

【原著】

表面筋電位を指標とした古代米酒粕パンの評価に関する研究

今木雅英¹、北澤由梨²、小川由紀子¹、高尾理樹夫¹、黒川通典¹、矢澤彩香¹、吉田幸恵¹¹ 大阪府立大学大学院総合リハビリテーション研究科² 青山病院

(受付：平成 23 年 5 月 6 日)

(受理：平成 23 年 5 月 16 日)

要 旨

多量に廃棄されようとしている酒粕を利用して、「機能性パン」の開発に着手した。本研究では、中高年の生活習慣病予防の観点から、開発した機能性パンである古代米酒粕パン（以下、酒粕パン）を用いて基礎的な知見を得るために、「咀嚼・嚥下に関する筋活動」、「血糖値の変動」および「食味」について、市販のロールパンを対照食品として比較検討した。その結果、酒粕パンはロールパンに比べて咀嚼回数が多く、口腔内での処理時間も長くなる傾向を示した。また、酒粕パンはロールパンに比べ、血糖値の上昇が低い傾向を示した。

キーワード：酒粕パン、表面筋電図、口腔筋活動量、咀嚼回数

緒 言

大阪府立大学大学院生命環境科学研究科が、長年保存維持してきた古代米の中から選別した酒好適米「アサムラサキ」を原料にして、府大ブランド 1 号の清酒「なにわの育」を完成させた。この清酒は、抗酸化作用・抗がん作用があるといわれているアントシアニンが多く含まれている健康酒である。

一方、本酒の醸造に伴い、副産物として多量の酒粕が産生されている。酒粕は一般的には廃棄されることが多いが、コメ由来のタンパク質¹⁾や炭水化物、ビタミンやミネラルなどが含有されており、栄養学的には魅力的な食品素材である²⁾。また、酒粕中にはアンギオテンシン変換酵素 (ACE) 阻害物質が含まれており³⁾、これには血圧降下作用があるため高血圧症予防が期待される。また、ラット実験であるが、酒粕を継続的に摂取するとコレステロール量の上昇が抑制される⁴⁾ことも明らかになっている。さらには、インスリン様物質による糖尿病予防も期待される⁵⁾。酒粕は、これら生活習慣病に対する効用だけでなく、肝機能の向上⁶⁾やメラニン色素生成の抑制⁷⁾等の報告もある。

そこで、この多量に廃棄されようとしている酒粕を用いて、「機能性パン」の開発に着手した。酒粕を含有した食品は、既に多種類、食品市場において販売されているが、その食品の大半は嗜好食品であり、日常的に摂取しているものではない。我々の研究グループでは、生活習慣病予防の観点から、日常的に摂取する食品、中でも主食であるパンに着目し、酒粕を含んだ機能性食パン（以下、酒粕パン）の開発を目指している。開発に際しては、強力粉、グルテン添加量など食材の配合を変えて、生理的、物性的、食味など多方面からの検討を行っている。

本研究においては、一般市販を目的として作成した酒粕パンに関して、中高年の生活習慣病予防の観点からの基礎的な知見を得るために、「咀嚼・嚥下に関する筋活動」、「血糖値の変動」および「食味」について、市販のロールパンを対照食品として比較検討した。

対象者および方法

1. 対象者

本研究の対象者は、歯数、唾液分泌量、咬合力などの咀嚼に関連する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 5 名（平均年齢 23 ± 1.7 歳）である。

対象者は、本研究の説明を受け、本研究の目的、実施内容をよく理解し、研究の参加に関して自由意志により承諾が得られた者である。

本研究においては、咀嚼時間が極めて長く、また咀嚼が特徴的である 1 名を除外して、最終的には 4 名の測定データにより解析した。なお、血糖値の変動に関しては、2 名のみを対象とした。

2. 実験材料

酒粕パンの材料は次に示す通りである。

- ①酒粕は、大阪府立大学大学院生命環境科学研究科が、地元酒造（西条合資会社）と共同開発した日本酒「なにわの育」を製造する際に産出された古代米酒粕を用いた。
- ②他の製造材料としては、強力粉（日清製粉社製のカメリヤ）、食塩、上白糖、脱脂粉乳、ラード、冷凍生地用改良剤、冷凍生地用イースト、水を使用した。

3. 酒粕パンの作成

材料の配合比を、表 1 に示した。開発を想定したパンは、パンの生地負担のかかる酒粕を食材に使用するため、安定性の高い「粉」、「水」、「塩」などの基本材料を中心としたシンプルなタイプのパンとした。

ミキサーで材料を混ぜ合わせ、捏上温度は 20℃で行った。その後、発酵を行い、50g に分割し、再度発酵を行った。パン生地をオープン

表 1 古代米酒粕パンの配合割合

材料	比率 (%)
強力粉	100.0
酒粕	7.0
食塩	1.8
上白糖	4.0
脱脂粉乳	2.0
ラード	4.0
冷凍生地用改良剤	1.0
冷凍生地用イースト	4.0
水	64.0

※ 強力粉を 100% とした時の配合割合

へ入れ、上火 210℃、下火 190℃に設定し、10 分間焼成した。

4. 評価方法

酒粕パンを各方面から評価するために、市販のロールパンを対照食品として、表面筋電位を指標とした「咀嚼・嚥下に関する口腔筋活動量」、「咀嚼・嚥下回数」、「咀嚼・嚥下に要する時間」、摂食後の「血糖値の変動」、自記式アンケートによる「食味」について比較検討した。

1) 口腔筋活動量、咀嚼・嚥下回数、咀嚼・嚥下に要する時間の測定

測定は、Biopac Systems 社製表面筋電図測定器 MP150 を用いて行った。測定部位は、咀嚼に参与する左右の側頭筋と咬筋、嚥下に参与するオトガイ舌骨筋とした。

対象者の摂食時の姿勢は、眼耳平面が床と平行である 90 度座位とした。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。

対象者には、おおよそその一口量である試料 4.5g を自由に咀嚼、嚥下させた。パンを口腔に運び嚙食を開始してから、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、あらかじめ表面筋電位に外部トリガーを取り付け、対象者に合図を送らせた。試料を嚙食することにより筋が活動し、その電位差が筋電図に記録され、記録された生体信号は Biopac Systems 社製 AcqKnowledge Ver.4.0 により解析した。統計処理ソフトは、Stat View for Windows1 にて行った。測定は、各試料とも 2 回ずつ行った。

解析は咀嚼と嚥下に分けて行った。咀嚼では、「咀嚼回数」、咀嚼開始から嚥下直前までの時間である「口腔内処理時間」、咀嚼中の左右側頭筋と左右咬筋の積分値を総和した「総筋活動量」、咀嚼中の「最大振幅」、「平均振幅」、「最大振幅と最小振幅の差（以下 P-P）」を算出した。嚥下 FR は、「嚥下回数」、嚥下開始から嚥下終了までの時間である「嚥下時間」、嚥下中のオトガイ舌骨筋の積分値を総和した「嚥下筋活動量」、および嚥下中の「最大振幅」、「平均振幅」を算出した。

2) 血糖値測定

血糖値測定は 2 名を対象に行った。実験期間は 2 日間である。まず 1 日目は、3 時間絶食後に空腹時血糖値を測定し、その後ロールパン 50g を喫食した後、15、30、45、60、90、120 分後に血糖値を「血糖値自己測定器 (Nipro 社製 FreeStyle FREEDOM)」にて測定した。測定回数は、各測定時にそれぞれ 3 回とした。

2 日目は、1 日目と同様の方法で酒粕パン 50g を喫食させ、同様に血糖値の変動を観察した。

3) 官能検査

試料の食味に関してはアンケート調査を行った。食味は、9 項目 (もちもち感、しっとり感、ソフト感、風味、噛みごたえ、食べやすさ、美味しさ、飲み込みやすさ) とした。評価は、「非常に良い: 4 点」、「良い: 3 点」、「悪い: 2 点」、「非常に悪い: 1 点」の 4 段階とし、4 名の平均値をその項目の点数とした。

結果および考察

1. 口腔筋活動量、咀嚼・嚥下回数、咀嚼・嚥下に要する時間の比較検討の結果

1) 咀嚼開始から嚥下直前までについて

咀嚼する試料の硬さ⁸⁻¹⁴⁾や量^{15, 16)}が増大すると筋活動が増大し、その増大は咀嚼開始期に

顕著にあらわれる^{15, 17)}ことが報告されている。表 2 に本研究の結果を示している。酒粕パンとロールパンの咀嚼開始から嚥下直前までの咀嚼回数、口腔内処理時間、総筋活動量などを比較検討した結果、各項目とも統計的に有意な差異は認められなかった。しかし、酒粕パンはロールパンと比較して、咀嚼回数は 1.6 回多く、口腔内処理時間も 0.6 秒長かった。本実験のパンの摂取量は一口量で 4.5g と少ないが、パン 1 個を摂取した場合は咀嚼回数、口腔内処理時間も大きな差異があると推定できる。

2) 初回咀嚼時について

通常、咀嚼の初回時には最大の咬筋活動が見られる。このことから、酒粕パンとロールパンの初回咀嚼時を比較検討した。その結果を表 3 に示した。いわゆる「一噛み目」は、総筋活動に差はみられなかったが、酒粕パンの方が「最大振幅」において高値の傾向を示した。つまり、酒粕パンの方が「一噛み目」の硬さがあると思われる。

1 噛み目については、Moskowitz ら¹⁸⁾は最初の 1 噛み目は食物塊に亀裂が入るときに臼歯に生じる力の量と述べており、1 噛み目にかかる総筋活動量も試料の硬さに影響されると考えら

表 2 咀嚼開始から嚥下直前までの結果

項目	酒粕パン		ロールパン		差	p 値
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差		
咀嚼回数 (回)	39.2	12.8	37.6	10.5	1.60	0.383
口腔内処理時間 (秒)	27.1	7.70	26.5	6.70	0.60	0.466
総筋活動量 (mv・秒)	1.71	0.18	1.51	0.31	0.20	0.592
最大振幅 (mv)	0.422	0.09	0.467	0.118	-0.05	0.448
平均振幅 (mv)	0.026	0.00	0.027	0.01	-0.00	0.388
P-P (volts)	0.923	0.164	0.985	0.212	-0.06	0.372

表 3 初回咀嚼時の結果

項目	酒粕パン		ロールパン		差	p 値
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差		
口腔内処理時間 (秒)	0.730	0.170	0.740	0.150	-0.01	0.846
総筋活動量 (mv・秒)	0.050	0.010	0.050	0.020	0.00	0.442
最大振幅 (mv)	0.338	0.082	0.336	0.063	0.002	0.964
平均振幅 (mv)	0.034	0.007	0.037	0.008	-0.003	0.187
P-P (volts)	0.592	0.141	0.587	0.107	0.005	0.929

れる。

3) 咀嚼初期について

初回咀嚼から 5 回目まで、つまり咀嚼がリズムカル行われる前までの筋活動量の比較した結果を表 4 に示した。酒粕パンの方が、「平均振幅」において低値の傾向を示した。つまり、酒粕パンの方が柔らかい傾向を示すと思われる。

4) 嚥下開始から嚥下終了までについて

嚥下開始から嚥下終了までの嚥下回数、嚥下時間、嚥下筋活動量の比較を行った結果を表 5 に示した。酒粕パンはロールパンに比べて統計

的に有意な差は認められなかったが、全ての項目で低値を示した。酒粕パンはロールパンに比べ、飲み込み易い傾向を示しているのではないかと考えられる。

2. 血糖値の変動の比較検討の結果

酒粕パンの血糖値の変動は 86 ~ 114mg/dl、ロールパンは 85 ~ 125mg/dl であり、ロールパンのほうがやや高値の領域を示した (図 1)。酒粕パンとロールパンも同様に、喫食後 45 分で血糖値がピークになり、その差は最大で 11mg/

表 4 咀嚼初期の結果

項目	酒粕パン		ロールパン		差	p 値
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差		
口腔内処理時間 (秒)	3.50	0.330	3.52	0.390	-0.02	0.758
総筋活動量 (mv・秒)	0.278	0.010	0.288	0.100	-0.01	0.443
最大振幅 (mv)	0.433	0.088	0.433	0.088	0.001	0.961
平均振幅 (mv)	0.034	0.006	0.035	0.006	-0.001	0.081
P-P (volts)	0.768	0.165	0.780	0.155	-0.012	0.779

表 5 嚥下開始から嚥下終了までの結果

項目	酒粕パン		ロールパン		差	p 値
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差		
嚥下回数 (回)	2.00	0.00	2.08	0.150	-0.08	0.391
嚥下時間 (秒)	7.03	1.00	7.49	2.01	-0.46	0.466
嚥下筋活動量 (mv・秒)	0.200	0.110	0.340	0.380	-0.14	0.365
最大値 (mv)	0.270	0.087	0.295	0.095	-0.025	0.177
平均値 (mv)	0.027	0.010	0.040	0.035	-0.013	0.371

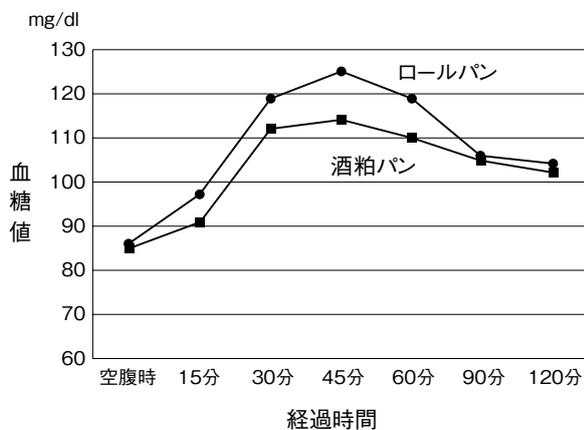


図 1 2 種のパンの摂取による血糖値の変動の比較

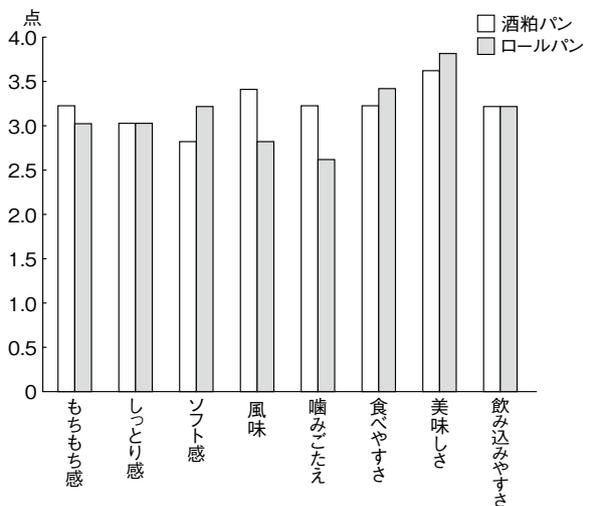


図 2 2 種のパンの食味の比較

dlであった。これは、上白糖などの糖分量の差異により、血糖値に差異が出たと思われる。

3. 食味に関する官能検査の結果

美味しさ・食べやすさ等の食味に関する官能検査の結果を図 2 に示した。酒粕パンはロールパンに比較して、「もちもち感」、「風味」、「噛みごたえ」についての評価が良好であり、逆に「ソフト感」、「美味しさ」がやや評価が低かった。つまり、酒粕パンは、風味やもちもち感があり、噛みごたえがよく、筋活動量の評価と一致する。また、嗜好調査では、酒粕の匂いや味を感じるのと評価もされている。

以上の結果から、酒粕パンはロールパンに比べ、咀嚼回数が多く、口腔内処理時間も長くなる傾向を示している。また、酒粕パンはロールパンに比べ、飲み込み易い傾向を示している。さらに、酒粕パンはロールパンに比べ、血糖値の上昇が低い傾向を示している。

データ数が十分ではなく、統計的に有意な結果が得られなかったが、本研究結果から酒粕パンは生活習慣病予防の可能が示唆された。さらに対象者を増加させ、エビデンスを蓄積する必要があると考える。

文 献

- 1) Tsutsui N, Yamamoto Y, et al.: Protein-Nutritive Assessment of Sake Lees Obtained by Brewing from Liquefied Rice. *J Nutr Sci Vitaminol* **44**: 177-186 1988
- 2) 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
- 3) Saito Y, Wanezaki K, et al.: Structure and Activity of Angiotensin Converting Enzyme Inhibitory Peptides from Sake and Sake Lees. *Biosci Biotech Biochem* **58**: 1767-1771 1994
- 4) 芦田優子, 斉藤義幸, 他: 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 1977
- 5) 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
- 6) 伊豆英恵, 後藤邦康, 他: 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
- 7) Hyung Joon Jeon, Masafumi Noda, et al.: Identification and Kinetic Study of Tyrosinase Inhibitors Found in Sake Lees. *J Agric Food Chem* **54**: 9827-9833 2006
- 8) Neumann H: Electrical action currents during mastication. *J. dent. Res.* **29(4)**: 463-468 1950
- 9) 塩澤光一, 堀口令一, 他: スパイクカウンター処理した咀嚼筋筋電図と咬合圧との関係. *鶴見歯学* **3(2)**: 87-93 1977
- 10) 柴崎貞二, 坂入博, 他: 乳幼児用食品の硬さについての研究, 第 1 報: ビスケットの硬さの違いが咀嚼筋活動に与える影響. *小児歯科学雑誌* **19(3)**: 497-506 1981
- 11) Plesh O, Bishop B, et al.: Effect of gum hardness on chewing pattern. *Exp Neurol* **92**: 502-512 1986
- 12) 高橋類子, 永田晟: 食品と咀嚼運動との関係. *Ann. Physiol. Anthropol* **6**: 197-205 1987
- 13) 堀尾強, 河村洋二郎: 咀嚼運動に及ぼす食品テクスチャーの影響. *歯科基礎医学会雑誌* **30**: 481-488 1988
- 14) Horio T, Kawamura Y: Effects of texture of food on chewing patterns in the human subject. *J. oral Rehabil* **16**: 177-189 1989
- 15) Liao F.G, Shiozawa K, et al.: Effects of changes in the physical property of test foods on the masseteric of chewing strokes. *Tsurumi Univ. dent. J* **17**: 407-413 1990
- 16) 新井映子, 山田好秋, 他: 摂取食品の形状が咀嚼運動に与える影響. *歯科基礎医学会雑誌* **34**: 221-229 1992
- 17) 津留宏道, 広田賢徳, 他: 各種食品咀嚼時における咀嚼筋活動の筋電図学的研究, I. 正常咬合者について. *日本補綴歯科学会誌* **10**: 163-172 1966
- 18) Moskowitz HR, Segars RA, et al.: Instrumental Crispness and Crunchiness of Roasted Hazelnuts and Correlations with Sensory Assessment. *J. Food Sci* **39**: 200 1974

連絡先: 今木雅英
大阪府立大学大学院総合リハビリテーション研究科
大阪府羽曳野市はびきの 3-7-30 (〒 583-8555)
TEL: 072-950-2111 FAX: 072-950-2128
E-mail: imaki@rehab.osakafu-u.ac.jp

A study of the evaluation of the sake lees bakery using surface electromyography

Masahide IMAKI¹, Yuri KITAZAWA², Yukiko OGAWA¹, Rikio TAKAO¹,
Michinori KUROKAWA¹, Ayaka YAZAWA¹, Yukie YOSHIDA¹

¹School of Comprehensive Rehabilitation, Osaka Prefecture University

²AOYAMA HOSPITAL

Summary

Sake lees are the end byproduct in the process of making sake. In these lees, there are large amounts of hyperlipemia and other nutrients. Those nutrients are helpful in preventing life-style related diseases such as hypertension. Sake lees are useful food material, however, these lees are usually discarded. Therefore, we produced a bread, using an old recipe, (called sake lees bread) because bread is consumed in everyday life. The purpose of this study is to evaluate the effect of the sake lees bread on the oral cavity muscle activity. This was measured by using a surface electromyogram and blood glucose level, and was then compared with a commercial bread available from the market. The following results were obtained.

The sake lees bakery showed that the intra-oral processing time was longer, and the blood glucose level was lower than the commercial bread.

Key words: sake lees bread, surface electromyography, oral cavity muscle activity,
chewing number of times

Correspondence address: Masahide IMAKI

Department of Clinical Nutrition, School of Comprehensive Rehabilitation, Osaka Prefecture University,

3-7-30 Habikino, Habikino, Osaka, 583-8555 Japan

TEL: 072-950-2111 FAX: 072-950-2128

Email: imaki@rehab.osakafu-u.ac.jp