がやや低く、b* が高かった。これらの違いは、鶏肉を添加することで、醤油麹添加区では明度、赤味度が強くなるが、米麹添加区では赤味度がやや弱く、黄味度が強くなったことを示唆している。また、もろみの成分組成や麹そのものの色の違いおよび発酵中に生じるメイラード反応¹⁰⁾も原因の一つと考えられる。

次に pH をみると、いずれの試料も pH は 4.6 ~ 4.7 まで低下した。これまでに大豆麹を用いて発酵させたエゾシカ醬の最終製品の pH は 5.4 ~ 6.7 と高く、また、有機酸組成をみると、酢酸が乳酸より多く生成されているため、主な発酵形態は酢酸発酵であると報じられている¹¹⁾。しかし、本研究では大豆麹を用いた試料の pH は 4.6 ~ 4.7 と低く、後述する最終製品の有機酸組成をみると、酢酸は検出されず、有機酸の中で最も多く検出されたのは乳酸であった。本研究で pH が低値であったのは発酵中に生成された乳酸が一因と考えられる。このことから、発酵形態は使用した主原料に影響され、本研究で用いた卵焼き製造ロスが好塩性乳酸菌のエネルギー源となる炭水化物をエゾシカ肉よりも多く含んでいるため、大豆麹を用いた試料でも十分なエネルギー源が供給され、好塩性乳酸菌による正常な乳酸発酵が行われたと考えられる。

日本食品標準成分表 2015 年版でみると、厚焼きたまごとえぞしか (赤肉) の炭水化物量¹²⁾はそれぞ

れ 6.4 g/100 g と 0.6 g/100 g であり、前者の方が後者よりも多い。全窒素分をみると、麹の種類にかかわらず、鶏肉を加えることで全窒素分は増加した。特に鶏肉を添加した試料 (No. 4, 5, 6) の全窒素分は、JAS 規格で定められている濃口醤油の特級レベル¹³⁾の 1.5% よりも高い値を示していた。このことは、主原料のタンパク質量¹²⁾ (日本食品標準成分表 2015 年版: 厚焼きたまご: 10.8 g/100 g, 成鶏肉 / むね / 皮なし, 生: 24.4 g/100 g) の違いに起因すると考えられる。

無塩可溶性固形分をみると、全窒素分と同様に麹の種類にかかわらず、鶏肉添加試料 (No. 4, 5, 6) の無塩可溶性固形分は鶏肉無添加試料 (No.1, 2, 3) のそれよりも高値であった。また、鶏肉添加により、JAS 規格で定められている濃口醤油の特級レベル¹³⁾の 16% よりも高値を示した。

いずれの試料も最終製品のヒスタミン量は 11 ~ 17 ppm と低レベルであり、CODEX の基準値¹⁴⁾である 400 ppm 未満であった。このことから、本研究で調製したすべての製品が日常の使用量ではアレルギー様食中毒¹⁵⁾を起こす危険性は低いと考えられる。なお、本研究で調製した最終製品のヒスタミンレベルは蒲鉾製造ロスから調製した製品⁴⁾ (88 ~ 237 ppm) や市販醤油¹⁶⁾ (156 ~ 219 ppm) のそれより低く、市販魚醤油¹⁷⁾ (ND ~ 310 ppm) のそれと同レベルであった。

以上より、最終製品を JAS 規格の濃口醤油の特級レベル¹³⁾と比較すると、条件を満たしていたのは鶏肉添加試料 (No. 4, 5, 6) であることが分かった。

2-1-2. 呈味成分

有機酸組成を表 3 に示す。遊離アミノ酸と同様に、麹の種類にかかわらず、鶏肉添加試料 (No. 4, 5, 6) が鶏肉無添加試料 (No.1, 2, 3) に比べて有機酸総

表 3 最終製品の有機酸組成 (mg/100 mL)

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
クエン酸	56	64	43	ND	9	ND
コハク酸	75	79	46	54	60	26
乳酸	234	297	752	538	709	895
ピログルタミン酸	250	192	234	290	294	351
総量	614	632	1074	883	1071	1272

ND：検出されず No.1～No.6は表1に示すとおりである。

表 4 最終製品の遊離アミノ酸組成 (mg/100 mL)

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
Tau	24	23	10	31	41	30
Asp	86	ND	78	ND	ND	100
Thr	268	215	242	305	294	332
Ser	374	299	347	321	311	363
Glu	561	447	624	685	764	887
Gly	1937	1798	1787	804	889	844
Ala	358	309	415	437	482	488
Pro	191	151	166	188	178	187
Cit	20	21	20	22	25	25
Val	432	363	409	451	451	497
Cys	8	15	19	ND	ND	12
Met	190	173	181	225	239	250
Arg	401	373	455	501	547	607
Lys	397	349	424	605	637	690
His	109	91	115	146	141	170
Ile	356	306	354	426	435	485
Leu	539	483	569	660	692	759
Tyr	93	64	107	95	104	120
Phe	311	284	312	332	356	392
Orn	ND	2	3	ND	7	ND
総量	6655	5765	6636	6235	6593	7236

ND：検出されず No.1～No.6は表1に示すとおりである。

量が多かった。大豆麴を使用した試料 (No. 3 と 6) ではそれぞれ他の麴添加区に比べ総量が多く、特に乳酸が多く検出された。また、いずれの麴添加区も鶏肉を添加することで、クエン酸やコハク酸が減少し、乳酸およびピログルタミン酸が増加した。麴の種類にかかわらずクエン酸量やコハク酸量が鶏肉無添加試料より鶏肉添加試料で多い理由は、主原料の成分組成の違い (卵焼き製造ロスにはかつおだしや醤油が添加されていること) と考えられる。大豆麴添加区 (No. 3) が醤油麴添加区 (No. 1) や米麴添加区 (No. 2) よりも乳酸量が多い理由は、発酵初期 (2 週間) にタンパク質分解が速く進行し、得られた窒素が乳酸菌の栄養源 (窒素源) となり乳酸発酵を促

進させたことが一因と考えられる。これまでに乳酸発酵に用いる乳酸菌は栄養要求性が高いため、炭素源の他に酵母エキスなどの栄養源 (窒素源) が副原料として必要と報じられている¹⁸⁾。なお、本研究の発酵初期では前者が後 2 者よりも pH の低下が最も速く、全窒素分の増加度合いも大きかった (結果は図示せず)。

また、鶏肉添加区の乳酸量が鶏肉無添加区のそれより多い理由は、死後、筋肉中のグリコーゲンの分解による乳酸の蓄積¹⁹⁾が一因と考えられる。さらに、鶏肉添加区のピログルタミン酸量が鶏肉無添加区のそれより多い理由は、発酵中にタンパク質分解が起こり、複数の経路で生成されたグルタミン酸と

ペプチダーゼによって生じたグルタミンから非酵素的な反応で変換されたピログルタミン酸²⁰⁾が蓄積するため主原料中のタンパク質量の多い前者が後者に比べてピログルタミン酸が多く蓄積したと考えられる。

最終製品の遊離アミノ酸組成を表4に示す。麴の種類にかかわらず、グリシン量は鶏肉を添加しない試料 (No. 1, 2, 3) が鶏肉を添加した試料 (No. 4, 5, 6) に比べて多かった。これは卵焼き製造工程においてグリシンが添加されており、そのため主原料に多く含まれることが一因と考えられた。麴の種類や鶏肉添加有無にかかわらずグルタミン酸、バリン、アルギニン、リジンおよびイソロイシンが比較的多く検出された。遊離アミノ酸はそれぞれ味を示し、グルタミン酸とアスパラギン酸はうま味と酸味、グリシン、アラニン、トレオニン、プロリン、セリンは甘味、フェニルアラニン、チロシン、アルギニン、イソロイシン、ロイシン、メチオニン、リジンは苦味を呈すると報じられている²¹⁾。食品の遊離アミノ酸含量表 ((公社) 日本栄養・食糧学会)²²⁾に掲載されている遊離アミノ酸合計量で大まかに概算した数値で比較すると、本研究での発酵調味料のうま味と酸味および苦味は鶏肉添加区 (No. 4 ~ No. 6) の方が鶏肉無添加区 (No. 1 ~ No. 3) よりも強く、

甘味は弱いと考えられた。

また、国産大豆醤油と比較すると、うま味と酸味は鶏肉添加区および無添加区の方が共に国産大豆醤油よりも弱く、甘味と苦味は強い傾向が示された。市販魚醤油との比較では、うま味と酸味は鶏肉添加区と無添加区のいずれも同等または弱く、甘味は同等または強い傾向であった。さらに、遊離アミノ酸総量をみると、主原料を卵焼き製造ロスから鶏肉に半分置換してもそれほど大きく増加しないが、大豆麴の鶏肉添加試料 (No. 6) が今回の試験試料の中で総量が最も多かった。これは主原料の組成だけでなく、麴の基質のたんぱく質量 (大豆 (乾): 32.8 ~ 33.8 g/100 g¹²⁾) が他の麴のそれよりも多いことが一因と考えられる。そのため発酵中の全窒素分レベルも他の試料よりも高い傾向が示された (結果は図示せず)。

2-2. 麴の種類と鶏肉添加有無による各種製品の味の違い

味覚分析で得られたデータを多変量解析 (主成分分析) した。その結果、得られた主成分分析散布図を図1に示す。寄与率は横軸 (PC1) と縦軸 (PC2) でそれぞれ 68.0% と 18.8% で、累積寄与率は 86.8% であった。固有値ベクトルから横軸のプラス方向を

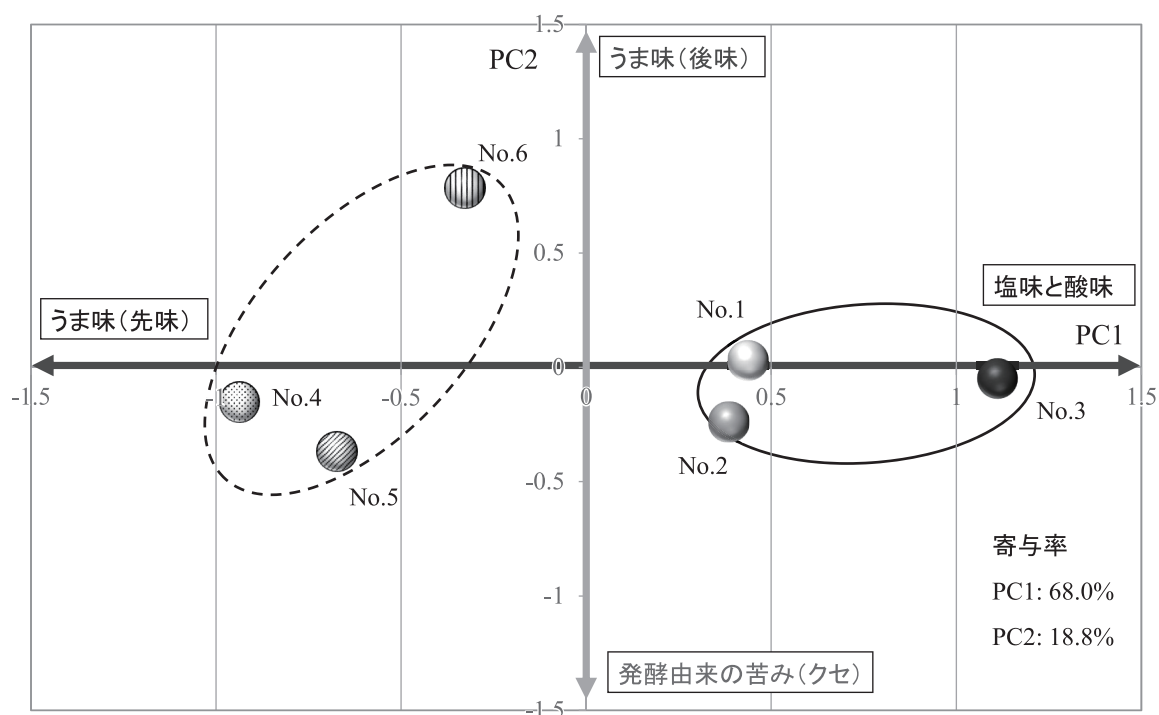


図1 主成分分析散布図

No. 1 ~ No. 6 は表1に示すとおりである。実線: 鶏肉無添加区, 破線: 鶏肉添加区。

塩味と酸味、マイナス方向をうま味（先味）の軸と定義した（結果は図示せず）。また、縦軸のプラス方向をうま味（後味）、マイナス方向を発酵由来の苦み（クセ）の軸と定義した。その結果、味のバランスは鶏肉無添加試料（No. 1, 2, 3）と鶏肉添加試料（No. 4, 5, 6）の2つのグループに大別された。うま味（先味）は前者が後者よりも強い傾向が示された。また、鶏肉添加の有無に関わらず、醤油麹（No. 1 と 4）と米麹を用いた試料（No. 2 と 5）で類似しており、大豆麹を添加した試料（No. 3 と 6）は他の試料（No. 1, 2, 4, 5）よりもそれぞれ塩味や酸味が強かった。特に、鶏肉と大豆麹添加区（No. 6）では他の試料（No. 1～5）に比べてうま味（先味・後味）のバランスが強い特徴がみられた。したがって、仕込み時の主原料を卵焼き製造ロスだけでなく、鶏肉を混合することで卵焼き製造ロスから調製した製品よりもうま味（先味と後味）を強化した製品の製造が可能と考えられた。これまでにエソシカ醬では麹と乳酸菌、麹と乳酸菌と酵母を添加することで得られた発酵調味料の酸味や味のクセがそれぞれ変動すると報じられている¹¹⁾。本研究では後者の系のみで実施しているため今後は乳酸菌または酵母の単独使用などの発酵法の改良も必要と思われる。

宇多川²³⁾は高温条件（55℃）において、微生物汚染を減らし、食塩無添加でサバ魚醤油の発酵期間を約15時間に短縮し、ヒスタミンレベルの低い速醸魚醤油を開発した。本研究では製品の風味の点を中心に検討したため約30℃で24週間発酵させたが、製造現場では発酵期間の短縮を求められていることから今後は温度や配合条件の検討も必要と思われる。

三上ら²⁴⁾は豚肉に食塩、麹、胡椒、水およびプロテアーゼ（Alcalase 2.4 L）を加えて、3種類の食塩濃度（15%, 20%, 25%）のもろみを調製し、30℃で6ヶ月間発酵させた。また、1ヶ月後に Flavourzyme 500 L を添加したものも調製した。その結果、6ヶ月後の発酵調味料の収率は67.0～78.5%, pHは4.8～5.0で、食塩20%でFlavourzyme 500 Lを添加した製品が官能的な総合評価が高いと報じている。本研究ではいずれの試料も6ヶ月後の発酵調味料の収率は約65～70%, pHが4.6～4.7であった。三上らの結果に比べてpHは類似しているが、収率がやや低いいため収率を上げるためにはスミチーム LP50 の添加

を仕込み時だけでなく、発酵後にも実施する必要があると思われる。また、味覚分析結果より味の味の特徴は推定できるが、嗜好性が分からないため今後は嗜好性試験も実施していく必要がある。

荘ら²⁵⁾の卵白発酵調味料（たまご醤油）研究結果をみると、スポンジケーキを培地として調製した麹（スポンジ麹）と卵白液を食塩存在下で24時間発酵加熱させた卵白もろみは、うま味が強く、かつ甘味や卵風味を有し、色調が顕著に薄く、しかも卵アレルギーたんぱく質も消失していた。今後は消費者の健康志向が増加していることから発酵中の卵アレルギーたんぱく質の消失有無に関する研究も実施する必要がある。

カルノシンやアンセリンは食肉に比較的多く含まれる抗酸化物質で、いずれも構造中にヒスチジンを含有するジペプチドである²⁶⁾。これらヒスチジルジペプチドの経口摂取は、酸化ストレスに起因する各種疾病や老化の予防、疲労軽減²⁷⁾および中高齢者の筋力向上²⁸⁾などに寄与することが報告されている。また、これらの成分は鶏の品種や部位で異なる^{29, 30)}ことが報じられている。そこで本研究でも調査したところ、カルノシンの場合、鶏肉を添加した製品（No. 4, 5, 6）と鶏肉を添加しない製品（No. 1, 2, 3）はそれぞれ222～288 mg/100 mLと ≤ 38 mg/100 mLで、前者の方が後者に比べて多かった。また、アンセリンの場合、鶏肉を添加しない製品（No. 1, 2, 3）は検出限界以下であったが、鶏肉を添加した製品（No. 4, 5, 6）は252～282 mg/100 mLであった。これらヒスチジルジペプチドの残存はサケ醤油³¹⁾でも見られるが、本研究では発酵中の塩分濃度の上昇（21～25%）もみられることからもろみのタンパク質分解の進行が遅れて残存した可能性もある。

結論

本研究では卵焼き製造工程で発生する規格外品のような食品ロスを醤油醸造法により発酵調味料に変換した。その結果、麹、鶏肉、市販酵素剤の添加、醤油用乳酸菌と醤油用酵母を接種した発酵法を用いることで塩味と酸味やうま味（先味・後味）を制御した多様な醤油様発酵調味料に変換できること、特に、大豆麹と鶏肉の添加がうま味のバランスの強化に効果的であることが明らかとなった。

[謝辞]

本研究を遂行するにあたりご協力いただいた(株)あじかん 大道学氏に深く謝意を表します。

[利益相反]

本研究は卒論研究の一環として研究を推進しており、企業からの研究費は受託していないため利益相反は生じていない。

参考文献

- 野島昌浩：食品産業の食品ロスの削減対策～現状と課題。食品と開発 **55**: 4-7, 2020.
- 株式会社矢野経済研究所：プレスリリース No. 2368「フードロス削減に向けた企業の取組みに関する調査を実施 2019 年」
https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/2368
- 早川雅人：食品工場でフードロスが生じる原因と対策。食品と開発 **55**: 12-14, 2020.
- Takano, T, Shozen, K, Satomi, M, Taira, W, Abe, H, *et al.*: Quality of fish sauce products from recycled by-products from fish gel and kamaboko processing. *J. Food Quality* **35**: 217-227, 2012.
- 山崎聡子, 濱岡直裕, 佐藤理紗子, 石下真人, 船津保浩：卵焼きロスを利用した新規発酵調味料の開発 特に味噌製造時の麴の基質としての再利用について。 *New Food Indust.* **59**: 25-29, 2017.
- 山崎聡子, 佐藤勉, 早坂浩史, 船津保浩：卵焼きロスを利用した新規発酵調味料の開発 II 特に醤油様調味料製造時の主原料や麴の基質としての再利用について。 *New Food Indust.* **61**: 430-436, 2019.
- (社)日本食品科学工学会 新・食品分析法編集委員会：新・食品分析法。光琳 1996.
- 財団法人日本醤油研究所 醤油試験法編集委員会：醤油試験法。醤協通信社 1990.
- Sato, T, Horiuchi, T and Nishimura, I.: Simple and rapid determination of histamine in food using a new histamine dehydrogenase from *Rhizobium* sp. *Analytical Biochemistry* **346**: 320-326, 2005.
- 白井照幸：食品におけるメーラード反応。日本食生活学会誌 **26**: 7-10, 2015.
- 船津保浩, 宮内千枝, 川上誠, 石下真人：醤油醸造技術を用いて調製したエゾシカ醬の品質特性。日本畜産学会報 **86**: 53-61, 2015.
- 文部科学省：食品成分データベース, 2019. <https://fooddb.mext.go.jp/>
- 農林水産省：しょうゆの日本農林規格, 2014.
http://www.maff.go.jp/j/jas/jas_kikaku/pdf/kikaku_syoyu_h210831.pdf
- FAO. STANDARD FOR FISH SAUCE : CODEX STAN 302-2011, 2013.
http://www.fao.org/input/download/standards/11796/CXS_302e.pdf
- 山中英明, 藤井建夫, 塩見一雄：食品衛生学, 恒星社厚生閣 2012.
- 井部明広：発酵食品に含まれるアミン類。東京健安研セ年報 **55**: 13-22, 2004.
- 中里光男, 小林千種, 山嶋裕季子, 立石恭也, 川合由華, 安田和男：魚醤油中の揮発性塩基窒素および不揮発性アミン類の分析。東京衛生年報 **53**: 95-100, 2002.
- 尾形(齊藤)美貴：清酒製造工程で副生する米ヌカを活用したポリ乳酸原料用乳酸の生産。醸協 **110**: 126-131, 2015.
- 沖谷明紘：肉の科学(沖谷明紘編)。朝倉書店, 2001.
- 伊藤孝太郎：しょうゆ醸造に寄与する麴菌由来グルタミナーゼに関する研究。生物工 **95**: 114-120, 2017.
- 山口静子監修：うま味の文化・UMAMI の科学。丸善株式会社, 1999.
- (公社)日本栄養食糧学会：食品遊離アミノ酸含量表, 2013.
https://www.jsnfs.or.jp/database/database_aminoacid.html
- 宇多川隆：速醸造魚醤油の開発とその利用。醸協 **107**: 477-484, 2012.
- 三上正幸, Nguyen Trang, 島田謙一郎, 関川光男, 福島道弘, 小野伴忠：豚肉発酵調味料“肉醬”の性質。食科工 **54**: 152-159, 2007.
- 荘咲子, 上野義栄, 八田一, 成田宏史：卵白スポンジケーキを用いた麴菌の高密度培養と卵白発酵調味料(たまご醤油)の開発。食科工 **61**: 77-8, 2014.
- 有原圭三：食肉と食肉製品の機能性と健康への寄与。畜産物利用学(齊藤忠雄, 根岸晴夫, 八田一)。文永堂出版, 2011.
- 菊地数晃, 渡邊一浩：魚類筋肉エキスからのアンセリンの分離と生理機能。水産資源の先進的有効利用法(坂口守彦, 平田孝監修)。NTS, 2005.
- 佐藤三佳子, 前村公彦, 高島能久, 森松文毅, 佐藤雄二：鶏肉抽出物の摂取が中高齢者の筋力に及ぼす影響。食科工 **59**: 182-185, 2012.
- 岡久修己：総説 鶏肉のカルノシン・アンセリン。食品中の健康機能性成分の分析法マニュアル
https://unit.aist.go.jp/shikoku/food_forum/manual/213T.pdf
- 佐藤直人, 菊池雄, 伊藤修：異なる品種間の鶏肉における遊離アミノ酸, ジペプチド, イノシン酸量
<http://www.naro.affrc.go.jp/org/tarc/to-noken/DB/DATA/063/063-073.pdf>
- 吉川修司, 田中彰, 錦織孝文, 太田智樹：大麦麴と耐塩性微生物を用いて調製したシロサケ魚醤油の開発。食科工 **58**: 281-286, 2006.

α -シクロデキストリンの 界面活性作用と加工食品への応用

Surfactant actions of α -cyclodextrin and its application to
various processed foods

古根 隆広 (FURUNE Takahiro)¹ 石田 善行 (ISHIDA Yoshiyuki)¹ 宮本 有香 (MIYAMOTO Yuka)²
松村 康生 (MATSUMURA Yasuki)³ 寺尾 啓二 (TERAO Keiji)¹

Key Words : α -シクロデキストリン, 乳化作用, 気泡安定性, アイスクリーム

はじめに

乳化剤は界面活性作用や抗菌作用など多くの機能を有するため、様々な加工食品に広く利用されている。しかしながら、その多くはJECFA (The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) や EFSA (European Food Safety Authority) にて1日摂取許容量 (ADI) が定められており^{1, 2)}、健康面において十分に安全であるとは言いがたい。そのため、現在では多くの加工食品において乳化剤を使用しないこと (乳化剤フリー) が望まれている。

α -シクロデキストリン (α -CD) はグルコース6個が環状に連なった構造を持つ難消化性オリゴ糖の一種であり、摂取することで食後の血糖値上昇抑制作用³⁾ や小型 LDL 低減作用⁴⁾ など様々な機能を発揮するため、健康食品によく用いられている。 α -CD はその環状構造の内側 (空洞内) が疎水性で

あるため、疎水性分子を環状の空洞内に取り込む、いわゆる包接作用を有している。この作用により、 α -CD は油脂を乳化する機能や、タンパク質の安定性や起泡性を向上させる機能を発揮し、様々な加工食品の物性改善剤として利用できる。

本稿では、 α -CD の界面活性作用、つまり油脂の乳化作用やタンパク質の起泡性などに関する基礎的研究および加工食品への応用研究について紹介する。

1. シクロデキストリン (CD) とは

CD はグルコースが数個環状に連なった構造を持つオリゴ糖であり (図1), サイクロデキストリンや環状オリゴ糖とも呼ばれている⁵⁾。環状構造の外側が親水性、空洞内が疎水性を示しており、CD はその空洞内に疎水性の分子を取り組む作用、いわゆる包接作用を有する。CD はその包接作用を介して、不安定な物質の安定性を高める作用や、溶解性や生

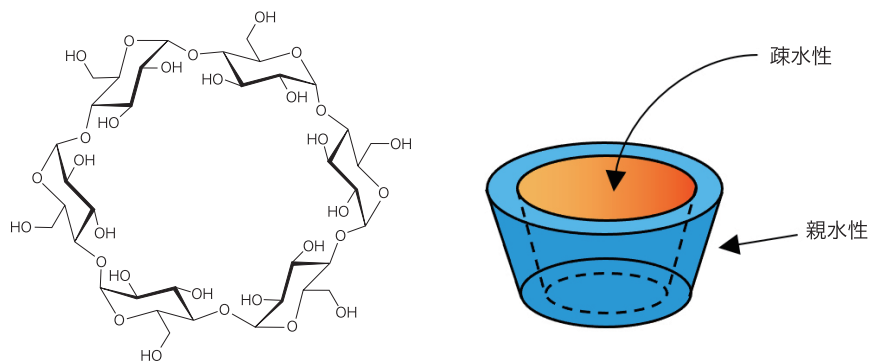


図1 α -シクロデキストリン (α -CD) の化学構造 (左) と模式図 (右)

¹ 株式会社シクロケムバイオ (〒650-0047 神戸市中央区港島南町7-4-5 e-mail: takahiro.furune@cyclochem.com),

² 神戸女子大学家政学部, ³ 京都大学農学部

体利用能の向上作用、味や臭気のマスキング作用など様々な機能を発揮する。CD が持つ多くの機能は他の物質で代用することが難しいため、現在、様々な食品や家庭用品、化粧品などで利用されている。

CD は天然型と修飾型に大きく分類されるが、食品として摂取できるのは主に天然型であり、グルコース 6 個からなる α -CD、7 個の β -CD、8 個の γ -CD の 3 種類が天然型の CD に該当する。これら 3 種の CD の違いについては、 α -CD および β -CD は体内の消化酵素では分解されないため難消化性の糖質に分類され、 γ -CD は体内の消化酵素によって分解されるため消化性の糖質に分類される。また、 α -CD および γ -CD は JECFA にて ADI が定められていないため、とても安全な素材であるが、 β -CD は ADI が 5mg/kg/day に定められている。さらに、 α -CD、 β -CD、 γ -CD はそれぞれ空洞の大きさが異なるため、包接しやすい分子が異なる。例えば、 α -CD の空洞は 3 種類の中で最も狭く、脂肪酸を包接しやすく、安定な包接複合体を形成するが、 β -CD や γ -CD の空洞は α -CD のものより広いため、脂肪酸を包接した際には α -CD よりも不安定である⁶⁾。一方、コレステロールのステロイド骨格やトリテルペンに

対しては β -CD や γ -CD が安定な包接複合体を形成するが、 α -CD は包接しにくい。

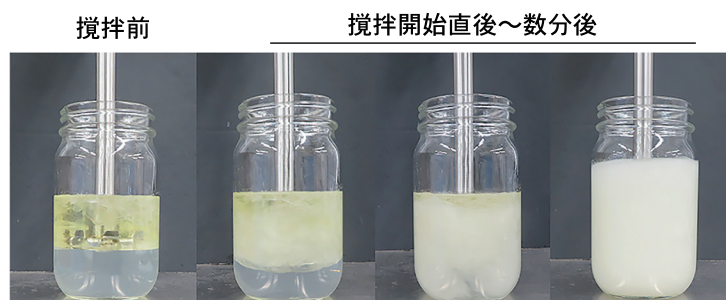
2. エマルジョン含有加工食品への α -CD の応用

2-1. α -CD の乳化作用

食用油脂（トリグリセリド）と少量の α -CD を水に添加して攪拌すると、 α -CD はトリグリセリドが有する 3 本の脂肪酸部位の内の 1 本を包接することにより、包接部位が親水性となつて乳化剤として作用し、結果的にエマルジョンが形成される（図 2）⁷⁾。ちなみに、トリグリセリドと α -CD からなる包接複合体は固体の乳化剤であるため、得られたエマルジョンはピッカリングエマルジョンとも呼ばれる⁸⁾。このように、 α -CD の乳化作用のメカニズムは一般の乳化剤よりもやや複雑であるものの、市販のミキサーで攪拌するだけでエマルジョンが得られるため、作業上は他の乳化剤と変わらず、十分に実用的である。なお、 α -CD の乳化作用に関する基礎的研究については島田らの報告も参考にされたい⁹⁾。

一般の乳化剤は、親水基と親油基のバランスから求められる HLB (Hydrophilic-Lipophilic Balance) 値によって乳化特性が表され、HLB 値

A) α -CD の乳化作用



B) α -CD の乳化メカニズム

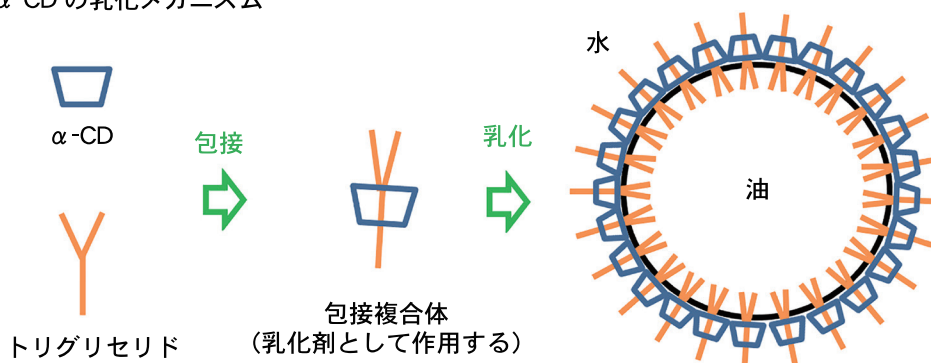


図 2 α -CD の乳化作用とそのメカニズム

A) α -CD 3.6g および大豆油 60g を脱イオン水 57.6g に加え、攪拌した。

B) α -CD の乳化メカニズム

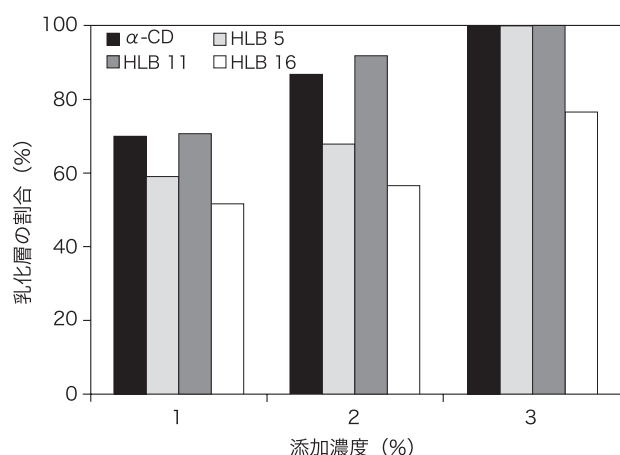


図3 α-CDとスクロース脂肪酸エステルとの乳化安定性比較

が低いほど親水基の割合が小さく、HLB値が高いほど親水基の割合が大きい。一方、α-CD自体は親水基と親油基を持つ一般的な乳化剤ではないため、HLB値を持たない。そこで、著者らは、α-CDの乳化特性はどのHLB値を持つ乳化剤の乳化特性に近いのかを知るために、HLB値が5, 11, 16のスクロース脂肪酸エステルを用いて乳化安定性の比較検討を行った。

コーン油40%水溶液にα-CDもしくは3種類のスクロース脂肪酸エステルを添加したサンプルをミキサーで攪拌し、24時間静置後の乳化層の割合を評価した(図3)。α-CDサンプルはHLB11のスクロース脂肪酸エステルサンプルと似た高い乳化安定性を示し、HLB5やHLB16のスクロース脂肪酸エステルサンプルはそれらよりも乳化安定性が低く、異なる性質を示した。以上の結果より、HLB11のスクロース脂肪酸エステルはアイスクリームやパンなどのベーカリー食品などに利用されているが、α-CDも同様の用途に利用できる可能性が示唆された。

2-2. 高粘度エマルション食品(マヨネーズ様ドレッシングやホイップクリーム)への応用

α-CDは、油脂が多い条件において高粘性のエマルションを形成しやすい性質を持ち(図4A, B), その性質を利用することで、マヨネーズ様ドレッシングを作ることができる。表1はその処方例であり、調製手順については、①α-CD、食塩、砂糖類、保存料、水を均一になるまで攪拌する(シルバースン社のミキサーの場合: 5,000rpm, 30秒)、②酢、マスタード、スパイスを加えて攪拌する、③攪拌し

表1 マヨネーズ様ドレッシングの処方例

組 成	重量 (%)
キャノーラ油	65.0
水	20.93
ホワイトビネガー	8.0
ハチミツ	2.0
α-CD	1.5
食塩	1.0
マスタード	1.0
レモン濃縮果汁	0.5
ターメリックパウダー	0.03
白こしょう	0.03
パプリカパウダー	0.01

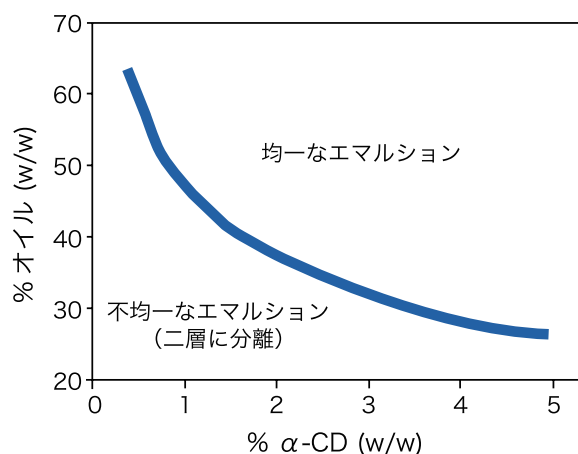
ながら、水相に油をゆっくりと加える(上記ミキサーの場合: 5,000rpm, 4分)ことでマヨネーズ様ドレッシングが得られる。この技術を用いることにより、エッグフリー且つ乳化剤フリーのマヨネーズ様ドレッシングを簡単に調製でき、さらに、油脂の配合率を下げることもできる(図4C)。図4Dは、海外にてα-CDが実際に利用されているドレッシング、ソース、スプレッド例である。

α-CDエマルションの応用の一つとして、α-CDを利用したホイップクリームが開発されている(表2)。このα-CDホイップクリームの特徴は、乳化剤フリーであることに加え、融点が低い植物油を用いているにも関わらず、高い熱安定性を持つことである。図5Aは、表2に従って調製したα-CDホイップクリームと市販のホイップクリームを45℃で22時間静置した後に、元のクリーム重量から分離した重量を差し引いた値を残存率として表したものである。結果として、市販品と比べ、α-CDホイップクリームは高い熱安定性を示した。これはα-CDによって安定なエマルションが形成されたためと考えられる。図5Bはα-CDホイップクリームについて低脂肪のものと通常のものの、さらに市販のホイップクリームを60℃条件下で5分静置したものである。熱処理後、市販のホイップクリームは液状に変化した。脂分量に関わらずα-CDホイップクリームの状態は維持した。

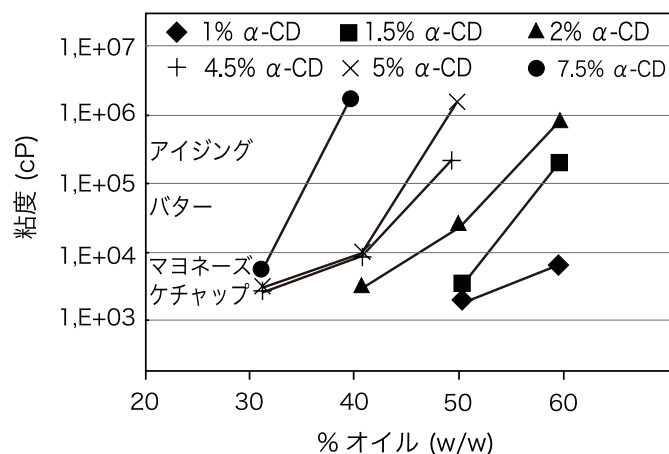
2-3. アイスクリーム製品への応用

油脂やタンパク質によるエマルションは、温度によってその状態が異なることが知られているが¹⁰⁾,

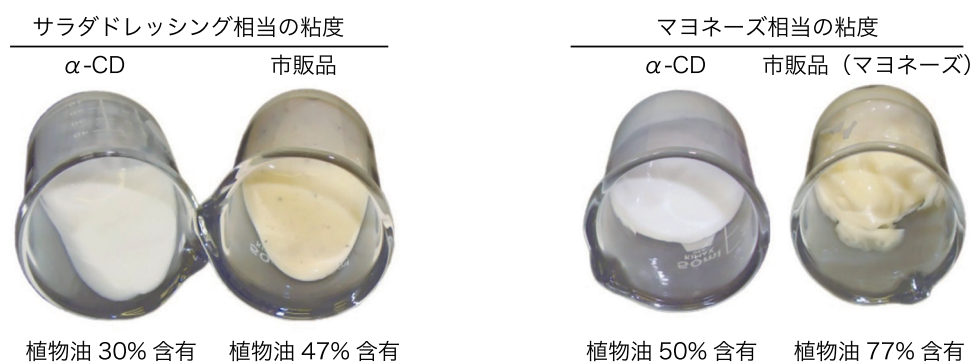
A) 安定なエマルジョンを形成する各成分の配合率



B) 各成分の配合率と粘度の関係



C) 粘性を有するエマルシヨンドレッシングにおける植物油含有率

D) α -CD を利用したドレッシング、ソースおよびスプレッド例図4 α -CD の安定なエマルジョンを形成する配合割合と粘度との関係および実用例

エマルジョンを含む代表的な冷凍食品としてアイスクリームが挙げられる。アイスクリームは配合成分や製造法によって口あたりや口どけが異なり、現在、様々なニーズに合わせた製品が市販されている。乳化剤はアイスクリームの改質目的で利用されており、アイスクリーム製造時に乳化粒子の凝集を促進

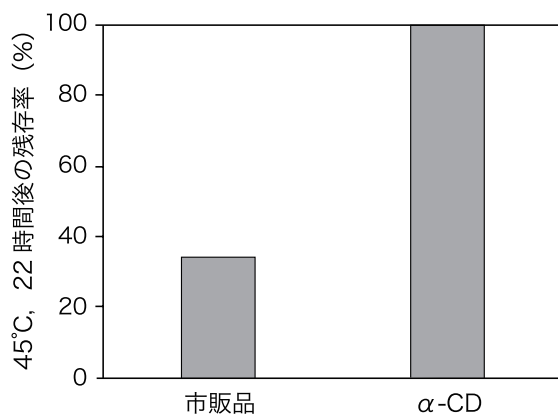
し、凝集した乳化粒子が気泡を保護するため、結果的に気泡を維持する機能がある¹¹⁾。そこで、著者らは乳化剤の代替利用の可能性について、アイスクリームに対する α -CDの添加効果を調べた¹²⁾。市販のアイスクリームミックス(乳脂肪分15%、無脂肪固形分10%)に α -CDを添加してアイスクリー

表2 α-CD ホイップクリームの方例と手順

組 成	重 量 (%)
粉糖	61.6
大豆油	12.4
グラニュー糖	— (粉糖の置き換え可能)
ソルビトール	5.0
α-CD	3.0
コーンシロップ 42DE	1.5
コーンシロップ 63DE	1.5
香料	0.2
食塩	少量
保存料 (ソルビン酸カリウム)	0.05
クエン酸	0.04
水	残り

手 順
1. 鍋にクエン酸、保存料、ソルビトール、α-CD、粉糖の半分（粉糖の代わりにグラニュー糖を使用することができる）、水を入れて、溶けるまで加熱する（60～65℃）。
2. コーンシロップを含むミキシングボウルに移し、中速で1分間泡立てる。
3. 中速で混合しながら、フレーバーパウダーを油にブレンドする。
4. 高速で1分間ホイップし、側面をこすり落とす。さらに2分間ホイップを続ける。
5. 残りの粉糖を加え、なめらかなクリーム状になるまで攪拌する。

A) 熱処理後のクリーム残存率



B) 熱処理後のクリームの状態

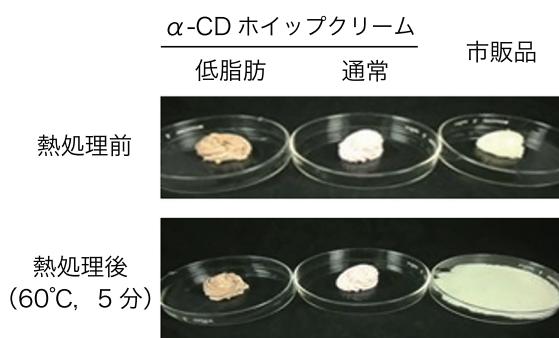


図5 α-CD ホイップクリームの熱安定性

ムを製造し、気泡混入の指標であるオーバーランならびに融解しやすさの指標であるメルトダウンについて評価した。冷凍保存3時間後のオーバーランを測定した結果、α-CD 0.25% 及び 0.5% 添加サンプルは無添加と比べて有意な高値を示した。次に、メルトダウンについて評価した結果、α-CD 0.25% 添加サンプルは無添加サンプルと比べて短時間で融解し、α-CD 1% 以上の添加サンプルは逆に融解が遅くなる結果が得られた（図6）。これらの結果により、α-CD はその添加量に応じて、オーバーランや口腔内・室温での融解性をコントロールできる可能性が示唆された。

Buck らはアイスクリームに対するスクロース脂肪酸エステル添加効果について報告している¹³⁾。その報告におけるスクロース脂肪酸エステル (HLB5, 11) 0.25% をアイスクリームに添加した時の挙動は、本試験の α-CD 0.25% 添加サンプルの挙動と

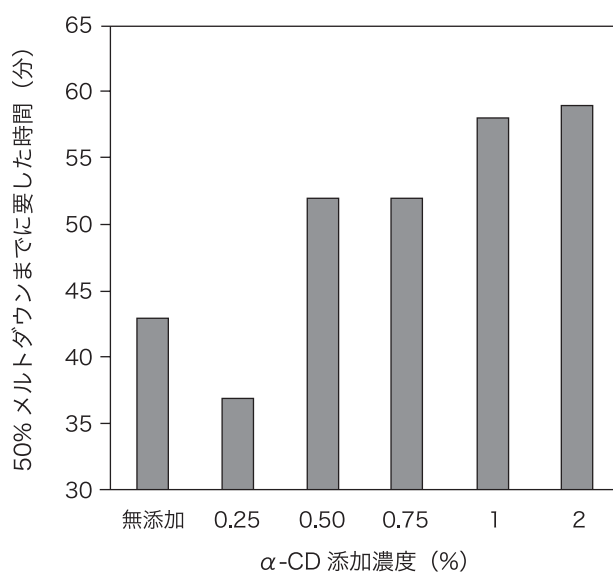


図6 アイスクリームのメルトダウンに対するα-CD添加の影響

表3 各チキンフランクフルトサンプルの物性評価

	乳化安定性	ハードネス	凝集性	咀嚼性 (N.mm)
対照	97.70	16.33	0.70	9.30
α -CD 5%	99.85	26.58	0.68	14.53
小麦繊維 1.5%	95.95	25.90	0.66	13.64
α -CD 5% + 小麦繊維 1.5%	100	33.40	0.66	16.92

(引用文献 15 より改変)

似ていることから、 α -CD はこの添加濃度域においてスクロース脂肪酸エステルを代替として利用できる可能性がある。

一方、アイスクリームに対してスクロース脂肪酸エステルを数%添加することはその推奨添加量の面から不可能であるが、 α -CD は安全性の高い糖質であるため、アイスクリームに数%添加することは何ら問題ない。また、海外では高粘度を特徴とした α -CD 含有アイスクリームが市販されていることから、粘度増加を利用した製品開発も可能である。

2-4. ソーセージ（フランクフルト）への応用

フランクフルトソーセージ、ウインナーソーセージなどのソーセージは、豚肉、鶏肉、牛肉、魚肉などを主原料とした加工食品であり、肉類に含まれる油脂の一部がエマルションを形成している。Henck らは、低脂肪のチキンフランクフルトに対する α -CD の添加効果について報告している¹⁵⁾。水の一部を α -CD や小麦繊維に置き換えた処方を用いてフランクフルトを調製し、物性を評価したところ、 α -CD 単独および α -CD と小麦繊維の組み合わせのサンプルでは乳化安定性やハードネス、さらにはしゃく性が改善した(表3)。以上より、 α -CD はソーセージ製品に応用できる可能性が示唆された。

2-5. ベーカリー製品への応用

現在のパン市場において非常に重要な技術の一つである冷凍生地を用いた製法は、工業生産の複雑さを軽減し、処理時間と保管コストを節約するメリットがある反面、凍結処理によって酵母による発酵性の低下、焼き上がり後のパンのボリュームの低下、食感の低下などのデメリットがあり、それらのデメリットは現在も解決には至っていない。一方、乳化剤はベーカリー製品の品質改善剤として利用されており、パン生地における油脂の乳化、起泡性の向上及び、焼成後の食感の改善、老化安定性を改善させ

表4 α -CD 冷凍生地パンの処方

成分配合比	対照	α -CD
小麦粉	100	100
砂糖	6	6
食塩	1.6	1.6
α -CD	0	0 ~ 3
バター	8	8
ドライイースト	0.5	0.5
水	61.3	64.0

(引用文献 14 より改変)

る機能を持つ¹¹⁾。

α -CD は冷凍生地パンの改善に有用であることが最近、Zhou らによって報告された¹⁴⁾。表4に示される処方に従って調製したパン生地（ドウ）を発酵後に半焼成し、その後、3日間冷凍保存した後に再焼成した。その過程におけるドウの状態や焼成後のパンの物性について評価した。その結果、 α -CD を2%添加したサンプルは、対照と比べてドウの吸水性、および混捏後の発酵性が向上し、冷凍保存後に焼成したパンの比容積、ハードネスおよび弾力性が改善した(図7)。さらに、長期保存試験として3週間冷凍保存した後に再焼成したパンを評価した結果、 α -CD を2%添加したパンは無添加のパンよりも優れた食感を示したことから、 α -CD はパンの老化を遅延させることが示された。以上より、冷凍生地のベーカリー製品において、 α -CD は品質改善剤として利用できる可能性が示唆された。

ところで、多くのベーカリー製品は、乳化作用や膨らみ、テクスチャーに関わる重要な成分である卵が用いられているが、卵アレルギーを持つ人はこれらの製品を食べることが出来ない。そのことに対し、 α -CD とタンパク質の組み合わせによるエッグフリーのパウンドケーキやブリオッシュ、スポンジケーキなどの処方が開発されている。処方として、卵 24w/w% 分を、水 19.1w/w%、 α -CD 1.0w/w%、乳タンパク 3.5w/w% の3成分に置き換えることで、

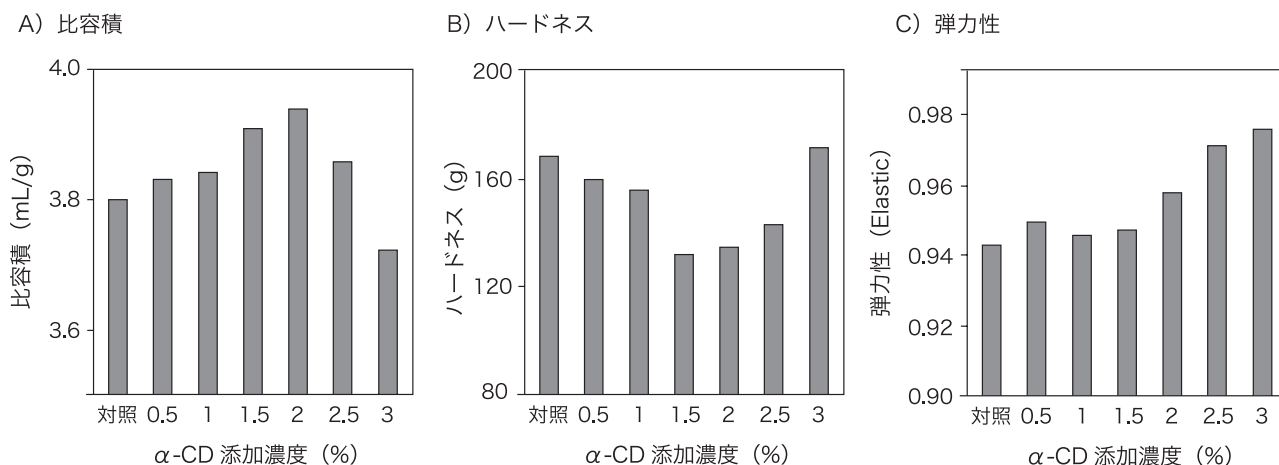


図7 冷凍生地パンの比容積，ハードネスおよび弾力性に対する α-CD 添加の影響

(引用文献 14 より改変)

表5 α-CD エッグフリーマフィンの処方

成分配合比	通常のマフィン	α-CD エッグフリー マフィン
小麦粉	17.4	17.4
植物油	19.4	19.4
卵	23.6	—
砂糖	26.7	26.7
水	4.4	23.5
デンプン	7.4	7.4
α-CD	—	1.0
ベーキングパウダー	0.6	0.6
乳化剤	0.3	0.3
食塩	0.2	0.2
乳タンパク	—	3.5

卵を入れたものに近い膨らみや柔らかさ，弾力を持つエッグフリーのベーカリー製品を作ることができる。表5は，α-CDを用いたエッグフリーマフィンの処方である。調製手順については，①粉末の材料をミキサーで予備混合（低速，1分）を行った後に，水および油を添加し，さらに低速で1分混合する，②中速で10秒攪拌し，さらに低速で1分攪拌する，③最後に，カップに注ぎオーブンで焼成する（180℃，16～20分）ことでマフィンが得られる。図8に，焼成後のα-CDエッグフリーマフィンの外観を示す。α-CDを用いていないコントロールのエッグフリーマフィンと比べ，α-CDエッグフリーマフィンでは膨らみが改善した。この作用メカニズムについては，

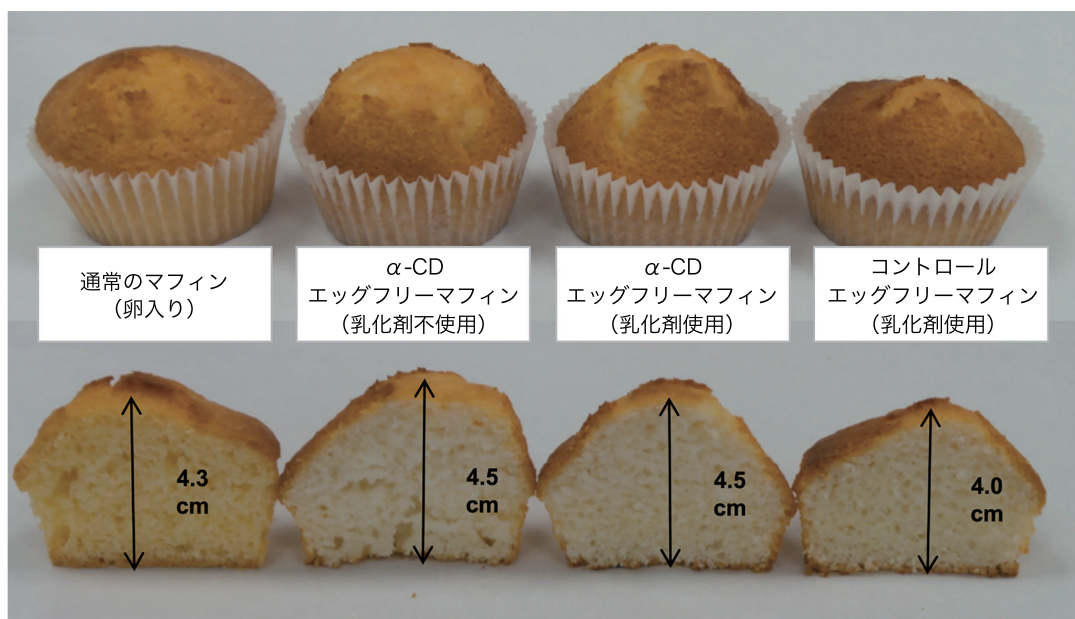


図8 エッグフリーマフィンに対する α-CD 添加の影響

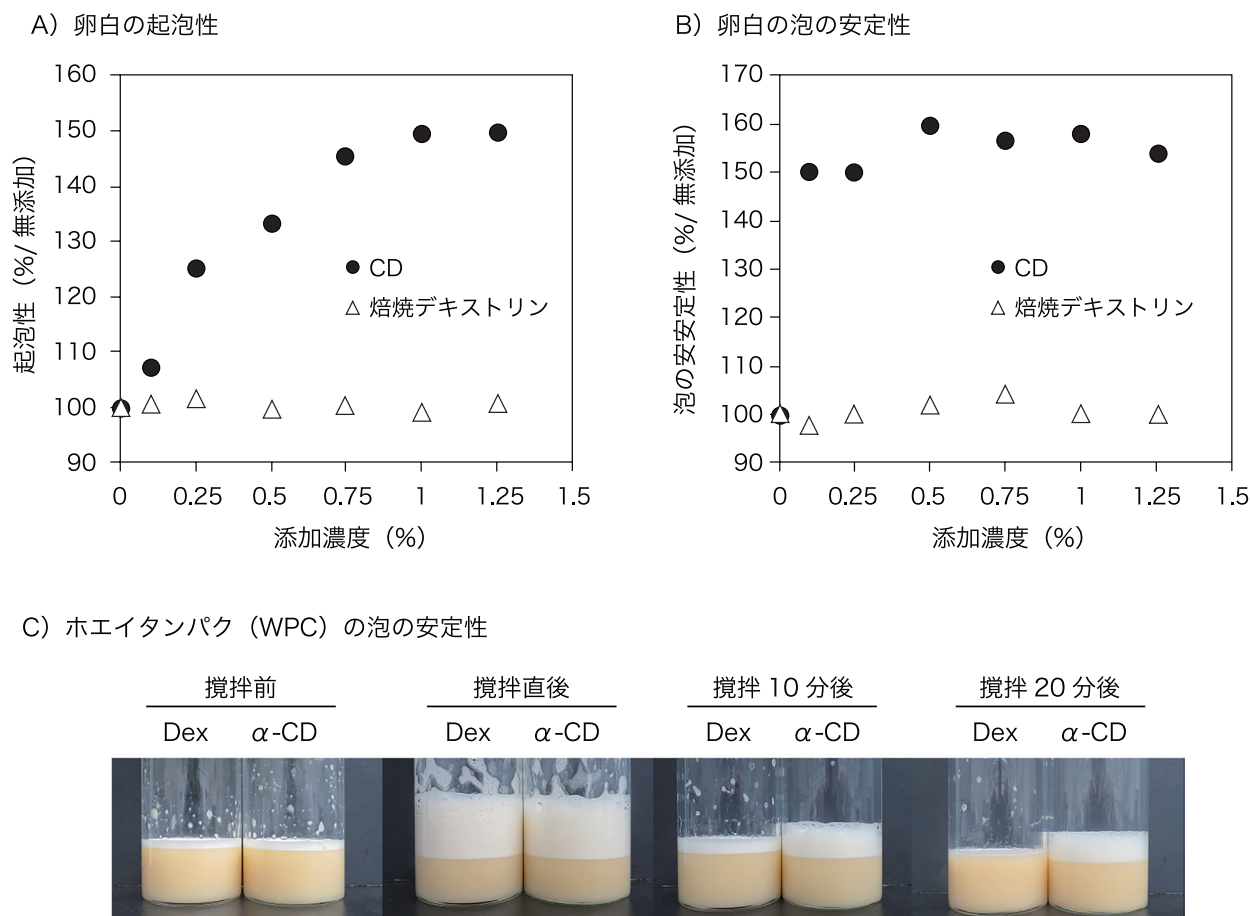


図9 タンパクの起泡性と泡の安定性に対する α -CD 添加の影響

A), B) は引用文献 16 の表を元に作図。

C) WPC 2g および α -CD 0.4g を脱イオン水 17.6g に加え、撹拌した。

α -CD による乳化作用の改善とともに、次章にて説明するタンパクによって形成される気泡を含む構造を α -CD が安定化させている可能性が考えられる。

3. タンパク質の起泡性を利用した加工食品への α -CD の応用

3-1. α -CD のタンパク質の起泡性向上および気泡安定化作用

タンパク質は界面活性作用を持ち、水に加えて撹拌すると液表面に泡(気泡, フォーム)が形成される。その作用に対し、CD はタンパク質の起泡性(泡立ち性)や泡の安定性を向上させる効果を有することが黒田らによって報告されている(図 9A, B)¹⁶⁾。黒田らは卵白に CD もしくは焙焼デキストリンを加えて撹拌した時の起泡性および泡の安定性について評価した結果、焙焼デキストリンは影響しなかったのに対し、CD は起泡性、泡の安定性のいずれも向上させた。なお、黒田らの検討では CD の種類については言及されていないが、著者らは α -CD による

タンパク質の起泡性の向上を確認している。さらに、ホエイタンパク(WPC)が形成する気泡安定性に対する α -CD の影響について検討したところ、デキストリン(Dex)と比べ、 α -CD は撹拌によって生じた泡をより長い時間維持させた(図 9C)。この原理については明らかにされていないものの、 α -CD はタンパク質の疎水性アミノ酸残基を包接できることが報告されているため¹⁷⁾、包接作用が関与している可能性がある。

3-2. 油脂のタンパク質起泡性阻害作用と α -CD の影響

タンパク質の起泡性に対し、油脂はその起泡性を抑制することが知られているが、 α -CD は油脂存在下でのタンパク質の起泡性を改善する機能を持つことが報告されている(図 10)¹⁸⁾。スキムミルク 200g に対して、キャノーラオイル 4g, α -CD 4g を添加して撹拌した後のサンプルのオーバーランを測定した結果、スキムミルクにキャノーラオイル

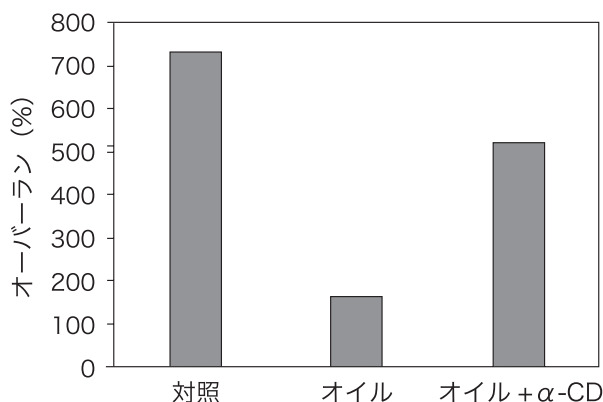


図10 スキムミルクの起泡性に対するオイルとα-CD添加の影響

(引用文献18の表を元に作図)

ルを添加することで生じたオーバーランの低下は、α-CDの添加によって改善した。このメカニズムについては、α-CDはタンパク質の起泡性や気泡安定性を向上させると共に、油脂を包接することによって油脂が有する起泡抑制作用を阻害している可能性が考えられる。

3-3. マカロン（メレンゲ含有食品）への応用

卵白は、その起泡性によってメレンゲを形成し、製菓用途に広く用いられている。マカロンはメレンゲ菓子の一つであるが、その製造の際、側面にピエと呼ばれる多孔質構造を形成させることが難しく、高い技術が必要とされている。この課題に対し、α-CDおよび増粘多糖類を用いることで、マカロンのピエの形成が容易になることが明らかにされている¹⁹⁾。優れたピエ形成のための各成分の配合割合については、乾燥卵白に対してα-CDが30～100w/w%、さらにα-CDに対して増粘多糖類が0.5～25w/w%がよいとされている。

3-4. カプチーノ様フォームを形成する飲料への応用

カプチーノのフォーム（泡）は、主に乳タンパクの作用によって形成されている。しかし、そのフォームは安定性に乏しく、時間が経つにつれて崩れていく。その課題に対し、α-CDと起泡性のタンパクを用いることで、飲む際に手で振るだけで液表面に一定時間安定なフォームを形成する飲料の処方が開発されている。表6に示す方法に従って調製された飲料は、手で上下に振った後にカプチーノのようなフォームが形成され、このフォームは比較的長時間

表6 安定なフォームを形成するコーヒー飲料の処方例と手順

組 成	重量 (%)
全脂粉乳	40
スキムミルク	50
砂糖	50
コーヒー粉末	7
結晶セルロース	1.5
ゲランガム	0.2
α-CD	10
重曹（炭酸水素ナトリウム）	pH 調整
水	残り
全量	1000

手 順
1. 全脂粉乳とスキムミルクを50℃の水に20分以上かけて溶かす。
2. 結晶セルロース、ゲランガム、砂糖の一部を添加し、70℃で溶かす。
3. コーヒー粉末と重曹を添加し、溶かす。
4. α-CD以外の残りの材料を添加して混ぜる。その後、α-CDを添加する。
5. 65℃でホモジナイズ（120bar）し、137℃で10秒UHT。その後、25℃で充填する。

安定である。一方、α-CDを含まない場合、形成されたフォームは短時間で消失する。

3-5. 脂肪無添加のムース状食品への応用

ムース状食品（以後、ムースとする）は、生クリームを用いて製造される独特の粘調性を持つ食品であり、デザートなどとして市販されている。しかしながら、生クリームには動物性油脂が含まれており、過剰摂取すると体脂肪の増加につながる懸念がある。一方、α-CDを用いることにより、生クリームを利用することのない、野菜ペーストや果物の果肉、ヨーグルトなどのムースの製造が可能である。表7はその処方例であり、調製手順は、①処方に基

表7 脂肪無添加ムースの処方例

組 成	重量 (%)
果汁 or 果肉（ベース）	72.0
α-CD	3.0
砂糖	23.9
加工デンプン	0.5
ローカストビーンガム	0.3
キサンタンガム	0.3

図 11 α -CD を用いたムース状食品

づいて配合した混合物を、キッチンエイドのスタン
ドミキサーあるいは従来のハンドミキサーを用いて
4 分間、低速で攪拌する、②続けて高速で約 8 分間
ホイッピングする、③2 時間冷却することでムー
スが得られる (図 11)。この技術は、油脂無添加で
あることの他に乳化剤フリー、高い pH 安定性など
の特徴を有し、粘調な砂糖菓子であるヌガーにおけ
る卵白の代替にも応用できる。

おわりに

本稿では、 α -CD による油脂の乳化作用またはタ
ンパクの起泡性改善作用の基礎、さらに、マヨネー
ズ様ドレッシング、ホイップクリーム、アイスクリー
ム、ソーセージ、ベーカリー製品、メレンゲ含有食
品、攪拌時に安定なフォームを形成する飲料、ムー
ス状食品への研究について紹介した。なお、 α -CD
の応用技術は今回紹介したものだけに限らず、水に
添加した際に高い分散性を示すココナッツミルク粉
末、ゲル化剤との組み合わせによる乳化物の安定性
向上、加工食品に含まれる香料の保持、色素の安定
化、特定成分の抽出や除去など多岐にわたる。

乳化剤は非常に有用であり、様々な加工食品に

利用されているものの、近年は健康に対する安全
性が懸念されている。 α -CD は難消化性の糖質であ
るにも関わらず、油脂類を包接することによって
乳化作用を示すことから、乳化剤の代替になり得
る可能性を持つ素材である。さらに、 α -CD は乳化
剤の代替だけにとどまらず、摂取時に糖代謝や脂
質代謝、腸内細菌叢などに対して有益な機能を発
揮するため、健康の維持・増進においてもより好
ましい素材である。

現在、世界各国で α -CD を利用した加工食品が開
発されているが、 α -CD が加工食品に利用しやすい
価格になってから、まだ 20 年ほどしか経過してい
ないため (2020 年現在)、加工食品のための添加
剤としての応用研究については未だ発展途上と言え
る。今後益々の α -CD を用いた応用研究の発展と、
応用研究を基盤とした新たな加工食品の開発を期待
したい。

最後に、本稿で取り上げたアイスクリームへの応
用研究を主に担当された神戸女子大学家政学部・食
品加工学研究室の藤永実希氏、嶺木若奈氏に深く感
謝申し上げる。

参考文献

1. WHO Technical Report Series 884, Sucrose esters of fatty acids and sucroglycerides. Forty-ninth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. 16-17, 1999.
2. European Food Safety Authority (EFSA), Scientific Opinion on the re-evaluation of polyoxyethylene sorbitan monolaurate (E 432), polyoxyethylene sorbitan monooleate (E 433), polyoxyethylene sorbitan monopalmitate (E 434), polyoxyethylene sorbitan monostearate (E 435) and polyoxyethylene sorbitan tristearate (E 436) as food additives. *EFSA Journal* **13**(7): 4152, 2015.
3. Buckley JD, *et al.*: Dose-dependent inhibition of the post-prandial glycaemic response to a standard carbohydrate meal following incorporation of alpha-cyclodextrin. *Ann. Nutr. Metab.* **50**(2): 108-114, 2006.
4. Amar MJ, *et al.*: Randomized double blind clinical trial on the effect of oral α-cyclodextrin on serum lipids. *Lipids Health Dis.* **15**(1): 115, 2016.
5. 寺尾啓二他：シクロデキストリンの応用技術. CMC 出版, 2008.
6. 樫野悦子他：シクロデキストリンと油性物質との相互作用. 日本家政学会誌 **56**(8): 533-539, 2005.
7. Shimada K, *et al.*: Structure of Inclusion Complexes of Cyclodextrins with Triglyceride at Vegetable Oil/Water Interface. *J. Food Sci.* **57**(3): 655-656, 1992.
8. Wu Li, *et al.*: Fabrication of non-spherical Pickering emulsion droplets by cyclodextrins mediated molecular self-assembly. *Colloids Surf. A Physicochem. Eng. Asp.* **490**: 163-172, 2016.
9. 島田和子他：α-, β- および γ- シクロデキストリンの乳化特性. 日本食品工業学会誌 **38**(1): 16-20, 1991.
10. 松村康生：食品エマルション中の油滴表面におけるタンパク質の相互作用. 日本食品工学会誌 **2**(3): 87-95, 2001.
11. 加藤友治：食品分野における界面活性剤. オレオサイエンス **1**(10): 1013-1019, 2001.
12. 藤永実希他：アイスクリーム製造における α- シクロデキストリン添加効果. 2019 年度 日本家政学会関西支部 第 41 回研究発表会 研究発表要旨集 **4**, 2019.
13. Buck JS, *et al.*: Evaluation of Sucrose Esters in Ice Cream. *Food Science.* **51**(2): 489-493, 1986.
14. Zhou J, *et al.*: The Addition of α-cyclodextrin and γ-cyclodextrin Affect Quality of Dough and Prebaked Bread During Frozen Storage. *Foods* **8**(5): 174, 2019.
15. Henck JMM, *et al.*: Alpha-cyclodextrin as a new functional ingredient in low-fat chicken frankfurter. *Br. Poult. Sci.* **60**(6): 716-723, 2019.
16. 黒田南海雄他：起泡性のよい卵白組成物の製造方法. 特許公報 昭和 51-37328.
17. Linde GA, *et al.*: Taste modification of amino acids and protein hydrolysate by α-cyclodextrin. *Food Res. Int.* **42**: 814-818, 2009.
18. Kim DA: Stable aerated food products containing oil and cyclodextrin. US Patent: US 2007/0003681 A1.
19. 渡辺貴之他：マカロン用粉体混合物, マカロンの製造方法及びマカロン. 特開 2011-55771.

食間の糖類含有飲料摂取による食後高血糖抑制効果

藤田 雅子 (*FUJITA Masako*)*

Key Words : 食後高血糖, セカンドミール効果, HbA1c, 糖類含有飲料

Impact of sugary beverage consumption between meals on postprandial hyperglycemia

Author: Masako Fujita

Affiliated institution

*Daikin Industries, Ltd. Tokyo branch office, Health management room
JR Shinagawa East Building10F, 2-18-1, Konan, Minato-ku, Tokyo

Keywords: Postprandial hyperglycemia, Second meal effect, HbA1c, sugar-containing beverages

Abstract

Background

Annual measurement of casual blood glucose levels are provided to the employees at Daikin Industries. Our previous analysis of these data showed that in individuals with impaired glucose tolerance, those who take confectionery and/or sugar-containing beverage between meals were more likely to have lower postprandial blood glucose levels.

Objective

To evaluate whether intake of sugar-containing beverages between meals affects postprandial glycemia in subjects with impaired glucose tolerance.

Method

In this pilot study, 12 male employees at Daikin Industries whose postprandial blood glucose levels were 140 mg/dL or higher despite of normal fasting blood glucose and HbA1c levels, were recruited. From 120 minutes prior to lunch, the subjects sipped a beverage containing 15 g of sugar or artificial sweetener with equivalent sweetness for 60-75 minutes and then ate the same lunch. Blood glucose levels were measured using a glucosemeter at 120, 60 min before meal, immediately before meal, and 30, 60, 90, 120 min postprandially.

Results

Postprandial glucose levels were significantly lower after sugar-containing beverages: 60 min after meal [with sugars 155 ± 15.1 , non-sugars 177 ± 21.6], 90 min after meal [151 ± 22.3 , 179 ± 39.8], 120 min after meal [141 ± 17.6 , 158 ± 28.9] (mg/dL) ($P < 0.05$).

Conclusion

Drinking sugary beverages between meals may ameliorate postprandial hyperglycemia in subjects with IGT.

* ダイキン工業 (株) 東京支社 健康管理室
東京都港区港南 2-18-1 JR 品川イーストビル 10 階

要旨

目的

当健康管理室では、社員に対して年1回簡易血糖測定器による随時血糖検査をしている。その中の非糖尿病患者においては、食間に菓子や糖類含有飲料を摂るの方が食後の血糖値が低い傾向があった。そこで食間の糖類含有飲料摂取が、食後の血糖上昇を抑制しうるか検証した。

方法

対象は健診時空腹時血糖値正常でHbA1c 6.2%未満にも関わらず、随時血糖値が140 mg/dL以上だった男性社員12名。別の日の食間に糖類含有（砂糖15 g）もしくは非含有の飲料（同等の甘さの人工甘味料入り）を摂り、同一の昼食を摂取した。飲料は昼食120分前から60～75分間かけて少しずつ摂取した。簡易血糖測定器で食前120分～食後120分の間に7回測定し比較した。

結果

食後60分（糖類あり155±15.1、なし177±21.6）、食後90分（151±22.3、179±39.8）、食後120分（141±17.6、158±28.9）（mg/dL）は糖類含有飲料摂取時の方が有意に低かった（ $P<0.05$ ）。

結論

食間の糖類飲料摂取により食後高血糖を抑制しうる可能性がある。

はじめに

当健康管理室では、2011年から社員の糖尿病対策として簡易血糖測定器による随時血糖検査を年に1回実施している。その随時血糖検査の結果をまとめたところ、法定の定期健康診断の糖尿病検査が「異常なし」と判定された空腹時血糖70～110 mg/dL、HbA1c（NGSP）4.7～6.2%だった社員約680名の内、87%は随時血糖も140 mg/dL未満であった。しかし140 mg/dL以上で境界型が疑われる社員が年間約13%にのぼり、その内180 mg/dL以上の高値を示した者も全体の約2%いた。空腹時血糖値が正常範囲であっても、食後に高血糖を呈する人は、有意に脳卒中¹⁾や心血管死²⁾が増加することが報告されており、慢性持続的な高血糖よりも短期的なスパイク状の高血糖を繰り返す場合の方が、動脈硬化を促進させる可能性がある³⁾と指摘されている³⁾。

糖尿病を含む生活習慣病を予防するためには、朝食を欠食せず、間食・夜食を控える事や運動習慣が有効とされている^{4) 5)}。しかし、食後血糖値が180 mg/dL以上だった社員の中には1日3食摂取し運動習慣があり、間食習慣はなく、肥満もない人がおり、保健指導に難しさを感じている。その一方で食

後2時間以内の血糖値が110 mg/dL前後で上昇がほとんどない人がおり、意外にも午前中に糖類を含んだ飲物や、菓子類を摂っていた人に、特にこの傾向が強いように感じた。

そのため2014年度の随時血糖測定の際、定期健診の糖尿病検査が「異常なし」でかつ、食後120分以内に血糖測定ができた189名に対し、間食や飲み物について「いつ・何を・どのように」摂っているかを聴取し、食間の糖類摂取と食後血糖値との関係を詳しく調べた。その結果は糖類摂取習慣がある人の平均値121±27.4（SD）mg/dL、ない人は134±37.4 mg/dLで食間に糖類を摂る人の方が有意に低かった（ $P<0.05$ ）（未発表データ）。これを受け、食間の糖類摂取により食後の血糖上昇抑制効果があるか、前向きに検証することにした。

1. 対象

糖尿病の既往がなく、空腹時血糖値、HbA1c共に正常値にも関わらず、随時血糖値が直近3年以内の測定で140 mg/dL以上だった人とした。実験については個人が特定できない形で発表する可能性があることを口頭と文書で説明した上で、実験参加希望の有無を確認し、同意が得られた男性社員12

表 1 被験者 (12 名) について

年齢	53 ± 9.9 歳
BMI	24.4 ± 3.8
HbA1c	5.4 ± 0.3%
空腹時血糖値	98.2 ± 9.5 mg/dL
食事回数	3 回 / 日 : 11 名
間食週間	ほとんどなし : 8 名
運動習慣	あり : 11 名
糖類含有飲料摂取習慣	ほとんどなし : 12 名

(平均値 ± SD)

名を被験者とした。被験者の概略を表 1 に示した。

2. 方法

実験は、食間に糖類を含む飲料を摂る日と、糖類を含まない飲料を摂る日の 2 日間を設定し、食後の血糖値を比較した。昼食を摂取する 12 時を中心とした時間帯に実施し、被験者は血糖測定時以外、通常業務をして過ごした。

血糖測定は、保健師が簡易血糖測定器メディセーフミニ (テルモ株式会社 : 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 44 番 1 号) を用いて、食前 120 分、食前 60 分、食直前、食後 30 分、食後 60 分、食後 90 分、食後 120 分の計 7 回測定した。実験で使う糖質は、砂糖 15 g と糖類ゼロの人工甘味料 5.4 g とした。人工甘味料の量 (5.4 g) は砂糖と甘さが同じになる様に調整した。各糖質はインスタントコーヒーと共に約 150 mL の湯で溶かし食事の 120 分前から 60 ~ 75 分間かけて少しずつ摂取した。被験者には糖質の別は伝えない一重盲検とした。

昼食はコンビニエンスストアの「蒸し鶏のサラダ」1 パック、「ゆで玉子」1 個、「紅鮭おにぎり」1 個、「おかかおにぎり」1 個に統一した (炭水化物量 : 約 82 g)。被験者への注意事項は次の 6 点とした。

- ①実験前夜は深酒をしない。
- ②当日の朝食摂取は自由 (摂取する場合は 2 日間とも同じ時刻にほぼ同じメニューとする)。
- ③朝食後～実験終了までは指定のもの以外は飲食禁止 (糖質を含まない水分は可)。
- ④飲料は最初の血糖測定直後から少しずつ 60 ~ 75 分かけて摂取し、一気飲みしない。
- ⑤昼食は「サラダ→ゆで玉子→おにぎり」の順に食べて残さない。添付のドレッシングは全量かける。
- ⑥2 日間の活動量は同程度とする。

データは平均値 ± 標準偏差で表した。2 日間の比較は *t* 検定 (一対の標本による平均の検定) を用いた。有意水準は 5% 以下とした。

3. 結果

糖類飲料を摂取した 60 分後 ($P < 0.001$) と食直前 ($P < 0.05$) に、血糖値は有意に上昇したが、値が 140 mg/dL を超える人はいなかった。昼食後の血糖値は、非糖類飲料を摂取した日と比較して、60 分 ($P < 0.01$)、90 分 ($P < 0.01$)、120 分 ($P < 0.05$) は、糖類飲料を摂取した方が有意に低かった (表 2, 図 1)。

食直前から食後 120 分までの血糖上昇曲線下面積は糖類飲料摂取時の方が有意に低く ($P < 0.001$)、全体が平坦化したと考えられる (図 2)。

4. 考察

本実験では 12 名中 11 名は運動と朝食摂取習慣があり、8 名は間食習慣がほとんどなく、7 名は BMI 25 未満であった。近年、野菜から食べ始め炭水化物を最後に摂る事により、食後血糖上昇を抑制

表 2 血糖測定の結果

(平均値 ± SD)

測定時間	砂糖	人工甘味料	<i>P</i> 値
食前 120 分	101 ± 9.8	102 ± 10	—
食前 60 分	116 ± 9.3	94 ± 9.4	***
食直前	100 ± 8.1	96 ± 11.3	*
食後 30 分	115 ± 12.4	116 ± 16.6	—
食後 60 分	155 ± 15.1	177 ± 21.6	**
食後 90 分	151 ± 22.3	179 ± 39.8	**
食後 120 分	141 ± 17.6	158 ± 28.9	*

(mg/dL)

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$ *** $P < 0.001$

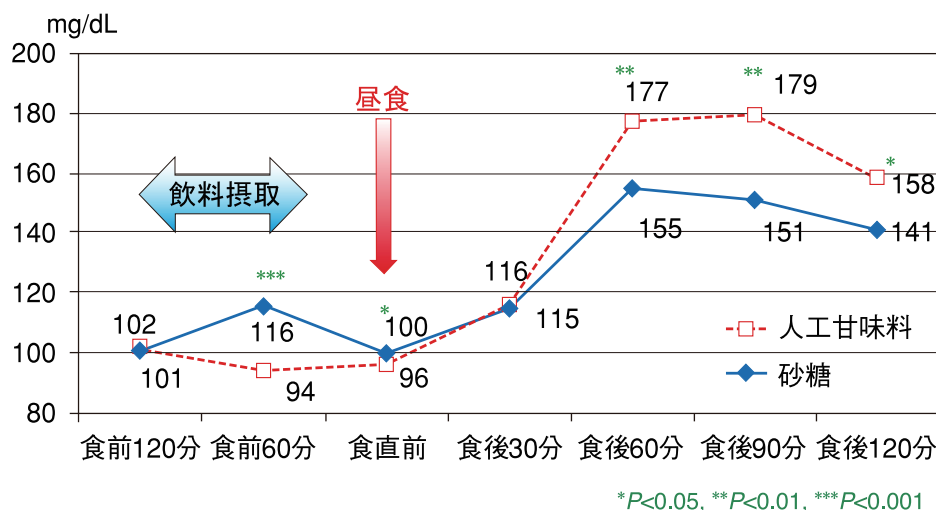


図1 血糖値推移の比較 (n=12)

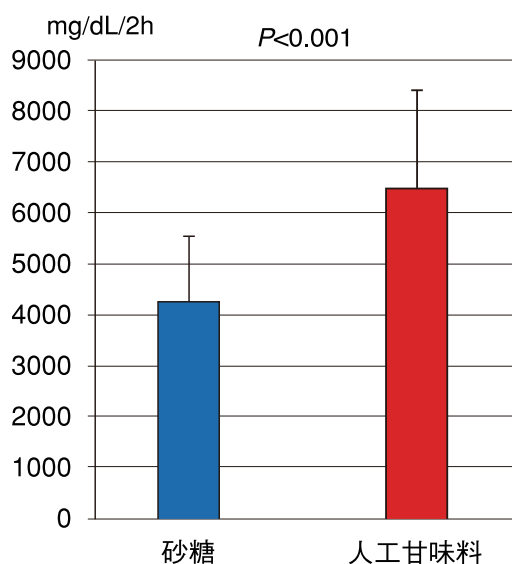


図2 血糖上昇曲線下面積 (食直前～食後120分)

する効果が報告されている^{6, 7)}。そのため、昼食は2回とも野菜から食べ始めたが、糖類の事前摂取がない時は食後血糖値が200 mg/dLを越えたものは4名いた。

ブドウ糖そのものを一定の時間を空けて2回経口摂取すると、2回目の血糖上昇が1回目より抑制されることが約100年前にHamman, Hirschman (1919), Staub (1921), Traugott (1922)により報告されている。その後の追試として行われた実験では、健常被験者に同量のブドウ糖を45分間空けて2回静脈注射した場合の血中ブドウ糖消失率を測定し、2回目の方が早く消失することが示された⁸⁾。本実験で使用した糖質と量は各回で異なっているが、1回目の負荷にあたる糖類(砂糖15g)

摂取から約45分後に、2回目の負荷である昼食を摂ったことで、1回目为非糖類であった時より、昼食後(炭水化物・約82g)の血糖上昇が抑制されたと考えられる。

また“少しずつ”糖類を摂取した先行研究に、健常被験者が50gのブドウ糖液を、5分間で飲む時と3.5時間かけて少しずつ飲む時を設定し、経口摂取開始4時間後から静脈内ブドウ糖負荷試験(IVGTT)を実施し比較した実験がある⁹⁾。結果は、少しずつ摂った方が5分間で摂った時よりIVGTT後の血糖値、インスリン、遊離脂肪酸は有意に抑制され、GIPは有意に上昇した。ブドウ糖液を5分間で経口摂取した時、インスリンは30分後に有意に急上昇したが、120分後には少しずつ摂取した時より低い値になり、インスリン上昇曲線下面積は、5分間で摂った時の方が有意に高かった。3.5時間かけて摂った時のインスリンは、摂取している間中わずかに上昇しただけであった。この研究では長時間にわたりブドウ糖を摂取した結果、最終的なインスリン上昇曲線下面積は50%以下に減少し、インスリン分泌が大きく節約できたことを明らかにしている。これらのことから、本実験は15gの砂糖であったが、60～75分間かけて“少しずつ”摂取したことも、昼食摂取後に血糖の上昇が抑制できた一因と考えられ、この摂り方による大幅なインスリンの上昇もなかった可能性がある。

食物繊維を多く含む朝食を摂ると、昼食後の血糖上昇が抑制されたことがJenkinsらによって報告され¹⁰⁾、セカンドミール効果として注目されている。

健常者を対象としたこの実験では、食物繊維を多く含む朝食の他に、①パン 280 g とチーズ等の朝食、② ①と同じものを 4 時間かけて少しずつ摂った朝食、③パン 70 g とチーズ等の朝食も比較している。結果は、①の食後血糖値は有意に上昇して昼食後再び上昇し、②は①と同じ朝食であったが 4 時間かけたことで血糖値は有意に上昇せず、昼食後も有意差はなかったものの再上昇は少なかった。パンの量を 1/4 に減らした③の朝食後の血糖値は有意に上昇しなかったが、昼食後の血糖値に至っては、最も有意に急上昇したことを報告している。

糖尿病のない肥満被験者を 2 グループに分け、一方には 8 g、もう一方は 16 g のブドウ糖液を 6 時間毎に経口摂取し、IVGTT を 60 分間隔で 3 回実施した Abaira らの実験では、16 g を摂取していたグループの方が、インスリン分泌量は 3 回目の IVGTT まで有意に持続していた¹¹⁾。

当社で実施した随時血糖検査において、血糖上昇抑制傾向があった市販飲料は“微糖”ではなく通常の甘さのコーヒーやカフェオレ、ミルクティーが多かった。原料の糖質は人工甘味料や果糖ブドウ糖液などの併記がない「砂糖」のみで、その量はおおよそ 12～20 g だった。そのため砂糖を「15 g」に設定し実験した結果、血糖上昇抑制効果がみられた。Jenkins, Abaira らの結果、そして今回の実験結果から食後の血糖上昇をより防ぐには、ある程度の糖類量が必要で、摂取にかかる時間も影響すると考えられる。

2 型糖尿病における異常は、グルコース濃度に応じたインスリン分泌の低下、 β 細胞数の減少、グルカゴン分泌の亢進である¹²⁾。また日本人の 2 型糖尿病患者では、インスリン分泌の低下、特にグルコースに対するインスリン初期分泌障害が認められている¹³⁾。

さらに経口ブドウ糖負荷試験 (OGTT) が正常型と判定された場合であっても、すでにインスリン分泌動態に異常が認められ分泌遅延を認めるケースや¹⁴⁾、肥満のない耐糖能異常 (IGT) では、初期のインスリン分泌不良だけでなく、初期の GLP-1 の反応低下も関連しているとの報告もある¹⁵⁾。非肥満の健常者と未治療糖尿病患者に 50 g ブドウ糖経口負荷試験を実施し、膵グルカゴンを測定した実験では、正常者は有意に低下し、軽症糖尿病患者 (空

腹時血糖値 140 mg/dL 未満) は有意ではないが低下、中等・重症糖尿病患者 (空腹時血糖 140 mg/dL 以上) は有意に低下せず逆に上昇する傾向があった¹⁶⁾。本実験は 15 g の砂糖を用いたが、今回の被験者でも軽症糖尿病の場合と同様に昼食前のグルカゴンは低下傾向を示した可能性がある。

IGT 被験者にジャガ芋、米、とうもろこし、パン、ブドウ糖を糖類 50 g になるよう調整して、それぞれを別の日に摂取し、グルカゴンを測定した実験では、全ての食品はグルカゴンを抑制したが、中でもブドウ糖が一番抑制した¹⁷⁾。グルカゴン分泌に関してはその最も有効な調節因子はグルコースであり、グルコースによってグルカゴンの分泌が抑制されることが分かっている¹⁸⁾。また、GLP-1 については GIP と協働して経口摂食に反応して、グルコース濃度に応じたインスリン分泌を増強する腸管インクレチンホルモンで、GLP-1、GIP いずれもグルコース刺激に伴うインスリン分泌を増強するとされている¹⁸⁾。これらはブドウ糖が血糖を上昇させるだけでなく、血糖上昇を抑制するホルモンの分泌にも大きな影響を与える因子であることを示している。今回の検討では砂糖の事前摂取により、血糖を上昇させるグルカゴンの分泌が抑制され、同時に血糖を下げるインスリン及びインクレチンホルモン (GLP-1, GIP) の分泌は促されたことで、糖類の総摂取量がより多くなったにも関わらず、昼食後の血糖上昇が抑制された可能性もあると考えられる。

本実験は食後の血糖上昇が少ない社員が、砂糖入りの市販飲料を「ちびちび飲んでいる」と一様に言っていた事がきっかけであった。近年、デスクワーク中パソコンの傍らに飲料を置き、ちびちびだらだと飲む人が増えていることがわかり、そこに着目した商品が発売されている^{19, 20)}。飲料を長時間に亘って摂取する習慣を持つ人が多いことが窺われ、それが砂糖入りであれば、本実験で示されたように食後の血糖上昇が抑制されている人がいるかもしれない。普段の保健指導では間食や糖類含有飲料は控えることを勧めている。しかし、今回の結果から糖類を食事前に少しずつ摂取した方が、返って食後高血糖を予防できるタイプの人がいることが明らかになり、それらを画一的に控えるよう指導することは妥当ではないかもしれない。

一方、2 型糖尿病被験者による 5g のブドウ糖を

食事の 30 分前に摂った実験では食後血糖上昇抑制の効果があつたグループとなかつたグループに分かれ、効果があるとはいひ難いものであつた²¹⁾。そのため、保健指導に活かすには、効果の期待できる対象者の見極めや最適な摂取方法、血糖コントロールを含む長期的な身体への影響の有無など、今後さらなる検討が必要と思われる。

まとめ

今回対象とした空腹時血糖、HbA1c が正常でも、随時血糖が 140 mg/dL 以上で IGT が疑われる者においては、食事の 2 時間前から砂糖が入った飲料を少しずつ摂取することにより、食後の血糖上昇を有意に抑制できた。食間の糖類含有飲料摂取がいわ

ゆるセカンドミール効果と同様に、次の食事による血糖上昇を抑制する可能性が示唆された。

[利益相反]

開示すべき利益相反関係はなし。

[謝辞]

研究方法やデータ解析、論文執筆等に多大なるご指導を賜りました国立がん研究センター中央病院 総合内科 大橋健 先生に心より感謝申し上げます。

(なお、本論文の概要は 2015 年 5 月の第 58 回日本糖尿病学会学術集会において発表した)

参考文献

1. 大村隆夫, 上田一雄他: 一般住民の 22 年間追跡調査における耐糖能異常と脳卒中発症の関連—久山町研究—. 糖尿病 **36**: 17-24, 1993.
2. M Tominaga, HEguchi, *et al.*: Impaired glucose tolerance is a risk factor for cardiovascular disease, but not impaired fasting glucose. The Funagata Diabetes Study. *Diabetes Care* **22**: 920-924, 1999.
3. 綿田裕孝: 炎症と動脈硬化. 糖尿病. 日本内科学会雑誌 **9**: 2010-2115, 2010.
4. 文部科学省 厚生労働省 農林水産省. 食生活指針の解説要領. 2016.
5. 運動基準・運動指針の改定に関する検討会: 健康づくりのための身体活動基準. 厚生労働省. 2013.
6. 今井佐恵子, 松田美久子他: 糖尿病患者における食品の摂取順序による食後血糖上昇抑制効果. 糖尿病 **53**: 112-115, 2010.
7. 古賀克彦: 食事の摂取順序による血糖値への影響. 長崎女子短期大学紀要 **40**: 70-74, 2015.
8. Szabo AJ, Maier JJ, *et al.*: Improved glucose disappearance following repeated glucose administration. Serum insulin growth hormone and free fatty acid levels during the Staub-traugott effect. *Diabetes* **18**: 232-237, 1969.
9. Jenkins DJ, Wolever TM, *et al.*: Metabolic Effects of Reducing Rate of Glucose Ingestion by Single Bolus Versus Continuous Sipping. *Diabetes* **39**: 775-781, 1990.
10. Jenkins DJ, Wolever TM, *et al.*: Slow release dietary carbohydrate improves second meal tolerance. *Am. J. Clin. Nutr.* **35**: 1339-1346, 1982.
11. Abaira C, Lawrence AM: Preservation of glucose tolerance and insulin secretory response to repeated glucose levels by the feeding of minimal glucose during prolonged fasting. *Metabolism* **30**: 1200-1208, 1981.
12. 石原寿光: インスリン・グルカゴン分泌機構から見た 2 型糖尿病治療. 糖尿病の進歩 **45**: 297-300, 2011.
13. 清野裕: 2 型糖尿病の病態と発症機構. 日本内科学会雑誌 **93**: 1749-1760, 2004.
14. 田邊真帆, 荒瀬康司他: OGTT で正常型と判定された症例のインスリン動態について. 人間ドック **26**: 601-606, 2011.
15. Rask E, Olsson T, *et al.*: Insulin secretion and incretin hormones after oral glucose in non-obese subjects with impaired glucose tolerance. *Metabolism* **53**: 624-631, 2004.
16. 倉八博之, 桜井英雄他: 糖尿病患者の 50 g ブドウ糖経口負荷時の膵グルカゴン反応について. 糖尿病 **18**: 499-505, 1975.
17. PA Crapo, OG Kolterman, *et al.*: Postprandial hormonal responses to different types of complex carbohydrate in individuals with impaired glucose tolerance. *Am. J. Clin. Nutr.* **33**: 1723-1728, 1980.
18. Joel F. Habener, Timothy J. Kieffer: グルカゴンとグルカゴン様ペプチド. 金澤康徳, 春日雅人他: ジョスリン糖尿病学 第 2 版. メディカル・サイエンス・インターナショナル 199-214, 2007.
19. 朝日新聞東京本社版朝刊, 2017 年 5 月 24 日, 10 面.
20. 朝日新聞東京本社版朝刊, 2019 年 7 月 3 日, 6 面.
21. Grill V, Adamson U, *et al.*: Effect of previous intake of glucose on postprandial hyperglycemia in type 2 diabetics. *Acta Med Scand* **217**: 41-45, 1985.

ウェブプログラミング入門 ー発酵食品データベースを例にしてー

Introduction to Web Development

曲山 幸生 (MAGARIYAMA Yukio)*

Key Words : ウェブアプリケーション, HTML, CSS, JavaScript, PHP, Ajax, 発酵食品データベース

はじめに

著者は「発酵食品データベース」^{1,2)}の公開を通じ、データベースを使ったウェブアプリケーションの開発を経験した。それまでICTに関して体系的な学習をしたことがなかったが、拙いとはいえ、独学で一応利用してもらえものを作り上げたことで、達成感を味わうことができた。この経験を本誌編集長に認めていただき、2年前に「リレーショナルデータベースの初歩的解説」というタイトルで、データベースに関する知識がない人に向けてデータベースの概要について紹介する機会をいただいた³⁾。本誌読者の中に、データベースを仕事に活かせないかと考えるきっかけになった人がいれば、たいへん幸せである。

今回は、「ウェブプログラミング」、つまり、データベース等を利用するウェブアプリケーションの開発について解説する。これまでウェブプログラミングはビジネスを目的に大規模に実施するという方向で発展してきたが、技術の進展により、逆に小規模な開発を簡単に達成するという方向も見えてきている。今後は、例えば研究者自身がその成果を公開するといった、小規模なウェブアプリケーションを手軽に開発する時代が来るかもしれない。ICTになじみのない読者にそのような状況を感じてもらおうことが本記事の目的のひとつでもあるので、一字一句にこだわらず気軽に読んでいただきたい。

インターネット利用の現状

さて、現在の社会状況を眺めてみると、2019年の年末に中国で発生した新型コロナウイルスの感染症によって、2020年の世界はそれまでとすっかり違う生活を強いられるようになっている。救いだったのは、ネットワークを利用する技術がすでに準備できていたことである。例えば、それまでに多くの会社で利用されていた共有文書管理システムやプロジェクト開発システム等を備えたグループウェアが、短期間で在宅勤務に対応するように拡張・カスタマイズされ、職種によっては自宅等でも会社とあまり変わらない効率で仕事ができるようになった。また、「会議は対面」という常識も一気に変わり、今ではオンライン会議の方が普通に感じられる。もちろん、コロナ禍とは関係なく、様々なSNS、オンラインストレージサービス、IoT等、新しいインターネット利用サービスが次々に開発され、提供されているのは、ご存じのとおりである。インターネット利用を中心にしたICTの分野では、様々なサービスが生まれ、進化し続けている。

翻って、インターネットの歴史の初期(1980年代)には、電子メール(双方向)、ニュース配信(配信)、ウェブページ(配信)程度のサービスしかなかった。本記事で対象とするのは、この古いサービスの中の一つであるウェブページである。しかし、これらのサービスは、形をかなり変えてはいても、今でもその重要性に陰りはなく、関係者の先見の明に感心する。これからもウェブプログラミングは知ってお

曲山 幸生 (Yukio Magariyama)* (責任著者) E-mail: maga@affrc.go.jp

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 食品研究部門

研究推進部 研究推進室 (〒305-8642 茨城県つくば市観音台 2-1-12)

く価値があると思う。

発酵食品データベース

例として採り上げる「発酵食品データベース」は、2019年3月に <https://ffdb-web.dc.affrc.go.jp/> で公開された。日本全国の様々なところに散在している多様な発酵食品に関する情報を多面的な視点で収集・保存し、発酵食品関係者に活用してもらうことを目的にしている。発酵食品に関係することなら、とりあえずこのデータベースにアクセスすれば、目指す情報がどこにあるのかを知ることができるようにしたいと考えて開発した。対象としているデータの種類は、発酵食品、発酵食品に含まれる成分、発酵食品を使った製品、発酵食品製造で発生する副産物、発酵食品製造で使われる微生物株や複合微生物系、発酵食品を製造するための原材料、発酵食品に関する場所・時・人・行事等で、これらのデータに言及した論文・書籍・特許等の文献、これらのデータの問合せ先も含まれている。データの収集登録作業に基準を設けているので、「発酵食品データベースとは発酵食品に関する信頼できる情報だけを対象にしたポータルサイトである」と言える。

これまで発酵食品データベースを運用していたサーバーが閉鎖されることになり、2020年初めに新しいサーバーに移行することが決まった。期限は2021年2月までだった。利用者にとってこのような事情は関係ないことだが、管理者にとっては大きな節目となる一大事業である。著者らはこれを好機として、約1年の期間を利用して、システムの見直しを行い、内部的には大きな改版を実施した。ただし、従来の利用者に極力迷惑が掛から

ないように、ユーザーインターフェースの変更は最小限にとどめた。公開したのは2021年2月1日である⁵⁾。本記事ではこの経験によって得られた知識も含まれている。

1. ウェブプログラミングとは

ウェブ (WWW; World Wide Web) とはインターネット上で提供される文書の閲覧システムのことである。ウェブサーバーが提供する文書(「ウェブページ」、複数のウェブページから構成される場合は「ウェブサイト」)がインターネットを介して利用者のPC等へ送られ、ウェブブラウザで利用者が閲覧できる仕組みになっている(図1)。ウェブサーバーはウェブページの情報を保存しており、クライアント(利用者のPC等)のウェブブラウザから要請があったときに該当する情報を送信する。ウェブブラウザは受信した情報を解釈して、利用者が読める形に変換してモニター上に表示する。世界中で誰もが同じように利用できるのはウェブが共通のルールに則っているからだ。そのルール(標準規格)を決めているのが「World Wide Web Consortium (W3C)」という非営利団体である。現状、主要なウェブブラウザはW3Cの標準規格⁴⁾に準拠している。意図どおりにウェブページを表示させるためには、ウェブページ提供者側もこれに従わなければならない。

初期のウェブページは、印刷物の文書と同様に、動きのないものだった。しかし、ウェブサーバーもウェブブラウザが動作するPC等もコンピューターであり、プログラムにより動的に変化するものに対応できる能力はあったので、自然にその方向へ

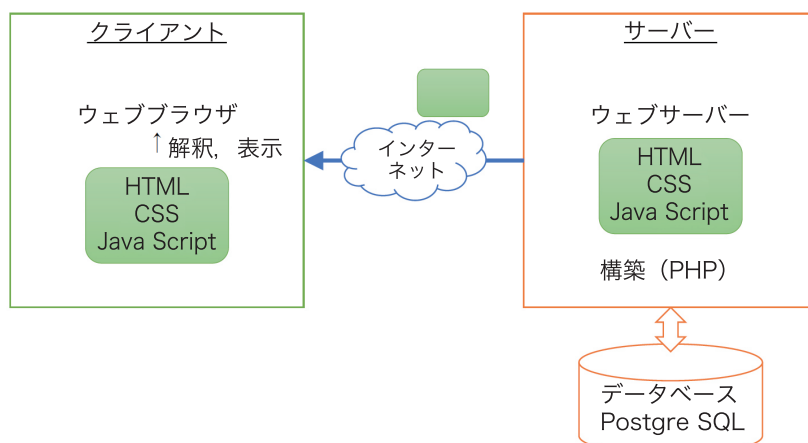


図1 ウェブの仕組み

進化してきた。例えば、新着情報等で見られるような、スクロールによって隠れていた情報にアクセスできるようにする機能や、画面の大きさによって表示レイアウトを変える機能のように、動的なウェブページは利用者にとってメリットが大きい。また、大量のデータが登録されているデータベースでは、ウェブページにそのすべてを表示することは現実的ではない。そのような場合には、データの一部を抽出する過程が必須であるため、プログラムを使用する必要がある。このように動的に変化するウェブページをウェブアプリケーションと呼ぶことが多く、ウェブアプリケーションの開発を「ウェブプログラミング」と言う。

2. 基本設計

ウェブプログラミングは、作りたいものが頭に浮かんだ時から始まる。発酵食品データベースの場合も、前述したように、発酵食品関係者の役に立つ多様なデータを収集し、それを検索しやすい形で公開するという目的が決まった時から、ウェブプログラミングの作業が始まった。すべての開発で基本設計がその製品の良し悪しをほとんど決めてしまう。発酵食品データベースの場合、どのようなデータをどのような構造に整理してデータベースを構築するか、そのデータベースに蓄積されたデータをどのようにブラウザ上で表示するか、等を決定することが基本設計だが、それを実際に実現できるかどうかは開発者の技術力に依る。実際、私たちの技術力は低かったのも、それに見合った設計にならざるを得なかった。しかし、関連付けられた複数種類のデータを対象としながらも、できるだけシンプルで直感的に操作できるアプリケーションにするという方針はぶれることはなかった。

上述したように、データベースの設計もウェブプログラミングの一部だが、すでに本誌で2年前に解説したので本記事の対象から除く。ここでは、狭い意味でのプログラミング（コーディング）に絞って基本的な事項について解説する。

3. コーディング

コーディングの解説をする前に、もう一度、データベースを含んだウェブの仕組み（図1）について概観する。ウェブページが利用者のPC（クライ

アント）に表示されるまでの手順は次のとおりである。

- ①（クライアント）利用者がウェブブラウザに表示したいURLを入力する。
- ②（クライアント）ウェブブラウザが該当するサーバーを探し出し、該当するウェブページの情報を要求する。
- ③（サーバー）ウェブサーバーが要求されたウェブページの情報一式（HTML、CSS、JavaScript、画像等のコンテンツ、等のファイル）を準備する。HTML ファイルを準備する際に、サーバー内データベースへのアクセスや、外部のサーバーへのアクセスが必要な場合もある。
- ④（サーバー）ウェブサーバーが要求元に情報一式を送信する。
- ⑤（クライアント）ウェブブラウザが受け取った情報を解釈し、モニターに表示する。

ウェブページの情報には、HTML、CSS、JavaScript、画像や動画等のページ内コンテンツが含まれている。そのうち、HTML はウェブページの基本構造、CSS はウェブページの見え目、JavaScript は利用者の操作に対する対応に関する情報を担っている。クライアントのウェブブラウザがこれらのファイルを解釈して表示するので、これらのファイルを構築することをクライアントサイドプログラミングと呼ぶこともある。一方、HTML を構築するためのプログラムを作成する作業は、データベースを操作する等の処理が含まれるので、サーバーサイドプログラミングと呼ばれる。発酵食品データベースでは、サーバーサイドプログラミングに PHP を利用しているが、サーバーによっては、Ruby、Python、Java 等、他の言語が使用されていることもある。

本記事では発酵食品データベースの開発に関係した、HTML、CSS、JavaScript、PHP に絞って解説する。

1) HTML と CSS

HTML を省略しないで書くと「Hyper Text Markup Language」である。プログラミング言語ではなく、ブラウザに読み込ませるための文書の文法体系と考えた方がよい。Hyper Text（ハイパーテキスト）というのは、ウェブページどうしを結び付けることができる仕組みを持った文書のことであり、具体的には、文書内の特定の文字列から他のページに移動できる「リンク」機能を持った文書である。

表1 簡単な HTML 文書の例

```

<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <title>テスト</title>
  </head>
  <body>
    <h1>見出し</h1>
    <p>テスト本文</p>
  </body>
</html>

```

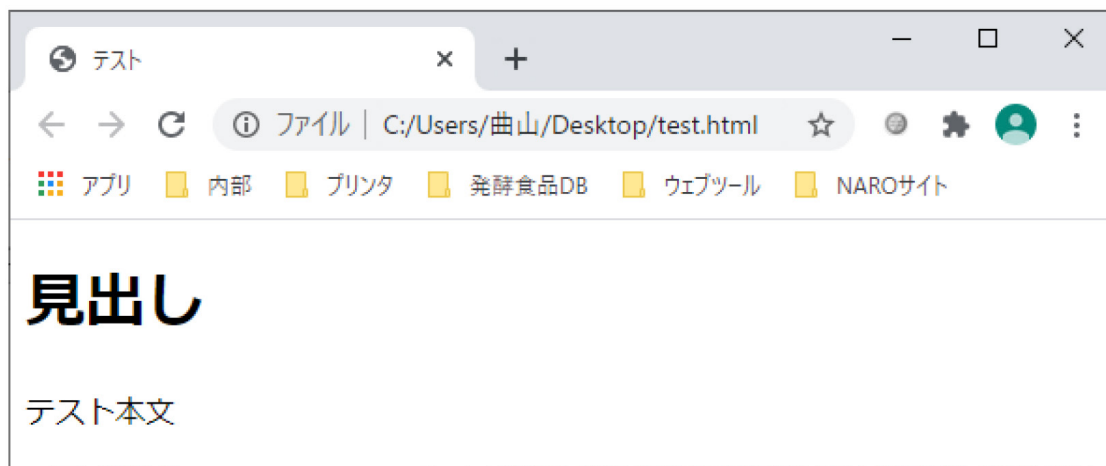


図2 表1のHTML文書をブラウザで表示した例

Markup（マークアップ）とは文書の各部分にその役割を示す目印を付けることであり、マークアップされた部分を element（要素）と言う。つまり、HTML 文書は要素の集合である。

表1に簡単なHTML文書の例を示した。この文書を test.html というファイル名で保存し、ブラウザ（Google Chrome）で表示すると図2のようになる。基本的なHTML文書には見た目に関する情報が含まれていないので、この場合はブラウザのデフォルトの見た目が採用されている。

この文書の説明は次のとおりである。

- ・1行目の「<!DOCTYPE html>」は、HTML文書（HTMLのバージョン⁵⁾であることを示す宣言文である。
- ・2行目の「<html>」と最終行の「</html>」に挟まれた部分がHTML文書そのものを示す要素で、他の種類の要素も、多くは開始タグと終了タグで挟んで示される。html要素には、head要素（ヘッダー情報）とbody要素（ブラウザに表示される文書の本体）がそれぞれ一つずつ含まれる。
- ・title要素は文書のタイトルを示し、ブラウザの

タブに表示される。

- ・h1要素は見出しを示す。
- ・p要素は一つの段落（Paragraph）であることを表す。

発酵食品データベースの場合は、この例よりもずっと多くの要素から構成されており、通常見かけるウェブページも同様である。複雑な構成になるほど、ウェブページの構造をわかりやすくするために、要素を階層化し、ブロックごとに記述する必要がある。HTMLの規則もその方向に発展し、最新バージョン（HTML5）では、header要素（ヘッダーブロックに対応）、section要素（セクションブロックに対応）、article要素（記事ブロックに対応）、nav要素（ナビゲーションブロックに対応）、footer要素（フッターブロックに対応）等が追加されている。従来はあらゆるブロックをdiv要素として記述していたため、要素名からそのブロックの意味を想像することはできなかったのに対して、新しいバージョンでは、そのブロックの性質が要素名から推察できるように記述でき、逆に、できる限りそのように記述すべきであるとされた。

The screenshot shows the '発酵食品データベース' (Fermented Food Database) website. Red boxes and arrows highlight specific HTML block elements:

- Header:** A red box at the top of the page content is labeled `<header>.....</header>`.
- Section:** A red box around the main data table is labeled `<section id="data">.....</section>`.
- Footer:** A red box at the bottom of the page is labeled `<footer>.....</footer>`.

The main data table displays details for 'そばみそ' (Soba Miso):

項目	内容
食品名	そばみそ
大分類	味噌
小分類	味噌全般
地方	-
都道府県	- (-)
地域	
備考	
登録日	2012-08-09
最終更新日	2018-03-26

Below the table, the '関連件数' (Number of Related Items) are listed:

原材料食品	派生製品	関連微生物	関連原材料	関連食文化
0	0	0	0	0

Additional related items are shown below:

関連文献	関連問合せ先	関連ファイル	関連機能
2	0	0	0

図3 発酵食品データベースの表示ブロック要素の例

表2 簡単な HTML 文書の例 (2)

<pre><!DOCTYPE html> <html> <head> <title>テスト</title> <link rel="stylesheet" href="test.css"> </head> <body> <h1>見出し</h1> <p>テスト 本文</p> </body> </html></pre>

表3 簡単な CSS の例

<pre>h1 { text-align: center; } span.test { text-decoration: underline; font-size: 1.5rem; }</pre>

図3は、発酵食品データベースの表示と HTML 要素の対応の一部を示したものである。発酵食品データベースのデータ表示ページは、ヘッダー部分、抽出条件部分、一覧部分、単票部分、フッター部分から構成されている。ヘッダー部分にはタイトルとデータ種類ごとの登録件数が表示されているが、HTML 文書ではそれらが header 要素に記述してある。単票部分は“data”という id 属性で特定された section 要素に、フッター部分は footer 要素に記述してある。図3には示していないが、抽出条件部分

は“condition”という id 属性で特定された section 要素、一覧部分は“list”という id 属性で特定された section 要素に記述してある。

ブラウザ固有のデフォルトの見た目設定で、図3のような見やすい見た目にすることはできない。独自の見た目設定は、CSS (Cascading Style Sheets) を利用する。例えば、表1の HTML 文書に独自の見た目を適用したい場合、head 要素内に link 要素を追加して、独自の見た目を記述した CSS ファイルを指定する(表2)。表3は表2用に見た目を記述したファイルで、その内容は次のとおりである。

- ・ h1 要素は中央揃えにする。
- ・ test というクラス属性を持つ span 要素は、下線付き文字に、文字サイズを 1.5 倍にする。

表2の HTML 文書の表示は、図4のとおりである。ここで紹介したのは HTML と CSS に関する情報のほんの一端だが、基本的な考え方はこれだけである。他の情報 (HTML の他の要素、CSS の他の見

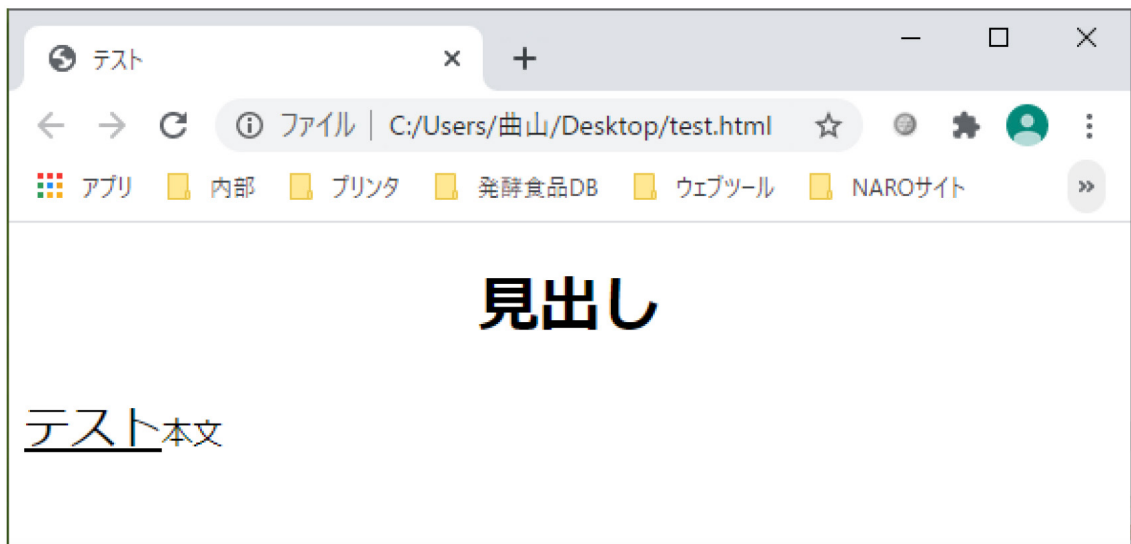


図4 表2の HTML 文書をブラウザで表示した例

た目の記述方法, 等) を入手するには, 発酵食品データベースの開発でも利用したウェブサイト「HTML クイックリファレンス」⁵⁾ がたいへん便利である。

なお, 「<h1 style="text-align: center;">」「」のように, HTML 文書内に見た目の記述をすることも可能

だが, 管理が煩雑になるので, CSS を別ファイルにする方が標準的である。

2) JavaScript

ウェブアプリケーションでは, ブラウザーが何らかのきっかけ (利用者のマウス操作等, 「イベント」

The screenshot shows a web browser window with the URL `ffdb-pub.rad.naro.go.jp/data-sheet.php`. The page is titled '発酵食品データベース: 食品ページ' and contains a search and data display interface.

抽出条件 (Filtering):

- 抽出条件変更 (Change filter conditions)
- 関連元 (Related source)
- 再読み込み (Reload)
- 関連元データ種類: - (Related source data type)
- 関連元データ名: - (Related source data name)

食品一覧 (Food List):

選択レコード: 5/2601

Navigation buttons: Previous, First, Previous, Next, Last, Next

- 1: そばみそ <味噌全般>
- 2: ちんた味噌 <味噌全般>
- 3: にいら溜り <味噌全般>
- 4: ねかしみそ <味噌全般>
- 5: みそ <味噌全般>
- 6: オンチヨム <味噌全般>
- 7: コチュジャン <味噌全般>
- 8: ソテツみそ <味噌全般>
- 9: ヒエ味噌 <味噌全般>
- 10: ラッカセイみそ <味噌全般>
- 11: 陰鼓 <味噌全般>
- 12: 陰油 <味噌全般>
- 13: 宇都宮みそ <味噌全般>
- 14: 永川香油豆瓣醬 (ユンツァンパイションユー) <味噌全般>
- 15: 永川豆鼓 <味噌全般>
- 16: 黄醬 (ファンジャン) <味噌全般>
- 17: 加温醸造みそ <味噌全般>
- 18: 花みそ <味噌全般>
- 19: 開封西瓜豆鼓 <味噌全般>
- 20: 干豆鼓 (カントウチー) <味噌全般>
- 21: 宮みそ <味噌全般>
- 22: 桐郷辣醬 (トンシャンラージャン) <味噌全般>
- 23: 元蒜醬 (ユアンサンジャン) <味噌全般>
- 24: 元辣醬 (ユアンラージャン) <味噌全般>
- 25: 減塩味噌 <味噌全般>
- 26: 胡玉美豆瓣辣醬 (フーウィメイ) <味噌全般>

食品データ (Food Data):

選択レコード: 5/2601

項目	内容
食品名	みそ
大分類	味噌
小分類	味噌全般
地方	-
都道府県	- (-)
地域	
備考	(みそ品質表示基準より) 次に掲げるものであって、半固体状のものをいう。1 大豆若しくは大豆及び米、麦等の穀類を蒸煮したものに、米、麦等の穀類を蒸煮してこうじ菌を培養したものを加えたもの又は大豆を蒸煮してこうじ菌を培養したものの若しくはこれに米、麦等の穀類を蒸煮したものを加えたものに食塩を混合し、これを発酵させ、及び熟成させたもの 2 1 に砂糖類 (砂糖、糖みつ及び糖類をいう。)、風味原料 (かつおぶし、煮干 魚類、こんぶ等の粉末又は抽出濃縮物、魚 醤 油、たん白加水分解物、酵母エキスその他これらに類する食品をいう。以下同じ。) 等を加えたもの (みその表示に係る法律) 食品衛生法、栄養表示基準、JAS法、景品表示法、計量法、製造物責任法、リサイクル法 (みそ業界の表示規制) みその表示に関する公正競争規約 (みそ機能) 変異原物質吸着性 味噌乳酸菌細胞、細胞壁成分、ペプチドグリカンがTrp-P2を90%以上吸着。ラジカル補足能、遺伝子酸化損傷抑制 抗菌作用 (カビ、酵母、バクテリア) チロシナーゼ活性阻害、リパーゼ活性阻害、女性ホルモン幼作用、抗ガン性、抗菌性、免疫賦活作用、フリーラジカル消去能、放射性物質除去効果、胃潰瘍防止効果、放射性物質排泄促進作用、腸粘膜障害回復効果、肝ガン抑制効果 金属吸収・排泄調節作用 肝臓機能促進作用、生体防御機能賦活作用、生体調節機能 味噌摂取と妊娠中の抑うつ症状との間に有意な正の暴露-反応関係が見出された。アポトーシス抑制
登録日	2012-01-01
最終更新日	2012-05-28
関連件数	

図5 発酵食品データベースで一覧を表示した画面例

その一部)が表示され、選択された食品(この例では、みそ)の詳細な情報が右側の単票部分に表示されている。この表示方法は全体像を把握しやすいので、発酵食品データベースで初期画面として採用している。しかし、タブレットやスマホなど、画面の幅が狭いデバイスでは、単票部分の表示幅を確保したいという要望もある。そこで、一覧部分の右上に

ボタンを設け、これをクリックすることによって、一覧部分の表示／非表示を切り替えることができるようにしている。つまり、図5の☒ボタンをクリックすると図6に表示が切り替わり、図6の☑ボタンをクリックすると図5に戻る。

この機能が発酵食品データベースでどのように実現されているのかを、以下に説明する。

表4 図5 ページの一覧部分のソースリスト

```
<!-- 一覧部 -->
<section id="list">
  <div id="list-head">
    <h3 class="compress"> 食品一覧 </h3>
    <div class="icon-button">
      <button id="compress" class="icon" type="button">
        <i class="fas fa-compress-alt"></i>
      </button>
      <p class="not-show"> 非表示 </p>
    </div>
    <div class="icon-button">
      <button id="expand" class="icon not-show" type="button">
        <i class="fas fa-expand-alt"></i>
      </button>
      <p class="not-show"> 表示 </p>
    </div>
  </div>
</section>
(中略)
```

表5 表示／非表示のための JavaScript コード

```
/* 「非表示」 ボタンをクリックした時 */
$("#compress").click(function() {
  $(this).addClass("not-show");
  $("#expand").removeClass("not-show");
  $(".compress").hide();
  $("#list").css("width","4rem");
  $("#data").css("width","calc(100% - 5rem)");
});

/* 「表示」 ボタンをクリックした時 */
$("#expand").click(function() {
  $(this).addClass("not-show");
  $("#compress").removeClass("not-show");
  $(".compress").show();
  $("#list").css("width","30%");
  $("#data").css("width","calc(70% - 1rem)");
});
```

表6 JavaScript ファイルの組込み例

```
<script
src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/3.5.1/jquery.min.js"></script>
<script src="./js/data-sheet.js"></script>
```

表4は一覧部分のHTMLソースリストである。表示／非表示を切り替えたい要素には“compress”というクラス属性を付与し、表示切り替え操作はその目印が付けられた要素に対して実行する。表5は表示／非表示操作を実行するためのJavaScriptソースリストである。例えば、5行目の「\$(".compress").hide();」は「“compress”というクラス属性を持った要素を非表示にする」という命令である。表6は、独自に開発したJavaScriptプログラムを記述したファイル（2行目の「./js/data-sheet.js」）を組み込むためのHTMLソースリストである。

ちなみに、発酵食品データベースではHTML要素を簡単に扱うことができるようにしたjQueryというJavaScriptのライブラリを利用している。「\$(".compress").hide();」もjQueryによる記述である。jQueryを利用するためには、表6の1行目のように、その本体（「https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/3.5.1/jquery.min.js」）を読み込む必要がある。独自の動作を記述したJavaScriptファイルの読み込みは2行目で指定している。

3) PHP

PHP (Hypertext Preprocessor) はHTML文書の構築に用いるプログラミング言語であると、前に述べた。発酵食品データベースは、トップページ (index.php) とデータ表示ページ (data-sheet.php) の二つのウェブページから構成されている。しかし、データ表示ページに実際に表示される内容は、データの種類、抽出条件、表示すべきデータの番号によって、千差万別である。それぞれに対して別々のHTML文書を用意するのは想像上では可能でも、登録データの件数ごとにファイルを作成するとしてもその数は膨大になってしまい、現実には不可能である。PHPのようなHTML構築用のプログラミング言語がなければ、発酵食品データベースを開発することはできなかった。

以下に、PHP (HTML構築用プログラミング言語) が必須であることを、図3のヘッダー部分のコードを例にして説明する。

表7はクライアントのウェブブラウザが受け取るヘッダー部分のHTMLソースリストだが、8個のデータ種類別登録件数のボタンを表示するために、4行1単位のコードが10個並んでいる。一方、サー

バーのPHPプログラムは、同じことを繰り返す処理（ひとつめの「<?php」からふたつめの「?>」まで）によって、そのボタン部分を短く記述でき、わかりやすい（表8）。定数 (FFDB_TABLES) や関数 (h() と \$objDataCounts->getCount()) の定義は別の場所に記述してあり、小さなブロックごとに分割して管理するようになっていることも、わかりやすくするための一因である。わかりやすさは、大規模なシステムの開発と保守に必須要件である。

さらに重要なことは、更新頻度を劇的に減少できたり、更新の作業を軽減できたりするという点である。データの登録件数は随時更新されていくために、PHPを使わなければ、その都度HTML文書を書き換える必要が生じる。PHPを使えば、ウェブページが呼び出されるたびに、関数「\$objDataCounts->getCount(\$key)」がデータベースに接続し登録件数を取得するので、プログラム自体を書き換える必要はない。また、何らかの事情で登録件数を表示させないことになった場合には、10箇所の登録件数表示に対する処置としてプログラムの該当箇所（ふたつめのp要素）を1箇所削除するだけでよい。

上述したとおり、PHPはHTML構築にたいへん便利だが、さらに、その記述法もHTML文書に融合する形式になっており、ウェブプログラミングに適したものになっている。PHPプログラム部分は「<?php」と「?>」で挟んで、HTML部分と区別する。発酵食品データベースでは、単純に値を出力する場合はHTMLの行内に、アルゴリズムに関するPHPプログラムはHTMLとは別の行に記述するようにして、理解しやすいコードになるよう留意した。

4) Ajax

ここまで、ウェブでは、サーバーがウェブページの情報一式 (HTML, CSS, JavaScript, 等) を準備しクライアントに送信し、ウェブブラウザはそれを解釈し表示するだけだと説明してきた。しかし、クライアント側のPC等の処理能力の向上とサーバーの負荷増大という傾向から、サーバーからウェブページの情報の一部 (HTMLでなくてもよい) を受取り、クライアント側でHTML文書（の一部）を構築するというプログラミング手法の利用が進んでいる。この手法をAjax (Asynchronous JavaScript + XML) と呼び、今回の発酵食品データベースの

表7 ヘッダー部分のHTML ソースリスト

```

<header>
  <h1><a href="./index.php"> 発酵食品データベース </a></h1>
  <nav id="head-menus">
    <button type="button" class="count" name=" 食品 ">
      <p> 食品 </p>
      <p>2601</p>
    </button>
    <button type="button" class="count" name=" 微生物 ">
      <p> 微生物 </p>
      <p>698</p>
    </button>
    <button type="button" class="count" name=" 原材料 ">
      <p> 原材料 </p>
      <p>1083</p>
    </button>
    <button type="button" class="count" name=" 食文化 ">
      <p> 食文化 </p>
      <p>675</p>
    </button>
    <button type="button" class="count" name=" 文献 ">
      <p> 文献 </p>
      <p>19381</p>
    </button>
    <button type="button" class="count" name=" 問合せ先 ">
      <p> 問合せ先 </p>
      <p>999</p>
    </button>
    <button type="button" class="count" name=" ファイル ">
      <p> ファイル </p>
      <p>3</p>
    </button>
    <button type="button" class="count" name=" 機能 ">
      <p> 機能 </p>
      <p>20</p>
    </button>
  </nav>
</header>

```

表8 PHP を用いた HTML 文書の構築

```

<header>
  <h1><a href="./index.php"> 発酵食品データベース </a></h1>
  <nav id="head-menus">
    <?php
      foreach (FFDB_TABLES as $key => $val):
    ?>
      <button type="button" class="count" name="<?php echo h($key); ?>">
        <p><?php echo h($key); ?></p>
        <p><?php echo h($objDataCounts->getCount($key)); ?></p>
      </button>
    <?php
      endforeach;
    ?>
  </nav>
</header>

```

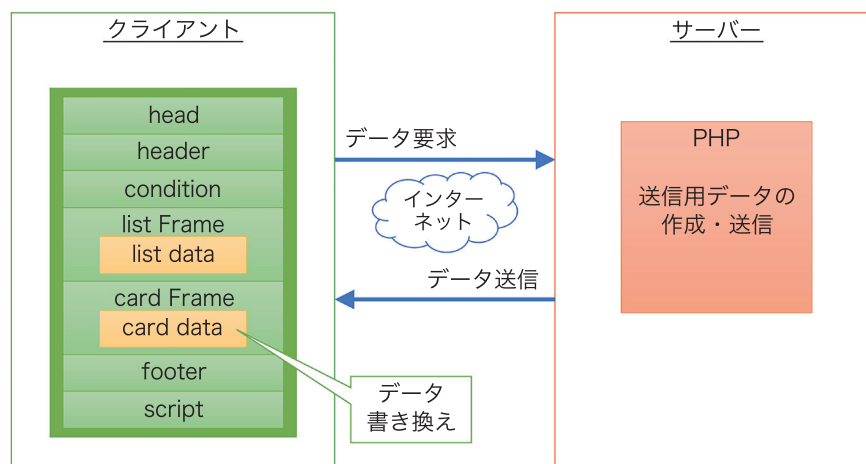


図7 発酵食品データベースの Ajax 利用例（イメージ）

改版でも新たに導入した。Ajax の典型的な利用例は地図アプリケーションである。Ajax を利用しない場合、地図の表示位置をずらすたびに、画面全体をサーバーが作成し、ウェブブラウザで表示される。このやり方では、前の画面が一度消えて、新しい画面を表示することになるため、操作感がたいへん悪かった。一方、Ajax を利用した場合には、ウェブブラウザは、ずれた分の領域の情報だけをサーバーから受取り、その領域だけを新たに表示すればよい。大部分の領域は操作する必要がなく、処理時間が短くなるために、利用者は円滑に作業できるようになった。

発酵食品データベースも、地図アプリケーションと同様に、ウェブページの一部だけを書き換えたいという場合がある。例えば、選択データ（単票に表示されているデータ）を一覧中の別のデータに移動

する場合で、新しく単票に表示する情報だけをサーバーから送信してもらえれば、ウェブブラウザが単票部分をその情報に置き換えて表示することが可能である。サーバーは、ヘッダーに表示されているデータ種類別登録件数を取得したり、抽出条件に応じて一覧情報を取得したりという、時間のかかる作業から解放される。このような状況を考慮した結果、改版にあたって、Ajax を採用することにした。

発酵食品データベースにおける Ajax の例として、単票データの書き換えについて紹介する（図7）。単票データを書き換える必要が生じたとき、ウェブブラウザは JavaScript プログラム（表9）にしたがって、サーバーに単票データを送信するように要求する。「\$.post({url: './ajax-card.php', data: {'cardParam': JSON.stringify(objInputParam)}, dataType: 'json'},)」がそれに対応する部分で、サーバーに対して引数

表9 単票データを記入する JavaScript の関数

```

/* 関数：単票データの記入 */
function fillOutCard() {
  | (中略)
  $.post({
    url: './ajax-card.php',
    data: {'cardParam': JSON.stringify(objInputParam)},
    dataType: 'json',
  })
  .done(function(data) {
    (サーバーからの情報取得後の処理)
  })
  .fail(function(XMLHttpRequest, textStatus, errorThrown) {
    (サーバーからの情報取得失敗時の処理)
  });
}

```

表 10 単票データを取得, 送信する PHP の API

```

<?php
header('Content-Type: application/json; charset=UTF-8');
(中略)
$jsonCardParam = filter_input(INPUT_POST, 'cardParam');
$cardParam = json_decode($jsonCardParam, true);
(単票データの取得処理)
echo json_encode($arrCardData);
exit;
?>

```

cardParam を付けて ajax-card.php を起動し json 形式でデータを返すように要求している。サーバーはそれを受けて ajax-card.php (表 10) を起動し、引数 cardParam をもとに該当する単票データを取得し、そのデータを json 形式に変換して送り返す。ウェブブラウザは、戻ってきたデータをもとに単票データを書き換える (表 9 の .done(function(data){...}) の部分)。クライアントとサーバーが協調した一連の作業は、このようにして実行される。この手法を採用したことにより、単票データの書き換えに際し、それ以外のヘッダー部分、抽出条件部分、一覧部分、フッター部分の書き換え (情報取得を含む) がなくなり、迅速な表示更新を実現できるようになった。この効果は特に一覧の最後の方のデータを表示する場合に顕著にみられた。

おわりに

インターネットサービスの中では長い歴史を持つウェブは、単純な静的な文書がインターネットで利用されていた初期の時代から、次第にアプリケーションと呼ぶのにふさわしい動的なコンテンツの提供へと進化してきた。その過程でウェブプログラミング手法も大きく変革してきたが、現在も急速な進化の途上にある。数年経つと、本記事の内容も過去

の遺物となっているかもしれない。したがって、できるだけ変化の少ない基本的なことに絞って解説しようと試みた。そのため、ウェブとは何かについておおよそ把握してもらえれば、本記事は成功だと言える。普段何気なく利用している様々なウェブアプリケーションだが、それがどのように構築されているのか、本記事が思いを巡らす機会になったなら幸いである。ウェブプログラミングの入門のためにウェブの仕組みを簡単に説明したが、これを習得しておく、ウェブアプリケーションに限らず、インターネットを介した他の通信サービスについてもその仕組みを理解しやすくなると思う。

さらに深く学習したい人には、e-Learning 形式のウェブサイト^{7, 8)}がおすすめである。また、ウェブプログラミングを実践する場合には、私たちが利用させてもらったプログラミング言語の利用法に関するわかりやすいウェブサイト^{5, 9)}があるので、それらが大いに参考になるに違いない。

最後になったが、改版後の発酵食品データベース (<https://ffdb-pub.rad.naro.go.jp/>)⁶⁾を引き続きご利用いただければ幸いである。今回のシステム上の改良に加え、今後も随時、データの充実、品質向上に努力していくので、問題があれば気軽にご指摘いただきたい。

参考文献

1. 楠本, 曲山: 発酵食品データベースの構築, 日本食品科学工学会誌 **66**(3): 74-82, 2019.
2. 曲山: 発酵食品データベース, 農業 **1653**: 45-53, 2019.
3. 曲山: リレーショナルデータベースの初歩的解説, *New Food Indust.* **61**(9): 665-673, 2019.
4. W3C: Web Design and Applications, <https://www.w3.org/standards/webdesign/> (2021-01-20 閲覧)
5. HTML クイックリファレンス, <http://www.htmq.com/> (2021-01-20 閲覧)
6. 農研機構: 発酵食品データベース, <https://ffdb-pub.rad.naro.go.jp/> (2021-02-01 閲覧)
7. Progate, <https://prog-8.com/> (2021-01-20 閲覧)
8. ドットインストール, <https://dotinstall.com/> (2021-01-20 閲覧)
9. 杜甫丈: とほほの WWW 入門, <http://www.tohoho-web.com/www.htm> (2021-01-20 閲覧)

用語集

Ajax :

Asynchronous JavaScript + XML の略で, JavaScript を利用しサーバーとの間の通信を非同期で行うプログラミング手法。

CSS :

Cascading Style Sheets の略で, ウェブページの見た目を指定するための言語。

e-Learning :

情報技術を用いて行う学習形態。

Google Chrome :

Google が開発したウェブブラウザ。

HTML :

Hyper Text Markup Language の略で, ウェブページを作成するために開発された言語。

ICT :

Information and Communication Technology(情報通信技術)の略で, 情報技術に加えて通信技術を利用した産業やサービスの総称。

IoT :

Internet of Things の略で, インターネットに接続された物どうしが情報交換して, 制御できるようにした仕組み。

Java :

プログラミング言語。OS 等に依存しないという特徴を持つ。

JavaScript :

ウェブブラウザ上でウェブページをダイナミックに動かすためのプログラミング言語。

jQuery :

ウェブブラウザ用の JavaScript プログラムを容易に記述できるように設計された JavaScript ライブラリ。

json :

JavaScript Object Notation の略で, テキストベースのデータ交換用の表記方法。

PHP :

Hypertext Preprocessor の略で, HTML に埋め込むことができるウェブプログラミングに適したプログラミング言語。

Python :

プログラミング言語。

Ruby :

プログラミング言語。

SNS :

Social Networking Service の略で, 利用者どうしの交流を促進するインターネットを介したアプリケーション。

URL :

Uniform Resource Locator の略で, インターネット上の資源(ウェブページの保存先や電子メールの宛先等)を特定するための文字列。

アルゴリズム :

コンピューターの手続きのこと。あるいはそれを形式的に表現したもの。

イベント :

プログラム内で発生した動作や出来事。

インターネット :

局所的なネットワークを相互接続した, 地球規模のネットワーク(情報通信網)のこと。

ウェブアプリケーション: ウェブサーバー上で動作するインターネットを介して利用するアプリケーションで, ウェブブラウザで操作する。

ウェブサーバー :

ウェブページを提供するためのサービス全般を担うサーバー。

ウェブブラウザ :

ウェブページを表示するためのソフトウェア。単に, ブラウザーと言うこともある。

ウェブプログラミング：

ウェブアプリケーションを開発すること。

ウェブページ：

インターネットを利用してウェブブラウザで閲覧可能なページ単位の文書。まとまった情報を伝える複数のウェブページの集まりをウェブサイトと呼ぶ。

オンラインストレージサービス：

インターネット上で利用できるディスクスペースを利用者に貸し出すサービス。利用者間でファイルを共有できる。

クライアント：

サーバーからサービスの提供を受けるコンピューター。

クリック：

マウスのボタンを押すこと。

グループウェア：

組織内のネットワークを活用した情報共有のためのアプリケーション。

コンテンツ：

ウェブページ（ウェブサイト）を構成する情報。

サーバー：

サービスを提供するソフトウェア、あるいはそれが稼働しているコンピューター。

スクロール：

1画面に収まりきれない情報をスライドさせて表示する手法。

ソースリスト：

ソースコード。プログラムを表現する文字列。

タグ：

要素等の目印にするための文字列。

データベース：

検索が簡単にできるように管理された情報の集まり。

デフォルト：

あらかじめ設定されている標準の状態。

ファイル：

データを記録する単位。

ポータルサイト：

利用者の便利のために、多数のウェブページの入り口として作られたウェブサイト。

マウス：

画面上の位置を示して選択するための入力装置。

ユーザーインターフェース：

(User Interface; UI) コンピューターと利用者の間で情報をやり取りするための方法や方式。

ライブラリ：

汎用性の高い複数のプログラムを利用可能な形でまとめたもの。

リレーショナルデータベース：

相互に関連付けられた複数のカード型データベース（表形式のデータベース）の集まり。

属性：

要素の特性を設定するための値。例えば、id 属性や class 属性は、見た目を設定するために、CSS と共によく用いられる。

電子メール：

インターネットを利用して、通常の郵便のように情報を交換する手段。E-mail, Eメールとも言う。

要素：

開始タグ（例、<p>）と終了タグ（例、</p>）で囲まれた中身。

新解説 セリアック食事中的オート製品の現在の状況

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, セリアック食事, オート

本論文「新解説 セリアック食事中的オート製品の現在の状況」は“Gluten-Free Cereal Products and Beverages” (Edited by E. K. Arendt and F. D. Bello) 2008 by Academic Press (ELSEVIER) の第8章 Oat products and their current status in the celiac diet を翻訳紹介するものである。

イントロダクション

高含量の繊維と生物活性の価値ある共存は、一般食のオート、グルテンフリー食の両方を魅力的な物質にしている。オートの食物繊維は、栄養的に特に可溶性区分が高含量で、(1 → 3), (1 → 4) -β-D- グルカンと結び付き、それは全粒重の2-7% にもなりオート粒の主細胞壁成分である (Wood, 1986)。β- グルカンの十分な毎日の食事取り込みは、心臓病や冠動脈疾患の危険性を低下することに結びつく。β- グルカンに加え、オート、特にオートふすまは、ほとんどの他のグルテンフリー粉より高含量の全食物繊維を多く含んでいる (表 8.1)。

さらにオート中のタンパク質含量は、米、あるいはコーン粉よりも高い。

食物繊維、タンパク質に加えて、オートは不飽和脂肪酸、生化学的活性物質質量のかんりの量を供給する。オート中、全脂質量は3-9% の範囲である (Brown

and Craddock, 1972)。脂質の大部分は不飽和脂肪酸で、殆どの脂肪酸はモノ不飽和オレイン酸と多価不飽和リノール酸である。オートは高含量の抗酸化剤を持つことが知られ、典型的なトコール (C₂₆H₄₄O₂) 含量は約20-30mg/kg である (Lasztity *et al.*, 1980; Peterson and Qureshi, 1993)。他の抗酸化物質でオート中に存在するものにはフェノール酸、アベナンスラミドとステロールがある。各タンパク質のクラス分布はオートはユニークで、グロブリンが最も大きなグループである。対照としてグルテン含有穀物の小麦、ライ麦、大麦グロブリンは全貯蔵タンパク質のほぼ10% であるが、最も大きなグループのプロラミンは全貯蔵タンパク質の80% を占める (図 8.1)。殆どの他の穀物種子貯蔵タンパク質のように、オートプロラミンもグルタミンとプロリンに富んでいる。

多数の臨床研究から、今やオートは多くの国々でグルテンフリー食品の1パートに入ると認められて

表 8.1 全粒オート粉 (Wholegrain oat flour), オートふすま (Oat bran), 一般のグルテンフリー粉 (玄米粉 ((Brown rice flour)), 大豆 ((Soybean)), 全粒トウモロコシ粉 ((Wholegrain maize flour))) の特異的成分

	Wholegrain oat flour (%)	Oat bran (%)	Brown rice flour (%)	Soybean (%)	Wholegrain maize flour (%)
Protein	15-17%	15-18%	6-10%	30-40%	5-10%
Starch and sugars	59-70%	10-50%	70-80%	12-17%	75-85%
Fat	4-9%	5-10%	1-4%	10-20%	2-5%
Total dietary fiber	5-13%	10-40%	3-5%	12-17%	1-2%
β-Glucan	2-6%	5-20%	—	—	—

¹ 神戸女子大学, ² 日本穀物科学研究会前会長, ³ 神戸女子短期大学

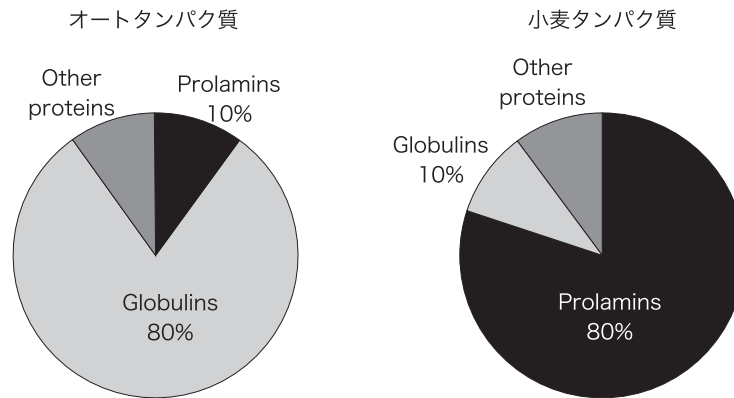


図 8.1 オート，小麦タンパク質区分分布の比較

いる (Leiss 2003; Kupper 2005)。同時に特別のオートブレンドでは，全製造を通してオートが他の穀物とのクロスコンタミしないように注意深くコントロールし，クロスコンタミしても最小にしていることが紹介されている。結果として，多くのセリアック病患者は今やオート製品を彼らの食事の多様性と栄養品質のために用いている。

オートのグルテンフリーの状況

小麦とともにオートは最も完全にセリアック病と関連して臨床研究された穀物である (表 8.2)。臨床研究は，セリアック病患者用グルテンフリー食事の一部としてオートの適当量の長期使用の安全性を示してきた。

1981 年より Codex standard にはオートをグルテン含有穀物の小麦，ライ麦，大麦とともにグルテン含有穀物と定義されていた。しかしながらグルテンフリー

表 8.2 臨床研究におけるオートの挑戦

Reference	Oat test and control group ^a	Oat challenge, g/day	Oat challenge, months	Result of the oat challenge	Type the tests and measurements
Van de Kamer <i>et al.</i> , 1953	2Children	140	1.8	One of the two children had increased fat excretion	Fecal fat excretion
Moulton, 1959	4Children	56-169	0.8-3.5	No difference, fecal fat excretion in normal limits	Fecal fat excretion
Dissanayake <i>et al.</i> , 1974	4Adults, 1 control	40-60	1	No clinical symptoms	jejunal (duodenal) biopsies, quantitative histological studies
Baker <i>et al.</i> , 1976	11 Adults, 1 child	60	1	No change in xylose excretion for nine, increased excretion for three	Xylose test
Janatuinen <i>et al.</i> , 1995	92 Adults: oat/control 26/26 previously 19/21 newly diagnosed	44-50	6	No differences in clinical symptoms, 6 in oat and 5 in control group with drew from the study	Duodenal biopsies, sereological, histological, morphometrical measurements
Janatuinen <i>et al.</i> , 2000			12		
Srinivasan <i>et al.</i> , 1996	10 Adults	50	3	No serological and no histological changes	Duodenal biopsies, sereological, histological, morphometrical measurements
Hardman <i>et al.</i> , 1997	10 Adults with dermatitis herpetiformis	63	3	No delereious effects on skin or itesine	Duodenal biopsy, skin biopsy, sereological, immunohistochemical, and morphometrical measurements
Reunala <i>et al.</i> , 1998	23 Adults with dermatitis herpetiformis 12/11 oat/control	53	6	No changes in small bowel mucosa, three developed rash in the oat and control group	Duodenal biopsy, skin biopsy, sereological, immunohistochemical, and morphometrical measurements
Hardman <i>et al.</i> , 1999	2 Adults with dermatitis herpetiformis	2.5 (oat prolamin)	5days	Notoxic effects in skin or intesine by oat prolamin challenge	Duodenal biopsy, skin biopsy, sereological, histochemical, and morphometrical measurements

製品のスタンダードは最近の Codex Alimentarius 法のステップ6であり、グルテンフリー食品としてのオートの利用は国際レベルであると決められていると記述されている。米国 Food and Drug Administration (FDA) が 2007 年 1 月に提案したのは、“グルテンフリー”という言葉の定義にはグルテンフリー製品中にオートの入ることを禁止してはいないということである。

セリアック病と帯状疱疹を持つフィンランド患者は、1997 年来オートを含むグルテンフリー食事をを用いている。2001 年来、オート食品はまたフィンランドでセリアック病の子供により容認された穀物リストに入っている。この国ではセリアック病の大人の 73% がオート食品を彼らの毎日の食事に使っている (Peraaho *et al.*, 2004a, 2004b)。患者は味、使いやすさ、低コストを知り；彼らの 94% はオートがグルテンフリー製品と解釈している。

オート製品

オートは皮付きで収穫され、人が食べるのにはオート製品から除去する必要がある。さらに内胚乳脂質—

修正酵素、特にリパーゼは、またリポキシゲナーゼ、リポパーオキシダーゼは、さらに使うのに特に加熱処理によって不活性化する。脱皮、および加熱処理したオート粒は異なった成分とともに食品を色々な形に加工し、見てくれ、味、技術的機能を持ったものにする。

オート製粉による区分化

オート粒の主な技術的部分は、皮、細胞壁（例えばふすま）、内胚乳区分である。硬い外皮は 30-40% 粒重量を占める。オート製品を述べる異なった言葉の利用の多様性を明らかにするために、American Association of Cereal Chemists (AACC) のオート委員会はオート製粉区分の定義を調べ始めた (表 8.3)。オート全粒の大部分のうち、人が消費するのはオートフレークのローラーミル、あるいは粒を 3-4 部分に金属カッターで切って作る。オート粉と比べ、これらのハンドリングとその先の加工はオート粉を固める時やりやすくする。オートフレークはベーキング加工に用いられるが、一度水と混ぜて簡単に崩壊

表 8.2 臨床研究におけるオートの挑戦

Reference	Oat test and control group ^a	Oat challenge, g/day	Oat challenge, months	Result of the oat challenge	Type the tests and measurements
Hoffenberg <i>et al.</i> , 2000	10 Children, newly diagnosed	24	6	Improvement in the tests and clinical measurements in 8 of 10 patients	Duodenal biopsy, sereological, histological, morphometrical measurements
Janatuinen <i>et al.</i> , 2002	63 Adults: 35/28 oat/control	34	60 (5 years)	No differences between the oats and control group with in 5 year study	Duodenal biopsies, sereological, histological, and morphometrical measurements
Lundin <i>et al.</i> , 2003	19 Adults	50	3	No clinical symptoms in 18; one got villous atrophy	Duodenal biopsies, sereological, histological, and morphometrical measurements
Störsrud <i>et al.</i> , 2003	20 Adults	93	24	No morphological or sereological negative effects, five withdraw in the 2 year study	Duodenal biopsies, sereological, histological, and morphometrical measurements
Hogberg <i>et al.</i> , 2004	116 Children: 57/59 oats/control	15	12	No differences in clinical and small bowel mucosal healing between oats and control group, 15 in oat and 7 in control group withdraw the study	Duodenal biopsies, sereological, histological, and morphometrical measurements
Peräaho <i>et al.</i> , 2004a	39 Adults 23/16 oat/control	50	12	Mucosal integrity was not disturbed but increase in intestinal symptoms in oat group	Sereological, histological, morphometrical measurements, psychological general well-being questionnaire, and gastrointestinal symptoms
Holm <i>et al.</i> , 2006	32 Children 12/11 oat/control, 9 newly diagnosed	45	24/7 years follow up	No differences in clinical and small bowel mucosal healing between oats and control group, with oats better compliance	Sereological, histological, and morphometrical measurements

^a Studies that included a control group of patients with celiac disease are marked.

表 8.3 オート製粉区分の定義

オート製品	定義
オート皮 (Oat hulls)	伝統的なプロセスの製品であり、主にオートのひき割りを囲む繊維状のシート
オートひき割り (Oat groat)	オートの穀粒の一部でありオート的全粒穀物は、外皮の後に残る
押しオート、オートミール Rolled oats, oat meal)	蒸し、必要に応じて切断、ローリング、フレーキングによって生成されるクリーンな 100%オートひき割り
全オート粉 (Whole oat flour)	蒸しとサイズ縮小により、オートのひき割り全体から材料を失うことなく得られた製品
オート粉 (Oat flour)	粗い粒子またはふすまの部分が除去された細かく粒状化された材料であり、きれいなオートのひき割りまたはその一部の蒸しおよびサイズ縮小によって生成される
スチールカットオート (スチールカットオートひき割り) Steel cut oats (steel cut groats)	蒸して 2 つ以上の部分に粗く切ることによって生成されるきれいな 100%オートひき割り
オートふすま (Oat bran)	クリーンな 100%オートのひき割り、またはグロート全体から、定義された β -グルカン、総食物繊維、および可溶性食物繊維の含有量を含む画分に材料を失うことなく得られた製品から製造
オート繊維 (Oat fiber)	ひき割り穀物成分を実質的に含まず、少なくとも 85% (乾燥重量ベース) の不溶性食物繊維含有量を有するオート殻に由来する

AACC Approved Methods, by AACC Oat Committee, 2003.

する。使用するときにはこの崩壊は望ましくなく、もっと厚いフレークが使われやすい。対照としてカット粒は、ベーキング加工の間その構造の部分を保持し、最後の製品に粒の外観を残す。

健康の効果は、主にオート製品中の全食物繊維、 β -グルカン含量に頼るところがあり、しばしばオート製品は β -グルカン含量により特徴づけられる。脱皮オート全粒中の β -グルカンはふすま製品に富んでいる。ふすまは、オート全粒粉から篩でデンプン内胚乳を除去し、あるいは空気分級で除去し作られる。ふすま中に残るデンプン内胚乳量の量は、製品から製品により違って来る。普通のオートふすまは、典型的には 6-8% β -グルカンを含み、一方変わったオートふすま濃縮物は 22% まで β -グルカンを含むことができる。より高い β -グルカン含量は適応の抽出プロセスを使つて得ることができる。

オート製粉区分はまたエクスクルド製品として利用できる。エクストルージョン加工は僅かにロースト臭を加えてフレーバーを変え、オートデンプンをアルファ化デンプンにする。他の穀物に比べ、オートはまた高脂質含量でもある。例えばオート脂質が栄養的に有益であると考えられても、それらは加工性質上は悪影響を与え、オート加工の貯蔵安定性には悪い影響がある。結果的にはあるオート製品では、

安定性を良くするためさらに加工前に溶剤抽出して脱脂する。

オートを含む消費用品：技術と挑戦

オートは色々な消費者用製品に含まれセリアック病患者の食事に多様されている。

オートだけでは伝統的製パン加工には適しておらず、ほとんどの市販オートパンには小麦粉のかなりの量が入っている。市販オートパンのタンパク質ネットワークは、しばしば添加グルテンで強化されている。そこで最近利用される殆どのオートパンはセリアック病患者にとって適当ではない。しかしながら新たなベーキング加工を応用するとグルテンフリーオートパンを作ることが可能である。典型的なグルテンフリーパンはデンプンに基づくものである。デンプンパンはしばしば穀物フレーバーを欠き、グルテン含有パンのような口当たりの良いクラム構造を示すことに欠けている。オートを他のグルテンフリー成分と混ぜると、好ましい香りとはテクスチャ同様に達成することができる。オートを全粒フレークあるいは粉で殆どを用いると、それらはマイルドなナッツ臭が出る。

最近のベーキング技術ではオートパン 51-100% のものが開発され (Flander *et al.*, 2007), そしてはじめ

表 8.4 オート含有食品製品：現商品と将来

消費者 製品タイプ	典型的オート製粉 / 用いたオート成分	備考
パン	すべての適当なオート製品	小麦グルテンを添加せずにオート麦パンを製造するには、新しい製パン技術が必要。
カユ	オートフレーク, オートふすま	他の非グルテン粉と組み合わせること可能。
パスタ	オート粉, オートふすま	ほとんどのオート麦パスタ製品には、多量的小麦を含む。
スナック	エクストルード製品	オート麦は風味を提供し、栄養状態を高める。
ドリンク	オートフレーク	1. 粒子状物質を含まない牛乳タイプのオート麦抽出物。 2. 粒子状物質を含むヨーグルトタイプのコロイド製品。
ミューズリー	オートフレーク, エクストルードオート製品	
朝食セレアル	エクストルードオート製品	米またはトウモロコシ澱粉は通常、構造を改善するためにエクストルードオート製品に追加される。
菓子, ビスケット	抽出オート, オートフレーク	
加工フード	オートフレーク, α 化オート製品	オート麦製品は、パン粉などの小麦ベースの水結着剤の代わりに使用できる。

ての製品がすでに市販された (www.eho.fi for a 100% oat bread を参照)。

パンに加えて、オートは広く色々な他の製品に用いられ、スナックやかゆがある。オート・スラリーの発酵は、ヨーグルトタイプのものを作るので、それはセリアック病患者ミルクアレルギー、乳糖不耐症の患者に用いることができる。いくらかオート含有する飲料もマーケットに現われている（例えばオートミルク）(Lindahl *et al.*, 1997; Onning *et al.*, 1998; Chronakis *et al.*, 2004), およびオートベリー飲料である。オートアイスクリーム, オートパンケーキミックス, ミール置換飲料 (Mokola 2004) は、すべて全体的に新規な高水分オート食品である。Lyly *et al.*, (2004)の研究は、オート β -グルカンが技術的にはスープ中の好ましい粘り剤であるが消費者に好まれている。オート抽出物の高いせん断力粘度により、製品溶液あるいは高水分食品に対する技術が調べられた。しかしながらこの製品はセリアック病患者以外の高いマーケットの可能性があると (表 8.4)。

オート製品のグルテンフリー状況の解析法

他の穀物あるいはグルテンフリー食品中の成分同様、オートには小麦、大麦、ライ麦のように禁止された穀物種がコンタミしている。コンタミは農地で

起こるが、輸送、貯蔵、製粉あるいは食品加工中にも混入することがある。

グルテン分析法はいろいろな食品の母形からの混入するプロラミンの正確な定量が期待される。2つの ELISA 法によるグルテン分析が広く商業的に利用される。それらの違いは、プロラミン検知のための抗体である。1つはモノクローナル ω -グリアジン抗体で、熱安定性 ω -fraction は小麦、ライ麦、大麦プロラミンから作られ、しかしオートアベニンからではない (Hill and Skerit 1989)。その主な欠点は大麦、ライ麦プロラミンが小麦プロラミンと同じ感度の検知ができないからである。さらに Wieser (2000) は、相対的 ω -グリアジン量が小麦品種で違いがあり、そのことが不正確な結果を導くことを示した。他に、もっと最近の ELISA 法はライプロラミンに対して産生したモノクローナル抗体 R5 に基づいている (Sorell *et al.*, 1998; Valdes *et al.*, 2003)。この方法は、一時的な承認が Codex Committee on Methods of Analysis and Sampling (Codex Alimentarius Commission, 2005) としてされ、the Codex Committee on Nutrition and Foods for Special Dietary Uses (Codex Alimentarius Commission 2003) によりさらに進められた。抗体 R5 は 5 ペプチド QQPFPP (グルタミナーグルタミナープロリナーフェニルアラニナープロリン) が小麦、ライ麦、大麦

ロラミンに存在するのを認識し、しかしオートにはないことを認識する (Kasarda, 1995)。この配列はプロラミンに何度か繰り返しが見られ、特に ω -タイププロラミンに見られる (Shewry and Tatham, 1999)。Osman *et al.*, (2001) は、この抗体で認識できる異なったペプチドを研究し、エピトープ中最も重要な必要構造は dipeptide FP のようであることを報告した。このペプチドは小さく色々な異なった起源のタンパク質にあるので、可能性としては、抗体 R5 はセリアック病の人々に有毒ではない多くのペプチドを認識する可能性がある。結果として、誤検知の危険性があり、それはグルテンフリー食品の現在のバラエティーを低下させる。

Kanerva *et al.*, (2006) は、大麦コンタミ既知量のわかったオートサンプルを作りプロラミン含量の定量をした。結果、R5 抗体に基づく ELISA 法では数倍のオート基準サンプル中のプロラミン含量を示したが、その結果はそれらのあるべき値よりもずっと高かった (つまり実際に存在するよりオートサンプル中 7-30 倍高いホールデン濃度であった)。その結果はホールデンがグリアジンの代わりにスタンダードとして使われる時に改良された (Kanerva *et al.*, 2006)。この現象はグルテンフリー製品の大麦の僅か量が含まれるなら分析を難しくし、そして多分マーケットからいくつかのグルテンフリー製品を不必要にはじき出すことになる。そこで大きな必要あるものは分析方法であり、食品成分および加工食品中セリアック毒ペプチドの差別化と定量化できるものである。オートはセリアック病の患者の食事の一部に適している、小麦、ライ、大麦と差別化するより特異的な方法が必要である。

これからの傾向と結論

現在の臨床データによると、明らかにオートはグルテンフリー食品に含まれる。Holm *et al.*, (2006) は、セリアック病を持つ子供がまたコンタミのないオートを長い間彼らの食事の一部として消費して来たと述べた。さらにオートの入った製品は子供によく受

け入れられている。Carsed and Scott (2007) は、最近のレビューの中で以前の矛盾していたデータは少なくともオートへの小麦の一部コンタミによるものであったと結論している。北欧諸国では大麦は典型的なオートのコンタミがある。オートがセリアック病患者にとり広く、安全だとすすめられる前に、コンタミのない、安全なオート製品の農場から食卓までのチェーンが必要であることは明らかである。“純粋オート”製品は近年発達し、いくつかの製品はマーケットに出ている (例えば www.creamhillestates.com and www.provena.fi を参照)。

コンタミのない、“純粋”オートはグルテンフリー食品に本当に変わる。オートの典型的な穀物の特徴を製品に届け、ベーカリー食品、カヌ、スナックのような典型的な穀物利用の材料として用いることができる。全粒オートベーキング技術の進歩は、さらに伝統的タイプのソフトパンの品質、指向性を改良した。セリアック病患者のオートパン選択はすでに市販的に利用されている (例えば www.moilas.fi を参照)。

オート、および特別のオート区分は、現在の消費者の高繊維製品への要望を満足させる。オート区分は、例えば飲料、ヨーグルトタイプ食品、乳製品のような最近の健康増進製品のいくつかのタイプに適している。オートは一般に広く受け入れられているので、全ファミリーに選ばれ、少々グルテンフリー製品へのコンプレックスはもう必要ない。これはセリアック病患者にとってはっきりとした助けとなるが、それはグルテンフリー製品は基本的な製品よりも典型的に高価だからである。

食品中へのオートの取り込みは、グルテンフリー食品にとってはいくつかの変更点が必要になる。現時点ではオートはほんのわずかの国々でグルテンフリー食品として承認されている。もっとオートを広く受け入れるためには、セリアック社会、当局、科学者、全食品生産チェーン間の活発な協力が必要である。

References

- Baker, P. G. and Read, A. E. (1976). *Postgrad Med. J.* **52**: 264-268.
- Brown, C. M. and Craddock, J. C. (1972). *Crop Sci.* **12**: 514-515.
- Chronakis, I. S., Oste Triantafyllou, A., and Oste, R. (2004). *J. Cereal Sci.* **40**: 183-193.
- Codex Alimentarius Commission (2003). Report of the 25th Session of Codex Committee on Foods for Special Uses.
- Codex Alimentarius Commission (2005). Report of the 26th Session of Codex Committee on Methods of Analysis and Sampling.
- Dissanayake, A. S., Truelove, S. C., and Whitehead, R. (1974). *BMJ* **4**: 189-191.
- Flander, L., Salmenkallio-Marttila, M., Suortti, T., and Autio, K. (2007). *Lebensm. Wiss. Technol.* **40**: 860-870.
- Garsed, K., and Scott, B. B. (2007). *Scand. J. Gastroenterol.* **42**: 171-178.
- Hardman, C. M., Garioch, J. J., Leonard, J. N., Thomas, H. J. W., Walker, M. M., and Lortan, J. E. (1997). *N. Engl. J. Med.* **337**: 1884-1887.
- Hardman, C., Fry, L., Tatham, A., and Thomas, H. J. W. (1999). *N. Engl. J. Med.* **340**: 321.
- Hill, A. S., and Skeritt, J. H., (1989). Patent number GB2207921 (CA1294903).
- Hoffenberg, E. J., Hass, J., Drescher, A., Barnburst, R., Osberg, I., and Bao, F. (2000). *J. Pediatr.* **137**: 361-366.
- Hogberg, L., Laurin, P., Falth-Magnusson, K., Grant, C., Grodzinsky, E., and Jansson, G. (2004). *Gut* **53**: 649-654.
- Holm, K., Maki, M., Vuolteenaho, N. *et al.* (2006). *Aliment. Pharmacol. Ther.* **23**: 1463-1472.
- Janatuinen, E. K., Pikkarainen, P. H., Kempainen, T. A., Kosma, V. -M., Jarvinen, R. M. K., and Uusitupa, M. I. J. (1995). *N. Engl. J. Med.* **333**: 1033-1037.
- Janatuinen, E. K., Kempainen, T. A., Pikkarainen, P. H., Holm, K. H., Kosma, V.-M., and Uusitupa, M. I. J. (2000). *Gut* **46**: 327-331.
- Janatuinen, E. K., Kempainen, T. A., Julkunen, R. J. K., Kosma, V.-M., Maki, M., and Heikkinen, M. (2002). *Gut* **50**: 332-335.
- Kanerva, P., Sontag-Strohm, T., Ryöpy, P., Alho-Lehto, P., and ja Salovaara, H. (2006). *J. Cereal Sci.* **44**: 347-352.
- Kasarda, D. D. (1996). Gluten and gliadin: precipitating factors in coeliac disease. In: Maki, M., Collin, P., and Visakorpi, J. K. eds. Coeliac Disease, Proceedings of the Seventh International Symposium on Coeliac Disease, Vammalan kirjapaino, Tampere, Finland, pp.195-212.
- Kupper, C. (2005). *Gastroenterology* **128**: 121-127.
- Lasztity, R., Berndorfer-Kraszner, E., and Huszar, M. (1980). Cereals Food Beverages, Recent Prog. Cereal Chem. Technol., [Proc. Int. Conf.] 429-445.
- Leiss, O. (2003). Aktuelle Ernährungsmedizin 28, 385-397. [In German] Lindahl, L. Ahlden, I., Oste, R., and Sjöholm, I. (1997). US Patent 5686123.
- Lundin, K. E. A., Nilsen, E. M., Scott, H. G., Loberg, E. M., Gjoen, A., and Bratlie, J. (2003). *Gut* **52**: 1949-1952.
- Lyly M., Salmenkallio-Marttila, M., Suortti, T., Autio, K., Poutanen, K., and Lahtenmaki, L. (2004). *Lebensm. Wiss. Technol.* **37**: 749-761.
- Mikola, M. (2004). Natural oat bran instant drink. In: Peltonen-Sainio, P. and Topi-Hulmi, M. eds. Proceedings of the 7th International Oat Conference, Jokioinen, MTT Agrifood Research, Finland, p.99.
- Moulton, A. L. C. (1959). *Arch. Dis. Child.* **34**: 51-55.
- Onning, G., Akesson, B., Oste, R., and Lundquist, L. (1998). *Ann. Nutr.Metab.* **42**: 211-220.
- Osman, A. A., Uhlig, H. H., Valdes, I., Amin, M., Mendez, E., and Mothe, T.(2001). *Eur. J. Gastroenterol. Hepatol.* **13**: 1-5.
- Peraaho, M., Collin, P., Kaukinen, K., Kekkonen, L., Miettinen, S., and Maki, M. (2004a). *J. Am. Diet. Assoc.* **104**: 1148-1150.
- Peraaho, M., Kaukinen, K., Mustalahti, N. *et al.* (2004b). *Scand. J. Gastroenterol.* **39**: 27-31.
- Peterson, D. M., and Qureshi, A. A. (1993). *Cereal Chem.* **70**: 157-162.
- Reunala, T., Collin, P., Holm, K. *et al.*: (1998). *Gut* **43**: 490-493.
- Shewry, P. R., and Tatham, A. S., (1999). The characteristics, structures and evolutionary relationships of prolamins. In: Shewry, P. R. and Casey, R. eds. Seed Proteins. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp.11-33.
- Sorell, L., Lopez, J. A., Valdes, I. *et al.* (1998). *FEBS Lett.* **439**: 46-50.
- Srinivasan, U., Leonard, N., Jones, E., Kasarda, D. D., Weir, D. G., and O'Farrelly, C. (1996). *BMJ* **313**: 1300-1301.
- Storsrud, S., Olsson, M., Arvidsson, L. R., Nilsson, O., and Kilander, A. (2003). *Eur. J. Clin. Nutr.* **57**: 163-169.
- Valdes, I., Garcia, E., Llorente, M., and Mendez, E. (2003). *Eur. J. Gastroenterol. Hepatol.* **15**: 465-474.
- Van de Kamer, J. H., Weijers, H. A., and Dicke, W. K. (1953). *Acta Paediatr.* **42**: 223-231.
- Wieser, H. (2000). *Eur. Food Res.Techn.* **211**: 262-268.
- Wood, P. J., (1986). Oat β -glucan: Structure, location and properties. In: Webster, F. H. ed. Oats: Chemistry and Technology. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists, pp.121-152.



コロナに勝つ？ / COVID-19 患者のコーヒーとは

東京薬科大学名誉教授 岡 希太郎

Key Words: コーヒー, 新型コロナウイルス, COVID-19, ヒト試験, 被験者の層別

今、新型コロナウイルスの論文が山のように投稿され、ほとんど無審査のままに電子版論文誌に発表されています。それでも食べ物や飲み物との関係についての論文は多くありません。コーヒーとなれば信頼できそうな論文は5本あるかないかです。その中からフランス発の論文を選んで紹介します。

結論から先に言ってしまうと、風邪のような症状の人がPCR検査で陽性と判定されて入院しました。入院した病院で「朝食にコーヒーをつけますか？」と聞かれて、「つけてください」と答えた COVID-19 患者は、「いりません」と答えた患者より早めに退院したというお話です¹⁾。

SARS-CoV-2 ウイルスが中国の武漢で見つかって、1年以上が経ちました。こういう論文がもっと早く出て良さそうですが、治療薬やワクチン開発で混乱状態の病院で、「COVID-19 患者とコーヒーの関係」など研究する余裕はないと思います。そんな環境でよくぞ出してくれたと感謝しつつ読みました。しかし、この研究の結論は「コーヒーの効き目を観る」ためではなくて、「パンデミック下での臨床試験では、交絡因子を見落とすリスクがある」ことを、コーヒーの効き目の取り違いで説明する内容になっています。

そうは言われても、どうしても合点が行かないことは、「こんなに回りくどい論文を何故書いたのだろうか？」という疑問です。最初はやはり「コーヒーが効いている」と思ったのではないのでしょうか？論文の英文表題「Why Methodology Is Important: Coffee as a Candidate Treatment for COVID-19 ?」・・・日本語なら「方法論が大切な理由：コーヒーは COVID-19 の治療に使えるか？」。論文の結論は、「コーヒーが COVID19 に効いたとは言えない」となっているのです。一体どういうことなのでしょう？

それでは、筆者が得意とする臨床薬理学の立場で、この論文の筋書きを見直してみます。まずは患者の層別について・・・臨床試験の鉄則は「無作為割り付け」ですが、この論文では患者が自分の好みで「朝のコーヒーを飲むか飲まないか」を決めたのです。ですからこの研究は臨床試験とは異なる次元の患者観察になっているのです。

●朝食を自分で摂れる入院患者 93 人中、コーヒーを注文したのは 26 人(28%)で、注文しなかった 67 人(72%)の半数以下だった(表1)。

コーヒーが好きなフランス人としては、注文した人数がやや少ない気がしますが、感染症状が出ていることを考えれば納得です。しかし、臨床試験の層別が無作為割り付けでないことは明らかで、ある意味で研究のルール違反です。それでも医薬品の試験ではないので、混乱した病院で仕方ないとは思いますが、飲まなかつ

た人は、症状が強めでコーヒーを飲みたい気持ちがあっても、飲めなかったということでしょう。とは言え、表1の一般的な比較項目に層間有意差 ($p<0.05$) はありませんでした。つまり飲む人と飲まない人で、臨床上的目立った差はなかったのです。しかし、近年の患者管理のために考案された新たな「病状急変予測スコアNEWS」に有意差が認められたのです(表1の最下段)。

NEWS (National Early Warning Score) とは、急性疾患患者の院内急変を事前に予測する点数化法で、2012年にイギリスで考案され、2017年に最新版に更新され

ました(表2)²⁾。NEWSでスコア化する患者項目は、呼吸回数、酸素濃度、収縮期血圧、心拍数、意識レベル、体温の6項目で、各々正常ならば0点とし、異常な高値と低値には1～3点をつけて集計するというものです。日本でも救急病棟の評判は良いとのことで、徐々に導入が進んでいるようです。判定基準としては、集計値0～4点が低リスク、5点と6点が中リスク、7点以上が高リスクに分類されます。

表1の最下段を見れば6点と8点で、表2で定める中程度リスクと高リスクの境界線上の差が見られたということです。小さな差のようにも見えますが、有意差検定では明確な差として判定されました ($p<0.002$)。ですから、毎朝のコーヒーを注文した人たちは、注文しなかった人たちに比べて、入院時に軽い症状の人たちだったということになるのです。

では、入院したCOVID-19患者93名の臨床経過を見てみましょう(表3)。

表1 COVID-18患者の層別

比較項目	朝のコーヒーを		p 値
	飲む (26)	飲まない (67)	
性別 男	14	33	0.788
女	12	34	
年齢	72.7 ± 16.4	65.3 ± 17.1	0.060
BMI	25.7 ± 5.2	28.6 ± 7.1	0.096
持病 高血圧	14	35	0.889
糖尿病	4	19	0.193
呼吸器疾患	5	8	0.369
肝臓病など	4	7	0.761
喫煙歴	8	17	0.414
降圧薬 β 遮断薬	6	17	0.788
ACE 変換酵素阻害薬	7	19	0.179
ACE 受容体遮断薬	3	11	0.970
NEWS スコア	6	8	0.002

表2 NEWSスコアの採点表

項目 \ スコア	3	2	1	0	1	2	3
呼吸数	≤ 8		9 ~ 11	12 ~ 20		21 ~ 24	≥ 25
SpO ₂	≤ 91	92 ~ 93	94 ~ 95	≥ 96			
酸素投与		Yes		No			
体温	≤ 35.0		35.1 ~ 36.0	36.1 ~ 38.0	38.1 ~ 39.0	≥ 39.1	
sBP	≤ 90	91 ~ 100	101 ~ 110	111 ~ 129			≥ 220
心拍数 / 脈拍数	≤ 40		41 ~ 50	51 ~ 90	91 ~ 110	111 ~ 130	≥ 131
意識状態				A			V, P or U
	A: Alert, V: response to Verbal, P: response to Pain, U: Unresponsive to stimuli						
低リスク	スコアの合計が 0, もしくは 1 ~ 4						
中等度リスク	スコアの合計が 5 ~ 6, もしくは Red Score (3 が 1 つでもある場合)						
高度リスク	スコアの合計が 7 以上						

表3 COVID-19患者93名の入院経過

	コーヒー (カフェイン) 群 (n=26)	対照群 (n=67)	有意差 (p)
抗生物質使用 (n, %)	12 (46.2)	49 (73.0)	0.014
CT画像の肺病変 (中央値, IQR)	17.5 (10; 35)	37.5 (17.5; 60)	<0.001
入院日数 (中央値, IQR)	9.5 (6.3; 18.3)	15 (9; 24)	0.027
死亡 (n, %)	2 (7.7)	4 (6.0)	0.671

IQR: 四分位範囲

この表で判ることは、最も有意差の大きな肺のCT画像に見られる病変は、コーヒー群で有意に小さいことです。この差の一部はコーヒーの影響であるかも知れませんが、入院時のより小さなNEWSスコアによるものと考えの方が妥当です。そして枠で囲った入院日数が少ないことも、入院当初から状態が良かった患者なので、退院も早かったということで、十分説明可能です。

以上のように、今回の論文は非常に思わせぶりで興味をそそるものでしたが、よく吟味してみると、「毎朝コーヒーを飲みたい」という患者の気持ち、最も強く臨床経過の好転と繋がっています。この点に疑う余地はありません。そして、普段からコーヒーを飲んでいることが、日常のNEWSスコアを改善して、病気になる前から早い回復に寄与したのだらうとも考えられます。筆者の考えをザックリとまとめてみます。

●コーヒーは医薬品ではありませんが、コーヒーを飲みたいという気持ちが続く間は、元気でいられるという不思議な飲み物である。

最後に一言追記すると、今回患者が飲んだ朝のコーヒーはカフェインにして65mgなので、これ1杯では薬理的には不足です。ちょっと増やして1日3杯にすれば、また違う結果になったかも知れません。患者が飲むコーヒーには飲み方の工夫が必要で、この論文にも「つづき」があるような気がします。

参考文献

1. Belaroussi Y, Roblot P, Peiffer-Smadja N, *et al.*: Why Methodology Is Important: Coffee as a Candidate Treatment for COVID-19? *J Clin Med*. **9**: 3691, 2020.
2. 瀧本雅昭：急変前の予兆とは？ 特集 - 院内における予期せぬ急変（院内急変）を未然に防ぐ；https://www.nissoken.com/jyohoshi/uq/zai/uq1910_sample.pdf

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、品揃えしております。 一般の栄養強化には「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

城西大学薬学部 白瀧 義明 (SHIRATAKI Yoshiaki)

カントウタンポポ *Taraxacum platycarpum* Dhalst. subsp. *platycarpum* (キク科 Compositae APG 体系: Asteraceae)

連絡先: 城西大学薬学部
shiratak@josai.ac.jp

ようやく、寒さも和らぎ、野原や道端を歩いていると、タンポポの黄色い花が咲いているのを見かけます。カントウタンポポは、アズマタンポポともよばれ、その名のとおり、主に関東地方、中部地方東部に分布し、高さ、20～30cm、葉は根際に集まって生え、ロゼット状に広がった倒披針形で深い鋸歯があり、葉や茎を切ると白い乳液が出ます。花は普通、早春から初夏(3～5月)にかけて咲き、ロゼットの中心から伸びた花茎の先に3.5～4cmの1個の黄色い花をつけます。小花はすべて舌状花冠で、その先は浅い5歯となり、多くの在来タンポポ(日本タンポポ)同様、花のつけ根にある総苞の外片(外総苞片^{がいそうほうへん})が反り返りません。また、外総苞片は内総苞片の半分程度の長さで、先に角状突起があり、近縁のシナノタンポポ *T. platycarpum*



写真1 カントウタンポポ (花)



写真2 セイヨウタンポポ (花)



写真3 シロバナタンポポ (花)



写真4 カントウタンポポ (綿毛)



写真5 コウリントンポポ (花)



写真6 カントウタンポポ (全草)



写真7 生薬
ホコウエイコン (蒲公英根) (左)
ホコウエイヨウ (蒲公英葉) (右)



写真8 タンポポコーヒー
(コーヒー) (左)
(タンポポコーヒー) (右)

subsp. hondoense (北関東～甲信越地方に分布) は、外総苞片が内総苞片の半分より長く幅が広く、角状突起が認められないので区別されます。セイヨウタンポポ *T. officinale* は、ヨーロッパ原産の帰化植物で、外総苞片が反り返り、在来タンポポとの大きな相違点となっています。セイヨウタンポポには有性生殖を行う2倍体と無融合生殖を行う3倍体があり、日本に定着したセイヨウタンポポは3倍体で、単為生殖で種子をつけます。つまり、花粉に関係なく、種子が単独で熟し、そのため繁殖力が強く、分布はほぼ日本全国に広がっています。タンポポの分類は難しく、さらに、近年、在来種やセイヨウタンポポと在来種との雑種も増えていて確かな区別は困難なようです。

一般によく言われるタンポポとは、キク科タンポポ亜科タンポポ属 (*Taraxacum*) 植物の総称で、属名の *Taraxacum* は、ギリシャ語の「苦痛を癒やす」という意味に由来し薬用の意味があります。現在、日本に分布する主なタンポポには、セイヨウタンポポ (都市部、北海道に分布)、カントウタンポポ (関東、東海、北陸に分布)、カンサイタンポポ *T. japonicum* (近畿～北九州に分布)、エゾタンポポ *T. venustum* (北海道～東北に分布)、シロバナタンポポ *T. albidum* (九州～四国に分布) などがあり、和名「タンポポ」の由来は、綿毛を付けた花後の姿が綿球のタンポに似ているので「タンポ穂」とよばれたとする説をはじめ諸説があり、また、古くはフヂナ、タナとよばれ、地方によっては、ツツミグサ、フチナなどの呼び名があります。

薬用には、葉をホコウエイヨウ (蒲公英葉)、根をホコウエイコン (蒲公英根)、根を付けた全草をホコウエイ (蒲公英 *Taraxaci Herba*) といい、健胃、解熱、利尿、催乳および胆汁分泌促進作用があるとして蒲公英湯などに配剤されます。なお、中国の「蒲公英」は、モウコタンポポ *T. mongolicum* をさします。ま

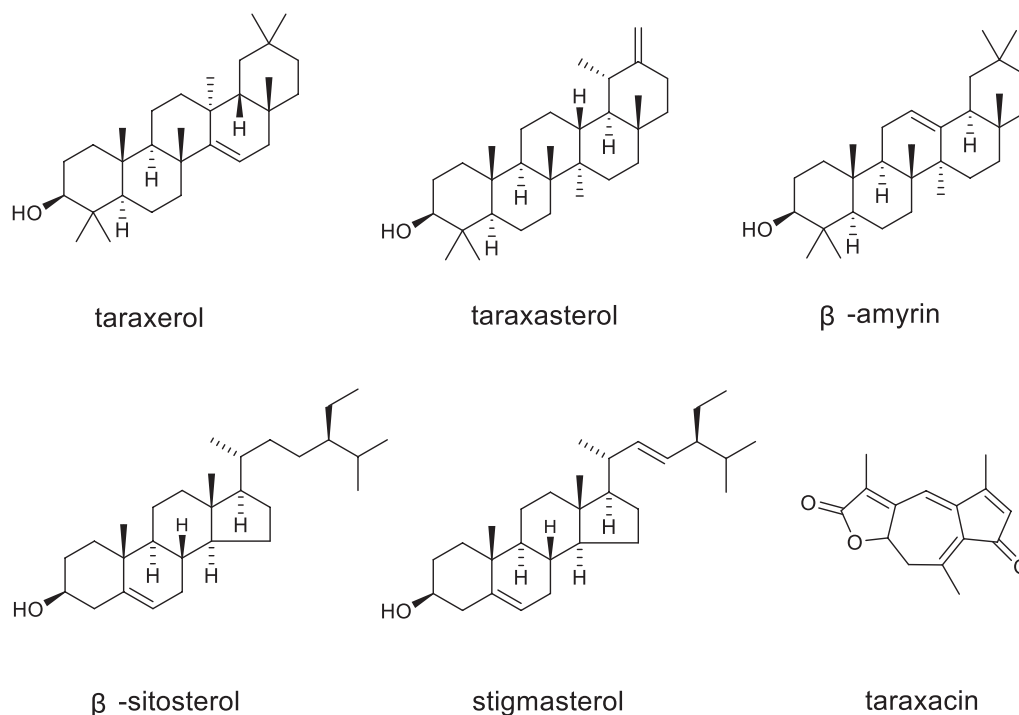


図1 成分の構造式

た、民間療法として、食欲不振、胃の不調のときに、蒲公英を煎じたものが飲まれます。成分として植物種がハッキリしませんが、セイヨウタンポポなどからトリテルペノイドの taraxerol, taraxasterol, β-amyrin, β-sitosterol, stigmasterol, パキスタンに自生する *T. wallichii* からセスキテルペンラクトン（苦味質）の taraxacin が報告されています¹⁾。

セイヨウタンポポは、古くからヨーロッパや中東ではサラダなどにして食用とされ、根を乾燥させて炒ったものはコーヒーの代用品（タンポポコーヒー）として知られ、カフェインを含まないので睡眠の妨げにならず、健胃にも役立つと考えられ、日本でも結構、愛飲されています。

その他、タンポポの名のついた植物には、属は異なりますが、ヨーロッパの高山を原産とし、明治時代、観賞用に導入されたというコウリンタンポポ *Hieracium aurantiacum* があり、今では東北、北海道に野生化しています。

参考文献

1. Viqar Uddin Ahmad *et al.*: Taraxacin, a New Guaianolide from *Taraxacum wallichii*. *Journal of Natural Products* **63**: 1010-1011, 2000.

Lifestyle Changes Following Spread of COVID-19 and Considerations for the Future

Ryusuke Oishi*

*Correspondence to: Faculty of Economics, Meikai University
1 Akemi Urayasu Chiba 279-8550, Japan. e-mail: r-o@meikai.ac.jp

Key Words: COVID-19, New lifestyles, New business format

Abstract

The spread of COVID-19 has significantly changed our lifestyles. There is still a lengthy wait before COVID-19 will completely relinquish its hold. It is inconvenient and stressful to do things that we used to take for granted (i.e. eating out, visiting with others). However, humankind has overcome such difficulties before. Moreover, various ideas and business formats have been developed to accommodate our new lifestyles. The author believes that in the future the skills we developed to confront COVID-19 will improve our lives. In this study, we consider future lifestyles and businesses formats from the perspective of our current experience with COVID-19.

1. Introduction

COVID-19 has been rampaging around the world and shows no signs of surrender. One of the features of COVID-19 is asymptomatic infection, especially among young people. This feature causes infected people to show no outward symptoms. Hence, they spread infection to others without being aware of it. Because a main infection route of COVID-19 is people's respiratory droplets, the risk of infection is associated with contact with people in various situations (i.e. eating out, in conversation, etc.). Under these circumstances, the most effective way to prevent infection is to avoid contact with others. However, because we live in the society and have constant contact with other people, preventing infection imposes many restrictions. New remote technologies have been established to increase interaction with others. These technologies may be utilised in our lives even after the elimination of COVID-19. This study considers some potential ways our future lifestyles and business formats may be improved. This study has been organised as follows: Section 2 considers our new lifestyles; Section 3 discusses new business formats and Section 4 concludes this study.

2. New lifestyle

The part of daily lives impacted most by COVID-19 involves interaction with other people. One example is going out to eat. It is an important entertainment for many people, and when it is restricted, satisfaction with life decreases. In order to deal with the problem, the widespread use of remote systems with computers and smartphones such as Zoom and Google Meet are taking on a major role. These systems let users to have conversations while looking at other people's faces. Their audio and video are adequate, and this communication is comparable to a face-to-face meeting. Initially, these were used at corporate meetings, but now they are used for a variety of purposes. Currently, dining together through Zoom is becoming popular in Japan. The participants prepare their own meals at home and enjoy the meals while talking to others online. This activity would not have been devised if the COVID-19 situation had not forced us into it.

3. New Business Format

Limited contact with other people is a major impact of COVID-19. This relates to the way people work. In



Photo (Left): A bridge connecting Honshu and Awaji Island. (Right): An image of telework.

order for workers to avoid unnecessary physical contact with others, many firms have introduced staggered commuting hours and telework. Although telework was implemented as a countermeasure against COVID-19, it has some advantages over traditional ways of working. As mentioned in Section 2, the computer's remote system functions have improved in recent years, which makes computer communication almost the same as face-to-face. In addition, workers can share materials on screen as well as sending and receiving data using e-mail and the computer cloud. As a result, workers can remotely conduct the same work as they can in their workplace.

Remote work styles may help to mitigate the overpopulation in Tokyo. Currently, in Japan, the economic environment in rural areas is becoming dire due to the structural changes on society such as the declining birthrate and an aging population¹⁾.^{*1} Small- and medium-sized enterprises (SMEs) make up the majority of businesses in rural areas and are in short supply compared to large firms located in Tokyo¹⁾. An indispensable solution to this problem is the migration of population from Tokyo to local cities. This migration rarely achieved pre-COVID-19 because many leading firms required employees to live around its corporate base, which is located in Tokyo.

However, with the introduction of telework, employees in some industries were able to remotely collaborate with their Tokyo headquarters in real time. Moreover,

some firms have made the bold decision to move their headquarters from Tokyo to rural areas. For example, in September 2020, Pasona Group Co., Ltd., started to relocate its head office functions in Tokyo—such as personnel, financial accounting, corporate planning, new business development, global, IT/DX, etc.—to Awaji Island in Hyogo prefecture²⁾.^{*2} As a result, approximately 1,200 employees of their group plan to migrate to Awaji Island from Tokyo by the end of 2023²⁾. This migration will increase the population and revitalize consumer demand of other businesses in Awaji Island. In addition, living in a place rich in natural resources (i.e. Awaji Island), away from the hustle and bustle of the city (i.e. Tokyo), will improve the employees' quality of life³⁾.^{*3}

This is an example of how the ability to work remotely can improve people's lives and the local economy. However, some difficulties remain. One problem is an unreliable communication environment where images and sounds are not always sufficiently transmitted. Moreover, due to its business nature, introducing remote work is difficult for some industries. Solving these issues will be indispensable for success in the future.

4. Conclusion

The spread of COVID-19 has significantly changed our lifestyles. We must still wait for COVID-19 to be completely eliminated. Due to the main infection route of COVID-19 (i.e. droplets), we have been forced to

^{*1} Reference [1] is published in Japanese.

^{*2} Reference [2] is published in Japanese.

^{*3} Reference [3] is published in Japanese.

drastically reduce physical contact with others. It is inconvenient and stressful to restrict life in this way. However, some of these lifestyle changes may become a catalyst for a better life in the future. Specifically, various ideas and business formats were developed to deal with a new lifestyle which may improve our future lives. Telework utilising new remote technology may have a lot of potential. Improved remote technology can free workers from the commute to the offices. Moreover,

the technology may mitigate the overconcentration of population in Tokyo. However, this is not without challenges. For example, some of remote work functions are difficult to use. In addition, the nature of the business may make introducing remote work difficult for some industries. If our current COVID-19 problems are resolved, our current difficulties may become a source of a better future.

List of References

1. 首相官邸 第2期「まち・ひと・しごと創生総合戦略」策定に関する有識者会議中間取りまとめ報告書 令和元年5月31日 Shusho Kantei Dai 2 Ki 「Machi Hito Shigoto Sosei Sogo Senryaku」 Sakutei Ni Kansuru Yushikisha Kaigi Chukan Torimatome Hokokusho Reiwa Gan Nen 5 Gatsu 31 Nichi. Prime Minister's Office of Japan, Interim Report of the Expert Meeting on the Formulation of the Second Term 'Comprehensive Strategy for Creating Towns, People, and Work'. 31st of May, 1st Year of Reiwa. https://www.kantei.go.jp/jp/singi/sousei/meeting/senryaku2nd_sakutei/r01-05-31_chuukan.pdf Accessed on 12/09/2020.
2. 「真に豊かな生き方・働き方」の実現 2023年度に1200名の社員が淡路で活躍 パソナグループ 本社機能を分散、淡路島に移転開始 パソナグループ 2020年9月1日 「Shin Ni Yutaka Na Ikikata Hatarakikata」 No Jitsugen 2023 Nen Do Ni 1200 Mei No Shain Ga Awaji De Katsuyaku Pasona Gurupu Honsha Kino Wo Bunsan, Awaji Ni Iten Kaishi Pasona Gurupu 2020 Nen 9 Gatsu 1 Nichi. Realization of 'A Truly Rich Way of Living and Working', 1,200 Employees will be Active in Awaji in 2023, Pasona Group Headquarters Functions will be Dispersed and Relocation to Awaji Island will Begin. Pasona Group, 9/1/2020. <https://www.pasonagroup.co.jp/news/tabid312.html?itemid=3593&dispmid=821> Accessed on 12/09/2020.
3. 淡路島へ移住した社員が実践する「新しい働き方・生き方」とは INITIATIVE編集部 パソナグループ 2020年10月26日 Awaji Shima He Ijyu Shita Shain Ga Jissen Suru 「Atarashii Hatarakikata Ikikata」 Toha INITIATIVE Henshu Bu Pasona Gurupu 2020 Nen 10 Gatsu 26 Nichi. What is the 'New Way of Working and Living' Practiced by Employees Who Have Moved to Awaji Island. INITIATIVE Editorial Department, Pasona Group, 20/26/2020. <https://www.pasonagroup.co.jp/media/index114.html?itemid=3645&dispmid=796> Accessed on 12/09/2020.

コロナとともに生きる私の日常

村上 可奈 (MURAKAMI Kana)

明海大学歯学部 d0120-0105@dent.meikai.ac.jp)

新たな大学生活

新型コロナウイルスの感染が世界に拡大し、1年が経とうとしています。

毎日、ニュースで感染者数が報道される度に怖い気持ちになります。電車に乗り、つり革に触れるだけでもウイルスが気になったり、図書館で本を手にとるときに一瞬、躊躇したりと不安はつきません。

特に学業面においては大きな変化がありました。登校するのが普通のことでしたが、ウェブ上で講義を受けるスタイルが当たり前の時代になったことです。このように、ネットワークを介してコミュニケーションをとることは便利ですが、直接会ってお互いの顔を見ながら話をする機会がすっかり減ってしまいました。祖父母の見舞にもなかなか行けないことが残念です。

昨年、入学当初の4月からは大学で、新しい友人、先生方、先輩方と人との輪を広げていきたいと期待を膨らませていましたが、そのようなスタートではありませんでした。講義がどのように進められていくのかわかるまでの待機期間は、実際の日数より長かったように思います。その間は、行き場のないもどかしさに苛立ち、母に

あたってしまうこともありました。さらに屋外での活動が制限されていたことも、ストレスの発散の仕方がわからず冷静さを欠く原因になったと思います。

「なぜコロナの流行が今なの？どこからやってきて、いつの間に人々の生活がこんなに左右されるようになってしまったの？これからどうになってしまうの？」という思いが常に心にありました。

新しい講義のあり方

4月以降、大学の講義はウェブ上のみで行われていましたが、夏に差し掛かる頃によりやく初めての登校日が決まりました。やっとこの時が来た、と安心しました。でも、思い描いていたものとは違う始まりに対する違和感や新しい生活への期待、今後のコロナ感染はどうなっていくのかという不安が入り混じった、複雑な気持ちで登校初日を迎えました。

現在は、登校する日と在宅でのウェブ講義が並行して行われています。実習の時は、全員登校することになっています。顕微鏡を用いて実際に手を動かす実習は楽しく、今後も実習登校

日が減らないで欲しいと思っています。

一方、在宅でのウェブ講義ですが、画期的なシステムがあるおかげで、課題提出や質問が円滑に行われており、対面授業とほぼ質は変わりません。講義の動画がいつでも見られることは、復習の時に役立ちます。ウェブ上でも便利なアプリケーションのおかげで共同課題を不自由なく行うことが可能になっています。

心にゆとりを

今は、新たな学生生活の様式にも慣れてきましたが、残念なこともあります。それは、未だに部活動や課外活動に参加できないことです。例えば、運動系の部活に入って合宿に行き、たくさん体を動かしたいと思っていても現実的ではありません。友人と学校帰りに一緒に勉強をすることも、休日に息抜きをしに映画館に行くことも、アルバイトをすることも難しい状況は変わりません。

しかしその反面、自宅で過ごす時間が増えた分、生活のリズムが正しくなったという良い面もありました。料理を楽しんだり、食生活に気を配る余裕も生まれました。ゆっくり湯船に浸かったり、

YouTube 動画を見ていつでも運動できます。時間の余裕が生まれたおかげで、自分の身体を労わる方法を見つけられるようにもなりました。

また、初めは少し窮屈に感じていたマスクをつけての生活も今では素材や柄を楽しむ余裕があります。大学の食堂や外出先でも座席に仕切りが立てられ、感染予防対策がなされています。これまでの日常とは大きく変わった風景ですが、不思議なもので慣れてくると不便さを感じることもなく、世の中がより清潔になっていると実感します。

このようにコロナ禍の生活に慣れたとしても、感染拡大は止まっていないことへの危機感は持ち合わせていなければなりません。

世界に目を向けてみると、コロナ政策によって人々が暴動を起こす国もあります。日本ではあまりそのようなことは起きませんが、国民性の違いとも言われますが、周りを気遣うあまり、心の中を胸に閉じ込めて過ごし

ている人が多いからかもしれません。

ヴィクトル・マルティン

私たちの世代はコロナウイルスという、未曾有の感染症のおかげでこれまでと全く違う日常を過ごすことになりましたが、ここでヴィクトル・マルティンのことについて記したいと思います。私は現在の日常に追われて行き詰まりそうになった時、ふと、約2年前に報道されたあるニュースのことを思い出します。

それはペルー北部モチェにて、ある夜、街灯の下で男の子がノートを広げて勉強している様子が防犯カメラに記録されており、地元の警察官が発見したという内容でした。その映像が今も私の脳裏に焼き付いています。

その男の子の自宅には電気がなく、蝋燭の灯りだけではおかしくなってしまいそうなので、外の方がまだマシという理由で、街灯の下で宿題をしていたとのことでした。

その後、彼の家には電気が通る

よう設備されたそうですが、今もその映像を思い出すと、ヴィクトルくんの本当に勉強がしたい、というその素直な気持ちに目頭が熱くなります。

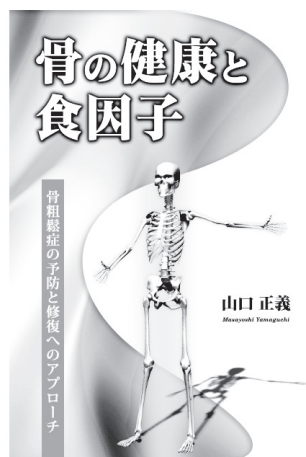
そしてその光景は、私が15歳の時にバングラデシュのスラム街を訪れた時に感じた気持ちを同時に思い出させてくれました。NGO 団体のスタディ ツアーに参加し途上国を訪れ、その現実を目の当たりにした時、将来は人の役に立てる生き方をしたいと心から思いました。

未来を見つめて

例えどんなに困難な状況下に置かれても、時はすべての人間に平等に与えられています。今日1日を精一杯頑張った。そう言えるように日々の講義とプライベートを充実させて過ごしたいと思っています。今、自分の置かれている環境へ感謝し、初心を忘れずに、歯学部で着実に学んでいきたい。そして近い将来、社会に還元できるよう、一生懸命に新しい日常の世界を乗り越えていこうと思います。

好評発売中

- A5版 / 248ページ
- 定価：(本体 3,500円 + 税)
- 発行：食品資材研究会



■ 著者 / 山口 正義 (やまぐち まさよし)

骨の健康と食因子

骨粗鬆症の予防と修復へのアプローチ

- 第1章 ホルモンと生体機能調節
- 第2章 ホルモンの細胞内への情報伝達とそのしくみ
- 第3章 カルシウム代謝とそのホルモン調節
- 第4章 骨代謝とそのホルモン調節
- 第5章 老化と骨カルシウムホメオスタシス
- 第6章 栄養性ミネラルと骨粗鬆症の予防
- 第7章 生体微量元素と骨粗鬆症の予防
- 第8章 骨粗鬆症を予防する食品由来生理活性因子
- 第9章 骨粗鬆症を予防する食品素材
- 第10章 複合食因子の骨効果と新規サプリメントの開発

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

www.newfoodindustry.com

ニューフードインダストリー 第63巻 第3号

印刷 令和 3 年 2 月 20 日
発行 令和 3 年 3 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 〇一九店 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。

原稿の取扱いは、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, m², kg, g, mg, mol, mmol, mM, pH, b.p., f.p., MW, V, A, N, M, R_f 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 89591-3



4910895910314
02500