

CODEN KJDKFL
ISSN-01341-5905

神戸女子大学家政学部紀要

第 58 卷

令和 7 年 3 月 発行

神 戸 女 子 大 学

目 次

ノート

包絡分析法による高齢無職世帯の効率性分析 ガンガ伸子	1
-------------------------------------	---

レポート

「マンナンごはん」によるヒトの排便状況への影響 清水 扶美、岡井奈名美、菅 早輝、西村 夢花 鈴木 太朗、安西 正弘、小倉 嘉夫	5
--	---

低温スチーミング加熱がブロッコリーのAscorbate peroxidaseおよび L-Galactono-1,4-lactone dehydrogenase活性におよぼす影響 福井湖乃美、岩田恵美子、後藤 昌弘	14
--	----

要旨

令和6年度 神戸女子大学家政学部生活科学研究会 講演要旨	22
令和6年度 神戸女子大学大学院家政学研究科 修士論文要旨	27
令和6年度 神戸女子大学大学院家政学研究科 博士論文要旨	32

卒業論文

令和6年度 神戸女子大学 卒業論文 管理栄養士養成課程	35
令和6年度 神戸女子大学 卒業論文 家政学科	40

投稿規程	44
------------	----

包絡分析法による高齢無職世帯の効率性分析

ガンガ 伸子

神戸女子大学家政学部

Efficiency Analysis of Elderly Unemployed Households by Data Envelopment Analysis

Nobuko NGANGA

Faculty of Home Economics, Kobe Women's University

1. 緒言

わが国の高齢化率（総人口に占める65歳以上人口の比率）は2010年に23.0%となり「超高齢社会」に突入した。その後も高齢化は進行し、2024年現在、高齢化率は29.3%に達している。国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（令和5年推計）」によると、2039年に33.7%、2070年には38.7%になると推計されている。急速な高齢化の進行の背景には、長寿化があり、100歳を超えるセンテナリアン（百寿者）も急増している¹。人生100年時代を迎えた現在、長期化する高齢期の生活資金確保と効率的な家計管理が求められる。

総務省統計局「家計調査」によると、現役引退後の高齢者世帯の実収入の約9割は公的年金などの社会保障給付で、消費支出が可処分所得を上回る赤字家計となっている²。年によって赤字額は変動するものの、高齢期には、金融資産の取り崩しによって赤字を補填するという生活になる。このように高齢期の消費生活は、主として公的年金と金融資産の取り崩しによって支えられることになるが、その他、子供との同居や資産の保有状況などによっても消費生活の水準や内容に違いが生じるものと思われる。無職になる高齢期の生活において、基礎的消費が満たされるだけでなく、好きに過ごせる自由時間を旅行や趣味にあてるなど、豊かな消費生活を営めるかどうか重要な意味をもつ。

そこで、本研究では無職の高齢期の消費生活を豊かなものにするために、夫婦のみか子供と同居しているか、あるいは単身などの世帯によって、所得、年金、金融資産、住宅・

土地の保有状況が、どのように高齢期の消費生活に効率的に働くかを総合的に評価するために、包絡分析法（Data Envelopment Analysis :DEA）を用いて検証していくこととする。DEAは、経営体の効率性を評価するもので、Charnes, Cooper, Rhodes によって開発されたが³、その後、公共事業、エネルギー、環境、医療、教育など広範囲で応用されてきた^{2)~6)}。複数項目での総合評価ができ、しかも非効率と評価された場合には改善の方向性も示すことができる。これまで、DEAは多様な事業体の経営の効率性評価に用いられてきたが、家計などの非営利組織に対しても適用できる⁷⁾ことから、高齢無職世帯への適用を試みることにする。

2. DEAの適用

(1)Charnes-Cooper-Rhodesモデル(CCRモデル)

DEAは、事業体などの意思決定主体 Decision Making Unit (DMU) の効率性を相対的に評価する手法であるが、できるだけ少ない入力（投入）でできるだけ多くの出力（産出）が得られるほど効率的と考える。その比（比率尺度）、つまり出力（産出）/入力（投入）の値が大きいほど効率的といえる。そのため、規模が小さく、入出力の値が小さくても比率で考えれば効率的なDMUを見つけることが可能になる。また、回帰分析では扱えない複数の出力に対しても分析できる。

少ない入力で大きな出力を実現する事業体が効率的であると言っても、入力・出力が複数ある場合は、それらをど

1 厚生労働省の発表によると、2024年9月1日時点で、全国の100歳以上の高齢者が過去最多の9万5119人となった。

2 総務省統計局「家計調査」（2023年）によると、65歳以上の夫婦のみの無職世帯の実収入の89.3%が社会保障給付である。また、1か月平均で37,916円の不足額が生じていた。

のように選択するかが問題になる。DEAでは、複数の入力と出力を、それぞれ仮想的入力と仮想的出力にまとめて、それぞれの効率値を求めることで、相対的な総合判断が可能になる。

本研究では、DEAの基本モデルであるCharnes-Cooper-Rhodesモデル (CCRモデル)^{8) 9)}を適用している。CCRモデルは、規模に関して収穫一定の仮定を置いている。

(1) 式に示すとおり、DMUの数を n とし、 m 個の入力 X と s 個の出力 Y があるとする。 X は $(m \times n)$ 型、 Y は $(s \times n)$ 型の行列である。

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad Y = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ y_{s1} & y_{s2} & \cdots & y_{sn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

複数ある入力と出力をそれぞれ1つの仮想的入力と仮想的出力に換算するために、ウェイトづけされた入力の和を仮想的入力、出力の和を仮想的出力とみなす。(2) 式に示すように、入力につけるウェイトを v_i ($i=1, \dots, m$)とし、出力につけるウェイトを u_r ($r=1, \dots, s$)とする。どのようにウェイトを設定するかが問題となるが、DMUごとにその効率が最大になるように、ウェイトが入出力項目につけられる。

$$\theta = \frac{u_1 y_{1o} + u_2 y_{2o} + \cdots + u_s y_{so}}{v_1 x_{1o} + v_2 x_{2o} + \cdots + v_m x_{mo}} \quad (2)$$

(3) 式の制約条件では、各DMUの効率値が1以下となるという制約が課されている。対象とするDMUを代表的に記号 o とし、DMU $_o$ と示す。記号 o は1, 2, \dots , n のいずれかを指すものとする。このような制約条件のもとで、任意のDMU $_o$ の効率値 θ が最大になるようにウェイト v_m と u_s が決定される。これは、(3) に示す分数計画問題を解くことによって求めることができる。

目的関数：

$$\max \quad \theta_o = \frac{u_1 y_{1o} + u_2 y_{2o} + \cdots + u_s y_{so}}{v_1 x_{1o} + v_2 x_{2o} + \cdots + v_m x_{mo}}$$

制約条件：

$$\frac{u_1 y_{1j} + u_2 y_{2j} + \cdots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j} + \cdots + v_m x_{mj}} \leq 1 \quad (j = 1, \dots, n)$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0 \quad u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0 \quad (3)$$

この制約条件は、ウェイト v_i 、 u_r による仮想的入力と仮想的出力の比をすべてのDMUについて1以下におさえるという意味である。その制約条件下で、当該のDMUの効率値 θ を最大にするように v_i 、 u_r を決定する。したがって、最適な θ の値は高くとも1である。

以上の分数計画問題は、次の(4)に示す線形計画問題に変形することができる。

$$\begin{aligned} \text{目的関数: } \max \quad & \theta = u_1 y_{1o} + u_2 y_{2o} + \cdots + u_s y_{so} \\ \text{制約条件: } \quad & v_1 x_{1o} + \cdots + v_m x_{mo} = 1 \\ & u_1 y_{1j} + \cdots + u_s y_{sj} \leq v_1 x_{1j} + \cdots + v_m x_{mj} \quad (j = 1, \dots, n) \quad (4) \\ & v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0 \\ & u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0 \end{aligned}$$

なお、DEAには入力値の改善に着目した入力志向と出力値の改善に着目した出力指向の2種類の考え方が存在するが、今回はCCRの出力値の改善に着目した出力志向モデルを採用した。

(2) 資料とデータ

分析に用いた資料は、総務省統計局「全国家計構造調査」2019年の高齢者世帯の家計収支および家計資産・負債に関する結果である。ここでの高齢者世帯とは、65歳以上の無職の世帯員がいる世帯のことである。対象とした事業体 (DMU) は $n=4$ で、高齢者夫婦のみの世帯、高齢者夫婦と未婚の子供の世帯、高齢者夫婦と子供夫婦世帯、高齢単身世帯である。

本研究で適用したDEAの構造は、4入力2出力 ($m=4$, $s=2$)とした。高齢無職世帯においては、所得や資産をもとに、できるだけ消費生活を豊かにするにはという考えからである。入力項目は、等価可処分所得、公的年金給付、純金融資産 (金融資産 - 負債)、および住宅・土地とした。出力項目は、等価基礎的支出と等価選択的支出である。消費支出総額ではなく基礎的支出と選択的支出に分けて出力項目として扱った。基礎的支出は所得の大小にかかわらず必要な支出であり、それに対し選択的支出はぜいたくな支出であるが、無職の高齢者世帯にとって、現役時代よりも増えた自由時間を趣味や旅行等にあて、ゆとりのある生活を送るとなるとある程度の選択的支出が必要とするからである。

基礎的支出と選択的支出は、総務省統計局「家計調査」

2019年（二人以上の世帯）の支出弾力性をもとに、1.0未満の場合は基礎的支出、1.0以上の場合は選択的支出に区分した。具体的内容は、以下に示すとおりである。

- 基礎的支出： 外食を除く食料、住居、光熱・水道、家具・家事用品、保健医療
- 選択的支出： 外食、被服及び履物、交通・通信、教育、教養娯楽、その他の消費支出

本分析で用いるデータは、表1にまとめている。高齢者夫婦のみ世帯と高齢単身世帯においては、公的年金給付が世帯所得のほとんどを占めていることがわかる。また、DMU間で世帯人員が1人から4人と差があるため、可処分所得、基礎的支出および選択的支出に関しては、規模の経済を考慮し世帯人員数の平方根で除した金額を用いている。

表1 高齢者世帯の家計状況

	高齢者夫婦のみの世帯	高齢者夫婦と未婚の子供の世帯	高齢者夫婦と子供夫婦の世帯	高齢単身世帯
可処分所得 (円/月)	233,411	315,870	517,357	136,674
公的年金給付 (円/月)	236,090	232,388	238,524	133,211
純金融資産 (貯蓄-負債) (千円)	18,539	18,540	13,885	13,522
住宅・宅地 (千円)	25,835	28,617	22,672	21,884
基礎的支出 (円/月)	124,630	145,321	152,311	75,024
選択的支出 (円/月)	112,430	113,949	121,678	66,463

- 注1) 総務省統計局「全国家計構造調査」2019年より作成した。
 2) いずれの世帯も、65歳以上の無職の世帯員がいる。
 3) 「高齢者夫婦」とは、65歳以上の男と60歳以上の女による夫婦である。

DEAの計算には、DEA-Solver-Pro Version 15.0 (サイテック・ジャパン) を使用した。

表3 効率的な高齢者世帯の仮想的入出力値

Rank	DMU	仮想的入力				仮想的出力	
		等価可処分所得	公的年金給付	純金融資産	住宅・宅地	等価基礎的支出	等価選択的支出
1	高齢者夫婦のみの世帯	0.583	0	0	0.417	0	1
1	高齢単身世帯	0	1	0	0	0	1

3. DEA分析結果と考察

DEAの分析結果は、表2に示すとおりである。最も効率的なDMUは効率値1の高齢者夫婦のみの世帯と高齢単身世帯であった。次いで効率的なDMUは高齢者夫婦と子供夫婦世帯であり、効率値は0.989で、参照集合（見本とすべきDMU）は高齢単身世帯であった。このDMUの中で最も効率的でないのが高齢者夫婦と未婚の子供の世帯で効率値は0.838で参照集合は高齢単身世帯であった。

表2 DEA分析結果

Rank	DMU	効率値	参照集合
1	高齢者夫婦のみの世帯	1	高齢者夫婦のみの世帯 (1.000)
1	高齢単身世帯	1	高齢単身世帯 (1.000)
3	高齢者夫婦と子供夫婦の世帯	0.989	高齢単身世帯 (1.027)
4	高齢者夫婦と未婚の子供の世帯	0.838	高齢単身世帯 (1.298)

次に、表3に効率的な高齢者世帯の仮想的入出力値を示す。これにより、最も効率的な高齢者世帯において、どの入出力項目の貢献が大きかったかを把握することができる。高齢者夫婦のみの世帯では、等価選択的支出が評価されたことがわかる。その他、等価可処分所得と住宅・土地の大きさによる。高齢単身世帯では、等価選択的支出と公的年金給付が評価されていた。

所得や資産を入力とし基礎的支出と選択的支出を構造とするDEA分析の結果から、最も効率的なのは高齢者夫婦のみの世帯と高齢単身世帯であり、子供夫婦や未婚の子供のいる高齢者世帯は効率的ではないということが示された。住まいを所有しており公的年金が十分にあることが、ぜいたくなものが多く含まれる選択的支出を大きくすることが可能になり効率的と評価されたものと思われる。一方で、子供のいる世帯では、子供の所得もあり世帯全体の可処分所得は大きくなるものの必需的な基礎的支出も多くなり、その結果、選択的支出を抑えざるを得ないことが効率性に影

響しているものと考えられる。

4. まとめ

無職になる高齢期の消費生活を豊かなものにするためには、単に基礎的消費が満たされるだけでなく、現役時代よりも増えた自由時間を旅行や趣味にあてるために十分な選択的支出ができることが重要な意味をもつ。

そこで、本研究では夫婦のみか子供と同居しているか、あるいは単身などの世帯によって、所得、年金、金融資産、住宅・土地の保有状況が、どのように高齢期の消費生活に効率的に働くかを総合的に評価するために、DEAを適用した。

所得や資産を入力とし基礎的支出と選択的支出を出力とするDEAの構造について、出力志向CCRモデルを適用した分析結果から、最も効率的なのは高齢者夫婦のみの世帯と高齢単身世帯であり、子供夫婦や未婚の子供のいる高齢者世帯は非効率的であることが示された。住まいを所有しており公的年金が十分にあることで、ぜいたくな選択的支出を大きくすることが可能になり効率的と評価されたものと思われる。一方で、子供のいる世帯では、子供の所得もあり世帯全体の可処分所得は大きくなるものの、選択的支出を多く支出できないことで効率的ではないという結果になったものと考えられた。

利益相反

本研究における利益相反は存在しない。

引用文献

- 1) Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes E.: Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research.*, 2, 429-444 (1978)
- 2) 金蔵武史, 青木真吾, 辻洋: データ包絡法を用いた家庭内エネルギー消費評価の試み, *電気学会論文誌C (電子・情報・システム部門誌)*, 125, 1530-1536 (2005)
- 3) 西守克己, 桜木一貴: データ包絡分析法による日本の電力事業者における環境効率性分析, *日本知能情報ファジィ学会・ファジィシステムシンポジウム講演論文集*, 27, 884-885 (2011)
- 4) 平井健二, 小池淳司, 喜多秀行: DEA手法による公営企業の運営効率性評価 - 公営バス事業を事例とした評価 -, *土木計画学研究・論文集*, 26, 133-140 (2009)
- 5) 丸山幸宏, 濱口由子: 第3章 保健医療政策におけるDEA

- の活用「経営効率性の測定の基礎」(刀根薫編)、107-137 (2022)、日本評論社、東京
- 6) 新村秀一: 経営効率性による企業と大学の評価法 (1) -DEA普及のための方策1-成蹊大学経済学部論集, 43 (1), 51-82 (2012)
 - 7) ガンガ伸子: 包絡分析法によるライフステージ別にみた家計の経営効率性, *長崎大学教育学部紀要*, 2, 15-20 (2016)
 - 8) Cook, W. D. and Zhu, J. (森田浩訳): 2.6入力指向包絡モデル「データ包絡分析法DEA」, 34-36 (2014)、静岡学術出版、静岡
 - 9) 利根薫, 第2章 包絡分析法の基本: 「経営効率性の測定と改善-包絡分析法DEAによる-」, 15-30 (1993)、日科技連、東京

「マンナンごはん」によるヒトの排便状況への影響

清水 扶美¹、岡井奈名美¹、菅 早輝¹、西村 夢花¹、
鈴木 太郎²、安西 正弘³、小倉 嘉夫¹

¹ 神戸女子大学家政学部

² 龍谷大学農学部

³ 大塚食品株式会社

Effects of “MANNAN GOHAN” on Defecation

Fumi SHIMIZU¹, Nanami OKAI¹, Saki KANN¹, Yumeka NISHIMURA¹,
Taro Suzuki², Masahiro ANZAI³, Yoshio OGURA¹

¹Faculty of Home Economics, Kobe Women's University

²Faculty of Agriculture, Ryukoku University

³Otsuka Foods Co.,Ltd.

要 約

目的：20歳代女性を対象とし、食物繊維が多く摂れる市販の「マンナンごはん」を継続摂取することが排便状況にどのような影響を与えるかを検討することを目的とした。

方法：女子大学に在籍する30名の学生を対象に、連続する4週間（2、3週日は主食に試験食として市販包装米飯「マンナンごはん」を1日2回置き換え摂取し、前後の1週間は日常食とした）で、毎日の排便調査に加えて、「マンナンごはん」を食べたことがあるかなどのアンケートを無記名で行った。

結果：排便回数は、「マンナンごはん」摂取中に比較して摂取後で有意に減少していた。便の色は摂取前と比較して、摂取中および摂取後のカラーコードによる評価点が有意に上昇しており、明るい色に変化した。便においては、摂取前に比較して摂取中の方が有意に弱くなっていた。また、アンケート調査においては、調査対象者の76.7%が排便量の増加および排便の改善を体感したと回答し、排便のタイミングについては、通常の排便のタイミングよりも早い時間に移行したという回答が多かった。

結論：市販包装米飯「マンナンごはん」を1日2回主食として置き換え摂取を継続することにより、これらの食物繊維を介した腸内環境の改善や維持が期待できると推察された。

キーワード：水溶性食物繊維、不溶性食物繊維、グルコマンナン、腸内環境、便pH

I. 緒 言

現在、日本人の食生活において食物繊維は不足しがちな栄養素といわれている。日本人の食事摂取基準（2020年版）では、食物繊維の目標量は、18歳～64歳では1日あたり男性21g以上、女性18g以上とされている。しかし、国民健康・栄養調査（2019年・令和元年）では、全ての年齢階級の中で20～29歳の女性における食物繊維の摂取量は14.6

g¹⁾と最も少なかった。しかし、食物繊維の生体へ及ぼす影響としては、食後血糖値上昇の抑制²⁾、便通改善に伴う美容効果³⁾、腸内細菌叢変化による免疫機能向上⁴⁾などの他、動物を使ったメタボリックシンドローム発症予防⁵⁾なども含めて既に多数報告されており、食物繊維は体内環境を整える重要な栄養素の一つであるといえる。

食物繊維を多く含む炊飯用米粒状加工食品の「マンナ

ンヒカリ」と精白米を一定比率で混ぜて炊飯したごはんによる健常人や2型糖尿病患者の食後血糖値の上昇抑制効果^{6,7)}については既に報告されているが、主食(市販包装米飯)としてのマンナンごはんでの整腸作用については殆ど言及されていない。そこで、今回の研究では20歳代女性を対象とし、食物繊維が多く摂れる市販包装米飯の「マンナンごはん」を継続摂取することが排便状況にどのような影響を与えるかを検討することを目的とした。

II. 方法

1. 調査対象者と調査期間

兵庫県神戸市内の女子大学の学生のうち、ボランティアを募って同意が得られ、全調査項目に回答があった30名を調査対象者とした。調査期間は、2022年11月19日から2023年2月16日までの期間の中で、連続する4週間とした。

2. 調査方法

上記の調査期間のうち、連続する4週間で毎日の排便調査に加えて、食事回数、排便のタイミング、「マンナンごはん」は食べたことはあるか等のアンケートを無記名で行った。また、調査開始前と調査終了時に身体計測を行った。調査を実施した連続する4週間のうち、初めの1週間(1週目)は通常の食生活とし、次の2週間(2~3週目)は主食のうち1日当たり2回を試験食として市販包装米飯の大塚食品株式会社の「マンナンごはん」1パック160gに置き換え、最後の1週間(4週目)は再び通常の食生活に戻した。試験食の「マンナンごはん」と同量の精白米の米飯の栄養成分(2022年11月に公表されていた情報)を表1に示した。「マ

表1 栄養成分表示1食分(160g)当たり

	マンナンごはん	水稲めし (精白米、うるち米)
エネルギー(kcal)	168	250
たんぱく質(g)	2.2	4
脂質(g)	0.2	0.5
炭水化物(g)	41.8	59.4
糖質(g)	37	57
食物繊維(g)	4.8	2.4
食塩相当量(g)	0.1	0

水稲めし(精白米、うるち米)の数値は、食品表示法に従った成分値を「マンナンごはん」の栄養成分表示1食分(160g)に準じて日本食品標準成分表2020年版(八訂)から算出した。糖質は日本食品標準成分表2020年版(八訂)には記載がないが、食品表示法に従い[100-(水分+たんぱく質+脂質+灰分)-食物繊維]として求めた。

ンナンごはん」に含まれる食物繊維量は1パックあたり4.8gであり、同量の精白米の米飯の食物繊維量2.4gよりも多い。そのため、「マンナンごはん」を1日に2パックに置き換えて摂取することで、同量の精白米の米飯を摂取する時と比較して、主食から1日当たり4.8gの食物繊維量を追加摂取することができ、目標量に対して不足している量を補え、1日当たりの摂取量として「マンナンごはん」を2パック摂取することにした。

3. 調査項目

調査対象者の基礎データ調査として、調査開始前と調査終了時に身体計測を行った。排便調査については、便の色の項目ではカラーコードを用いて排便状況の調査を行った報告⁸⁾や全国的に用いられている母子手帳に掲載されている便の色のカラーコードを参考に作成した。また、排便の回数などの項目については便秘と生活習慣に関する報告⁹⁾からの質問方法を参考に設定した。いずれの調査項目も、著者らによる排便調査を含む報告¹⁰⁾と同様の方法とした。

1) 身体計測

調査開始前と調査終了時に、身長、体重、BMI、体脂肪率、骨格筋量、内臓脂肪を計測した。身長は身長計で計測し、体重、体脂肪率、骨格筋量、内臓脂肪は、インボディ体組成計(InBody; InBody 470)を用いて計測した。

2) 1日の排便調査

(1) 排便の回数

1日に何回排便したかを記録した。

(2) 便の性状

便の性状の判定には、図1で示した医療現場でも用いられているプリストルスケール¹¹⁾を用いた。プリストルスケ



図1 便の性状の評価(プリストルスケール)

ルは腸内容物の消化管の通過時間によって、便の状態を7つに分類したものである。プリストルスケールを用いて、消化管の通過時間が非常に長い場合から非常に短い場合まで¹²⁾の7つの分類の便に1点から7点を与え、評価点として記録した。

(3) 便の色

便の色の判定には、図2で示した7色のカラーコードを用いた。カラーコードの表記方法は一般的な母子手帳にも採用されている表記¹³⁾や色の設定方法¹⁴⁾を参考に作成した。この7色は、ウェブ上で一般的に用いられる色名が定義されている140色のカラーコードおよび216色のウェブセーフカラーのカラーコードを含む16進数カラーコードから選択した。消化管の通過時間が非常に長い場合から非常に短い場合と想定し¹¹⁾、評価点を便の色に対し1点から7点とした。カラーコードに最も近い便の色を一つ選び、評価点を記録した。

非常に遅い (約100時間)	↑	1	#140a00	黒っぽい色
		2	#330000	濃いこげ茶色
		3	#663300	こげ茶色
消化管の 通過時間		4	sienna #a0522d	茶色
		5	peru #cd853f	薄い茶色
		6	goldenrod #daa520	黄土色
非常に早い (約10時間)	↓	7	#ffc000	明るめの黄土色

図2 便の色(7色のカラーコード)の評価

(4) 便の量

全ての調査対象者に一般的な栄養相談で使用するバナナのフードモデル(200g)を見せ、便の量について説明を行った。バナナ一本(200g)を1.0として、これを共通のイメージとして実際の便の量を推定で記録した。便の性状によって分かりにくい場合は判定不可を選択した。

(5) 便のにおい

通常の便と比較して変わらなかった場合を0点、強くなった場合を1点、弱くなった場合を-1点として、評価点を与えた。この中から該当するものを選択した。

(6) 排便後の感覚

排便後の感覚は、通常の便と比較して変わらなかった場合を0点、すっきりした場合を1点、すっきりしなかった場合を

-1点として評価点を与え、該当するものを選択した。

(7) 便のpH

通常の食生活で、1週目のうち最後の2日間に1回、主食を「マンナンごはん」に置き換える3週目のうち最後の2日間に1回、通常の食生活に戻した4週目のうち最後の2日間に1回、計3回を目安に便のpHを計測した。便のpHは、pH=6.0からpH=8.1までを計測できるpH試験紙(Whatman®; Type CS)を小さくカットして排便後の便に直接置き、変化後の色を目視にて確認の上、記録した。

3) アンケート調査

調査開始前のアンケート調査項目は生活様式、日常の主食の摂取状況、日常の排便状況について、調査期間中のアンケート調査項目は「マンナンごはん」の摂取時間、排便の変化について、調査期間終了後のアンケート調査項目は「マンナンごはん」の摂取に関して、それぞれのタイミングでアンケート調査した。

4. 統計処理

統計処理はIBM SPSS Statistics 27を用いた。調査開始前と調査終了時に実施した身体計測の各項目は、対応のあるt検定で検討した。排便調査結果の1週目・2~3週目・4週目の3群間の比較には対応のある一元配置分散分析を行い、主効果が有意であった場合は、下位検定としてBonferroni法で多重比較検定を行った。統計処理をした全てのデータ値は平均値±標準偏差で示し、統計学的有意水準は5%未満とした。

5. 倫理的配慮

本研究は、神戸女子大学・神戸女子短期大学人間を対象とする研究倫理委員会において承認を得た上で実施した(受付番号:2022-32-1)。調査対象者には研究の目的と意義、調査の方法と研究期間を説明し、研究への参加は自由意志であり、研究途中であっても研究参加を取りやめることができることを口頭で伝えた後に、調査票を配付した。無記名の自己記入方式とし、調査終了後に回収ボックスへの提出をもって研究に同意したものとみなした。

Ⅲ. 結果

1. 身体計測結果

調査開始前と調査終了時に、調査対象者30名の身長、体

重、BMI、体脂肪率、骨格筋量、内臓脂肪について、測定した結果を表2に示した。いずれの項目も、調査開始前と調査終了時に有意な差は認められなかった。

表2 身体計測結果

	調査開始前	調査終了時
身長 (cm)	158.26 ± 6.01	158.13 ± 5.95
体重 (kg)	51.55 ± 7.02	51.70 ± 6.97
BMI (kg/m ²)	20.52 ± 2.04	20.60 ± 2.02
体脂肪率 (%)	26.62 ± 5.17	27.27 ± 4.82
骨格筋量 (kg)	23.86 ± 7.89	23.11 ± 7.03
内臓脂肪 (level)	5.13 ± 1.89	5.40 ± 2.03

数値は平均値±標準偏差, n=30

2. 排便調査結果

4週間の排便調査における1日の排便の回数、便の性状、便の色、便の量、便のにおい、排便後の感覚、便のpHについて、試験食摂取前（日常食期間）の1週目を摂取前、試験食摂取中の2～3週目を摂取中、試験食摂取後の4週目（日常食期間）を摂取後として表3に示した。

1) 便の回数

排便回数は、摂取前が1.22 ± 0.99回/日、摂取中が1.24 ± 0.87回/日、摂取後が1.11 ± 0.91回/日となり、調査期間を通して概ね1日当たり1回以上の排便があった。排便回数は摂取中に比較して摂取後が有意に減少していた (p<0.05)。

2) 便の性状

図1のブリストルスケール¹¹⁾をもとに評価した結果、評価点は摂取前が3.41 ± 0.77、摂取中が3.15 ± 0.67、摂取後が3.30 ± 0.84であった。評価点3はやや硬い便、評価点4は普通便を表すため、いずれの期間においてもやや硬い便と普通便の間であった。摂取前に対して摂取中、摂取中に対して摂取後、摂取前に対して摂取後、いずれの期間を比較しても有意な差はなく、4週間を通じて便の性状に変化はな

かった。

3) 便の色

図2のカラーコードをもとに評価した結果、評価点は摂取前が3.29 ± 0.53、摂取中が3.60 ± 0.53、摂取後が3.61 ± 0.61であった。摂取前に比較して摂取中および摂取後では、有意に便の色が明るい色調に変化していた (p<0.05)。摂取前の便の色はこげ茶色に近い色だったが、摂取中や摂取後では茶色に近い色に近づく変化が認められた。

4) 便の量

バナナ1本を200gと仮定して評価した結果、摂取前の排便量は155.12 ± 53.75g/日、摂取中の排便量は166.91 ± 52.21g/日、摂取後の排便量は163.00 ± 49.53g/日と推算した。摂取前に対して摂取中、摂取中に対して摂取後、摂取前に対して摂取後、いずれの期間を比較しても有意な差はなく、4週間を通じて便の量に変化はなかった。

5) 便のにおい

通常の便と比較して便のにおいが変わらなかった場合を0点、強くなった場合を1点、弱くなった場合を-1点として評価した。その結果、便のにおいの評価点は摂取前の平均値が0.10 ± 0.17、摂取中が-0.09 ± 0.24、摂取後が0.06 ± 0.25となった。便のにおいは、摂取前に比較して摂取中の方が有意に弱くなっていた (p<0.05)。

6) 排便後の感覚

通常の排便と比較して排便後の感覚が変わらなかった場合を0点、すっきりした場合を1点、すっきりしなかった場合を-1点として評価した。評価点は、摂取前が0.44 ± 0.45、摂取中が0.60 ± 0.38、摂取後が0.51 ± 0.48となった。排便後の感覚は、摂取前に対して摂取中、摂取中に対して摂取後、摂取前に対して摂取後、いずれの期間を比較しても有意な差は認められなかった。

表3 4週間の排便調査の結果

	1週目 (摂取前)	2-3週目 (摂取中)	4週目 (摂取後)
排便の回数 (回/日)	1.22 ± 0.99	1.24 ± 0.87 ^a	1.11 ± 0.91 ^a
便の性状	3.41 ± 0.77	3.15 ± 0.67	3.30 ± 0.84
便の色	3.29 ± 0.53 ^{b,c}	3.60 ± 0.53 ^b	3.61 ± 0.61 ^c
便の量 (g/日)	155.12 ± 53.75	166.91 ± 52.21	163.00 ± 49.53
便のにおい	0.10 ± 0.17 ^d	-0.09 ± 0.24 ^d	0.06 ± 0.25
排便後の感覚	0.44 ± 0.45	0.60 ± 0.38	0.51 ± 0.48
便のpH	6.98 ± 0.61	6.82 ± 0.62	6.98 ± 0.48

数値は平均値±標準偏差, 2-3週目は検査食摂取期間であった。n=30, ただし便のpHのみ対応に欠損がある数値を除きn=18とした。同じアルファベット間に有意差 (p<0.05) あり。

7) 便のpH

対応するデータに欠損が認められた場合を除き、便のpHのみn=18で統計解析を行った。便のpHは摂取前が 6.98 ± 0.61 、摂取中が $pH=6.82 \pm 0.62$ 、摂取後が $pH=6.98 \pm 0.48$ となった。便のpHは、摂取前に対して摂取中、摂取中に対して摂取後、摂取前に対して摂取後、いずれの期間を比較しても有意な差は認められなかった。

3. アンケート調査結果

1) 調査開始前に実施したアンケート結果 (図3)

(1) 生活様式

住まいについては、調査対象者30人中17人が家族と同居、13人が一人暮らしをしているという結果から、家族と同居の方がやや多かった。食事回数については、30人中29人が3食摂取していた。

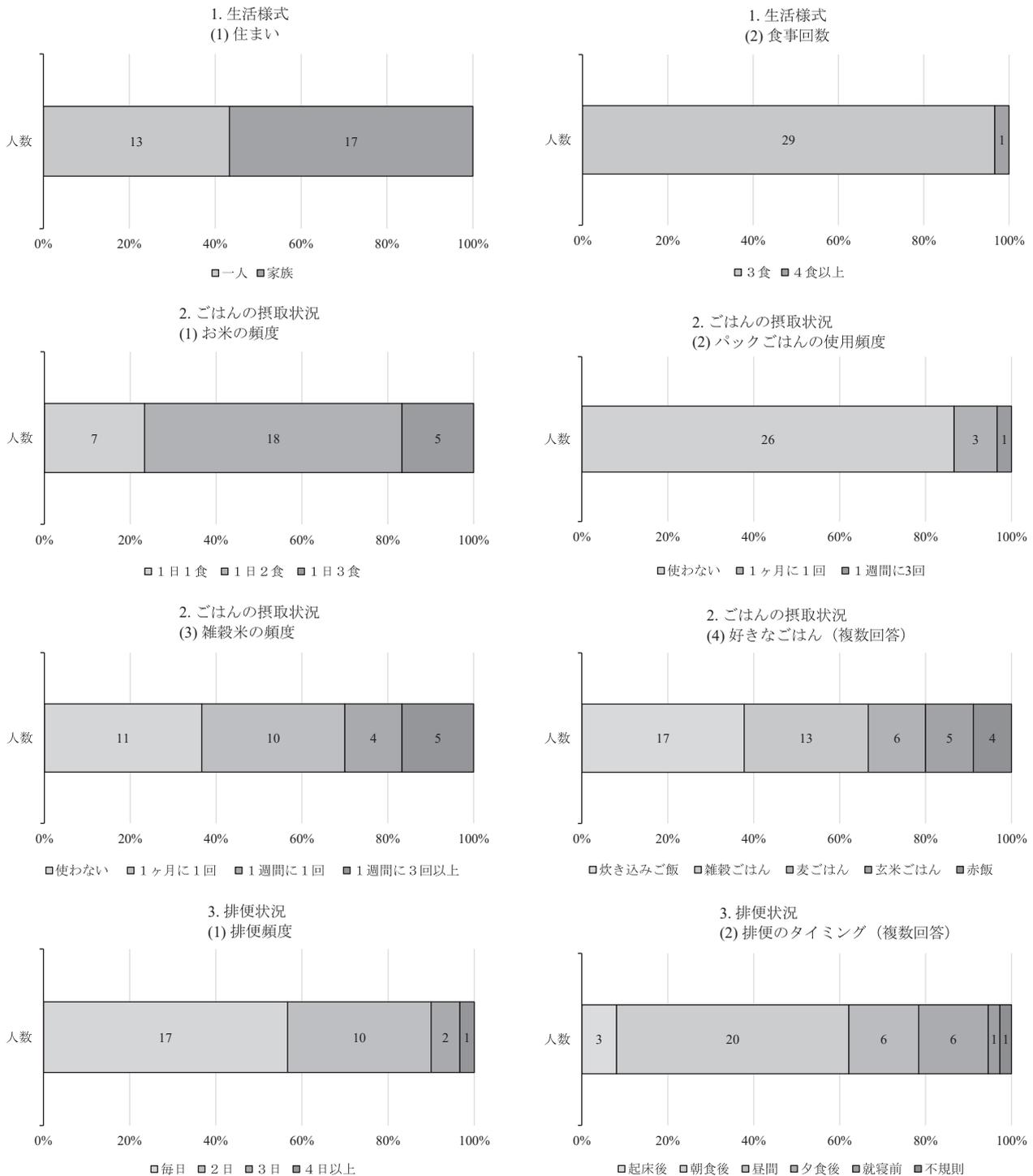


図3 調査開始前に実施したアンケート結果 (n=30)

「マンナンごはん」によるヒトの排便状況への影響

(2) ご飯の摂取状況

お米（米飯）の摂取頻度については、調査対象者30人中5人が1日3回、18人が1日2回、主食に米飯を摂取しており、米飯の摂取頻度は高い傾向にあった。食べないが0人、1日1回が7人であった。なお、米飯摂取にパックご飯（一般的な市販包装米飯）を使用しているという回答者のうち、3人が1か月に1回、1人が1週間に1回の使用頻度であり、パックご飯を使用している場合でも使用頻度は高くないということが示された。次に、雑穀ご飯の使用頻度については、頻繁ではないが、雑穀ご飯を使用していたのは、30人中14人（10人が1か月に1回、4人が1週間に1回）であった。30人中11人が雑穀ご飯を使用していなかった。1週間に3回以上、やや頻繁に雑穀ご飯を使用していたのは5人であった。最後に、好きなご飯については、炊き込みご飯と雑穀ご飯がそれぞれ30人中17人と13人を占め、この2つが特に好まれていた。

(3) 排便状況

日常での排便の頻度については、調査対象者30人中17人が毎日排便しているという結果から、全体的に快便傾向であった。

2) 調査期間中に実施したアンケート結果（図4）

(1) 「マンナンごはん」を摂取したタイミング

調査対象者30人中18人が朝食、21人が昼食、17人が夕食に摂取したと回答し、いずれの時間帯でも概ね均等に摂取されていた。

(2) 排便量の変化

「マンナンごはん」を摂取したことで、排便がやや増えたという回答者は調査対象者30人中18人で、排便が増えたという回答者は5人いた。やや減ったと変化なしがそれぞれ2人と3人、記載なしが4人であった。結果として、調査対象者の76.7%は排便量が増えたことを感じていた。

(3) 排便のタイミングの変化

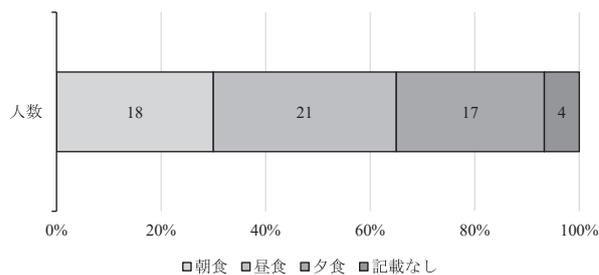
調査対象者30人中23人は「マンナンごはん」を摂取しても排便のタイミングに変化がみられなかったと回答したが、6人は排便のタイミングが変化したと回答した。1人が記載なしであった。

3) 調査終了後に実施したアンケート結果（図5）

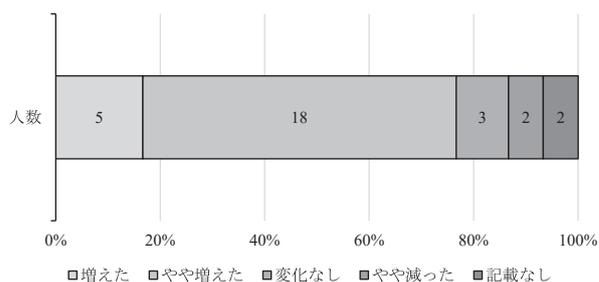
(1) 「マンナンごはん」のおいしさについて

調査対象者30人中13人が美味しい、13人がやや美味しいと回答したことから、86.7%が好ましいという評価であった。

1. 「マンナンごはん」を摂取したタイミング
(複数回答)



2. 排便量の変化



3. 排便のタイミングの変化

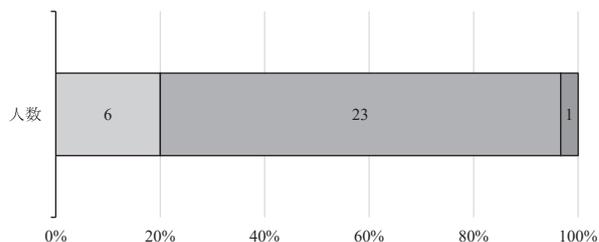


図4 調査期間中に実施したアンケート結果 (n=30)

(2) 「マンナンごはん」の摂取後の体への影響

排便の改善については、調査対象者30人中23人が排便の改善を体感したという結果より、76.7%が「マンナンごはん」を摂取したことによって排便の改善を体感していた。満腹感については、30人中16人が満腹感を得たと回答した。また、「マンナンごはん」を1日2回摂取するのは、主食の回数としては多いかについては、4人が毎食でもよい、14人がどちらでもないと回答し、60.0%が概ねよいという結果であった。

(3) 「マンナンごはん」を今後も食べたいか

「マンナンごはん」を今後も食べたいかについては、調査対象者30人中10人が食べたい、14人が時々食べたいと回答した。

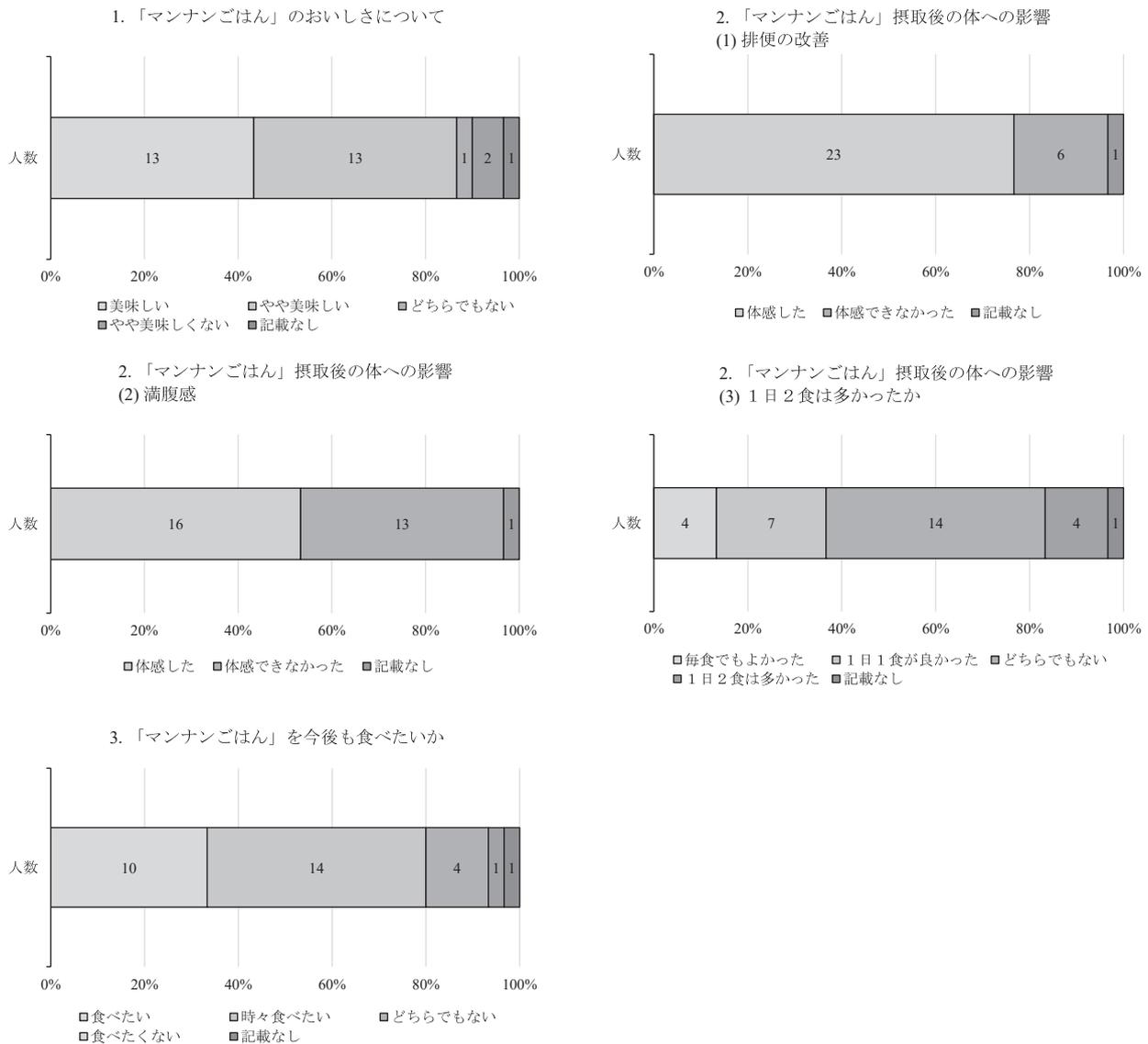


図5 調査終了後に実施したアンケート結果 (n=30)

IV. 考察

排便調査開始前に実施したアンケート結果では、まず排便状況については、2人が3日に1回の排便、1人が4日に1回の排便であり、便秘の定義の1つが、3回/週未満の排便回数であること¹⁵⁾より、便秘の割合は全体の10.0%であった。次に、日常の排便のタイミングについては、30人中3人が起床後、20人が朝食後と回答したが、6人が昼間(日中)、6人が夕食後と回答した。就寝前1人、不規則1人の回答者を含めると、排便のタイミングは全体の半数近くが午前中に排便していることが分かった。調査期間中に実施したアンケート結果(図4)では、排便量の変化については調査対象者の76.7%が「マンナンごはん」を摂取したことで排便量の増加を実感していたと推察された。さらに排便のタイミングの

変化については、23人が変化なしと回答しており、全体的に大きな変化は見られなかった。調査終了後に実施したアンケート結果(図5)では、「マンナンごはん」のおいしさについては、調査対象者の86.7%が美味しいまたはやや美味しいと回答していた。なお、「マンナンごはん」を今後も食べたいかについては、調査対象者の80.0%が「マンナンごはん」を時々食べたいまたは食べたいという回答であったことから、嗜好的には概ね受容されていたことが示された。

排便調査の結果から、水溶性食物繊維や不溶性食物繊維を豊富に含む「マンナンごはん」を1日2回の主食とする生活を2週間継続することで顕著にみられた排便の変化は、便の回数、色およびにおいであった。排便回数は、摂取中と摂取後で比較すると摂取後に有意な低下がみられた。「マ

ンナンごはん」の摂取終了に伴い排便回数が減少したことより、「マンナンごはん」の摂取を継続することによって、排便回数の増加を維持することができる可能性が考えられた。今回、1日の食物繊維不足量として普段の主食と置き換えた「マンナンごはん」2パックにより、摂取前の食生活における食物繊維不足が解消されたと考えられた。

便の色は、摂取前に比較して摂取中および摂取後の方が有意に評価点は高くなっていったことから、便の色がより明るい色合いに変化していた。これは、「マンナンごはん」を摂取することによって、腸内要物の消化管の通過時間が短くなったことが考えられた。便のにおいは摂取前に比較して摂取中の方が有意に弱くなった。「マンナンごはん」には水溶性食物繊維や不溶性食物繊維などの食物繊維が、通常の米飯よりも豊富に含まれている。これらの水溶性食物繊維は、腸内細菌による発酵を受けてビフィズス菌や乳酸菌等の有用菌を増殖させ、腐敗菌などの有害菌を減少させる¹⁶⁾。また、有用菌のエネルギー源にもなり、短鎖脂肪酸や乳酸を生成させると報告されている¹⁷⁾。このことより「マンナンごはん」の摂取は水溶性食物繊維の摂取量増加につながり、有用な腸内細菌が増えるなど腸内環境改善の影響により便の色やにおいに変化をもたらしたのではないかと考えられる。しかしながら、今回の排便調査方法においては、排便回数および便のpH測定以外は主観的な調査方法が用いられており、糞便中の物質等に対する実質的な計測は行っていない。そのため、糞便中の物質等に対する検討方法については、今後の課題である。

以上より、全体として便秘傾向ではない対象者に対してでも、水溶性食物繊維や不溶性食物繊維を豊富に含む「マンナンごはん」を1日2回以上の頻度で摂取を継続することにより、排便回数や便のpH等の腸内環境の改善や維持が期待できると推察された。

謝 辞

本調査の内容を理解し、調査にご協力頂きました神戸女子大学管理栄養士養成課程の皆様および今回の機会を作っていただいた大塚食品株式会社の関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

利益相反

本研究における利益相反は存在しない。

文 献

- 1) 厚生労働省：平成30年国民健康・栄養調査報告、令和2年10月（<https://www.htmlw.go.jp/content/10900000/000687163.pdf>）最終アクセス日2024年8月16日
- 2) 平井 宏和、濱口 徳寿、尾藤 寛之、須田 真人、佐藤 工、木村 亨、小川 浩一：難消化性グルカンによる食後血糖上昇に及ぼす影響 無作為化二重盲検プラセボ対照クロスオーバー試験、薬理と治療、44、1455-1462 (2016)
- 3) 早川 享志：【美肌と栄養～美容皮膚科医が知っておきたい栄養素の必要量・生理機能と食品機能性成分～】美肌に関係する炭水化物の生理機能、美容皮膚医学Beauty、3、28-34 (2020)
- 4) 清水 潤：ヒト末梢血T細胞分化異常と腸内細菌叢変化の病理的関連検討、アレルギーの臨床、44、144-148 (2024)
- 5) Bi Zhicheng, Hossain Akram, Akumwami Steeve, 松永 徹, Sikder Md. Mamun, 北田 研人, Rahman Asadur, 徳田 雅明, 西山 成：マンナンスムージーの食物繊維がメタボリックシンドローム発症ラットのメタボリックシンドローム発症を予防する (Dietary fiber from mannan smoothie prevents metabolic syndrome development in metabolic syndrome-prone rats)、日本食品化学学会誌、31、21-30 (2024)
- 6) 福井俊弘、竹谷 耕太、山本 卓資、柏 計雄、王 億、山本 國夫：健常人におけるマンナンごはん単回摂取時の食後血糖値とインスリン分泌に及ぼす影響、日本病態栄養学会誌、14、133-139 (2011)
- 7) 宇野智子、佐藤佑造：2型糖尿病患者の食事療法における米粒状加工食品（マンナンヒカリ）の有用性に関する検討、日本体質医学会雑誌、75、42-45 (2013)
- 8) 瀧口隆一、宮本真理、望月英輔、鈴木 豊、景山良治、飯野久和：発酵乳の摂取が健常成人の排便回数、排便量、便性および糞便内菌叢に及ぼす影響、腸内細菌学雑誌、11、117-122 (1998)
- 9) 山田五月、松本晴美、高橋律子、目加田優子、近藤珠里、森佳子、塩澤信良、秋山嘉子、平田治美、児玉俊明、日田安寿美、上岡洋晴、川野 因：大学生における慢性機能性便秘発現に及ぼす性および生活習慣との関連：横断的研究、栄養学雑誌、67、157-167 (2009)
- 10) 清水扶美、今西菜月、川井満帆、安西正弘、小倉嘉夫：「もち麦と玄米のごはん」によるヒトの排便および腸内環境への影響、神戸女子大学家政学部紀要、55、33-41 (2022)
- 11) 排泄ケアナビ：プリストルスケールによる便の性状分類 (https://www.carenavi.jp/ja/jissen/ben_care/shouka/shouka_03.html) 最終アクセス日2024年8月16日
- 12) 排泄ケアナビ：便の形成・体内から腸管への水分移動 (2) (https://www.carenavi.jp/ja/jissen/ben_care/shouka/shouka_02.html) 最終アクセス日2024年8月16日
- 13) 便カラーカードを活用しましょう/川越市 (city.kawagoe.saitama.jp) (<https://www.city.kawagoe.saitama.jp/kenkofukushi/kenko/hahatoko/bencolor.html>) 最終アクセス日2024年10月18日
- 14) 高井許子、水道裕久、藤田晃人、小谷麻由美、山西敦之、澄

川一英、光岡 知足：乳酸菌発酵ビール酵母飲料摂取がヒトの排便に及ぼす影響、腸内細菌学雑誌、15、27-35 (2001)

- 15) 山田五月、松本晴美、高橋律子、目加田優子、近藤珠里、森佳子、塩澤信良、秋山嘉子、平田治美、児玉俊明、日田安寿美、上岡洋晴、川野 因：大学生における慢性機能性便秘発現に及ぼす性および生活習慣との関連：横断的研究、栄養学雑誌、67、157-167 (2009)
- 16) 奥 恒行、中村禎子： ヒトにおける食物繊維高含有シリアルフレーク朝食の便重量ならびに大腸機能に及ぼす影響、日本食物繊維研究会誌、5、11-22 (2001)
- 17) 辻 啓介：食物繊維の保健効果、ピフィズス、8、125-134 (1995)

低温スチーミング加熱がブロッコリーのAscorbate peroxidaseおよびL-Galactono-1,4-lactone dehydrogenase活性におよぼす影響

福井湖乃美¹, 岩田恵美子², 後藤 昌弘¹

¹ 神戸女子大学

² 畿央大学

Effect of low temperature steaming on Ascorbate peroxidase and L-Galactono-1,4-lactone dehydrogenase activities in broccoli.

Konomi FUKUI¹, Emiko IWATA², Masahiro GOTO¹

¹ Faculty of Home Economics, Kobe Women's University

² Faculty of Health Sciences, Kio University

要 約

低温スチーミング加熱によるブロッコリーのアスコルビン酸 (AsA) の変化のメカニズムを明らかにするため, アスコルビン酸-グルタチオンサイクルの重要な構成要素の一つであるAscorbate peroxidase (APX) 活性, アスコルビン酸合成の最終段階を触媒するL-Galactono-1,4-lactone dehydrogenase (GLDH) 活性の温度による影響を調べた。

AsA含量は花蕾部, 花茎部とも, 加熱に伴い減少する傾向で, その割合は両部位とも加熱温度が高いほど小さく, 高い温度の方がAsAを保持した。AsAの酸化に関わるAPXの至適温度は23 ~ 30℃前後であった。花蕾部, 花茎部とも反応温度40℃までは高い活性レベルであったが, 60℃以上では, 至適温度の1/6程度まで低下した。AsAの合成に関わるGLDHは熱耐性が高く, 花蕾では反応温度40℃, 50℃, 60℃より80℃, 花茎では反応温度50℃より80℃での活性が有意に高かった。

キーワード: 低温スチーミング, AsA, DAsA, APX, GLDH

緒 言

蒸し加熱は, 水蒸気の潜熱 (539cal/g) で, 食品を加熱する調理方法で, 蒸気量を調節することにより, 100℃以下で加熱することも可能である^{1,2)}。この技術を応用したスチームコンベクションオープンの普及^{3,4)}により100℃以下で食品を加熱する低温スチーミング加熱⁵⁾が, 広く利用されるようになってきた。調理温度がおいしさや品質に影響することが認識され, 低温スチーミング加熱についても, これまでに調理に伴う野菜の食味や栄養成分の変化が報告^{6,7)}されている。特に, アスコルビン酸含量に関して, 山崎ら⁸⁾は, 大根では70℃で60分, 小松菜では50℃で10分, 春菊では40℃で10分の低温スチーミング加熱で生より総アスコルビン酸 (TAsA) が増加する傾向にあったことを, また, 村山ら⁹⁾は春菊では37℃~47℃で10分, ほうれん草では38~48℃の

27分加熱でアスコルビン酸含量が増加したことを報告している。

ヒトにとって還元型アスコルビン酸 (AsA) は栄養学的に重要であるにもかかわらず, 高等植物における主要なAsA生合成経路 (D-マンノース/L-ガラクトース経路: D-Man/L-Gal経路) は近年になってようやく解明されたばかりである¹⁰⁻¹³⁾。植物では, D-フルクトース-6-リン酸がいくつかの段階を経て, L-Galactono-1,4-lactoneとなり, AsAは, この物質を最終前駆体として, ミトコンドリアに局在するL-Galactono-1,4-lactone dehydrogenase (GLDH) によって合成される¹⁴⁾。この経路をD-Man/L-Gal経路という (Fig.1)。

AsAは, 植物における重要な抗酸化物質であり, 過酸化水素などの活性酸素種やフリーラジカルから植物体を守る

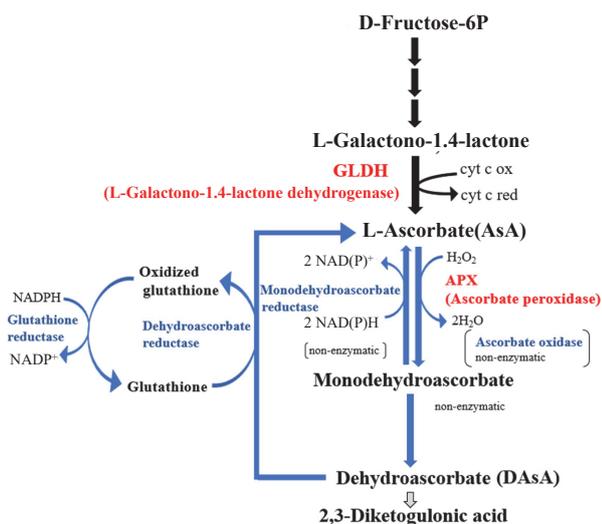


Fig.1 Biosynthesis pathways and Redox pathways of AsA in higher plants. Black arrow shows D-Man/L-Gal pathway. Blue arrow shows Ascorbate-glutathione cycle.

のに役立つ^{15,16)}。Ascorbate peroxidase (APX) は過酸化水素の水への還元を触媒し、還元剤であるAsAに高い特異性と親和性を持つ¹⁶⁾ことから、細胞内の過酸化水素代謝における重要な酵素として注目されている。AsAは酸化されてモノデヒドロアスコルビン酸に変換され、さらに不均化反応によってモノデヒドロアスコルビン酸2分子のうち1分子がAsA、残り1分子が酸化型アスコルビン酸 (DAsA) となる¹⁷⁾が、DAsAは極めて不安定であり、不可逆的に2,3-ジケトグルロン酸、シュウ酸、トレオン酸などに分解される¹⁸⁾。一方、AsAへの再生経路も存在し、モノデヒドロアスコルビン酸はMonodehydroascorbate reductase, DAsAはDehydroascorbate reductase (DHAR) によって還元されてAsAに再生される¹⁹⁾。このうち、DHARによる再生は、還元型グルタチオンを消費するが、Glutathione reductaseによって過酸化水素の消去により発生するDAsAの再生が万全となり、APXの反応がより効率的に行われる¹⁷⁾。このような一連の過酸化水素消去機構をアスコルビン酸-グルタチオンサイクル (Fig.1) という。

これまでに、低温スチーミング加熱が野菜のAsA含量に与える影響についてブロッコリー²⁰⁾ や小松菜、水菜など、いくつかアブラナ科野菜でAsA含量の増加が報告されているが、増加のメカニズムの詳細については不明な点が多い。そこで、本研究では、アブラナ科野菜のうちAsAが豊富に含まれるブロッコリー²¹⁾ を試料とし、低温スチーミング加熱に伴うAsAの生合成および酸化などの代謝に焦点を当て、

種々の加熱条件で低温スチーミング加熱したブロッコリーの、AsA含量およびDAsA含量、総グルタチオン含量、ならびにアスコルビン酸-グルタチオンサイクルの重要な構成要素の一つであり過酸化水素の消去を触媒するAPX (EC 1.11.1.11) 活性、AsA合成の最終段階を触媒するGLDH (EC 1.3.2.3) 活性の温度による影響を調べAsAの変化のメカニズムを明らかにすることを試みた。

材料および方法

材料: ブロッコリーは神戸市内の卸売業者から購入した長野県産 (品種SK9-099) および鳥取県東伯産 (品種不明) を用いた。

低温スチーミング加熱: 材料を小房に切り分け、スチームコンベクションオーブン (SCOS-4RS, ニチワ電気) のスチームモードで加熱した。加熱温度は60℃, 70℃, 80℃, 加熱時間は5, 10, 15分とした。加熱中の品温および庫内温度をポータブルマルチログガー (ZR-RX40V, オムロン) で、加熱前および加熱後の試料重量を電子天秤 (A&D, EX-600H) で測定した。生の試料と加熱後の試料は、Fig.2に示したように花蕾部 (buds) とその下の花茎部 (stem) に分けて液体窒素で凍結し、抽出まで凍結保存した。

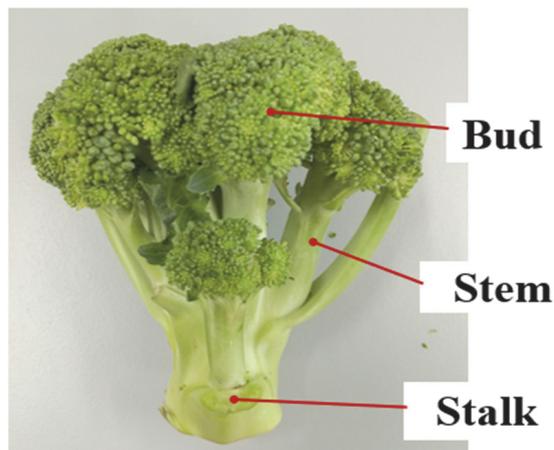


Fig.2 Parts of broccoli.

アスコルビン酸 (TAsA, AsA, DAsA) の定量: 試料の抽出および測定は、消費者庁の食品表示基準 別添「栄養成分等の分析方法等」²²⁾ に準じた。TAsAは、試料4gを、5% (w/w) メタリン酸25mLと共にホモジナイザー (AM-3, ニッセイ) で15,000rpm, 1min.磨砕した。磨砕液を目盛り遠沈管に入れ、5% (w/w) メタリン酸で40mLに定容したのち遠心分離 (1,120×g, 10min.) を行い、得られた上澄みをTAsA試料溶液とした。DAsAは、2% (w/v) チオ尿素を含

低温スチーミング加熱がブロッコリーのAscorbate peroxidase およびL-Galactono-1,4-lactone dehydrogenase活性におよぼす影響

む5% (w/w) メタリン酸を用いてTAsAと同様の操作を行い、得られた上澄みをDAsA試料溶液とした。

アスコルビン酸含量の測定は、2,4-ジフェニルヒドラジン法²²⁾を用いた。AsAはTAsAからDAsAを差し引くことで求め、得られたTAsA, AsA, DAsAは新鮮重量100g当たりのmgで示した。

APX活性: APXは、今堀らの方法²³⁾を改変して抽出した。試料20gを10mMシステイン含有0.1Mリン酸緩衝液 (pH7.5) 35mLおよびポリクラールVT1.0gとともに、ホモジナイザー (AM-3, 日精) により15,000rpmで1分間磨砕した。摩砕液はミラクロス (シグマアルドリッチ) を2重にしてろ過し、ろ液をさらに遠心分離 (4℃, 15,000×g, 20min.) して得られた上澄液を粗酵素液とした。活性の測定はNakano・Asada²⁴⁾の方法を改変した。50mMリン酸緩衝液 (pH7.0) 2.685mLに粗酵素液0.075mL, 2.5mMアスコルビン酸0.180mLおよび5mM過酸化水素0.060mLを含む反応液 (全反応液量3.0mL) におけるアスコルビン酸の酸化による290nmの波長での吸光度の減少を、30秒にわたり分光光度計 (U-5100, 日立ハイテク) で測定した。酵素活性の測定は、室温および30℃, 40℃, 50℃, 60℃, 70℃, 80℃のリン酸緩衝液に各溶液を加えて行った。酵素活性1Unitは1分間の吸光度0.01の変化とし、粗酵素液中のタンパク質1mgあたりの比活性として求めた。なお、タンパク質の定量はBradford法²⁵⁾で行った。

GLDH活性: Ôbaらの方法³²⁾を改変して抽出を行った。試料20gを0.4Mスクロースと30mMメルカプトエタノール含有0.1Mリン酸緩衝液 (pH7.4) 35mLとともに、ホモジナイザー (AM-3, 日精) でホモジナイズ (10,000rpm, 1min.) した。摩砕液を2層ミラクロスでろ過後、ろ液を遠心分離 (4℃, 500×g, 10min.) し、得られた上澄液を粗酵素液とした。GLDH活性は0.01Mリン酸緩衝液 (pH7.8) 2.70mL, 粗酵素液0.05mL, チトクロームc (10mg/mL) 0.15mLおよび5mM L-Galactono-1,4-lactone 0.10mLを含む反応液 (全反応液量3.0mL) におけるチトクロームcの還元による550nmの波長での吸光度の減少を、30秒にわたり分光光度計 (U-5100, 日立ハイテク) で測定した。酵素活性の測定は30℃, 40℃, 50℃, 60℃, 70℃, 80℃のリン酸緩衝液に各溶液を加えて行った。酵素活性1 Unitは1分間の吸光度0.01の変化とし、粗酵素液中のタンパク質1mgあたりの比活性として求めた。

総グルタチオン含量: 総グルタチオンの抽出は、Gronwaldらの方法³³⁾を改変して行った。試料4gを5% (w/v) トリクロロ酢酸 (TCA) 25mLと共にホモジナイズ (15,000rpm, 1min.) し、摩砕液を5% (w/v) TCAで35mLに定容した。これを4℃下で遠心分離 (20,000×g, 20min.) し、得られた上澄液を試料溶液とした。定量にはGSSG/GSH Quantification Kit (同仁化学研究所) を用い、Kinetic methodで行った。還元型グルタチオン (GSH) standard solutionまたはグルタチオン試料溶液、およびBuffer solutionを各ウェルに加え、37℃で1時間インキュベートした後、Substrate working solution, Enzyme/coenzyme working solutionの順に各ウェルに加えた。37℃で10分間インキュベート後、マイクロプレートリーダー (iMark, BIO-RAD) で405nmの吸光度を測定し、試料中の総グルタチオン濃度をGSH検量線より求めた。なお各試料溶液は、測定前に、イオン交換水で10倍希釈し、TCA濃度が0.5%になるよう調製した。また、総グルタチオンの測定には試料溶液中に含まれるアスコルビン酸の影響を考慮し、標準溶液の調製には15μg/mLアスコルビン酸含有0.5% (w/v) TCA溶液を用いた。

統計処理: SPSS version23を用い、各温度区内の各種含量ならびに酵素活性にはTukey法による多重比較を、花蕾部と花茎部の比較にはt検定を用いた。

結果および考察

1. 加熱に伴うアスコルビン酸含量とAPX活性の変化

低温スチーミング加熱中の温度変化について、庫内温度は80℃加熱では試料を入れる際の温度低下が大きく、他の加熱温度と比較して温度上昇に時間を要したものの、速やかに所定温度まで上昇した (Fig.3)。品温は、加熱5分ではいずれも所定温度に達しておらず、品温が所定温度に達したのは60℃加熱で8分00秒、70℃加熱で6分30秒、80℃加熱で6分30秒であった。また、加熱1分00秒、2分30秒、5分00秒での品温はそれぞれ、60℃加熱で30.6℃, 48.1℃, 57.6℃, 70℃加熱で33.2℃, 56.9℃, 68.7℃, 80℃加熱で28.3℃, 63.2℃, 78.4℃であり、加熱温度が高いほど品温の上昇が速い傾向であった。

TAsA含量およびAsA含量は、花蕾部、花茎部ともに生 (加熱0分) で最も多く、先行研究^{8,9,20)}で報告されていたような低温スチーミング加熱に伴う増加は認められなかった

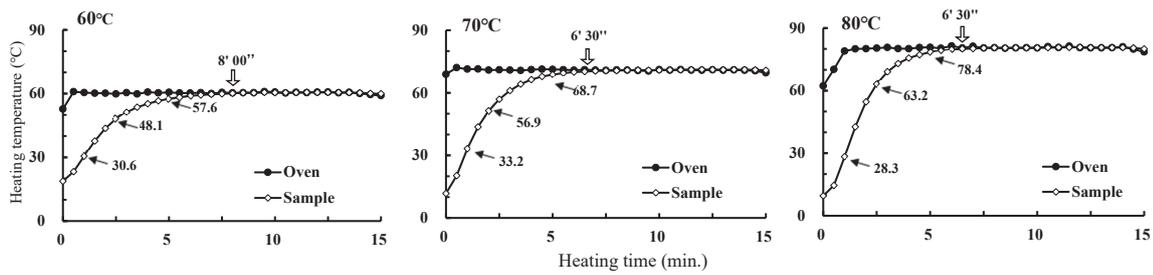


Fig.3 Change of temperature during low temperature steam heating. Sample represents temperature of broccoli measured at the center of stems. Open arrow shows sample reached preset temperature (60°C, 70°C, or 80°C).

(Fig.4,5)。

60°C加熱ではAsA含量は、花蕾部、花茎部とも、加熱に伴い有意に減少した。特に、生から加熱5分にかけてのAsA減少割合は大きく、花蕾で-53%、花茎で-41%であった。DAsA含量は、花蕾部では生から加熱5分、花茎部では生から加熱10分まで、加熱に伴い有意に増加した。とりわけ、生から加熱5分にかけてDAsAは著しく増加し、このときのDAsA増加割合は花蕾で+72%、花茎で+254%であっ

た。

70°C加熱では、花蕾部のAsA含量は、生から加熱5分にかけて、減少割合-39%と大きく減少したが、加熱5分から加熱15分にかけてはほぼ同じレベルを維持していた。また、花蕾部のDAsA含量は加熱に伴い減少する傾向にあった。花茎部のAsA含量は、生よりも加熱10分、15分で有意に少なく、DAsAは加熱15分でも生と同等のレベルであった。

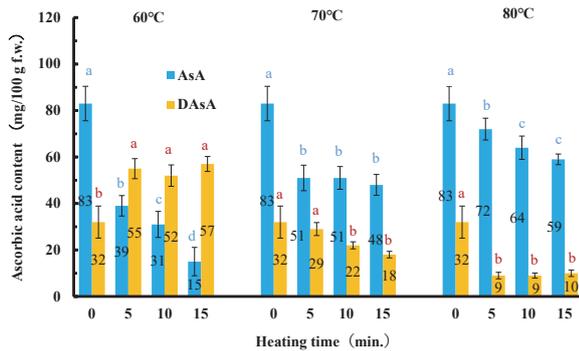


Fig.4 Changes in ascorbic acid contents of broccoli buds during low temperature steaming. Values are means \pm SD ($n=10$). Different letters (a-d) in each heating temperature indicate significant differences ($p < 0.05$).

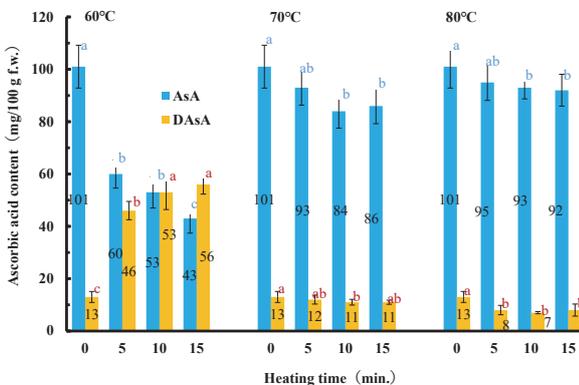


Fig.5 Changes in ascorbic acid contents of broccoli stems during low temperature steaming. Values are means \pm SD ($n=10$). Different letters (a-c) in each heating temperature indicate significant differences ($p < 0.05$).

80°C加熱では、花蕾部のAsA含量は生から加熱10分まで加熱に伴い有意に減少した。DAsA含量は、生から加熱5分にかけては減少割合-72%と著しく減少したが、加熱5分から15分までは同等のレベルであった。花茎部のAsA含量は生より加熱10分および加熱15分で少なく、花茎部のDAsA含量は生より、加熱5分、10分、15分で有意に少なかった。

AsA含量は花蕾部、花茎部ともに加熱に伴い有意に減少し、特に60°C加熱の生から加熱5分にかけては著しく減少したが、70°C加熱や80°C加熱では、60°C加熱の時よりもAsA減少割合が抑えられ、AsA含量が維持される傾向にあった。また、各部位の加熱に伴うAsA含量の変化を比較すると、花蕾部では花茎部よりも減少割合が大きく、AsAが減少しやすい傾向があった。AsA含量を維持するには、その生合成あるいは再生を促進するか、分解や調理に伴う流出を抑制する必要がある。したがって、60°C加熱よりも70°C加熱や80°C加熱で、また花蕾部よりも花茎部で、AsA合成系あるいはAsAに再生する系(アスコルビン酸-グルタチオンサイクル)のいずれかが促進、あるいは、APXやAscorbate oxidaseによる分解が抑制されていた可能性がある。Ascorbate oxidaseに関して、Munyakaら²⁶⁾は、ブロッコリーのAscorbate oxidase活性が、花蕾部が茎部の約7倍であり、50°C、10分の熱処理では安定であるが、

80℃, 10分の熱処理で完全に失活すると報告しており, 花茎部よりも花蕾部でAsA減少割合が大きかったことに大きく影響していたと考えられる。加えて, 花蕾部では水蒸気との接触面が大きく, 細胞内のAsAが試料表面に付着した低温スチームの水滴に多く溶解しやすい²⁾ことも花茎部よりも花蕾部でAsA含量が減少した要因であると考えられる。

高等植物は乾燥²⁷⁾や低温障害²⁸⁾, 強光²⁹⁾, 熱³⁰⁾などの様々な環境ストレスにより, 植物体の過酸化水素含量が増加することが報告されているが, 過酸化水素は植物生体にとって有毒な活性酸素の1つであり, 植物体は活性酸素消去機能により生体を有毒な活性酸素から守っている³¹⁾。過酸化水素を消去する酵素作用のうちAPXは過酸化水素に対して非常に高い親和性を有し, アスコルビン酸に対する特異性が高い³¹⁾。本実験においても, 低温スチーミング加熱に伴う熱ストレスにより, ブロッコリー内部で過酸化水素が生成されていると考えられ, その消去にAPXが関与している可能性がある。APXによる反応(アスコルビン酸を電子供与体とする過酸化水素消去システム)が機能している温度帯では, AsA含量の減少ならびにDAsA含量の増加が認められると考えられる。

APXは, 花蕾部では反応温度30℃, 花茎部では室温(23℃)で最も活性が高く, 反応温度40℃までは高いレベルを保持していたが, 反応温度40℃から60℃にかけて活性が急激に低下し, 反応温度60℃以上では, 最も高い活性の得られた反応温度と比較して, 花蕾で17%以下, 花茎で15%以下の活性であった(Fig.6)。このことより, ブロッコリー由来のAPXの至適温度は23~30℃前後であることが

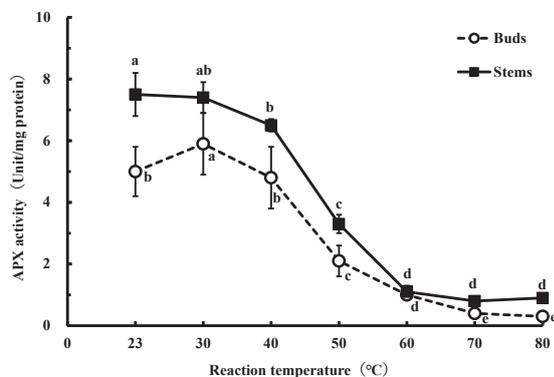


Fig.6 Effect of temperature on APX activity of broccoli. One unit is defined as a change of 0.01 in absorbance per minute. Values are means \pm SD ($n=10$). Different letters (a-e) in each part of sample indicate significant differences ($p < 0.05$).

示唆された。低温スチーミング加熱時の設定温度が高い方が, 品温の昇温速度が速かったことから, 60℃加熱よりも70℃加熱で, さらには70℃加熱よりも80℃加熱で, APXによるAsAの酵素的な酸化反応の影響を受けにくかったと推測され, 実際, 加熱温度が高いほどAsAの減少割合が小さく, AsAは維持傾向であった。一方, 温度上昇が遅く, APXの影響が大きいと推測される60℃加熱の生から5分にかけては, AsA減少割合およびDAsA増加割合が, 全温度, 全加熱時間の中で最も大きかった。これらのことから, 低温スチーミング加熱に伴うAsA含量の変化にはAPXが大きく関与していることが示唆された。また, 反応温度30℃におけるAPX活性は, 花蕾で 5.9 ± 0.5 (Unit/mg protein), 花茎で 7.4 ± 1.4 (Unit/mg protein)であり, Welch *t*-testの結果, 花蕾部に比べて花茎部の活性が有意に高く ($n=10, p=0.002$), 加熱に伴うAsAの変化に及ぼすAPXの影響は花茎部でより大きいと考えられた。

2. 加熱に伴うGLDH活性と総グルタチオン含量の変化

高等植物におけるAsA合成経路の中でもAsA合成の最終段階を触媒するGLDH活性の温度による影響を調査した。GLDHは, 花蕾部, 花茎部ともに反応温度30~80℃では失活せず, 花蕾部では反応温度40℃, 50℃, 60℃より反応温度80℃での活性が, 花茎部では反応温度50℃より反応温度70℃および80℃での活性が有意に高かった(Fig.7)。測定値のばらつきが大きかったため, 結果から, ブロッコリー由来GLDHの正確な至適温度を求めることはできなかったが, GLDHは高い熱耐性を有することが示唆された。また, 反応温度30℃におけるGLDH活性は, 花蕾部で 12.7 ± 2.7 (Unit/mg protein), 花茎部で 10.7 ± 1.4

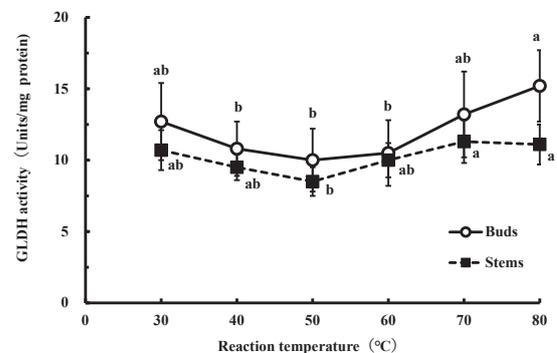


Fig.7 Effect of temperature on GLDH activity of broccoli. One unit is defined as a change of 0.01 in absorbance per minute. Values are means \pm SD ($n=6$). Different letters (a-b) in each part of sample indicate significant differences ($p < 0.05$).

(Unit /mg protein) であり, Student *t*-testの結果, 両者の間に有意差はなかった ($n=6, p=0.14$)。

AsA含量が増加する要因としてAsAの合成促進のほかに, DAsAからAsAへの再生の可能性があり, この再生機構(アスコルビン酸-グルタチオンサイクル)において重要な役割を果たす, グルタチオンを, 酸化型および還元型を合わせた総グルタチオンとして定量した (Fig.8,9)。生試料の総グルタチオン含量は花蕾部が 74 ± 5.4 (mg/100g f.w.), 花茎部が 49 ± 6.1 (mg/100g f.w.) と, 花蕾部に多く含まれていた。これは, 光合成の場となる花蕾部では過酸化水素の消去を継続して行うため, より多くのグルタチオンを要す

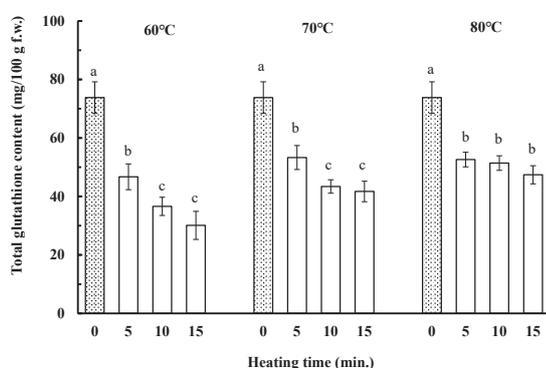


Fig.8 Changes in total glutathione contents of broccoli buds during low temperature steaming. Values are means \pm SD ($n=5$). Different letters (a-c) in each heating temperature indicate significant differences ($p < 0.05$)

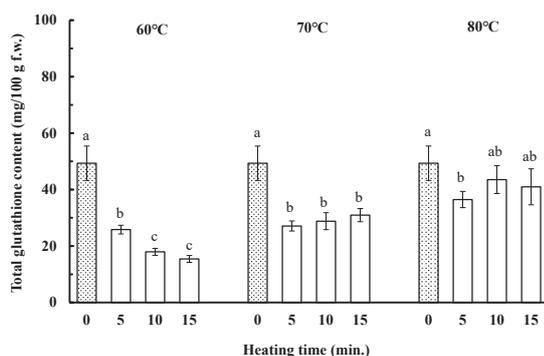


Fig.9 Changes in total glutathione contents of broccoli stems during low temperature steaming. Values are means \pm SD ($n=5$). Different letters (a-c) in each heating temperature indicate significant differences ($p < 0.05$).

るためだと推察される。花蕾部および花茎部の総グルタチオン含量は, 加熱により減少したが, 減少割合は, 加熱温度が高いほど小さく, AsA含量と似た挙動を示した。しかし, 要因は不明であり, 低温スチーミング加熱に伴うAsA含量の変化に及ぼすアスコルビン酸-グルタチオンサイク

ルの影響を評価するためには, 還元型グルタチオンと酸化型グルタチオンに分割して定量を行う, あるいは, 総グルタチオン含量と共にGlutathione reductase活性ならびにDehydroascorbate reductase活性を測定する必要があると考えられた。

本研究では, ブロッコリー由来APXの至適温度は23~30°C前後であることが示唆され, 40°Cまでは高い活性レベルを維持したが, 反応温度が60°Cを超えると至適温度の1/6程度の活性となった。また, ブロッコリー由来GLDHの至適温度は不明であるが, 反応温度30~80°Cでは失活せず, 高い耐熱性を有することが示唆された。

60°C, 70°C, 80°Cの低温スチーミング加熱において, APXは品温の上昇に伴いその活性が低下し, 品温が60°Cに達する頃には活性が極めて低くなっていると考えられ, AsA含量を左右するAPX活性は, 最終到達温度よりも, 昇温速度の影響が大きいと推察される。品温はFig.3のように加熱温度が高いほど昇温速度が速い傾向があった。このことより, APXは品温の上昇が緩やかな60°C加熱では, 高い活性を保っている状態で保持されていた可能性がある。一方で, GLDHは最終到達温度によらず活性を維持していたと推察される。これらのことから, 低温スチーミング加熱に伴うAsAの増減はAPXの影響が大きいと考えられる。

先行研究で報告されていたような, 低温スチーミング加熱に伴うTAsA含量やAsA含量の増加は起こらず, AsA含量は, 花蕾部, 花茎部とも加熱に伴い減少する傾向があった。しかし, AsA減少割合は両部位で加熱温度が高いほど小さく, 60~80°Cの範囲では, 高い温度で加熱した方が, AsAが維持される傾向があった。また, 60°C加熱では, 他の加熱温度で認められなかった, DAsAの増加傾向が確認された。このことから, 60°C加熱では昇温が緩やかで, APXの作用によりAsAが減少, DAsAが増加したと考えられる。一方, 70°C加熱, さらには80°C加熱では昇温速度が速いことからAPXの影響を受けにくく, AsAが維持される傾向があったと推察される。

以上のことから, ブロッコリーを60°C, 70°C, 80°C低温スチーミング加熱した際のアスコルビン酸含量の変化には, APXが大きく関与しており, 70°Cや80°Cまでの昇温速度が速い調理条件で, AsAが多く残存する可能性が示唆された。

利益相反

本研究における利益相反は存在しない。

文 献

- 1) 山本信子: 調理学 (木戸詔子・池田ひろ編), 29-29 (2018), 化学同人, 京都
- 2) 渋谷祥子, 杉山久仁子: 調理科学—その理論と実際—, 27-28 (2005), 同文書院, 東京
- 3) 山田晶子, 杉山智美, 渋谷祥子: スチームコンベクションオーブンの加熱特性, 日本家政学会誌, **53** (4), 331-337 (2002)
- 4) 長谷川順子, 高橋令子, 西堀すき江: 給食施設における新調理システムの導入状況と利用状況に関する調査, 東海学園大学研究紀要: 自然科学研究編, **17**, 97-110 (2012)
- 5) 平山一政: 低温スチーム調理, 日本調理科学会誌, **30** (4), 381-386 (1997)
- 6) 豊泉友康, 神谷径明, 望月麻衣: 低温スチーム加熱が野菜中のアスコルビン酸含量におよぼす影響, 日本食品科学工学会誌, **63** (8), 351-355 (2016)
- 7) 常見崇史, 関根正裕, 小島登貴子, 山川裕夫: 低温スチーム技術を利用した高品位食品加工技術 (2), 埼玉県産業技術総合センター研究報告, **7**, 78-82 (2009)
- 8) 山崎貴子, 伊藤直子, 岩森大, 堀田康雄, 村山篤子: 低温スチーム調理による植物性食品の成分と食味の変化, 日本食生活学会誌, **19** (3), 193-201 (2008)
- 9) 村山篤子, 吉田和浩, 金子慶子, 田中照也, 伊藤直子, 山崎貴子, 岩森大, 堀田康雄: 低温スチームによる春菊およびほうれん草のビタミンC増加効果. 日本調理科学会大会研究発表要旨集, **19**, 174 (2007).
- 10) G.L.Wheeler, M.A.Jones, N.Smirnoff: The biosynthetic pathway of vitamin C in higher plants., *Nature*, **393**, 365-369 (1998)
- 11) N.Smirnoff, P.L.Conklin, F.A.Loewus: Biosynthesis of ascorbic acid in plants: a renaissance, *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol.*, **52**, 437-467 (2001)
- 12) T.Ishikawa, J.Dowdle, N.Smirnoff: Progress in manipulating ascorbic acid biosynthesis and accumulation in plants, *Physiologia Plantarum*, **126** (3), 343-355 (2006)
- 13) 石川孝博: 植物のアスコルビン酸合成研究の現状, *ビタミン*, **94** (8), 438-442 (2020)
- 14) L.W.Mapson, E.Breslow: Biological synthesis of ascorbic acid: L-galactono- γ -lactone dehydrogenase, *Biochem J.*, **68** (3), 395-406 (1958)
- 15) Nicholas Smirnoff: Ascorbic acid: metabolism and functions of a multi-faceted molecule, *Curr Opin Plant Biol.*, **3** (3), 229-235 (2000)
- 16) 丸田隆典: ビタミンC代謝と植物の環境ストレス順応, *ビタミン*, **95** (9), 405-412 (2021)
- 17) 今堀義洋: 果実・野菜の成熟および老化とアスコルビン酸—グルタチオンサイクル, 園芸学会研究, **6** (2), 169-175 (2007)
- 18) M.A.Green, S.C.Fry: Vitamin C degradation in plant cells via enzymatic hydrolysis of 4-O-oxalyl-L-threonate, *Nature*, **433** (7021), 83-87 (2005)
- 19) D.R.Gallie: The role of L-ascorbic acid recycling in responding to environmental stress and in promoting plant growth, *J Exp Bot.*, **64** (2), 433-443 (2013)
- 20) 後藤昌弘, 岩田恵美子: 低温スチーム加熱がブロッコリーと赤パプリカのアスコルビン酸含量に及ぼす影響—スチームコンベクションオープン加熱とマルチスチーマー加熱の比較—, 神戸女子大学家政学部紀要, **55**, 13-18 (2022)
- 21) 文部科学省: 日本食品標準成分表 (八訂) 増補2023年, (2023)
- 22) 消費者庁: “2,4-ジフェニルヒドラジン法” 食品表示基準別添「栄養成分等の分析方法等」, 124-126 (2015)
https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/food_labeling_act/assets/food_labeling_cms201_220830_03.pdf (2024年1月9日閲覧)
- 23) 今堀義洋, 周燕飛, 上田悦範, 茶珍和雄: ピーマン果実の成熟中のアスコルビン酸代謝, 園芸学会雑誌, **67** (5), 798-804 (1998)
- 24) Y.Nakano, K.Asada: Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts, *Plant and Cell Physiology*, **22** (5), 867-880 (1981)
- 25) M.M.Bradford: A rapid and sensitive method for protein utilizing the principle of protein-dye binding, *Anal Biochem.*, **72** (1-2), 248-254 (1976)
- 26) A.W.Munyaka, E.E.Makule, I.Oey, A.V.Loey, M.Hendrickx: Thermal stability of L-ascorbic acid and ascorbic acid oxidase in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*), *Journal of Food Science*, **75** (4), C336-C340 (2010)
- 27) N.Smirnoff, S.V.Colombe: Drought influences the activity of enzymes of the chloroplast hydrogen peroxide scavenging system, *Journal of Experimental Botany*, **39** (8), 1097-1108 (1988)
- 28) H.Kuroda, S.Sagisaka, M.Asada, K.Chiba: Peroxide-scavenging systems during cold acclimation of apple callus in culture, *Plant and cell physiology*, **32** (5), 635-641 (1991)
- 29) 浅田浩二: 葉緑体での活性酸素の生成と消去の分子機構, 日本農芸化学会誌, **67** (9), 1255-1263 (1993)
- 30) T.Shigenaga, N.Yamauchi, Y.Funamoto, M.Shigyo: Effects of heat treatment on an ascorbate-glutathione cycle in stored broccoli (*Brassica oleracea* L.) florets, *Postharvest Biology and Technology*, **38** (2), 152-159 (2005)
- 31) 福崎英一郎, 小林昭雄: 植物における活性酸素障害とその防御機構, 植物の化学調節, **33** (2), 137-147 (1998)
- 32) Ôba,K, M.Fukui, Y.Imai, S.Iriyama, K.Nogami: L-Galactono- γ -Lactone Dehydrogenase: Partial Characterization, Induction of Activity and Role in the Synthesis of Ascorbic Acid in Wounded White Potato Tuber Tissue, *Plant and Cell Physiology*, **35** (3), 473-478 (1994)
- 33) J.W.Gronwald, E.P.Fuerst, C.V.Eberlein, M.A.Egli:

Effect of herbicide antidotes on glutathione content and glutathione S-transferase activity of sorghum shoots, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, **29** (1), 66-76 (1987)

- 34) 今堀義洋, 周燕飛, 上田悦範, 阿部一博, 茶珍和雄: 切断障害によるストレスがピーマン果実のアスコルビン酸代謝に及ぼす影響, 園芸学会雑誌, **66** (1), 175-183 (1997)
- 35) 小川健一: 活性酸素で植物が元気に成長する～抗酸化物質グルタチオンの新機能～, 化学と生物, **40** (11), 752-755 (2002)

令和6年度 神戸女子大学家政学部 生活科学研究会 講演要旨

令和6年9月26日(木)

- 再生セルロースの構造形成機構とそれに起因する著しい水濡れ性 …………… 23
神戸女子大学 家政学部 家政学科 教授 山根 千弘先生
- 学校における食物アレルギー対応の現状-家庭科「ユニバーサル調理実習」の提案- …………… 25
神戸女子大学 家政学部 家政学科 准教授 佐藤 佐織先生

再生セルロースの構造形成機構とそれに起因する著しい水濡れ性

神戸女子大学 家政学部 山根 千弘

1. はじめに

再生セルロースは、天然セルロース（主に木質パルプ）を一旦溶剤に溶かし、その後、非溶媒で所定の形に沈殿させて得たものである。したがって構成成分は、綿や麻と同じセルロースである。繊維状に沈殿させたものは、衣料用繊維レーヨン、キュプラ、リヨセルである。これらの再生セルロース繊維は、吸湿・吸水性に優れ快適な着心地をもたらすとともに、光沢や発色性に優れ、衣料用繊維素材としてのポテンシャルは高そうだが、湿潤により機械物性の著しい低下（例えば弾性率1/5-1/10）や膨潤（体積約2倍）が起こる。もし再生セルロース製の衣服を家庭で洗濯すると、著しいしわ、収縮が発生するため、基本的にドライクリーニングするしかなく、市場が限られてしまう。もし、再生セルロースの水による影響を抑制できれば（具体的には綿と同じような取り扱いができれば）、再生セルロース繊維が、綿に置き換わる主要な衣料用繊維素材として発展するかもしれない。ここでは、再生セルロースの著しい水濡れ性と、それをもたらす固体構造と、その形成機構について述べる。

2. 再生セルロースの著しい水濡れ性

セルロースの親水性は、グルコース単位当たり3つの水酸基があるためと言われているが、再生セルロースの水濡れ性の高さはそれだけでは説明できない。表1に各種汎用高分子の水濡れ接触角を示す。再生セルロースフィルムであるセロファンとキュプロファンの水濡れ接触角はそれぞれ11.6、12.2°と低く、最も濡れやすい高分子といえる。同じセルロースからなるパルプが48.5°、化学組成が同じで温水可溶なでんぷんが40.8°であることから、再生セルロースの水濡れ性の高さがうかがわれる。先に再生セルロースは、水により2倍ほど膨潤すると書いたが、再生セルロースフィルムは水を吸って厚さは2倍ほどに膨らむが、面積は全く変わらない。このような再生セルロースフィルムの異方的な膨潤と、極めて濡れやすい表面はどのような固体構造が関係しているのであろうか。

表1 各種汎用高分子の水濡れ接触角

	Contact angle / °
Cellophane	11.6
Cuprophane	12.2
Pulp	48.5
Starch	40.8
Poly (vinyl alcohol)	36.0
Poly (vinyl chloride)	62.0
Poly (styrene)	83.0
Silicone	101.1
Teflon	108.5



(左の水濡れ接触角=90°)

3. 再生セルロースの構造的特徴

セルロースは本質的に親・疎水的に異方性をもった高分子である。セルロースはグルコースが β (1→4) 結合しているため、リボン状（板状？）の形態をもち、 α (1→4) 結合のアミロースが、らせん状なのと対照的である。リボンの上下方向（グルコースリングの上下（アキシヤル）方向）には-CH水素があるため、あたかもアルカンのように疎水的である（図1の上）。一方、リボンの側面（グルコースリングの水平（エカトリアル）方向）は3つの水酸基が突き出ており、親水性である（図1の下）。もし、このような親水性の部分が集まって一定の方向に向いたら、水酸基密度が高まり、著しい水濡れ性が発現するはずである。ここで、再生セルロースの結晶形であるCell-II結晶を眺めてみると、その(110)結

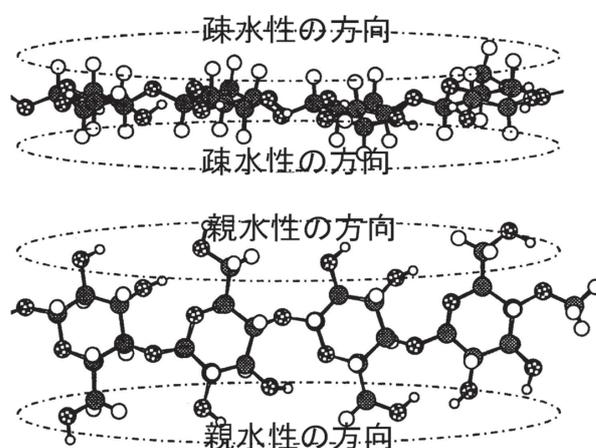


図1 セルロース分子の親・疎水的な異方性

晶面の表面がその部分に相当することがわかる。 $(\bar{1}10)$ 結晶面はグルコースリングの疎水性平面 (-CH水素が集中した面) が積層してできた結晶面なので、逆に結晶表面に水酸基が集中するのは当然である。そこで、再生セルロースフィルムの $(\bar{1}10)$ 結晶面の面配向度合いを測定してみると、フィルムの表面に平行に $(\bar{1}10)$ 結晶面が面配向していることがわかった。すなわち、フィルムの表面には多数の水酸基が突き出ており、著しい水濡れ性をもたらしている可能性が高い。フィルムの外表面だけではなく、内部にもこのような濡れやすい結晶面があり、なおかつフィルムに平行に面配向しているため、水はこの濡れやすい結晶面に沿って侵入し、フィルムの厚さだけが膨らむ。先の異方的な膨潤挙動が合理的に説明できる。

4. 構造形成機構

分子動力学計算から、構造形成の初期構造としての分子シート ($(\bar{1}10)$ 結晶面から切り出した分子シート) の極性溶媒中での安定性が確認できた。構造形成過程での高輝度放射光での回折ピークの追跡から、分子シートの形成を裏付ける周期性が確認されたとともに、それが4層まで積層する様子が観察された。これらの事実から想定される構造形成機構は、(1) まずグルコースリングの疎水性平面同士が重なり分子シートが形成される。セルロースの溶解・凝固系はいずれも極性が高いので、いわゆるミセルのように疎水性部分が隠れるのは合理的といえる。代わりに、水酸基はグルコースリングの水平方向 (エカトリアル) に突き出ているので、分子シートの表面には水酸基が集中し、極性溶媒との親和性は高い。(2) 次に、分子シートが今度は水素結合で積層される。分子シートが歪なく積層した領域が結晶、歪をともなって積層した領域が非晶となるのであろう。(3) 最後にこれらの結晶、非晶の前駆体が集まって最終的な再生セルロースが形成される。再生セルロースは親水性が極めて高いが、構造形成の初期構造が、表面に水酸基が多数存在する分子シートなので、当然といえる (親水性のものが集まったものだから、親水性になってしまう)。

学校における食物アレルギー対応の現状 —家庭科「ユニバーサル調理実習」の提案—

神戸女子大学 家政学部 佐藤 佐織

1. 本研究の背景と目的

近年、食物アレルギー生徒が増加し、調理実習で対応に苦慮する教員も多い。全国的に食物アレルギー生徒の割合が高い札幌圏中学校の家庭科担当教員を対象に実施した調査（2019年）では、食物アレルギー対応委員会を設置している中学校は3割程度と学校組織としての対応が進んでいないことや、家庭科担当教員が調理実習時に行う対応方法は様々で、調理実習における食物アレルギー対応共通メニューの教材化が進んでいないことが窺えた。

本研究では、調査対象地域を全国に広げ、学校給食の有無や提供方法の異なる学校における食物アレルギー対応の充実度と家庭科担当教員へのサポート体制、調理実習での食物アレルギー対応に困っていること等を明らかにし、誰一人取り残すことなく生徒全員が安全に参加することができる「ユニバーサル調理実習」の普及に向けての課題を検討する。また、「ユニバーサル調理実習」の価値を検証するため、「ユニバーサル調理実習」協力校において、「ユニバーサル調理実習」体験前後の中学生の実態から、「ユニバーサル調理実習」の実践及び、中学生の「ユニバーサル調理実習」前後の変容について分析し、学習効果を報告する。

ここでは、食物アレルギーの有無に拘わらず、全ての生徒が共に参加できる共通教育を重視した調理実習を「ユニバーサル調理実習」、「ユニバーサル調理実習」で活用するレシピを「ユニバーサルレシピ」と定義する。

2. 研究方法

(1) 中学校家庭科担当教員への質問紙調査

2022年10～12月、全国47都道府県庁所在地中学校の家庭科担当教員を対象に、郵送及びインターネット回答方式による質問紙調査を実施した。質問紙配布数は2490、回答数は585、回収率は23.5%だった。

(2) 中学生を対象とした「ユニバーサル調理実習」の実践

2023年3月～5月、「ユニバーサル調理実習」協力校を募集し、5校の参加協力を得た。8月～9月、協力校家庭科教員5名に「ユニバーサルレシピ」集を提供し、研究概要と進め方、研究倫理・同意書の記入と提出等について説明を行い、協力校学校長の同意を得て、協力校生徒及び保護者への研究詳細説明文書を配布した。10月～2024年2月、協力校5校において、「ユニバーサル調理実習」の実践と中学生対象事前・事後調査を実施した。5校中、C中学校・D中学校の「ユニバーサル調理実習」を参観し、動画撮影を行った。

3. 結果と分析

(1) 中学校家庭科担当教員への質問紙調査

食物アレルギー対応委員会がある学校は30.1%と、札幌圏調査とほぼ同じ割合だった。調理実習で食物アレルギー生徒も食べることができる対応をしたことがある教員は74.8%で、食物アレルギー生徒の対応に困っていること（複数回答可）は、「調理実習で使用する加工食品等の原材料にも食物アレルギー該当食品が含まれていないか確認が必要なこと」が63.1%で最も多く、その他「食物アレルギー生徒に配慮をすると、調理実習で扱うことができるメニューの幅が狭くなってしまうこと」59.9%、「食物アレルギー生徒の自己判断に任せた結果、皆と一緒に食べてしまい、アレルギー症状が出て

しまうこと」22.4%等があげられた。

家庭科教科書のアレルギー対応実習例として希望するもの(複数回答可)は、「三大アレルゲン(卵, 小麦, 乳)対応の実習例」が56.6%で最も多く、次いで「代替食品を例示した実習例」54.9%、「誰でも食べることができる実習例」50.6%、「米粉を使った実習例」33.5%だった。食物アレルギーの有無に拘わらず家庭科の調理実習で全員が安心して美味しく食べることができる「ユニバーサルレシピ」の開発について、「必要だと思う」と回答した教員は72.5%だったが、「誰でも食べることができる実習例」を望む教員が全体の半数程度であった。このことから、「ユニバーサルレシピ」についての理解を広め、家庭科教員がそのメリットを実感できる機会をつくっていくことが必要であると考えられる。

(2) 中学生と対象とした「ユニバーサル調理実習」の実践

「ユニバーサル調理実習」に参加したC中学校3年生, D中学校3年生の結果を報告する。「ユニバーサル調理実習」事前調査では、調理実習で身に付けたいこととして、「調理技術」、「調理の手順」、「食品の性質と扱い方」が多くあげられたが、事後調査では、調理実習で身に付いたこととして、「手作りの良さ」、「作る楽しさと食べる楽しさ」、「安全で美味しい料理作り」が多くあげられた。また、家庭科の食生活の学習で興味のある内容として、事前調査よりも事後調査において、「食の安全と衛生」、「食品の選択と購入」、「食物アレルギー」等安全性や食品の選択に関連する項目が増加した。

事後調査で「ユニバーサル調理実習」から学んだことを質問したところ、「材料は違うのに出来上がりの見た目、味はほぼ一緒」、「工夫次第ではアレルゲンのない食材で普通に作るものと遜色ない料理が作れる」、「味や見た目にも気を使って作ることが食物アレルギーを持っている人にとって大事」のように「ユニバーサル調理実習」の特徴、メリットとその意義を理解できたというものや、「食にもユニバーサルは大切」、「料理だけじゃなくて、他のことも全員が参加できるような工夫をしていくことが大切だと思った」、「誰でも一緒に食べることができていいものだと思った。これからの社会で必要なものではないかと思った」、「人のことを考えてつくることの大切さ」のように「ユニバーサル調理実習」をきっかけに、他者理解、他者への配慮や「ユニバーサル」な社会の構築に関心を寄せるものも見られた。

本研究は、東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科博士課程における研究「共生社会におけるユニバーサル調理教育の創発と教員育成－食物アレルギーに着目して－」の一部であり、横浜国立大学倫理審査委員会の承認を得て行っているものである。

本研究は、JSPS 科研費 21K02483 の助成を受けている。

神戸女子大学大学院家政学研究科

修士論文 要旨

令和6年度 食物栄養学専攻

豆煮汁に含まれる γ -グルタミルペプチドの 化学構造と機能性解析

博士前期課程(食物栄養学専攻) 大谷 彩佳

【背景・目的】

豆の種子には、様々な形態の γ -グルタミルペプチド(γ -GPs; γ -グルタミル残基を含む低分子短鎖ペプチド)が存在することが報告されている¹⁾。本研究室の先行研究でも、インゲンマメ煮汁に最も多く存在するペプチドとして、 γ -Glu-S-methyl-Cysが分離・同定された²⁾。

近年、 γ -GPsは、CaSRアゴニストとして、食品へのコク味知覚の付与、様々な臓器の細胞表面Gタンパク質共役受容体の調節を介した炎症や心血管系の生理的機能の調節に関与することが明らかにされている¹⁾。また、 γ -GPsは、チーズやしょうゆなどの発酵食品、一部の食品(ニンニク、ダイズなど)に存在していることが報告¹⁾されているが、食品における分布、存在量、および機能性については不明な点が多い。

本研究では、豆煮汁を健康食品素材、あるいは試薬の供給源として利用する可能性を探るため、日本でよく食されている4種類の豆(アズキ、インゲンマメ、エンドウ、ダイズ)煮汁中に存在する γ -GPsの化学構造を解析した。また、インゲンマメ煮汁中に最も多く存在する γ -Glu-S-methyl-Cysの機能性について検討した。

【方法】

4種類の乾燥豆から豆煮汁を調製し、50%エタノール分画後、上清を陽イオン交換樹脂(Dowex 50×2)に供し、ペプチド画分を調製した。次に、逆相HPLC(ODS)を用いて主要ピークを分離し、収量を測定した。ペプチド画分および主要ピークに含まれる成分の化学構造解析は、AccQ・Tag誘導体化後、LC-MS/MSで行った。

インゲンマメ由来の9個の主要ピーク(T-I~T-IX)のACE阻害活性測定は、基質(Hippuryl-His-Leu)から遊離されるHippuric acidをHPLCで定量して阻害率を算出した。

豆煮汁由来 γ -GPsがヒト腸内細菌叢に及ぼす影響については、最も収量が多かったインゲンマメ由来のT-III(γ -Glu-S-methyl-Cys)を用い、ヒト糞便(本学大学生・大学院生、n=4)に試料を添加し、24時間嫌気培養後、DNAを抽出し、T-RFLP法で腸内細菌叢の組成を評価した。

【結果・考察】

4種類の豆煮汁から、ペプチドと推定される9~13個の主要ピークが得られた。これらのうち、存在量が最も多かったのはインゲンマメのT-IIIで、他のピークと比べて10倍以上含まれていた。また、アズキに1種類、インゲンマメに4種類、ダイズに3種類の γ -GPsが存在していることが確認された。インゲンマメとダイズには γ -GPsが含まれていることがすでに報告¹⁾されているが、今回確認した化学構造とは一致しなかった。これらのことから、豆類の品種や栽培条件により、存在する γ -GPsの化学構造に差異が生じる可能性があると考えられる。

インゲンマメ由来ピークのACE阻害活性を測定した結果、T-IとT-IIに高い活性が認められたが、GSHに比べると低かった。さらに、T-IとT-IIをLC-MS/MSで詳細に分析したところ、T-Iから3個、T-IIから4個のピークが重なって検出されたことから、T-IとT-IIは複数の成分によりACE阻害活性が示されたと推察された。

T-RFLP解析では、T-IIIが*Bifidobacterium*属の増殖を有意に促進させたことから、*B. longum*、*B. pseudocatenulatum*、*B. breve*、*B. faecale* / *B. adolescentis*のいずれかを強く増殖促進する可能性がある。また、T-IIIは、*Lactobacillales*目を有意に増殖させたことから、*Streptococcus. gallolyticus*、*Streptococcus. mitis* / *oralis* / *infantis*の増殖促進効果を有することも示唆された。T-RFLP法は、T-RFピークが複数の種類の微生物に由来するため、増減した細菌種を同定することはできな

かった。したがって今後は、得られたDNAサンプルを用い、次世代シーケンサーによる16S rRNA遺伝子をターゲットとしたメタ16S解析を行い、変動した細菌種を特定する必要がある。

【結論】

本研究では、アズキ、インゲンマメ、およびダイズ煮汁に含まれる γ -GPsの化学構造を推定し、新たな γ -GPsの機能性を確認できた。特に存在量が多いインゲンマメ由来 γ -GPsである γ -Glu-S-methy-CysにACE阻害活性およびプレバイオティック活性が認められたことから、豆煮汁の新たな利用の可能性が広がったといえる。

- 1) Snigdha Guha, Kaustav Majumder, Comprehensive review of γ -glutamyl peptides (γ -GPs) and their effect on inflammation concerning cardiovascular health, *J. Agric. Food. Chem.*, 70, 7851-7870 (2022)
- 2) 木村彩郁, 豆煮汁由来ペプチドの化学構造および機能性解析, 令和4年度神戸女子大学大学院家政学研究科修士論文 (2023)
- 3) Chisato Okajima, Naoki Imakawa, Kazuya Nagano, et al., Inhibitory activity and proposed binding model of γ -glutamyl cysteine, the precursor of glutathione, on angiotensin converting enzyme, *BPB Reports* 4, 116-119 (2021)
- 4) Singh RK, Chang HW, Yan D, et al, Influence of diet on the gut microbiome and implications for human health. *J. Transl. Med.*, 15-73 (2017)

様々な可聴音波が出芽酵母の 増殖およびエタノール産生へ及ぼす影響

博士前期課程(食物栄養学専攻) 平野 璃音

【背景・目的】

多くの発酵食品やパン作りに用いられる出芽酵母 (*Saccharomyces cerevisiae*) は、音楽や可聴音域 (20Hz~20kHz) にある単一の音波の暴露下において増殖やエタノール産生が促進されることが報告されており、音波刺激が発酵食品の品質向上や生産コスト削減のための有効な方法の一つとなる可能性が示唆されている。一方で、音高(周波数)、音圧(音圧レベル)、音色(波形)という音の3要素がもたらす出芽酵母の反応の違いについて検討した研究は、私たちの知る限り見当たらない。そこで、本研究では、周波数、音圧レベル、波形の3つのパラメーターが異なる様々な可聴音波の暴露下で出芽酵母の液体培養を行い、増殖を促進する音波の条件を探索することを目的とした。

【方法】

酵母には顆粒状のドライイースト(共立食品、東京)を用い、37℃の条件下で12時間振盪培養(150rpm)した。音波負荷なし条件では、スピーカーから音を出さず、小型シェーカーの稼働音を含む環境音のみとした。音波負荷あり条件では、440Hz・94dBA・正弦波を標準とした音波を12時間継続して負荷した。周波数比較では110、440、1,760Hz、音圧レベル比較では88、94、100dBA、波形比較では正弦波、三角波、矩形波の音波をそれぞれ比較条件とした。増殖観察のため、1時間おきにマイクロプレートリーダーを用いて600nmの吸光度を測定し、濁度によって、菌体量を推定した。また、エタノール濃度は、屈折糖度計によって得られた12時間培養後のBrix 糖度により半定量した。

【結果・考察】

標準音波条件(440Hz・94dBA・正弦波)は、音波負荷なし条件に比べ、増殖に有意な変化を与えなかった。周波数による比較では、音波負荷なしの場合に比べ、110および1,760Hzの音波で増殖が有意に抑制された。音圧レベルによる比較では、88および100dBAの音波は、音波負荷なしの場合に比べ、有意に増殖を抑制した。また、100dBAの音波は、94および88dBAと比べても、増殖を有意に抑制した。波形による比較では、音波負荷なしの場合に比べ、三角波および矩形波で有意な増殖の抑制が観察された。また、三角波および矩形波は、正弦波と比べても有意に増殖を抑制し、さらに、三角波は矩形波と比較して有意に増殖を抑制した。先行研究とは異なり、本研究で可聴音波が酵母の増殖を抑制した理由として、「負荷した音圧が、本実験全体を通して高く、酵母が可聴音波刺激に対してストレス適応反応を起こした」、「本研究で使用した周波数は、増殖を促進する効果を持たなかった」または「本研究で使用した酵母と、先行研究で使用された酵母では、可聴音波に対する感受性が異なっていた」可能性がそれぞれ考えられる。エタノール濃度については、音波負荷なし、440Hz・94dBA・正弦波、440Hz・94 dBA・三角波の3条件で比較を行ったが、12時間後のBrix 糖度において有意な差は見られず、音波が増殖を抑制した背景にアルコール発酵の促進があるとはいえなかった。

回復期リハビリテーション病棟における調理活動が食事摂取にもたらす影響

博士前期課程(食物栄養学専攻) 南 由子

【背景・目的】

リハビリテーション(リハ)病院・施設入院患者では40~50%に低栄養が認められ、リハアウトカムに悪影響を及ぼす。リハ対象者は様々な状況から低栄養の要因に曝露しやすく、回復期リハビリテーション病棟(回リハ病棟)では、9割以上が経口摂取単独での栄養管理であるため食事摂取率を良好に保つ必要があると考えられる。

大阪府のI病院の回リハ病棟では、食欲不振患者に対して集団で調理活動を実施してきた。先行研究では、認知症のケアと予防への効果を明らかにすることを目的に料理療法が行われており、ADLの改善やコミュニケーションの活性化からQOLの向上に有効であるということが分かっている。

調理活動は、「前頭連合野の活性化による効果」より認知症周辺症状の緩和から食事摂取改善につながる効果や、五感を刺激することにより食欲増進効果があることから調理作業が食事摂取を増加させるという仮説のもと、本研究は、回復期リハビリテーション病棟における調理作業を含む調理活動が食事摂取に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

【方法】

研究対象者は、65歳以上の回リハ病棟入院患者とした。回リハ対象疾患の主病名により3群(廃用群、運動器疾患群、脳血管疾患群)に分類した。各群で調理観察群(調理風景を観察・月1回)と調理実施群(簡単な調理を実施・月2回)を比較した。評価項目は、食事摂取率、必要エネルギー量充足率、BMI(kg/m²)、MMSE(Mini-Mental State Examination)等とした。

【結果・考察】

食事摂取に関する項目として、食事摂取率、必要エネルギー量充足率、摂取エネルギー量(kcal, kcal/kg BW)は、各疾病群ごとに調理作業の有無に関わらず、介入期間または回数が有意な影響を与えた。先行研究では、調理による認知症のケアと予防の効果が検証されていたが、本研究では疾病群分けをしない実施群において、MMSE得点で有意な改善がみられた。観察群でも同程度の改善がみられているため、調理作業による有意な改善とは言えない。

先行研究の料理療法では、献立立案から取り組んでおり、調理実施群で行った嗜好に合わせて調味をすることや皿に盛りつけることだけでなく、それ以外の献立立案、食材を切る、炒めるなど加熱操作をする等、他の手順で認知機能に効果的にはたらく可能性があることが考えられる。

また、調理実施群において前頭前野の活性化が起こった可能性はあるが、低栄養の改善に結びつくほど調理作業の期間や頻度が十分でなかった可能性が考えられる。

回リハ病棟における調理活動は、食事摂取に関する項目として、食事摂取率、必要エネルギー量充足率、摂取エネルギー量(kcal, kcal/kg BW)において、介入期間または回数で有意な差がみられた。しかし、調理観察群と調理実施群の間では差はなかった。

神戸女子大学大学院家政学研究科

博士論文 要旨

令和6年度 食物栄養学専攻

Effect of *Saccharina japonica* Intake on Blood Pressure and Gut Microbiota Composition in Spontaneously Hypertensive Rats

博士後期課程(食物栄養学専攻) 春井 彩花

【背景・目的】

高血圧モデルラットに昆布 (*Saccharina japonica*, SJ) を摂取させると血圧が低下することが先行研究において明らかになっている。高血圧患者では正常血圧患者と腸内細菌叢が異なっており、高血圧は腸内細菌叢と関連があることが報告されている。昆布に含まれているアルギン酸やフコイダン、ラミナランなどの食物繊維やSJ由来の多糖を摂取すると腸内細菌叢が変化し、腸内の短鎖脂肪酸濃度が増加することが報告されている。そこで本研究では高血圧自然発症モデルラット (SHR) において昆布摂取が血圧および腸内細菌叢に及ぼす影響を観察した。また、昆布摂取により血圧の上昇抑制が観察されたSHRの糞便を他のSHRに移植することによる血圧への影響を観察した。

【方法】

SHRおよび正常血圧対照ラットWistar-Kyoto rat (WKY) に5% (w/w) 昆布餌もしくは対照餌を6週間ペアフィーディングにより与えた。すなわち、WKY対照餌群 (WKY-CTL)、WKY昆布餌群 (WKY-SJ)、SHR対照餌群 (SHR-CTL)、SHR昆布餌群 (SHR-SJ) の4群を設定した。

飼育期間中、無麻酔下でtail-cuff法にて毎週1回、収縮期血圧を測定した。飼育終了時に麻酔下で平均血圧を測定した。SHRのみを対象に安楽死後に採取した盲腸内容物を用いて16S rRNAアンプリコンシーケンス解析による腸内細菌叢の解析および高速液体クロマトグラフィーによる短鎖脂肪酸の測定を行った。

飼育最終週に各ラットの糞便を回収し、糞便移植において投与する試料を調製した。糞便移植は強制胃内投与法により初めは3日連続、その後は3日に1度行い、8週間継続した。糞便移植の対象はSHRとし、WKY-CTL、WKY-SJ、SHR-CTL、SHR-SJの糞便をそれぞれ移植するSHR-CTL移植群 (SC-SC)、SHR-SJ移植群 (SC-SSJ)、WKY-CTL移植群 (SC-WC)、WKY-SJ移植群 (SC-WSJ) 4群とした。糞便移植のレシピエントは週に1度収縮期血圧を測定し、飼育終了時に採取した盲腸内容物を用いて腸内細菌叢の解析を行った。

【結果・考察】

SHR-CTLの血圧はWKY-CTLと比較して有意に上昇し、SHR-SJはSHR-CTLと比較して血圧上昇が有意に抑制された。SHRにおいて昆布摂取による血圧上昇抑制効果が観察された。腸内細菌叢については昆布摂取により多様性および相対存在量に有意な違いが観察された。特に、昆布摂取により短鎖脂肪酸産生菌である*Bacteroides acidifaciens*の存在量が有意に増加しており、昆布の血圧上昇抑制効果に*B. acidifaciens*が関与している可能性が考えられた。なお、盲腸内容物中の短鎖脂肪酸濃度について、昆布摂取により有意な違いは見られなかった。WKY-CTLから糞便移植を受けたSC-WC群の血圧は、SHR-CTLから受けたSC-SC群に比べて有意に上昇抑制された。SC-SSJの血圧はSC-SCと比較して有意に抑制された。SC-SSJとSC-SCでは、糞便移植による血圧の変動が観察されたにもかかわらず、それらの腸内細菌叢には多様性や相対存在量を含めて有意な違いは見られなかった。したがって、移植されたラットでの血圧の変化は腸内細菌そのものよりもその環境、すなわち同時に投与されたインドールなどの腸内細菌代謝産物による可能性があるものと考えられた。

神戸女子大学家政学部

卒業論文

令和6年度 管理栄養士養成課程
家政学科

令和6年度家政学部 卒業論文

管理栄養士養成課程

■安藤ゼミ

高齢者の便秘の原因とその対策	天野 結香
わが国の食料自給率と食品ロス削減への取り組みについて	神田 綾子
ビタミンD欠乏が乳児の健康に及ぼす影響と予防	木原 翔輝
水銀が妊婦にもたらす影響と魚の摂取方法について	瀧本 柊花
黄色ピーマン果皮中に存在する水溶性カロテノイドについて	久森 莉子
黄色ピーマン果皮中の水溶性カロテノイドの定量	前田 夏歌

■置村ゼミ

HMB、IGF-1による、C2C12細胞のLAT1、SLC25A44のmRNA発現量に及ぼす効果	村上 美空
低年齢児におけるフッ化物がう蝕に及ぼす影響	岩本亜夏音
ビタミンC、L-システイン、ビタミンEの併用による美白効果	上田 菜七
IGF-1やHMBが筋分化C2C12細胞における各種トランスポーターのmRNA量にもたらす効果	大谷真奈花
毛髪から採取される物質が与える身体への影響、食生活や環境からの影響	中筋 楓香
尋常性ざ瘡と栄養素の関係について	中西 芽衣

■小倉ゼミ

ソイの腸内細菌の単一菌F-731、F-732による胆汁酸変換について	有馬帆乃華
インダイの腸内細菌の単一菌F-711、F-712による胆汁酸変換について	尾野 紗和
ウマヅラハギの腸内細菌F-741、F-742による胆汁酸変換について	梶浦千咲紀
アイゴの腸内細菌の単一菌F-721、F-722による胆汁酸変換について	小林 咲穂
グレの腸内細菌F-761、F-762による胆汁酸変換について	本間 琴葉
高速液体クロマトグラフィ分析によるタイの胆のう胆汁酸組成に対する考察	山本 有花
高速液体クロマトグラフィー分析による各種魚の胆のう胆汁酸組成に対する考察	山本有里菜

■甲斐ゼミ

ホワイト・サワー種初種発酵条件の違いによるpHとTTAおよび菌検査の経時変化における解析	稲田 早紀
Fructilactobacillus sanfranciscensisの増殖特性の検討	田中野乃夏
デュラム・サワー種発酵条件の検討および副材料の有効性検証	谷口百合子
ライ・サワー発酵種製法における科学的アプローチによる最適化	橋本美奈海
ライ・サワー発酵種における植え継ぎにおける菌叢解析と副材料の効果の解析	日用 彩貴
デュラム・サワー発酵種の製法検討と副材料の作用	福田 真己
ホワイト・サワー種初種発酵条件の違いによるpHとTTAおよび菌検査の経時変化における解析	芳本 芽衣

■狩野ゼミ

日常的な身体活動における高脂肪食摂取ラットにおけるエキストラバージンオリーブ油による白色脂肪UCP1発現への影響	田井 智海
日常的な身体活動下における高脂肪食摂取ラットのエキストラバージンオリーブ油投与による白色脂肪組織における体熱産生への影響	中村りかこ

日常的身体活動における高脂肪食摂取ラットにおける エキストラバージンオリーブ油による白色脂肪UCP1発現への影響	野間 葉月
日常的身体活動下における普通脂肪食摂取ラットの オレウロペイン投与による精巣周囲白色脂肪組織のUCP1発現量への影響	前 里奈
普通脂肪食摂取ラットにおけるオレウロペイン投与及び 日常的身体活動による腹腔内白色脂肪細胞組織のUCP1発現量への影響	前川 凧紗
普通脂肪食摂取ラットにおけるオレウロペイン投与及び Mild Treadmill Walking(MTW)による腹腔内白色脂肪細胞組織のUCP1発現量への影響	眞鍋 彩佳
普通脂肪食摂取ラットにおけるオレウロペイン投与及び Mild Treadmill Walkingによる精巣周囲白色脂肪組織のUCP1発現量への影響	矢野菜々美

■木村ゼミ

発芽豆の機能性と利用について～豆の種類によるACE阻害活性の違い～	位田 茜
豆粉添加によるパンの嗜好性と品質安定性への影響	伊藤 美空
発芽豆ご飯の血糖上昇抑制効果と嗜好性	川村 真琴
豆粉添加によるパンの嗜好性と品質安定性への影響	久能ひなた
デーツに含まれる有用酵母と発酵コーヒーへの利用	久保千年星
発芽豆ご飯の血糖上昇抑制効果と嗜好性	佐々木彩乃
デーツに含まれる有用酵母と発酵コーヒーへの利用	下垣内美吏

■栗原ゼミ

高脂肪食摂取による学習機能低下に黒酢とビタミンEの同時摂取が及ぼす影響	戸田 千尋
食用花及び食用バラについて	豊福愛優美
高脂肪食摂取による学習機能低下に黒酢とビタミンEの同時摂取が及ぼす影響	中 友希
高脂肪食摂取による学習機能低下に黒酢とビタミンEの同時摂取が及ぼす影響	中条 美優
食用花及び食用バラについて	服藤 緒都
オキナワモズク抽出フコイダンによる腎血管性高血圧モデルラットの血圧上昇抑制効果	松本 一花
オキナワモズク由来フコイダンによる腎血管性高血圧モデルラットの血圧上昇抑制効果	丸山 紗和

■後藤ゼミ

低温スチーミング加熱によるチンゲンサイのアスコルビン酸に及ぼす影響	後畠 理那
低温スチーミング加熱によるチンゲンサイのアスコルビン酸に及ぼす影響	木村 芽衣
ランダム・セントロイド最適化法を用いた米粒状加工食品の最適添加法の検討	園田 倭可
ランダム・セントロイド最適化法を用いた米粒状加工食品を添加した米飯の 最適調理条件の検討	本山 美空
スチームコンベクションオーブンをを用いた普通米飯と全粥の同時加熱における物性と 最適温度の検討	柳澤 美和
スチームコンベクションオーブンをを用いた普通米飯と全粥の同時加熱における物性と 最適温度の検討	山口 璃音
ランダム・セントロイド最適化法を用いた米粒状加工食品を添加した米飯の 最適調理条件の検討	山下 渚

■才新ゼミ

女子大生の食生活と糖質摂取に関する意識調査	青木 春香
女子大生の食生活と糖質摂取に関する意識調査	北口 愛海

女子大生の食生活と糖質摂取に関する意識調査	小林明日香
大量調理における殺菌剤の利用と洗浄方法の検討	西村 和華
女子大生の食生活と糖質摂取に関する意識調査	平山 凜
大量調理における殺菌剤の利用と洗浄方法の検討	増井 彩乃
大量調理における殺菌剤の利用と洗浄方法の検討	林 さくら

■榊原ゼミ

高齢者のオーラルフレイルに対する認知度と食品摂取多様性の関連について	片岡 留衣
食物繊維摂取による女子大学生の排便への影響	岸本沙耶加
「オートミール→複合料理」・「複合料理→オートミール」・「複合料理」の 3種類の摂取方法で摂取した場合の食後血糖値への影響	北村 実里
特茶摂取が食後血糖値に与える影響	平尾 旋
朝型および夜型の摂食時間の違いが血糖値へ及ぼす影響	藤井 咲衣
高齢者における短時間睡眠による食物摂取スコアの低下と フレイル有病率の関連性について	藤田優里奈
納豆、枝豆が食後血糖値に与える影響	松下穂乃花

■清水ゼミ

月経随伴症状と摂取栄養素の関連について	石本 姫佳
月経周期における味覚閾値と浮腫率の関連	岡田 倫代
月経随伴症状によるストレスと味覚閾値の関連	黒岩 夏希
月経随伴症状によるストレスと味覚閾値の関連	近藤 一葉
味覚閾値と疲労感および月経周期の関係性について	佐伯 莉奈
味覚閾値と疲労感および月経周期の関係性について	櫻木 結子
月経随伴症状と摂取栄養素の関連について	谷村 美紀
月経随伴症状と摂取栄養素の関連について	藤原梨伽子

■杉岡ゼミ

食物アレルギー患児を待つ保護者の心理的状況について	土田 歩季
病院で治療を受ける食物アレルギー児の状況報告5 —鶏卵アレルギー児の栄養摂取状況と発育の関係—	上原 千晴
回復期リハビリテーション病院入院の高齢者におけるフレイル予防と日常生活の関連	門田 侑穂
病院で治療を受ける食物アレルギー児の情報報告5 —鶏卵アレルギー児の栄養摂取状況と発育の関係—	金川 陽菜
病院で治療を受ける食物アレルギー児の状況報告5 —問診票およびFFQgによる栄養摂取状況の調査結果—	高橋 佑奈
病院で治療を受ける食物アレルギー児の状況報告5 —牛乳アレルギー児の栄養摂取状況と発育の関係について—	東郷 凧沙
病院で治療を受ける食物アレルギー児の状況報告5 —牛乳アレルギー児の栄養摂取状況と発育の関係について—	西脇 舞香
病院で治療を受ける食物アレルギー児の状況報告5 —問診票およびFFQgによる栄養摂取状況の調査結果—	吉崎 菜七

■竹市ゼミ

誤嚥予防のための知識に関する実態調査

(地域在宅高齢者の口腔と摂食・嚥下機能アンケートより)	幸田 理恵
児童養護施設における食及び日常生活の自立に向けた支援の検討—質問紙法から—	柴田 木野
こども園における幼児と保護者の食生活および	
保護者の食意識・食行動と幼児の体格の関連性	武部 千里
ポスターを用いた防災教育の効果検証	堀口 亜美
学生の防災意識調査から見えた防災教育の必要性について	三浦 果歩
神戸女子大学における大学生の朝食摂取状況と100円朝食の利用に対する実態調査	安永 優海
こども園における幼児の運動習慣の形成の検討	山本 結衣

■竹中ゼミ

食べる順番と血糖値上昇の関係	井上 紗和
音楽が血糖値に及ぼす影響	小田 南
食品の摂取順序による食後血糖値変動及び血糖値上昇個人差についての検討	津島 優花
音楽が血糖値に及ぼす影響	坪田 凜
音楽と血糖値の関係について	松井 音香
音楽が影響する血糖値上昇の関係	柳生 萌衣
食べる順番が血糖値の上昇に及ぼす影響	山崎 遥

■田村ゼミ

I型アレルギーの抑制効果を持つハーブ類の探索	大塚 莉来
I型アレルギーの抑制効果を持つハーブ類の探索	塩原 優奈
I型アレルギーの抑制効果を持つハーブ類の探索	田中 美夢
I型アレルギーの抑制効果を持つハーブ類の探索	藤原奈乃歩
I型アレルギーの抑制効果を持つハーブ類の探索	船津 七海
I型アレルギーの抑制効果を持つハーブ類の探索	安井 心海
I型アレルギーの抑制効果を持つハーブ類の探索	山本 美華

■西井ゼミ

居住形態の比較による女子大学生の食生活習慣の実態調査	大畠 寛子
女子大生におけるカフェイン摂取に対する意識調査	岸本 彩音
居住形態の比較による女子大学生の食生活習慣の実態調査	小西 澄江
居住形態の比較による女子大学生の食生活習慣の実態調査	高田 美空
女子大生におけるカフェイン摂取に対する意識調査に関する研究	中村ほのか
女子大生におけるカフェイン摂取に対する意識調査	西川 楓夏
居住形態の比較による女子大学生の食生活習慣の実態調査	山口みどり

■橋本ゼミ

サクナの加熱温度と時間によるポリフェノール類の代謝経路の検討	内村 優香
調理法及び食べ方が食塩摂取量に与える影響	金田 結依
調理法及び食べ方が食塩摂取量に与える影響	川口 京華
調理法及び食べ方が食塩摂取量に与える影響	中田 恵
玉ねぎ含有成分が麻痺性貝毒の減毒に及ぼす影響	成川 咲耶
玉ねぎ含有成分が麻痺性貝毒の減毒に及ぼす影響	西野 早葵

サクナの加熱温度と時間によるポリフェノール類の代謝経路の検討 矢野 泉美

■宮本ゼミ

パン製造時の発酵時間が添加するビタミンCの作用に与える影響 大瀬戸 遥
みりんの嗜好性に関する調査 本多万里菜
アイスクリーム製造におけるコンプレックスAの添加効果 水野 琴望
アイスクリーム製造におけるコンプレックスAの添加効果 森 愛依
パン製造時の発酵時間が添加するビタミンCの作用に与える影響 和田美由紀
メレンゲの調製方法がマカロン生地および焼成に与える影響について 吉田 遥香

■安田ゼミ

食育における指導方法の違いが与える効果について 麻木 理名
食育における指導方法の違いが与える効果について 勝久 愛美
社員食堂利用者の正しい食習慣や健康への理解度の把握
—今後の社員食堂における栄養教育の検討— 藏迫 友美
高校球児の栄養教育における知識や行動の変化について 小林 彩乃
社員食堂利用者の正しい食習慣や健康への理解度の把握
—今後の社員食堂における栄養教育の検討— 酒井 晴菜
社員食堂利用者の正しい食習慣や健康への理解度の把握
—今後の社員食堂における栄養教育の検討— 坂口 紋佳
高校球児の栄養教育における知識や行動の変化について 立岩 奈真

令和6年度家政学部 卒業論文

家政学科

■大淵ゼミ

女子大生の余暇活動と幸福感に関する質的研究	
—支持対象者との年齢差に注目して—	伊東 陽里
20代女性の美意識と美容行動に関する質的研究	伊藤 愛可
ボーカロイドプロデューサーが描く青年期	
—傘村トータ氏の作品に着目して—	永座 由麻
女子大生における服装・外見・体型に関する計量研究	小林 友
若年女性の余暇活動に関する質的研究	
—「遠征」経験に注目して—	澤田 実久
Z世代女性のカプセルトイ消費行動に関する質的研究	吉田扶美伽
ディズニープリンセスにみるリーダーシップ	
—ボカホンタス・モアナ・ラーヤの使命に注目して—	渡邊 陽世
観光集客及び伝統工芸・文化の継承啓発におけるモバイルゲームの影響	
—「刀剣乱舞」と「文豪とアルケミスト」を事例に—	山下 真央

■大森ゼミ

須磨寺における建物の色彩分析	井本 歩花
音楽が集中力に与える影響についての研究	数見 柚菜
ハンドロールが拘縮手に与える効果	金光 音和
絵本から分かる喜怒哀楽と色の関係	小松 梨鼓
水洗いによるバラの残留農薬除去効果の調査及び最適な洗浄方法の調査と検討	坂本 秋穂
運動中の手のひら冷却がその後の持久的運動パフォーマンスに与える影響について	平田 雪乃
バラの芳香蒸留水による唾液中エストロゲン上昇効果の研究	船曳みのり
消費者の購買意欲を高める紙媒体の広告デザインとは	星川あいな
バラの芳香蒸留水の香気成分分析	依田みなみ
バラ乾燥物の機能性成分研究	
—オーガニックファイトケミカルフードの可能性—	小谷かのん

■貝増ゼミ

フードロス対策がこども食堂に与えるインパクト	
～フードバンク・フードドライブとこども食堂運営に対する意識との関係～	穂本 京佳
ペット福祉の向上に向けて	井上 瞳
推し活と幸福度の関係	小嶋菜々帆
推し活と片付けの関係性とその心理的な影響に関する考察	玉津 小椿
マイボトルの利用促進に向けた取り組み	
～マイボトル用の粉末の実証実験～	新居 心
マイボトル用フレーバーの利用促進に向けたナッジ効果	古谷 唯有

中学生の食生活が与える影響について

～女子大生の中学生の頃と現在の食生活の比較を事例として～	前田 愛海
女子大生のアルコールに対する意識について	松岡 理奈
食品ロス対策～てまえどりの効果について～	河田 茉優
推し活とファッションの関係性について	山下 舞香

■梶木ゼミ

夏の炎天下における子どもへの暑さの影響

～神戸市中央区における暑さ指数を用いた屋外環境の観測結果～	石井 葵
地域に密着したミニシアターの特徴と若者のミニシアターに対する意識	
～神戸市の名画座「パルシネマ」を一例に～	井上 実桜
使い続けることができる子ども用ローチェアの提案	
～親子向けカホンワークショップの取り組みから～	入江 夏水
六甲山の間伐材の有効活用に関する研究	
～産官学協働による親子向けカホンづくりワークショップの実践～	白井 鈴夏
リスクをいかした木工遊びワークショップのあり方	
～神戸市立森林植物園における実践より～	織田 真緒
公共図書館におけるイベント内容に関する研究	
～大阪府内8都市を事例として～	笹川 彩佳
愛称ゼッケン着用によるコミュニケーションの変化が子どもの外遊びに及ぼす影響	
～神戸市立森林植物園・ほうけんの丘における実践より～	田中 小葵
アロマグッズの使用実態と香り・インテリアへの関心度に関する研究	廣中 望

■ガンガゼミ

地方美術館が地域に及ぼす効果について	入江 玲葉
地方創生における政策と地域経済への影響	堅田 乙葉
外食・中食の普及と家庭の食卓	岸田 芽依
電気ガス併用住宅とオール電化住宅の予算シミュレーション	北村由美子
高等学校家庭における金融経済教育の現状と課題	河野 笑佳
特殊詐欺被害とその特徴	齋藤ほの香
電子書籍の普及における要因	定時 楓奈
公営競技と現代社会	白井 歌乃
日韓の学校外活動費の増加と家計の関係	寺道 天七

■十一ゼミ

リカちゃん人形にみる現代の文化	相見 円花
明治以降から現代における学生服の変遷	枚原 陽南
日本女性における和装から洋装への変化	宗野 来未
雛人形の衣装の変遷と十二単の色目について	田中丸穂香
クラシックバレエの衣装とその背景について	中野 未来
持続可能な未来を実現するためのファッションを中心として	細川 藍
昨今のファッションマーケティングにおける現状と展望	三宅 花音
変化するアパレル産業から与えられる生活への影響	柳瀬 梨花

さまざまな挙式におけるスタイルの変遷と特徴 山中みゆう

■砂本ゼミ

複合型書店から見る新たな書店の可能性について	浅原心乃香
住宅における食空間の効果的な演出方法とその作用	板倉 菜月
リノベーションカフェの構成要素と有効性	木下 結梨
日本のバレエ市場拡大のためのバレエ団運営における劇場の役割に関する研究	甲田 日向
大学生のライフスタイルに合わせたこたつの改善点	中島 唯花
倉俣史朗からみる家具とアートの境界線	新谷 菜子
モザイクタイルが住空間と人に与える印象と選択のポイントについて	西川 莉央
ポートタワーと周辺地域の関連性	西村 萌愛
今後の美術館におけるイマーシブ空間の必要性	福田 真子
純喫茶の現状と女子大生の純喫茶に対する価値評価	松本 葉月

■田中ゼミ

ウォーターフロントの夜間景観に関する研究	
—ランドマークまでの距離および色彩に着目して—	大槻 奏穂
神戸市における防災福祉コミュニティの現状に関する調査	
—広報誌「ふれあい北山」を対象に—	立花 叶芽
美術館における内外空間の変遷に関する研究	
—建築雑誌に記載された設計者の言説に着目して—	鯨田 未来
住宅におけるリビング空間の変遷に関する研究	
—住宅雑誌に記載された設計者の言説に着目して—	琵琶あずみ
大学キャンパスの水まわり空間について	
—大学生の水まわり空間の利用実態と印象評価—	福島瑠里子
大学におけるキャンパス空間の評価に関する研究	
—「らしさ」の意識に着目して—	藤岡めぐみ
公共図書館における人が集まる空間に関する研究	
—図書館内での学習・飲食に着目して—	堀尾 芽衣
神戸市街地における散歩道の活用に関する研究	
—女子大学生の散歩行動に着目して—	松坂 萌花
市街地景観における街路樹の効果に関する研究	
—緑の構成と量が歩行者に与える影響に着目して—	山崎 麻衣
生産者と消費者をつなぐ空間に関する研究	
—屋外型マーケットにおける仮設店舗の店構えに着目して—	濱田 実優

■中西ゼミ

和の文化を広めるための和風パーティードレス制作	
～廃棄される婚礼衣装のアップサイクル案～	天野 夏陽
古着ジーンズのアップサイクル	
—韓国ファッショントレンドのセットアップの制作—	大久保あずみ

訪問着をリメイクして作る和風ロリータファッションの提案

～伝統衣装の新たな価値の創造～ 黒川 葉奈

徳島の伝統と歴史を伝えるディアンドルの制作

～鳴門市ドイツ館での着用体験～ 齋賀 玲那

浴衣を用いたコンバーチブルデザインの衣服制作

～浴衣の着用機会を増やすために～ 崎山 果穂

着物リメイクでつくるワンピースの創作

～日本・中国・ドイツの伝統衣装を織り交ぜた一着～ 高橋 寧奈

日本の伝統技術を伝えるデニムの着物風ユニフォームの制作

—須磨離宮公園の和室で古民家カフェ開催を想定して— 高橋 萌愛

車椅子利用者のコスプレ衣装の制作

—すべての人に等しくコスプレを楽しめるように— 豊郷 杏

近未来ファッションと共存する伝統

～着物帯を用いたY3Kデザインの探求～ 宮垣 佳奈

■山根ゼミ

セルロース/グルコマンナン複合体ペーストのスイーツ展開 井寄 愛華

再生セルロース繊維キュプラに対する樹脂加工剤の配合比 片山 結麻

樹脂加工によるキュプラの湿潤強度向上と伸度低下抑制の研究 加藤 綾華

樹脂加工剤の配合比による再生セルロース繊維キュプラの強度低下の抑制 岸本ひなた

セルロース/グルコマンナン複合体を使ったカロリーオフスイーツの展開 坂本 美咲

セルロース系高吸水性ポリマーの検討 西川 遥香

水溶性セルロースの架橋処理による高吸水性セルロース誘導体の創生 畑井 芽唯

再生セルロース繊維の強伸度に及ぼす樹脂加工 浜松 凜

セルロース誘導体からなる超吸水素材の検討 古河 舞

神戸女子大学家政学部紀要投稿規程

[2019年9月12日改正]

I 総 則

1. 紀要投稿者は神戸女子大学の常勤及び非常勤の教職員（退職者を含む）並びに本学の大学院生に限る。但し、本学教職員以外でも本学教職員との連名であれば投稿を認める。
2. 論文の掲載は神戸女子大学家政学部紀要委員会（以下、紀要委員会）で決定する。投稿論文は紀要委員会でレフリーを依頼し、審査する。
3. 論文の種類は総説、原著、ノート、レポートの4種類とする。
 - 1) 総説：ある主題に関し、研究・調査論文を総括、解説したものとする。
 - 2) 原著：独創的な研究で、それ自身独立して価値のある結論あるいは事実を含むものとする。
 - 3) ノート：例えば、限られた部分の発見や新しい実験方法など、原著としてまとまらないものであっても報告する価値のあるものとする。
 - 4) レポート：研究・調査上の成果で、記録にとどめる価値のあるものとする。
4. 総説は原則として紀要委員会が依頼するものとする。但し、学外の研究者等へ依頼した場合には、神戸女子大学教職員との連名ではなく、単名でも構わない。
5. 総説以外の原著、ノート、レポートの種類については、投稿者が指定するものとする。なお、紀要委員会と投稿者との協議により論文の種類を変更することがある。
6. 投稿論文は日本語（以下、和文）又は英文とする。
7. 倫理的配慮
人及び動物が対象である研究には倫理的な配慮を行い、その旨を本文中に明記する。
8. 利益相反
投稿論文では、他者との利益関係の有無を「利益相反」の欄を設けて記載する。利益相反状態が存在しない場合には、「本研究における利益相反は存在しない」などの文言を記載する。
9. 論文1編の長さ
 - 1) 総説、原著、レポート：図表を含め刷り上り10頁程度を原則とする。
 - 2) ノート：図表を含め刷り上り5頁以内を原則とする。
10. 投稿論文は、CD、USBメモリ等に保存し、プリントアウトした原稿1部と共に各学科の紀要委員会委員へ提出する。論文の表紙には、和文原稿では、和文及び英文で表題、著者名、所属機関名、(所属研究室名)を記入する。また、論文の種類指定、原稿枚数(本文、図、表などの各枚数)及び校正送付先を和文で明記する。英文原稿の表紙では、上述と同様のことを英文のみで記載する。但し、論文の種類指定、原稿枚数及び校正送付先は和文でも構わない。表紙は複数枚でも差し支えない。
11. 論文投稿予定者は、原則として論文の仮題を8月末日までに各学科の紀要委員会委員へ届け出る。最終の投稿締め切りは11月末日とする。
12. 紀要は原則として年1回、3月に神戸女子大学のウェブサイトを利用して発行する。
13. 投稿された論文は紀要に掲載される時点で、著者は下記の2点に同意したものとみなす。
 - 1) 論文の著作権は神戸女子大学家政学部に帰属する。但し、当該論文を学術教育目的で著者本人が利用する場合は、神戸女子大学家政学部(紀要委員会)の許諾を必要としない。
 - 2) 紀要に掲載された論文は神戸女子大学・神戸女子短期大学学術機関リポジトリで公開される。

II. 執筆要領

1. A4版用紙に横書きとする。手書きは受け付けない。和文原稿では明朝体で43字×30行、英文原稿ではTimes New Romanで70～80字×30行とし、上下左右のマージンは25mmとする。
2. 表紙から、ページ番号を下辺中央に、行番号を左側に印字する。
3. 論文の構成
 - 1) 原則として、表紙、要約（和文では400字程度、英文では200語程度）、キーワード（6語以内）、緒言、方法、結果、考察、文献に項目分けすることが望ましい。必要に応じて結論、謝辞を付しても構わない。それぞれの見出しは適宜変えてもよい。総説については自由な構成で構わない。
 - 2) 和文の原著とノートでは、必要に応じて英文の要約とキーワードを文献の後に記載してもよい。
4. 図表は、表の場合には上に、図の場合には下に表題を付け、説明文はすべて図表の下に記載する。図表の記載は、A4版用紙の1ページに1つの図又は表とする。表題及び説明文は英文でも構わない。
5. 論文中の引用文献番号は、片カッコをつけて右肩に小さく書く。文献は引用番号順に下記の例のごとく列記する。

(雑誌の例)

(和文) 橋本衣代、鷺尾悦子、前畑奈津子、小嶋豊：大麦澱粉粒の加熱崩壊状態の測定方法、家政誌、28、1045-1050（1968）

(英文) Vachan, C. and Sanoien, L.: Circadian variation in intestinal protein content in rat fed ad libitum, J. Am. Coll. Nutr., 8, 25-34（2003）

(単行本の例)

(和文) 弓狩康三、鳥居邦夫：味の栄養学「栄養生態学—世界の食と栄養」（小石秀夫、鈴木継美編）、64-90（1984）、恒和出版、東京

(英文) Naim, M. and Kare, M.R.: Taste stimuli and pancreatic functions. In “The Chemical Senses and Nutrition” (Kare, M.R and O.Maller, eds.), 145-163（1975）, Academic Press, London
6. インターネットのサイトは、他に適切な資料が得られない場合には文献として使用してもよい。この際、サイト名等とアドレスを記載すると共に、最終アクセス年月日も付記すること。

付 記

この規程の改廃は教授会の議により行う。

改 正（本規程は1990年11月20日発行の神戸女子大学紀要家政学部篇24巻に初出）

2011年11月10日改正

2014年2月6日改正

2016年10月13日改正

2018年6月14日改正

2019年9月12日改正

紀要委員会

後藤昌弘(委員長)

置村康彦

大森正子

神戸女子大学家政学部紀要

第58巻

令和7年3月31日発行

編集発行所 神戸市須磨区東須磨青山2-1
神戸女子大学
電話 神戸(078)731-4416

神戸市兵庫区大開通2-2-11
菱三印刷株式会社
電話 神戸(078)576-3961

BULLETIN OF THE FACULTY OF HOME ECONOMICS
KOBE WOMEN'S UNIVERSITY

VOLUME 58

MARCH 2025

CONTENTS

Note

- Efficiency Analysis of Elderly Unemployed Households by Data Envelopment Analysis
Nobuko NGANGA..... 1

Reports

- Effects of "MANNAN GOHAN" on Defecation
Fumi SHIMIZU, Nanami OKAI, Saki KANN, Yumeka NISHIMURA, Taro Suzuki,
Masahiro ANZAI, Yoshio OGURA5
- Effect of low temperature steaming on Ascarbate peroxidase and L-Galactono-1, 4-lactone dehydrogenase
activities in broccoli.
Konomi FUKUI, Emiko IWATA, Masahiro GOTO 14

Abstracts

- Abstracts of Life Science Seminars 2024, Faculty of Home Economics, Kobe Women's University..... 22
Abstracts of Master's Thesis in 2024, the Graduate School of Life Science, Kobe Women's University 27
Abstracts of Doctor's Thesis in 2024, the Graduate School of Life Science, Kobe Women's University 32

Lists of Graduation Thesis

- 2024-Dietician Training Course 35
2024-Department of Home Economics..... 40

- Submission Guidelines** 44