

原 著

酒粕を用いた環境栄養学的観点からの 生活習慣病予防に関する研究

第 1 報 古代米酒粕パンの作成とその評価

吉田幸恵^{*1}, 北澤由梨^{*2}, 高尾理樹夫^{*1}, 田村隆教^{*3}, 橋本和弘^{*1}, 矢澤彩香^{*1}
小川由紀子^{*1}, 今木雅英^{*1}

*1: 大阪府立大学大学院総合リハビリテーション学研究所

*2: 青山病院

*3: 高知学園短期大学生活科学学科

A study for preventing life-style related diseases using the sake lees from a standpoint of nutritional environment-Development and evaluation of the sake lees buns of ancient rice sake lees

Yukie YOSHIDA^{*1}, Yuri KITAZAWA^{*2}, Rikio TAKAO^{*1}, Takanori TAMURA^{*3} Kazuhiro
Kazuhiro HASHIMOTO^{*1}, Ayaka YAZAWA^{*1}, Yukiko OGAWA^{*1} and Masahide IMAKI^{*1}

*1: Graduate School of Comprehensive Rehabilitation, Osaka Prefecture University

*2: Aoyama Hospital

*3: Department of Human Sciences, Kochi Gakuen College

Abstract

We produced fifteen kinds of new bread using a certain amount of the ancient rice sake lees and compared the mastication muscle activity magnitude with a roll of bread on the market by surface Electromyography-potential.

The sake lees buns of ancient rice sake lees showed that the mastication muscle activity magnitude was higher than a roll of bread. Thus the sake lees buns of ancient rice sake lees need longer time for mastication.

Key words: Sake Lees Buns of Ancient Rice Sake Lees (古代米酒粕パン), Lifestyle diseases prevention(生活習慣病予防), wheat gluten (小麦グルテン), Oral muscle activity magnitude (口腔筋活動量), Ease of consumption(食べやすさ)

I. 緒 言

近年、「エコ」という言葉が多くの人々に浸透しており、環境問題は身近な問題として捉えられている。しかしながら、平成 21 年に農林水産省が発表した食品廃棄物量をみると、年間約 1900 万トンの食品廃棄物が排出されている。その中で、1400 万トンは焼却されている¹⁾が、廃棄物の中でも再利用が有効になる食品もある。本研究では、これらの食品廃棄物の中で、酒粕に着目した。

従来から、酒粕の有効利用法については、酒粕汁や粕

漬物は伝統的な料理としてあるが、ケーキや羊羹などの嗜好品にも利用されている²⁾。また、食品だけでなく化粧品への応用の可能性も³⁾報告されている。本研究においては、生活習慣病予防の新たな食品として、従来は、大部分が廃棄されていた酒粕の有効利用を目的に一連の研究を行った。

本研究に使用した酒粕は、大阪府立大学大学院生命環境科学研究科より得たものである。同研究科は、長年イネの多様な遺伝資源を収集・保存してきており、それらの有効な活用方法について研究を進めている。このたび、

表 1 古代米パンの配合割合

古代米パン 番号	材 料 (%)								
	古代米酒粕	強力粉	薄力粉	小麦グル テン	小麦ふすま	塩	オリーブ オイル	イースト	水
1	23	44	9	0	0	1	5	1	18
2	23	36	9	2	5	1	5	1	18
3	23	36	9	3	5	1	5	1	18
4	23	33	8	5	5	1	5	1	18
5	23	31	8	8	5	1	5	1	18
6	23	29	7	10	5	1	5	1	18
7	23	27	7	13	5	1	5	1	18
8	23	25	6	16	5	1	5	1	18
9	23	23	6	18	5	1	5	1	18
10	23	21	5	21	5	1	5	1	18
11	23	19	5	24	5	1	5	1	18
12	23	5	19	24	5	1	5	1	18
13	23	4	17	26	5	1	5	1	18
14	23	4	15	29	5	1	5	1	18
15	23	3	13	31	5	1	5	1	18

古代米品種（有色米品種）「アサムラサキ」を原料にして西條合資会社と共同開発を行い、清酒「なにわの育」を完成させた。この製造過程で産生する酒粕（以下、古代米酒粕とする）を本研究に用いた。本古代米酒粕は、通常の酒粕より低カロリーで、ビタミンB₁、カルシウムやマグネシウムなどのミネラルが豊富であることが認められた。これに加えて、抗酸化作用のあるアントシアニンも含まれている。

本研究においては、生活習慣病予防の観点から、日常的に摂取にしている食品の中に、酒粕を利用することが有効であると考え、古代米酒粕を用いたパンの製造に活用することにした（以下、古代米パンとする）。この古代米パンの製造に関して、古代米酒粕を中心に、主な素材食品の配合割合を変化させることで15種類の古代米パンを作成した。また、古代米パンの評価は、中高年者の摂取を想定して、表面筋電位を活用した口腔筋活動量測定により実施した。

II. 方法

1. 対象者

本研究の対象者は、ワッテ法による唾液分泌量測定、オクルーザルフォースメーターによる咬合力測定により、口腔機能に異常が認められず、通常の食生活を営んでいる健康成人女性10名（平均年齢は、20.9 ± 0.9歳）である。

対象者に、本研究の目的、内容をよく理解してもらうために十分な説明を行った。さらに、研究の参加に関して、自由意志により、承諾が得られた者を対象者とした。

また、承諾が得られた者であっても、本人の意思により実験途中での棄権を認めた。

その中で、咀嚼時間が極めて長く、咀嚼に特徴がある1名を除外し、最終的には9名を対象者とした。

2. 主な材料

古代米パンの主な材料は、古代米品種（有色米品種）「アサムラサキ」由来酒粕（古代米酒粕）、強力粉、薄力粉、小麦グルテン、ふすまである。強力粉は「横山製粉製キタノカオリ」、薄力粉は「横山製粉製ゆきんこ」、小麦ふすまは「江別製粉製」、小麦グルテンは外国産の小麦蛋白（高活性グルテン）を使用した。このほかに、オリーブオイル、食塩、水およびイーストを使用した。

3. 古代米パンの作成

本研究においては、主な材料の配合の異なる古代米パンを15種類作成した。配合は古代米酒粕の量を一定とし、小麦グルテン、強力粉、薄力粉の配合を変えた。15種類の古代米パンの材料の配合比は表1に示した。

古代米パンの作成過程は以下のとおりである。

古代米酒粕には、古代米が含まれており粉碎する必要があるため、作成前にミキサー（Panasonic社製MX-X58）にかけた。次に、全材料を混ぜ合わせ捏ね機の中に15分間入れた。その後、コンビネーションレンジ（大阪ガス社製コンビネーションレンジラフォルテ1114-D112）、もしくはヘルシオ（SHARP社製ヘルシオAX-X1）の発酵機能を利用して、40℃40分間の一次発酵を行い、パンの生地を丸く成形した。そして、10分間のベンチタイムを設け、再び一次発酵同様、40℃40分間の二次

発酵を行った。さらに、あらかじめ 190℃ に予熱しておいたコンベクションレンジの中に生地を入れ、12 分間の焼成を行い、古代米パンを完成させた。

4. 評価方法

表面筋電位⁴⁻¹⁰⁾を活用した口腔筋活動量測定により、古代米パンの「食べやすさ」を評価した。対照を市販のロールパン（以下基準パンとする）とし、喫食時の咀嚼、嚥下の口腔筋活動量を比較、検討した。

口腔筋活動量測定は、Biopac Systems 社製表面筋電位測定器 MP150 を用いて行った。測定部位は、咀嚼に関与する左右の側頭筋と咬筋、嚥下に関与するオトガイ舌骨筋とした。

食品の摂取姿勢は、最も摂取しやすい姿勢である眼耳平面が床と並行である姿勢とし、足底は床面に着くように規定した。測定部位をアルコール綿で拭いて消毒し、電極を貼付した。

対象者に、食品摂取開始の合図を出し、試料の一口量である 4.5g 分を自由に咀嚼・嚥下させた。その際、咀嚼開始時、嚥下直前時、嚥下終了時を正確に把握するために、あらかじめ表面筋電位測定器に取り付けておいた外部トリガーを踏むように指示した。測定は、各試料とも 2 回ずつ行った。

評価のための解析項目は、咀嚼過程において、「咀嚼回数」、「口腔内処理時間」（咀嚼開始から嚥下直前までの時間）、「総筋活動量」（口腔内処理時間中の筋活動量は、左右側頭筋と左右咬筋のそれぞれの積分値の平均の総和）、および「最大振幅」とした。嚥下過程においては、「嚥下筋活動量」（オトガイ舌骨筋の積分値の総和）とした。

5. 解析

表面筋電位測定器により得られたデータは、Biopac Systems 社製 AcqKnowledge Ver. 4.0 により解析した。対照の基準パンとの有意差検定には、対応ある t 検定 (Paired t-test) により行い、統計処理ソフトは、Macintosh StatView 5.0 computer program を用いた。なお、有意水準は $P < 0.05$ とした。

6. 研究倫理に関して

本研究は大阪府立大学総合リハビリテーション学部倫理委員会の承認を得た。

表 2 古代米パンと基準パンとの咀嚼回数の比較

パンの種類	平均値(回)	標準偏差	基準パンとの比較		
			差	P 値	
基準パン	33.7	10.6			
古代米パン	1	34.0	11.5	-0.3	0.849
	2	37.3	13.7	-3.6	0.159
	3	38.9	15.1	-5.2	0.092
	4	47.5	19.4	-13.8	0.006
	5	43.2	19.1	-9.5	0.027
	6	44.9	17.8	-11.2	0.004
	7	50.8	22.0	-17.1	0.003
	8	55.1	23.4	-21.4	0.001
	9	60.5	26.7	-26.8	0.001
	10	61.2	20.7	-27.5	<0.001
	11	65.7	20.7	-32.0	<0.001
	12	66.7	22.0	-33.0	<0.001
	13	68.0	22.8	-34.3	<0.001
	14	76.7	26.4	-43.0	<0.001
	15	77.2	29.1	-43.5	<0.001

表 3 古代米パンと基準パンとの口腔内処理時間の比較

パンの種類	平均値(秒)	標準偏差	基準パンとの比較		
			差	P 値	
基準パン	25.2	11.6			
古代米パン	1	25.1	10.1	0.1	0.952
	2	26.3	11.3	-1.1	0.551
	3	26.8	11.7	-1.6	0.403
	4	32.0	14.8	-6.8	0.014
	5	28.5	12.5	-3.3	0.143
	6	31.2	13.4	-6.0	0.011
	7	34.1	15.7	-8.9	0.005
	8	36.7	17.1	-11.5	0.001
	9	41.4	18.9	-16.2	<0.001
	10	41.3	17.4	-16.1	0.001
	11	43.9	17.5	-18.7	<0.001
	12	43.4	16.8	-18.2	<0.001
	13	44.4	18.3	-19.2	<0.001
	14	51.2	20.2	-26.0	<0.001
	15	53.2	20.4	-28.0	0.001

III. 結 果

1. 咀嚼過程

1) 咀嚼回数

古代米パンと基準パンの咀嚼回数を比較検討した結果を表 2 に示した。15 種類すべての古代米パンが、基準パンよりも咀嚼回数が多く、古代米パン No.4 ~ No.15 については、統計的に有意な差が認められた。

表4 古代米パンと基準パンとの総筋活動量の比較

パンの種類	平均値 (mv・秒)	標準偏差	基準パンとの比較		
			差	P値	
基準パン	3.13	1.30			
古代米パン	1	3.15	1.42	-0.02	0.913
	2	3.47	1.63	-0.34	0.292
	3	3.45	1.67	-0.33	0.365
	4	4.26	2.05	-1.13	0.038
	5	3.63	1.51	-0.51	0.065
	6	4.16	1.63	-1.04	0.001
	7	4.56	2.08	-1.43	0.004
	8	4.82	2.06	-1.69	0.001
	9	5.69	2.57	-2.56	0.001
	10	5.73	2.32	-2.61	0.002
	11	6.12	2.36	-2.99	0.002
	12	5.96	2.18	-2.83	0.001
	13	6.27	2.54	-3.14	0.002
	14	7.17	2.88	-4.05	0.001
	15	7.28	3.23	-4.16	0.002

表5 古代米パンと基準パンとの嚙下筋活動量の比較

パンの種類	平均値 (mv・秒)	標準偏差	基準パンとの比較		
			差	P値	
基準パン	0.195	0.085			
古代米パン	1	0.238	0.088	-0.043	0.193
	2	0.194	0.056	0.001	0.949
	3	0.193	0.066	0.002	0.937
	4	0.197	0.063	-0.002	0.935
	5	0.184	0.086	0.011	0.694
	6	0.192	0.093	0.003	0.899
	7	0.198	0.079	-0.003	0.904
	8	0.187	0.082	0.008	0.727
	9	0.212	0.090	-0.017	0.469
	10	0.186	0.074	0.009	0.690
	11	0.182	0.068	0.013	0.574
	12	0.198	0.082	-0.003	0.909
	13	0.200	0.080	-0.005	0.836
	14	0.197	0.065	-0.002	0.935
	15	0.210	0.103	-0.015	0.661

2) 口腔内処理時間

古代米パンと基準パンの口腔内処理時間を比較検討した結果を表3に示した。古代米パン No.1を除いて、それ以外の古代米パンは基準パンより口腔内処理時間が長かった。その中で、古代米パン No.4, No.6～No.15において、統計的に有意な差が認められた。

3) 総筋活動量

古代米パンと基準パンの総筋活動量を比較検討した結果を表4に示した。総筋活動量は、15種類全ての古代米パンが基準パンを上回る結果となった。その中で、古代米パン No.4, No.6～No.15において、統計的に有意な差が認められた。

2. 嚙下過程

古代米パンと基準パンの嚙下筋活動量を比較検討した結果を表5に示した。両者の間に大きな差はなく、統計的に有意な差は認められなかった。

IV. 考 察

環境問題を示す言葉に「3R」という言葉があり、これは廃棄物の発生を抑制するように加工・製造する Reduce, 再使用する Reuse, 再生資源として再利用する Recycle をさしている¹¹⁾。これら3つ言葉は、限りある資源を有効に繰り返し使う循環型社会をつくる取り組みのことである。本研究においては、循環型社会の実現を目標に、従来、廃棄されていた酒粕に着目して、その有効利用を図る試みを行った。

日本酒醸造に伴い産出された酒粕は、その半分程度は、食品や飼料、肥料に利用され、残りは廃棄されている¹²⁾。廃棄される割合の高い酒粕であるが、コメ由来のタンパク質¹³⁾、炭水化物、ビタミンやミネラルなどが含有されており、魅力的な食品素材である¹⁴⁾。特に、アミノ酸スコアは、精白米65に比べて、酒粕は94と優れた数値を示している¹⁵⁾。

また、栄養成分だけではなく、様々な生理化学的効用があることが報告されている。酒粕に含まれるアンギオテンシン変換酵素阻害物質は³⁾、血圧降下効果があるため高血圧症予防に期待される。また、ラット実験であるが酒粕を摂取し続けることによって、コレステロール量の上昇が抑制¹⁶⁾、インスリン様物質による糖尿病予防も期待される¹⁷⁾。この

ような生活習慣病に対する効用だけでなく、肝機能の向上¹⁸⁾やメラニン色素生成の抑制¹⁹⁾の報告もある。

このように、酒粕は様々な効用が報告されている。さらに、今回の研究に用いた古代米酒粕は、通常の酒粕より低カロリー、ビタミンB₁、カルシウムなどのミネラルが豊富であり、抗酸化作用のあるアントシアニンも含まれ

ていることが解明されており、極めて有用な食品素材であることは明らかである。

著者らは、生活習慣病予防の観点から、日常的に摂取し、摂取量も比較的多いパンの製造に、酒粕を利用することが有効であると考えた。その中で、特に中高年者への摂取促進を図りたいと考え、パンの評価についても従来と違って、「食べやすさ」に着目した。そのため、表面筋電位を活用した口腔筋活動量測定による「食べやすさ」の評価を行った。

その結果、「咀嚼回数」、「口腔内処理時間」、「総筋活動量」に関して、基準としたロールパンとの間に、統計的に有意な差がみられたものが多くみられ、古代米パンの方が、噛み応えがあることが認められた。

咀嚼回数については、基準パンよりも2倍以上咀嚼する必要のある古代米パンもあった。同様に、口腔内処理時間、総筋活動量においても基準パンの結果を大きく上回る古代米パンが多く認められた。つまり、古代米パンの摂取には、よく咀嚼することが必要であることが認められた。いわゆる「食べやすさ」については、基準とした市販のロールパンに比べて、食べるために、筋活動量が多いことが認められた。

咀嚼は、食物の消化吸収を助けることや、唾液分泌を促進することが知られているが、それだけではなく、満足感を与えたり、過食を抑えることによる肥満防止など全身への効用が報告されている²⁰⁾。また、食物を食べる速さと肥満との関係について、Sasakiら²¹⁾やOtsukaら²²⁾は、食物を速く食べる人ほどBMI値が高いことを報告している。このことから、よく噛んで、喫食する古代米パンは肥満防止につながり、これに加えて、古代米パンの含有している生化学物質から、生活習慣病の予防に繋がる食品になるのではないかと考えられる。

本研究においては、表面筋電位を用いて、嚥下過程においても評価を行った。従来の嚥下に関する評価は、問診や質問用紙による主観的評価方法²³⁾や規定量の水を嚥下させる「水飲みテスト」²⁴⁾、VFによる食物動態の検査^{25,26)}などが主流となっている。しかし、これらは誤嚥の診断に着目したものである²⁷⁾。今回の研究のような嚥下の状況を十分に把握するものではない。一方、本研究においては、表面筋電位測定により嚥下筋活動量を調査した。その結果、嚥下にかかる負担は、統計的に有意な差異は認められず、古代米パンも基準パンも同様の傾向を示した。つまり、古代米パンは、負担をかけずに基準パンと同じような力で嚥下できるということが示された。

以上、著者らが作成した15種類のパンは、概ね、通常摂取しているロールパンなどに比べて噛み応えがあり、また嚥下の負担がかからないものであることが示され、含有されている有効な成分の効用と相俟って、生活習慣病予防に繋がる食品であることが示唆された。

引用文献

- 1) 農林水産省：食品ロスの削減に向けて .2009
- 2) 久野耕作：酒・酒粕を原料とした製品開発．醸造論文集，**45**, 16-22, 1990
- 3) Saito Y, Wanezaki K, Kawato A: Structure and Activity of Angiotensin Converting Enzyme Inhibitory Peptides from Sake and Sake Lees. *Biosci Biotech Biochem*, **58**, 1767-1771, 1994
- 4) 柳沢幸江：食物の物性と咀嚼筋活動量－筋電図手法を用いて－. *New Food Industry*, **33**, 67-81, 1991
- 5) 興津太郎, 有田元英, 園田茂, ほか：舌骨上筋群における嚥下表面筋電図の電極位置の検討．リハビリテーション医学，**35**(4),241-244,1998
- 6) Neils LR, Logemann J, Larson C: Viscosity effects on EMG activity in normal swallow. *Dysphagia*, **9**, 101-106, 1994
- 7) Palmer JB, Rudin NJ and Gustavo L, et al. : Coordination of Mastication and Swallowing. *Dysphagia*, **7**, 187-200, 1992
- 8) Kohyama K, Nakayama Y and Yamaguchi I, et al.: Mastication efforts on block and finely cut foods studied by electromyography. *Food Quality and Preference*, **18**, 313-320, 2007
- 9) Palmer PM, McCulloch TM and Debra J, et al. :Effect of a Sour Bolus on the Intramuscular Electromyographic (EMG) Activity of Muscles in the Submental Region. *Dysphagia*, **20**, 210-217, 2005
- 10) Yamada S, Hasegawa S and Nishi H, et al. : Coordination of the larynx movements and orofacial muscle activity in swallowing. *顎機能誌*, **7**, 97-103, 2001
- 11) 藤沢良和：循環型社会に向けて食べ物を大切にすることを～平成18年版環境白書・循環型社会白書を中心に～. *学校給食*, **58**(2), 84-86, 2007
- 12) 三井幸雄：天然物素材の化粧品開発(1) 酒粕の応用. *Fragrance Journal*, **30**, 145-149, 2002
- 13) Tsutsui N, Yamamoto Y, Iwaki K: Protein-Nutritive Assessment of Sake Lees Obtained by Brewing from Liquefied Rice. *J Nutr Sci Vitaminol*, **44**, 177-186, 1998
- 14) 池田克裕：「酒粕ペプチド」の特性と飲料・食品への利用. *食品と科学*, **48**, 73-76, 2006
- 15) 芦田優子：米糠と酒粕の機能性について．醸造論文集，**54**, 1-10, 1999
- 16) 芦田優子, 齊藤義幸, 川戸章嗣ほか：酒粕がラットのコレステロール代謝に及ぼす影響．*日本農芸化学会誌*, **71**, 137-143, 1997
- 17) 奥田拓道：清酒・酒粕中の生理活性物質の解明．*日本醸造協会誌*, **98**(11), 750-755, 2003

- 18) 伊豆英恵, 後藤邦康, 家藤治幸: マウスの D-ガラクトサミン誘発肝障害における酒粕投与の影響. 日本醸造協会誌, **101**, 893-899, 2006
- 19) Hyung J J, Noda M, Maruyama M: Identification and Kinetic Study of Tyrosinase Inhibitors Found in Sake Lees. *J Agric Food Chem*, **54**, 9827-9833, 2006
- 20) 亀山忠光: (咀嚼と健康). 久留米医学会雑誌, **58** (4・5), 137-139, 1995
- 21) Sasaki S, Katagiri A, Tsuji T: Self-reported rate of eating correlates with body mass index in 18-y-old Japanese women. *J Obes Relat Metab Disord*, **27**, 1405-1410, 2003
- 22) Otsuka R, Tamakoshi K, Yatsuya H: Eating Fast Leads to Obesity: Findings Based on Self-administered Questionnaires among Middle-aged Japanese Men and Women). *J Epidemiology*, **16** (3), 117-124, 2006
- 23) 藤島一郎: 脳卒中の摂食・嚥下障害. p49-71, 医歯薬出版, 東京, 1995
- 24) 窪田俊夫, 三島博信, 花田実ほか: 脳血管障害における麻痺性嚥下障害-スクリーニングテストとその臨床応用について-. 総合リハ, **10**, 271-276, 1982
- 25) Arai E, Yamada Y: Effect of the texture of food on the masticatory process. *Jpn J Oral Biol*, **35**, 312-322, 1993
- 26) 藤谷順子: 摂食・嚥下障害のための検査① VF 検査. 才藤栄一, 向井美恵, 半田幸代ほか: JIN スペシャル, 52. 摂食・嚥下リハビリテーションマニュアル. p39-43, 1997
- 27) 佐々木啓一: 咀嚼・嚥下機能の検査・診断システムの確立に向けて. 東北大歯誌, **20**, 75-90, 2001