

米粉および米糠粉末の添加が製パン性に及ぼす影響について

相良剛史^{1*}、森口裕子¹、原田 香¹、橋本多美子²、西堀尚良³、本田順子¹

(令和6年 10月29日受理)

The effect of addition of rice bran powder and/or rice powder on bread quality

Takefumi Sagara^{1*}, Yuko Moriguchi¹, Kaori Harata¹,
Tamiko Hashimoto², Naoyoshi Nishibori³ and Junko Honda¹

Summary

To promote the health of elderly people, we have been developing a new type of food containing rice bran. In this study, we elucidated the effect of adding rice bran on bread-making properties. The specific volume of bread containing rice bran powder was surely larger than that of bread containing rice flour, bread containing 20% rice bran powder was significantly larger than bread containing 0% and 10% rice bran powder. Concerning hardness, there was a large variability but no significant difference depending on the amount of rice bran powder added. In contrast, cohesiveness certainly decreased in accordance with the rate of rice bran added. On the other hand, regarding color tone, the a^* value increased with the amount of rice bran powder added, but no significant difference was observed in the L^* value for either the internal or external phase. In the sensory evaluation, bread containing 20% rice bran powder received the lowest overall rating, but there was no significant difference between bread containing 0% and 10% rice bran powder.

Key words: Bread properties; Rice bran; Sensory test; Color difference; Texture; Process food

要旨: 本研究では、高齢者の健康増進を目的とした米糠の有効利用に資する研究の一環として、米糠粉末または米粉の添加が製パン性に及ぼす影響について検討を加えた。米糠粉末を添加したパンの比容積は米粉を添加したパンよりも大きくなる傾向がみられ、米糠粉末20%添加パンは米糠粉末0%および10%添加パンよりも有意に大きな値を示していた。また、硬さに関してはばらつきが大きく、有意傾向を見出すことが出来なかったが、凝集性は米糠の添加率が高くなるほど小さくなる傾向がみられた。色彩は、内相および外相ともに L^* 値では大きな差は認められなかったが、 a^* 値は米糠粉末の添加割合が高いほど大きな値を示していた。官能評価は総合評価で米糠粉末20%添加パンの評価が最も低くなったが、0%および10%添加パンの間での有意差は無かった。

キーワード: 製パン性、米糠、官能検査、色差、テクスチャー、加工食品

*連絡責任者・別冊請求先 (Corresponding author, E-mail; t_sagara@shokei-gakuen.ac.jp)

尚絅大学短期大学部食物栄養学科 (862-8678 熊本市中央区九品寺2丁目6-78)

Shokei University, Junior College, Kuhonji Kumamoto 862-8678, Japan

¹尚絅大学短期大学部食物栄養学科 ²神戸女子大学家政学部管理栄養士養成課程 ³四国大学短期大学部人間健康科

緒 言

少子化や核家族化が進行する我が国では、高齢者夫婦世帯や独居世帯における孤食が増加しており、食事の内容が疎かになりがちな状況である。日本政策金融公庫の調査では、朝食において高齢世代は他の世代よりもパンを摂取する割合が高く、各世代の約2~4割は朝食で主菜を摂っていないとの結果が得られている¹⁾。パンなどの小麦加工品は必須アミノ酸であるリシンの含有量が米よりも少ないことから、体内で体たんぱく質を効率よく合成するためにはより多くのリシンを主菜や副菜などから補わなければならない^{2,3)}。しかしながら、低たんぱく状態の高齢者では、血清中の必須アミノ酸において、リシンの減少率が最も高いことが示されていることから、高齢者のリシン不足による栄養状態の悪化が懸念される^{4,5)}。一方、白米を生産する際に副産物として生じる米糠にはリシンが豊富に含まれており、ビタミンB₁、ビタミンE、食物繊維などの有用成分も白米より多く含まれる⁶⁾。しかしながら、一般的に米糠を食品として摂取する機会が少なく、そのほとんどはこめ油の製造やきのこ栽培などに利用されているため、不足しがちな栄養素を補うことやアミノ酸スコアを高めるための機能性食材としての米糠の活用法を見出すことができれば、国産資源としてさらなる利用価値の向上が期待できる⁷⁾。

米糠を添加したパンに関する検討は、これまでに世界中でいくつかの検討例があるが、Irakli らの研究グループは、小麦粉を段階的に0から30%まで米糠に置換したパンが物性や一般成分、ビタミンE、抗酸化活性などに与える影響を検討し、米糠の添加割合が大きいほど栄養性は向上するが、10%を超える米糠の置換は官能特性に悪影響を及ぼすとの結論を得ている⁸⁾。また、Bagheri らは物性や官能評価を中心に様々な観点から米糠添加の割合を検討しており、10%の米糠添加が最も高品質であることを主張している⁹⁾。一方、日本国内においてはグルテンフリーの米粉パンミックスの一部を米糠に置換して栄養価を高める取り組みがなされており、米粉パンミックスの5%を米糠に置換したパンが最も好まれ、小麦粉パンに近い物性を有するとの結論に

至っている¹⁰⁾。他方、米粉を添加したパンに関する研究は、国内においても盛んになされているが^{11,12)}、米糠を添加したパンに関しては国内ではほとんど研究されておらず、その日本人を対象とした官能評価もほとんど行われていない状況である。このような背景の下、本研究では高齢者の健康増進を目的とした米糠の有効利用に資する研究の一環として、米糠粉末または米粉の添加が製パン性および日本人の嗜好性に及ぼす影響について検討を行った。

実験方法

1 試 料

(1) 米糠

熊本県産の無農薬ひのひかりを精米した際に生じた米糠を用いた。ハイスピードミル HS-20 (ラボネクト製) で米糠を粉碎後、300 μm 孔のメッシュを通過させたものを使用した。

(2) パン材料

強力粉は熊本製粉製 (クラウン、たんぱく質12.2%、脂質1.5%、炭水化物71.5%)、米粉は日の出製粉製 (上新粉)、脱脂粉乳は雪印メグミルク製 (北海道スキムミルク)、バターは明治製 (明治バター(食塩不使用))、砂糖は大日本明治精糖製 (上白糖)、ドライイーストは日清製粉製 (スーパーカメリヤ)、食塩は塩事業センター製を用いた。

2 製パン性の検討¹³⁾

(1) 米糠添加パンの製造

小麦タンパク質由来のグルテン生成量を統一するために、小麦粉重量の20%の米粉を添加したパン (米糠0%パン)、小麦粉重量の10%の米粉および10%の米糠粉末を添加したパン (米糠10%パン) および小麦粉重量の20%の米糠粉末を添加したパン (米糠20%パン) を試作した。パン生地調製は、ホームベーカリー YBA-560 (YAMAZEN 社製) のパン生地メニュー (メニュー⑪) で行い、材料の配合割合はホームベーカリーに付属する取扱説明書の配合例を参考に予備実験を行ったうえで決定し

Table 1 Formulations of rice and rice bran powder substitution bread

Ingredients	(g)		
	0%bran	10%bran	20%bran
Hard wheat flour	270	270	270
Water	216	216	216
Rice powder	54	27	0
Rice bran powder	0	27	54
Skin milk powder	8.0	8.0	8.0
Butter	16	16	16
White sugar	24	24	24
Salt	4.0	4.0	4.0
Dry yeast	5.4	5.4	5.4

た (Table 1). すなわち、強力粉 270 g に米糠 0% パンは米粉を 54 g、米糠 10% パンは米粉および米糠粉末を 27 g ずつ、米糠 20% パンは米糠粉末を 54 g 添加し、スキムミルク 8.0 g、バター 16 g、上白糖 24 g、食塩 4.0 g、ドライイースト 5.4 g の順に添加した後に粉を攪拌し、水を 216 mL 加えると同時に混捏を開始した。ホームベーカリーのパン生地メニュー終了後、直ちに生地を取り出し、スクレーパーを用いて生地を 40.0 g に分割して球状に成型後、アルタイト製の天板に並べ、温度 40°C、湿度 80% に保ったホイロ FEP769616A (FUJIMAK 社製) で 40 分間最終発酵を行った。次いで、デッキオーブン NE22T-FPC (FUJIMAK 社製) を上火 5 下火 5 で 210°C に調整し、12 分間焼成した後に室温で 2 時間放冷した後、比容積、色彩および物性を測定するとともにボランティアによる官能評価を行った。

(2) 比容積の測定

パンの比容積は菜種置換法^{13), 14)} で求めた。まず、それぞれのパンの重量を測定した。次いで、菜種を満たした容器から菜種を一旦取り出し、容器にパンを入れて隙間を菜種で満たしたうえで、入りきらなかった菜種の体積をメスシリンダーで測定し、パンの体積とした。得られたパンの体積 (mL) をパンの重量 (g) で除して比容積を求めた。

(3) 色彩測定^{13), 15)-18)}

色彩色差計 CR-300 (ミノルタ社製) を用いて、パン上面の外相 (crust) と内面の内相 (crumb) の L* 値、a* 値および b* 値を測定した。即ち、外相の任意の 3 点の色彩を測定後、電動ブレード&マルチナイフ EK700 (BLACK&DECKER 社製) を用いてパンを縦方向に切断後、両側の切断面の中心付近の各 2 点の色彩を測定し、0% 米糠パンを基準とした色差 $\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ を求めた。色彩は内相と外相を区別して、米糠 0% パンと米糠 10% パンおよび米糠 20% パンの間での L* 値、a* 値および b* 値の有意差を求めた。

(4) 物性測定^{13), 15)}

2 製パン性の検討 (3) 色彩測定に用いたパンをスライサー E16 (ritter 社製) を用いて、切断面からの厚さが 20 mm になるように切り取り、物性測定試験に供した。物性は卓上物性測定器 TPU (YAMADEN 社製) を用いてかたさ (荷重) および凝集性を測定した。測定条件は、ロードセル荷重 2×10 N、測定速度 5.0 mm/sec、歪み率 (最大歪み率)

50%とし、プランジャーは円柱形 (直径8mm×高さ22mm) のNo.6を使用して測定した。

(5) 官能評価^{13), 15), 19)}

米糠0%パン、米糠10%パンおよび米糠20%パンの3種類のパンを電動ブレッド&マルチナイフEK700(BLACK&DECKER社製)を用いて8等分したものを官能評価に供した。官能評価は、自由意思による協力が得られたS大学短期大学部の学生20名を被験者とし、事前に研究の趣旨と試験内容を説明して同意を得たうえで実施した。官能評価は採点法により行い、採点尺度は5点法(1~5)により評価した。評価項目は7項目とした。7項目の内容は、外観(1:悪い↔5:良い)、色相(1:悪い↔5:良い)、香り(1:悪い↔5:良い)、しっとり感(1:弱い↔5:強い)、もちもち感(1:弱い↔5:強い)、味(1:悪い↔5:良い)、総合評価(1:悪い↔5:良い)とした。

(6) 統計処理¹³⁾

統計処理が可能な測定値については、その基本統計量を求め、平均値±標準偏差値で表示した。各測定値間の有意差検定は、一元配置分散分析後、多重比較法のTukey-Kramerを用いて行い、統計的有意水準は5%($p<0.05$)とした。

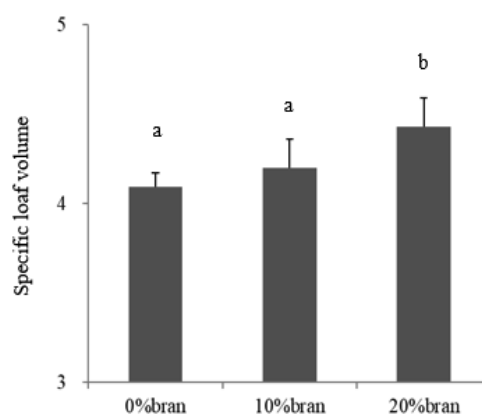


Fig. 1 Specific loaf volume

Bar graphs show mean ± standard deviation of specific loaf volume. The statistical analyses were carried out using a one-way analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey's post hoc test. Values under the different letter represent a significant difference ($p<0.05$). n=6.

実験結果

1 比容積

米糠20%パンの比容積は 4.43 ± 0.16 であり、米糠0%パンの 4.09 ± 0.078 および米糠10%パンの 4.20 ± 0.16 と比較し、有意に大きな値を示していた(Fig. 1)。米糠粉末を添加したパンの比容積は米粉を添加したパンよりも大きくなる傾向がみられた。

2 色彩

Table 2 Differences in characteristics of color (L^* , a^* and b^* values)

Sample		Hunter value			ΔE
		L^*	a^*	b^*	
Crumb	0%bran	69.10 ± 1.69^a	-1.91 ± 0.10^a	11.59 ± 0.42^a	Standard(Std1)
	10%bran	69.20 ± 1.13^a	-0.76 ± 0.09^b	15.53 ± 0.28^{bc}	4.11
	20%bran	66.54 ± 2.90^a	-0.17 ± 0.27^c	16.10 ± 1.44^c	5.47
Crust	0%bran	62.48 ± 3.70^a	8.54 ± 1.95^a	24.08 ± 1.69^a	Standard(Std2)
	10%bran	62.80 ± 3.80^{ab}	9.54 ± 1.70^{ab}	24.15 ± 1.74^{ab}	1.05
	20%bran	56.27 ± 2.57^c	11.13 ± 0.78^b	20.24 ± 3.26^c	7.75

Data were presented as the mean of the value (n=15), and ± indicate standard deviation. The statistical analyses were carried out using a one-way analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey's post hoc test. Values followed by the same letter in the same lane are not significantly different at 95% confidence level. n=9.

パンの内相 (crumb) および外相 (crust) における L*値, a*値および b*値の測定結果を Table 2 に示す. 内相の L*値は米糠の割合が増えるにつれて低下したが, 有意な差ではなかった. a*値および b*値は米糠の添加割合が増えるにつれて上昇し, 10% 米糠パンと 20% 米糠パンの b*値を除く群間で有意差 ($p<0.05$) が表れた. ΔE 値は, 10% 米糠パンで 4.11 であり, 20% 米糠パンで 5.47 の数値となった. 外相では, 米糠の添加割合が増えるにしたがって内相と同様に L*値は低下し, a*値は上昇したが, b*値は内相の結果と異なり, 20% 米糠パンが最も低い値を示していた. 外相の L*値は 0% 米糠パンと 10% 米糠パンの間では有意差が見出せなかったが, 0% 米糠パンと 20% 米糠パンおよび 10% 米糠パンと 20% 米糠パンの間で有意差 ($p<0.05$) を生じた. a*値は 0% 米糠パンと 10% 米糠パンおよび 10% 米糠パンと 20% 米糠パンも間で有意差を見出せなかったが, 20% 米糠パンは 0% 米糠パンよりも有意に高い値となっていた. b*値は 0% 米糠パンおよび 10% 米糠パンでほとんど同じ値であり, 20% 米糠パンは有意に低い値となっていた. 外相の ΔE 値は, 10% 米糠パンで 1.05 であり, 20% 米糠パンで 7.75 となっていた.

3 物性

物性測定装置を用いて測定したパンのかたさおよび凝集性の測定値を Fig. 2 に示す. かたさでは各試料の平均値に大きな差はみられず, ばらつきが大きかったことから群間に有意差は見出せなかった. 凝集性は 0% 米糠パンが最も高い値となり, 同等に低い値を示していた 10% 米糠パンおよび 20% 米糠パンとの間で有意差を生じた.

4 官能評価

米糠粉末を添加したパンの官能評価結果を Table 3 に示す. 外観は 0% 米糠パンおよび 10% 米糠パンの評価が高く, 20% 米糠パンとの間で有意差 ($p<0.05$) を生じていた. また, 20% 米糠パンの値は他のパンよりもばらつきが大きかった. 色調は 0% 米糠パン > 10% 米糠パン > 20% 米糠パンの順となったが, 20% 米糠パンのばらつきが大きかったため, 10% 米糠パンとの間では有意差を生じなかった. 香りに関しても平均値は 0% 米糠パン > 10% 米糠パン > 20% 米糠パンの順となったが, 全ての群間で差は有意ではなかった. しっとり感およびもちもち感では 0% 米糠パン > 10% 米糠パン > 20% 米糠パンの順で強いと感じられる結果になったが, しっとり感では有意差は無く, もちもち感では 0% 米糠パンと 20% 米糠パンの間のみ有意な差となった. 味は数値

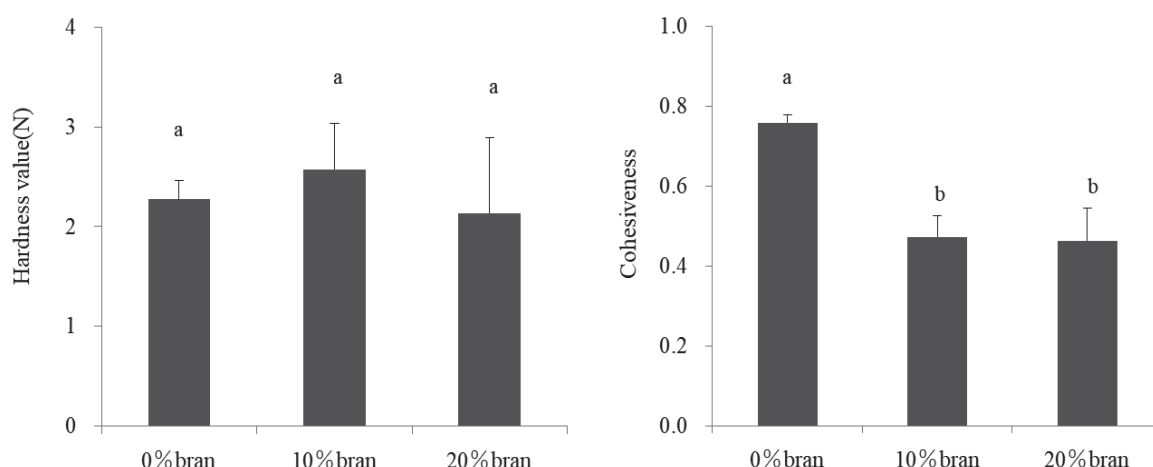


Fig. 2 Physical properties of the bread with wakame seaweed. The physical properties hardness(left) and cohesiveness(right) of the breads were measured using a creep meter with these pieces of the breads. Data are presented as averages of measured values from three independent breads. Error bars indicate standard deviation. The statistical analyses were carried out using a one-way analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey's post hoc test. Values under the same letter (a, b) are not significantly different at 95% confidence level. n=6

Table 3. Sensory evaluation of the bread with rice bran.

	0%bran	10%bran	20%bran
Appearance	4.30 ± 0.86 ^a	4.30 ± 0.80 ^a	3.55 ± 1.19 ^b
Color	4.50 ± 0.83 ^a	4.05 ± 0.83 ^{ab}	3.45 ± 1.15 ^b
Flavor	4.05 ± 0.83 ^a	3.90 ± 0.91 ^a	3.50 ± 1.05 ^a
Moist feeling	3.20 ± 1.20 ^a	3.25 ± 0.97 ^a	2.55 ± 1.05 ^a
Chewy texture	3.70 ± 1.03 ^a	2.95 ± 1.05 ^{ab}	2.25 ± 0.97 ^b
Taste	4.30 ± 0.57 ^a	3.55 ± 0.76 ^b	2.50 ± 1.10 ^c
Total Evaluation	4.15 ± 0.67 ^a	3.65 ± 0.67 ^a	2.60 ± 0.94 ^b

They gave the evaluation scores as follows: 1 (bad), 2 (slightly bad), 3 (neither), 4 (slightly good) and 5 (good) for attributes of appearance, color, fragrance, taste and total evaluation, 1 (weak), 2 (slightly weak), 3 (neither), 4 (slightly strong) and 5 (strong) for moist feeling, chewy texture. Data were presented as the mean of the evaluation scores (n = 20), and ± indicate standard deviation. The statistical analyses were carried out using a one-way analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey's post hoc test. Values followed by the same letter in the same lane are not significantly different at 95% confidence level. n=20.

の開きが大きく、0%米糠パン>10%米糠パン>20%米糠パンの順となり、全ての群間で有意差を生じた。総合評価は、20%米糠パンのみ有意に低い値となったが、0%米糠パンと10%米糠パンの間では有意差を生じなかった。

考 察

食物繊維を添加したパンの比容積は小さくなる傾向があることが知られている²⁰⁾。米糠には不溶性食物繊維が豊富に含まれるため²¹⁾、米糠の添加割合が大きいほど比容積は小さくなるものと思われたが、今回の実験結果では、米粉よりも米糠を添加したパンの比容積が大きくなった。山内ら²²⁾や貝沼ら²³⁾の研究においても、食物繊維が豊富なアナアオサやおからを添加するとパンの比容積が小さくなる

ことを示唆している。一方、米糠を添加したパンに関する研究では、Irakli ら⁸⁾は20%程度の米糠の添加では比容積にあまり影響を与えないことを示しており、仲上ら¹⁰⁾も5%の米糠を添加したパンは米糠を添加していないパンよりも高く膨らむことを報告している。パン酵母は増殖に際し、パントテン酸やビタミン B 群を要求する株が多いことが知られているが^{24),25)}、米糠には米粉よりも酵母の増殖に有効なこれらの成分が豊富に含まれているため²⁶⁾、酵母の増殖が促進され、発酵による炭酸ガス量が増加することにより、米糠の添加割合が高いパンにおいて比容積が増加したものと考えられた。加えて、試料の添加方法が小麦粉からの置換である場合²²⁾、²³⁾は比容積の減少が大きい、小麦粉量を統一したうえでの追加である場合^{8),10)}は比容積にあまり影響を与えないことから、試料の添加方法は置換よりも追加の方が良いものと思われた。

米糠パンの色彩について、内相では米糠割合の増加に応じてL*値は低下し、a*値およびb*値は上昇した。これらの結果は類似の実験を行っているIrakliら⁸⁾、Anilら²⁷⁾およびSallamら²⁸⁾の結果と一致した。一方、外相においては、L*値の低下およびa*値の上昇は内相の結果および既報^{27,28)}の外相の結果と致したが、b*値の低下は内相および一部の既報²⁸⁾と異なっていた。外相は内相よりも焼成時の高温の影響を受けやすいため、生地に含まれるタンパク質のアミノ酸組成や還元糖の構成により、メイラード反応で生成されるメラノイジンの種類が異なる可能性が考えられる²⁹⁾。米糠にはアミノ酸組成によるタンパク質が米粉の2倍程度含まれており、米糠の添加割合によって生地中のアミノ酸組成が大きく異なっていたものと思われる。一方、米糠の添加割合が増加してもb*値が上昇しない結果を示す報告も存在するが²⁷⁾、米糠添加パンの外相の色彩に関する情報が極めて少ないことから、今後も同様の検討を繰り返し進めていきたい。0%米糠パンを基準とした ΔE 値は、内相において10%米糠パンで4.11、20%米糠パンで5.47であり、両者ともNBS単位3.0~6.0の「目立って感じられる」範囲となった。外相の ΔE 値は、10%米糠パンで1.05でありNBS単位では「わずかに感じられる」範囲となったが、20%米糠パンでは7.75であり、見た目でも容易に区別できる色の差であったものと思われた¹⁸⁾。

米糠パンの物性について、20%米糠パンは不溶性食物繊維が豊富に含まれるため、0%米糠パンよりもかたさが大きくなるものと思われたが、米糠の割合に関わらず、かたさに大きな差異はみられなかった。米糠添加パンは添加割合に応じて比容積が小さくなり、かたさが増すとの報告がある^{8),27,28)}が、今回の実験では20%米糠添加パンの比容積が大きくなったことから、内相の気泡が大きくなり、かたさが低い値になったものと思われた。一方で、20%米糠パンの凝集性は最も低い値となっていたが、これは食物繊維の影響によりグルテンの立体構造が脆弱になったことに起因するものと思われた²⁰⁾。

官能評価において、外観、色調および香りに関しては、いずれも米糠の割合が増すにつれて、評価が低くなっていた。0%米糠パンの外観および色調は

0%米糠パンよりも有意に低い値を示しており、既報と一致する結果となった^{27,28)}。一方、香りに関しては外観および色調よりも値の差は小さく、ばらつきが大きかったことから有意差は見出せなかった。米糠添加パンの香りに関しては、米糠の添加割合が増えるほど評価が高くなるデータ⁸⁾も存在するが、パネルの国籍が異なると食習慣や好みが大きく異なることが考えられ、また、試作した米糠パンの形状も様々であることから、結果に違いが生じたものと考えられた。しっとり感およびもちもち感は0%米糠パン>10%米糠パン>20%米糠パンの順で強いと感じられる結果になったが、しっとり感では有意差は無く、もちもち感では0%米糠パンと20%米糠パンの間のみ有意な差となった。米糠の添加割合が増すにつれて凝集性が低くなっていたことから、官能評価の結果は物性測定結果を裏付けるものと思われた。

味および総合評価では、各試料間での値の差異が大きく、20%米糠パンではかなり低い評価となっていたが、0%米糠パンと10%米糠パンの間での値の差は比較的小さくなっており、総合評価では、20%米糠パンのみ有意に低い値となったが、0%米糠パンと10%米糠パンの間では有意差を生じなかった。以上のことから、米粉添加パンの米粉を米糠に置換する場合、米糠の添加割合は10%程度が最適であるものと思われた。

まとめ

米糠粉末を添加したパンの比容積は米粉を添加したパンよりも大きくなる傾向がみられ、米糠粉末20%添加パンは米糠粉末0%および10%添加パンよりも有意に大きな値を示していた。また、硬さに関してはばらつきが大きく、有意傾向を見出すことが出来なかったが、凝集性は米糠の添加率が高くなるほど小さくなる傾向がみられた。色彩は、内相および外相ともにL*値では大きな差は認められなかったが、a*値は米糠粉末の添加割合が高いほど大きな値を示していた。官能評価は総合評価で米糠粉末20%添加パンの評価が最も低くなったが、0%および10%添加パンの間での有意差はなかった。以上のことから、米粉添加パンの米粉を米糠に置換する場合、米糠の添加割合は10%程度が最適であるも

のと思われた。

謝 辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP17K12892 および JP19K02309 の助成により行われたものであり、関係各位に深謝する。

文 献

- 1) 消費者動向調査:食生活, 日本政策金融公庫, 東京, 12, 2016
- 2) 小林邦彦, 岩田久敬. アミノ酸補足効果に関する研究(第 1 報). 栄養と食糧, **12 (6)**, 381-384 (1960)
- 3) Seligson F. H. and Mackey L. N.. Variable Predictions of Protein Quality by Chemical Score Due to Amino Acid Analysis and Reference Pattern. *The Journal of Nutrition*, **114 (4)**, 682-691 (1984)
- 4) Polge A., Bancel E., Bellet H., Strubel D., Poirey S., Peray P., Carlet C. and Magnan de Bornier B.. Plasma amino acid concentrations in elderly patients with protein energy malnutrition. *Age and Ageing*, **26 (6)**, 457-462 (1997)
- 5) 谷口英喜, 牛込恵子, 今井菜津子, 田中明美, 有水友美. 食事習慣と血中リジン濃度との関連性の検討-若年健康大学生ボランティアにおける横断的観察研究の結果より-. 外科と代謝・栄養, **49 (5)**, 249-257 (2015)
- 6) 文部科学省. 日本食品標準成分表 2020 年版(八訂) アミノ酸成分表編. 文部科学省科学技術・学術審議会, 東京, 28-35, 2020
- 7) 谷口久次, 橋本博之, 細田朝夫, 米谷俊, 築野卓夫, 安達修二. 米糠含有成分の機能性とその向上. 日本食品科学工学会誌, **59 (7)**, 301-318 (2012)
- 8) Irakli M., Katsantonis D. and Kleisariis F.. Evaluation of quality attributes, nutraceutical components and antioxidant potential of wheat bread substituted with rice bran. *Journal of Cereal Science*, **65**, 74-80 (2015)
- 9) Bagheri R. and Seyedein S. M.. The Effect of Adding Rice Bran Fiber on Wheat Dough Performance and Bread Quality. *World Applied Sciences Journal*, **14**, 121-125 (2011)
- 10) 仲上晴世, 矢部えん. 米粉パン (グルテンフリー) のぬか添加による影響. 共立女子短期大学生活科学科紀要, **59**, 17-23 (2016)
- 11) Yamauchi H., Noda T., Matsuura-Endo C., Takigawa S., Saito K., Oda Y., Funatsuki W., Iriki N. and Hashimoto N.. Bread-Making Quality of Wheat/Rice Flour Blends. *Food Science and Technology Research*, **10 (3)**, 247-253 (2004)
- 12) 高橋佳子, 代谷沢. 製パンの調理学的研究 (I): パンの品質に及ぼす各種副材料添加ならびに米粉混入の影響. 京都女子大学食物学会誌, **33**, 29-36 (1978)
- 13) 相良剛史, 森口裕子, 吉田茉夕, 原田香, 西堀尚良, 橋本多美子. わかめ乾製品の添加が製パン性に及ぼす影響について. 食品科学教育協議会会誌, **13 (1)**, 31-38 (2022)
- 14) Griswold, R. N. 3. Volume by seed displacement, Evaluating food by objective methods, The experimental study of foods, Houghton Mifflin. Boston, 540-541, 1962
- 15) Shibata, A., Harata, K., Moriguchi, Y., Kanegawa, R., Nagahira, A., Shigematsu, M., Takamura, Y., Watanabe, H., Sagara, T., Madhyastha, H., and Kikuchi, H.. Production and evaluation of the authentic milk bread using a lactose-utilizing yeast, *Kluyveromyces marxianus*. *Curr. Top. Biotech.*, **11**, 31-36 (2020).
- 16) Judd, D. B.. Specification of Uniform Color Tolerances for Textiles. *Textile Research*, **9**, 253-263 (1939).
- 17) 岩本秀雄, 岡野志郎, 嶋津享. 繊維試験法のすべて (基礎編), 日本繊維センター, 東京, 241, 1978
- 18) 川上元郎. 色差の表し方. 照明学会雑誌, **4**, 443-447 (1970)
- 19) 井上裕光. 官能評価の理論と方法, 日科技連,

- 東京, 91-126, 2012
- 20) Kurek M and Wyrwisz J.. The Application of Dietary Fiber in Bread Products. *J Food Process Technol* , **6** (5), 447 (2015)
 - 21) 文部科学省. 日本食品標準成分表 2020 年版 (八訂) 炭水化物成分表編. 文部科学省科学技術・学術審議会, 東京, 95-96, 2020
 - 22) 山内知子, 山本淳子, 小出あつみ, 間宮貴代子, 阪野朋子. アナアオサ粉置換量が食パンの抗酸化性, 力学的物性および嗜好性に及ぼす影響. 日本調理科学会誌, **48** (3), 180-186 (2015)
 - 23) 貝沼やす子, 新城知美. 焙煎による生おからの性状変化と製パン性に対する改善効果. 日本調理科学会誌, **42** (5), 285-293 (2009)
 - 24) 鈴木弥彦. パン酵母に及ぼすビタミン効果の研究 (第4報). 日本農芸化学会誌, **35** (13), 1244-1248 (1961)
 - 25) 竹田正久, 塚原寅次. 酵母とビタミンB群に関する研究 (第3報). 日本醸造協会雑誌, **60** (7), 617-619 (1965)
 - 26) 文部科学省. 日本食品標準成分表 2020 年版 (八訂). 文部科学省科学技術・学術審議会, 東京, 80-81, 2020
 - 27) Anil M.. Effects of wheat bran, corn bran, rice bran and oat bran supplementation on the properties of pide. *Journal of Food Processing and Preservation*, **36**, 276-283 (2012)
 - 28) Sallam A.S., Khalil A.H., Mostafa M.M., El Bedawy A.A. and Atef Aml A.. Quality aspects of pan bread prepared by partial substitution of wheat flour with defatted rice bran. *Menoufia J. Food & Dairy Sci.*, **4**, 89 - 99 (2019)
 - 29) 村田容常, メイラード反応と着色・褐変. 化学と生物, **57** (4), 213-220 (2019)