

米粉パン（グルテンフリー）のぬか添加による影響

仲上晴世・矢部えん

Effect of Rice bran on the Quality of Rice Flour Breads (Gluten-free)

Haruyo NAKAGAMI, En YABE

Over recent years progress has been made in the development of substitute foods for allergy patients. One such is rice flour bread. However, typically rice flour bread uses polysaccharide thickener in substitution for the gluten in wheat. Most polysaccharide thickeners are of dietary fiber origin, and the nutritive value is poor. Therefore, in this study, I made rice flour bread adding rice bran in place of polysaccharide thickener. Various nutrients are included in rice bran, including vitamin B₁. The goal was the production of a delicious, highly nutritional rice flour bread comparable to that made with wheat flour.

Through measurements and taste testing, it was found that rice flour bread with the addition of around 5% rice bran came closest to the properties of wheat bread.

キーワード：wheat allergy 小麦アレルギー, Gluten-free グルテンフリー, Rice flour 米粉, Rice bread 米粉パン, Rice bran ぬか

I. 緒 論

近年、わが国の食物アレルギー患者は増加しつつあるといわれている¹⁾。なかでも小児患者数が増加しており、文部科学省の調査では児童生徒の食物アレルギー有症率は平成16年度は2.6%であったのに対し、平成25年度では4.5%で1.7倍に増加したとの報告がされている²⁾。食物アレルギーとは、食物によって引き起こされる抗原特異的な免疫学的機序を介して生体にとって不利益な症状が惹起される現象をいう³⁾。食物アレルギーの原因は食物に含まれるタンパク質であり、脂質や糖質などのタンパク質以外の成分では基本的に食物アレルギーは起きないとされている⁴⁾。主な原因食品は鶏卵、牛乳、小麦といわれており、この3種類で全体の2/3を占める³⁾。食物アレルギーは1歳前後に発症

し、成長するにつれ耐性を獲得し食べられるようになることが多い^{1), 4)}が、年齢別の原因食品をみると、どの年代でも上位5位以内に小麦が含まれている³⁾。そこで今回は、小児期だけでなく成長してからも影響が大きい小麦アレルギーに注目してみた。小麦アレルギーの原因となる主要なタンパク質はグルテニンとグリアジンである。これらのタンパク質は小麦粉に水を加え、捏ねるとグルテンとなり網目構造を形成する。グルテンの網目構造はパンの製造において、発酵時に発生した炭酸ガスを保持する役割を担っており、パン特有のふわふわとした食感を生み出すものである。近年では小麦粉の代替品として米粉を使用した米粉パンが小麦アレルギー患者向け食品としても注目を集めている。小麦アレルギー患者も小麦アレルギーではない人と同じようにパンを食べられるという満足感

は「食の楽しみ」といった観点からみても大変有意義であるといえる。しかし、米粉は小麦粉と異なりグルテンを形成することができないため、発酵時に発生する炭酸ガスを保持することができず、膨らまない。そこで、市販されているグルテンフリーの米粉パンミックスには炭酸ガスを保持するため、グルテンの替わりとしてグァーガム⁵⁾やコンニャクイモ抽出物⁶⁾などの増粘剤を米粉に添加し、発生した炭酸ガスの保持を補っていることが多い⁷⁾。米のタンパク質は小麦のタンパク質のように網目構造を形成することはできない。また、米のタンパク質は小麦と比較すると、量も少ない。しかし、アミノ酸スコアを比較すると、精白米58、小麦粉（強力粉）31である⁸⁾。すなわち米のタンパク質は小麦よりも多くの必須アミノ酸を含んでいる⁸⁾。このことより、米は良質なタンパク質を含む優れた食品であるといえる。また、タンパク質の量が少ないということはアレルギーの原因になりにくいという利点もある。このように栄養価に優れた米粉ではあるが、前述のとおり市販されている製パン用米粉は増粘剤を添加している分、米粉の割合が小さくなり、米粉パンの栄養価は米本来の栄養価よりも低下してしまう。

そこで本研究では、低下した栄養価を補うため、精米時に失われる成分を多く含んでおり、小麦アレルギー患者でも安心して使用できる「ぬか」を添加し、米本来の栄養価に近づけたグルテンフリーの米粉パンを製造した。「ぬか」は米の外皮、種皮、外乳や胚芽部の総称で、玄米を精米する際に取り除かれる成分で玄米重量の8～10%を含んでいる⁹⁾。玄米は白米に比べて、食物繊維、ビタミン、ミネラルを多く含んでいる^{8), 9)}。すなわち「ぬか」にもこれらの成分が多いといえる。ビタミンは特にビタミンB₁、ナイアシンが多く、ミネラルはマグネシウム、カリウムが多い^{8), 9)}。食物繊維はコレステロール上昇の抑制、肥満予防、腸内細菌を増やす、排便の促進とそれに伴う腸内の有害物質の排出などの作用がある¹⁰⁾。ビタミンB₁は神経

機能を正常に保ったり、糖質の代謝に関与したりしている。ナイアシンは皮膚の健康や胃腸管の維持に関わっている¹⁰⁾。マグネシウムは骨の成分として重要であり、筋肉の収縮にも関わっている¹⁰⁾。カリウムは細胞の正常な働きを助け、ナトリウムの再吸収の抑制・排出を促し、血圧を下げる作用があるといわれている¹⁰⁾。今回は、「ぬか」の配合量の差が与える米粉パンへの影響を明らかにするとともに、小麦アレルギーでも食べられて、かつ栄養価が高く、パンとしておいしい「ぬか」の配合量を検討することを目的とした。

Ⅱ. 方 法

1. 試料

試料として以下のものを用いた。

米粉パンミックス：グリコ栄養食品株式会社
こめの香米粉パン用ミックス粉（グルテンフリー）

砂糖：株式会社パールエース パールエース印
上白糖

食塩：財団法人塩事業センター 食塩

ショートニング：日清製粉 日清とっても便利なショートニング

ドライイースト：日仏商事 サフイ INSTANT
イースト 赤

ぬか：株式会社十勝正直村 NR 国内産米糠

2. パンの調製

パンの調製にはホームベーカリー（タイガーホームベーカリー KBC-A100）を用い、メニュー13米粉食パン小麦ゼロで行った。パンの基本的な配合は付属の説明書の配合に基づき、米粉パンミックス300g、砂糖20g、食塩3g、ショートニング30g、ドライイースト4g、水280mlで調製した。「ぬか」については生ぬかの他に、煎りぬかを用いた。煎りぬかは、中華鍋で焦げないように注意しながら生ぬかがサラサラとした状態になるまで素煎りしたものを用いた。基本の配合のうち、米粉パンミックスは米粉パ

米粉パン（グルテンフリー）のぬか添加による影響

ンミックス100%および米粉パンミックスに対しぬかを5、10、15、20、25%置換添加したもの（以下、ぬか5%パン、ぬか10%パン、ぬか15%パン、ぬか20%パン、ぬか25%パン）および煎りぬかを5、10、15、20、25%置換添加したもの（以下、煎りぬか5%パン、煎りぬか10%パン、煎りぬか15%パン、煎りぬか20%パン、煎りぬか25%パン）を用いた（表1）。

3. 物性測定

物性測定は、出来上がったパンの重量、高さ、横幅、破断強度を測定した。重量は焼成後放冷したパン全体の重量および1cmの厚さに切ったものの重量を測定した。高さおよび横幅はパンの中央付近を切り出し、最も高いところおよび最も低いところ、横幅を定規を用いて測定した。破断強度は、試料の厚さは1cmとし、株式会社山電レオナーRE3305を使用し、ロードセル2kg、測定速度0.5mm/sec、円錐型プランジャー1mmで測定した。解析には株式会社

山電クリープメーター用自動解析装置ソフトウェア破断強度解析 Ver.2.0を使用した。

4. 官能評価

作成したパン10種類とぬか添加0%パン（米粉パン）、比較用の小麦粉パンの計12種類について本学女子短大生38名を対象とし、順位法による官能検査を行った。評価項目は、外観、香り、弾力、味、総合の5項目とした。

Ⅲ. 結果および考察

1. 物性測定

出来上がったパンの重量、高さ、横幅を表に示した（表2）。重量と横幅はほぼ一定の値を示し、大きな差は見られなかった。しかし、高さには差がみられた。小麦粉パンの高さを1として各パンのサイズを比較した（図1）。ぬか15%パン、ぬか20%パン、ぬか25%パン、煎りぬか15%パン、煎りぬか20%パン、煎りぬか25%パンは小麦粉パンの8割ほどの高さとなった。

表1 材料の配合割合

	ぬか 0%パン	ぬか 5%パン	ぬか 10%パン	ぬか 15%パン	ぬか 20%パン	ぬか 25%パン	煎りぬか 5%パン	煎りぬか 10%パン	煎りぬか 15%パン	煎りぬか 20%パン	煎りぬか 25%パン
ぬか/煎りぬか(g)	0	15	30	45	60	75	15	30	45	60	75
米粉パンミックス(g)	300	285	270	255	240	225	285	270	255	240	225
砂糖(g)	20										
食塩(g)	3										
ショートニング(g)	30										
ドライイースト(g)	4										

表2 ぬか添加量の違いによるパンのサイズへの影響

ぬか置換割合(%)	ぬか0	ぬか5	ぬか10	ぬか15	ぬか20	ぬか25	煎りぬか 5	煎りぬか 10	煎りぬか 15	煎りぬか 20	煎りぬか 25	小麦粉
重量(g)	555.9 (0.99)	558.3 (0.99)	560.8 (1.00)	564.3 (1.00)	561.1 (1.00)	559.8 (1.00)	552.5 (0.98)	556.2 (0.99)	560.6 (1.00)	553.6 (0.99)	557.3 (0.99)	561.8 (1.00)
高さ 最長(cm)	10.6 (0.92)	10.8 (0.94)	10.2 (0.89)	9.6 (0.83)	9.5 (0.83)	9.4 (0.82)	10.7 (0.91)	10.5 (0.91)	9.6 (0.83)	9.5 (0.83)	9.3 (0.81)	11.5 (1.00)
高さ 最短(cm)	9.9 (0.92)	9.5 (0.88)	8.1 (0.75)	7.5 (0.69)	7.5 (0.69)	7.6 (0.70)	9.5 (0.88)	8(0.74)	7.3 (0.68)	7.4 (0.69)	7.5 (0.69)	10.8 (1.00)
横幅(cm)	10.5 (1.00)	10.8 (1.03)	10.6 (1.01)	10.4 (0.99)	10.7 (1.01)	10.5 (1.00)	10.7 (1.02)	10.4 (0.99)	10.5 (1.00)	10.4 (0.99)	10.6 (1.01)	10.5 (1.00)
1枚の重量(g)	52.4 (1.00)	51.4 (0.98)	49.7 (0.95)	50.4 (0.96)	50.2 (0.95)	51.7 (0.98)	50.9 (0.97)	53.5 (1.02)	50.4 (0.96)	48.0 (0.91)	49.5 (0.94)	52.6 (1.00)

()内の数値は、小麦粉パンを1とした場合の比率をあらわしている。

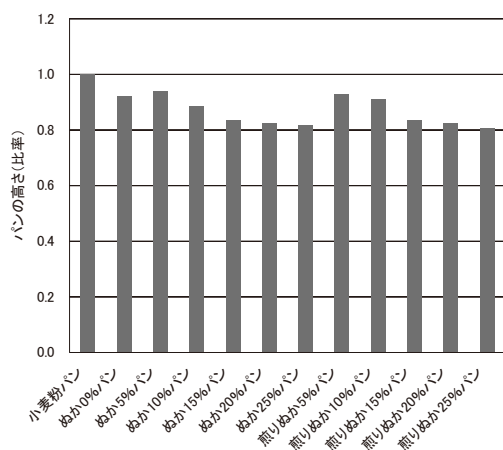


図1 パンの高さの比較

ぬか0%パン(米粉パン), ぬか5%パン, ぬか10%パン, 煎りぬか5%パン, 煎りぬか10%パンは小麦粉パンに比べ, 9割ほどの高さとなり, ぬかの添加量が多くなると焼成後の製品の高さに影響を与える結果となった。これは, パン材料中の増粘多糖類の割合が減少したためと考えられる。グルテンフリーの米粉パンミックスにはグルテンの代わりに発生した炭酸ガスを保持するため増粘多糖類が添加されている。しかし, ぬかと置換することにより材料中の増粘多糖類が減少したため, 発生した炭酸ガスが保持できず, 生地膨化が阻害されパンの高さに影響を与えたものと考えられた。

次に破断測定の結果を図に示した(図2)。ぬか15%パンとぬか25%は圧縮の途中で破断点が表示大変もろいことがわかった。この2種以外の試料は, ほぼ同じ波形を示した。このことより, 15%以下のぬかおよび煎りぬかの添加は破断強度にさほど影響を与えないということが考えられた。また, 生ぬかより煎りぬかのほうが破断強度に与える影響が少ないことが示唆された。さらに, ぬか0%パン(米粉パン)と煎りぬか5%パンは小麦粉パンやぬか添加量の異なるパンと比べると破断応力が等しいときの歪率が小さいことから弾力に富んでいることがわ

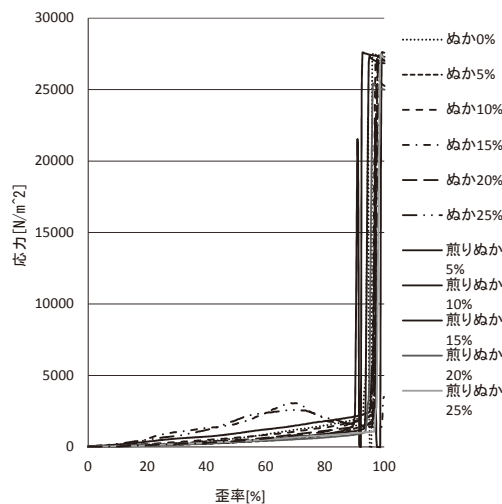


図2 破断応力曲線の比較

かった。このことより, 破断測定上では, ぬか5%未満, 煎りぬか0~25%の添加は破断強度において小麦粉パンとほぼ等しくなり, なおかつ, ぬか10~15%程度の添加, 煎りぬか0~25%程度の添加は弾力も小麦粉パンとほぼ等しいぬか添加米粉パンを作ることができる可能性が示唆された。

2. 官能評価

官能評価の結果を表に示した(表3)。結果について, クレーマーの検定表より $n=38$, $t=12$, 危険率5%での有意差を判定した。外観に関してはぬか0%パン(米粉パン), ぬか5%パン, 煎りぬか5%パンおよび小麦粉パンが有意に好まれた。香りに関してはぬか5%パン, 煎りぬか5%パンおよび小麦粉パンが有意に好まれた。弾力に関してはぬか5%パン, 煎りぬか5%パンおよび小麦粉パンが有意に好まれた。味に関してはぬか0%パン(米粉パン), ぬか5%パン, 煎りぬか5%パンおよび小麦粉パンが有意に好まれた。総合(好み)に関してはぬか0%パン(米粉パン), ぬか5%パン, 煎りぬか5%パンおよび小麦粉パンが有意に好まれた。とくにぬか5%パンは香り以外の項目で小麦粉パンよりも高い評価を得るという結果とな

米粉パン（グルテンフリー）のぬか添加による影響

表3 ぬか添加割合の異なるパンの官能評価の結果

	ぬか0% パン	ぬか5% パン	ぬか10% パン	ぬか15% パン	ぬか20% パン	ぬか25% パン	煎りぬか 5%パン	煎りぬか 10%パン	煎りぬか 15%パン	煎りぬか 20%パン	煎りぬか 25%パン	小麦パン
外観	129 [*] (2)	106 [*] (1)	185 (5)	276 (7)	334 ^{**} (9)	361 ^{**} (11)	150 [*] (3)	223 (6)	282 (8)	356 ^{**} (10)	404 ^{**} (12)	158 [*] (4)
香り	194 (4)	163 [*] (3)	215 (6)	251 (7)	318 ^{**} (10)	389 ^{**} (12)	161 [*] (2)	209 (5)	253 (8)	310 (9)	343 ^{**} (11)	158 [*] (1)
弾力	197 (4)	118 [*] (1)	200 (5)	278 (7)	307 (9)	366 ^{**} (12)	132 [*] (3)	246 (6)	304 (8)	332 ^{**} (10)	359 ^{**} (11)	125 [*] (2)
味	166 [*] (4)	114 [*] (1)	200 (5)	273 (7)	313 (9)	396 ^{**} (12)	145 [*] (3)	206 (6)	284 (8)	345 ^{**} (10)	388 ^{**} (11)	134 [*] (2)
総合(好み)	157 [*] (4)	95 [*] (1)	187 (5)	268 (7)	327 ^{**} (9)	418 ^{**} (12)	135 [*] (3)	223 (6)	279 (8)	334 ^{**} (10)	406 ^{**} (11)	132 [*] (2)

※ 危険率5%で優位に好まれた

※※ 危険率5%で優位に好まれなかった

n=38 t=12

()内は12試料中の順位

った。また、ぬか25%パン、煎りぬか25%パンはすべての項目で有意に好まれなかった。ぬか20%パン、煎りぬか20%パンでも一部項目では有意差は見られなかったが、総合(好み)などの項目では有意に好まれなかった。この結果より、外観に関して、ぬか0%パン(米粉パン)とぬか5%パンは小麦粉パンより好まれ、煎りぬか5%パンも小麦粉パンには及ばないものの有意に好まれた。ぬか0%パン(米粉パン)は白く綺麗である。その見た目のよさが好まれたのではないかと考えられた。小麦粉パンは本来少し黄色が入っているといわれている¹¹⁾。米粉だけでは白いパンも、ぬかを添加したことで色がつき小麦粉パンに似た見た目になった物が好まれたのではないかと考えられた。また、ぬかと煎りぬかでは煎りぬかのほうが色が濃くなる。そのため、添加割合が同じ5%でも色の薄いぬかは小麦粉パンより好まれ、色の濃い煎りぬかは小麦粉パンには及ばなかったのではないかと考えられた。香りと味に関して、ぬかの添加量が多いと、ぬか自体の香りや味は不快ととらえられるが、適量であれば好ましい風味として受け入れられたと考えられた。弾力の項目では有意に好まれたぬか0%パン(米粉パン)、ぬか5%パン、煎りぬか5%パンおよび小麦粉パンと、好まれなかった煎りぬか20%、ぬか25%パン、煎りぬか25%パンについて、破断測定データを比べた場合、そこに大きな差は見られなかった。しかし、破断測定の結果のとおりぬか

15%、ぬか25%添加は非常にもろくなっていたため、このもろさも官能評価での好みに差としてあらわれたのではないかと考えられる。また破断測定の結果より、ぬか10~15%程度の添加により小麦粉パンとほぼ等しい破断強度、弾力のパンが作成できる可能性が示唆されたが、官能評価ではより弾力に富んだパンが好まれた。この結果より、パンの弾力の好みとしては、小麦粉パンよりさらに弾力があるものの方が好まれることがわかった。総合(好み)に関して、ぬか0%パン(米粉パン)は香りと弾力の項目では有意差がでなかった。しかし、外観と味は有意に好まれた。このパンの総合(好み)の評価は有意に好まれるとなった。前述のとおり、ぬか5%パンは香りを除き他の3項目では小麦粉パンを上回り、総合(好み)でも全てのパンの中で最も好まれるという結果となった。このことより、パンのおいしさを決める要素として、外観や味の占める割合が香りより大きく、ぬかの影響で香りが多少悪くなったとしても、それらの項目で高い評価を得たものがパンとして好ましいと評価されたと考えられた。

官能評価で有意に好まれたぬかの添加量は5%であった。そこで、ぬか0%パン(米粉パン)、小麦粉パンとぬか5%パンの栄養成分を比較した結果を表に示した(表4)。なお、ぬか0%パン(米粉パン)はグルテンフリーの米粉パンミックスのパッケージに表示されている値を、ぬかは玄米と精白米の値(五訂日本食品

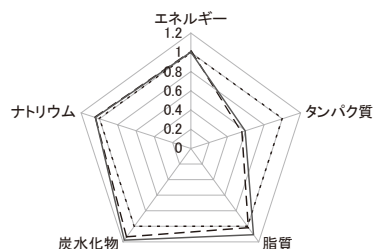
表4 パン可食部100g 当たりの栄養成分

	エネルギー(kcal)	タンパク質(g)	脂質(g)	炭水化物(g)	ナトリウム(mg)
小麦粉パン	410.1(1)	10.3(1)	10.0(1)	66.2(1)	336.1(1)
ぬか0%パン(米粉パン)	415.1(1.012)	5.7(0.557)	10.2(1.017)	75.2(1.135)	351.8(1.047)
ぬか5%パン	411.1(1.002)	6.1(0.593)	11.1(1.108)	78.0(1.179)	351.1(1.045)

※ぬか0%パン(米粉パン)はグルテンフリーの米粉パンミックスのパッケージに表示されている値。
ぬかは玄米と精白米の値を用いて計算した値。以上の値を用いてパンとしての栄養価を計算した。

()内の数値は、小麦粉パンを1とした場合の比率をあらわしている。

標準成分表より)の差を用いて計算した。その結果を用いて、小麦粉パンの値を1とした場合に他のパンの値がどの程度の割合になるか比較した(図3)。小麦粉パンに比べぬか0%パン(米粉パン)、ぬか5%パンはタンパク質の減少と炭水化物の増加がみられた。ぬか5%パンは脂質の増加もみられた。小麦粉を米粉に置換したことで、小麦アレルギーの原因となるグルテンとグリアジンを排除することができた。また、タンパク質自体が減少したことで食物アレルギー発症のリスクも小さくすることができた。ぬか0%パン(米粉パン)よりもぬか5%パンのタンパク質は増加しているものの、米のタンパク質はアレルギーの原因になりにくいといわれており、余り心配する必要はないとされている⁴⁾。ぬかを添加したことで、重要な栄養成分であるタンパク質をアレルギーの原因になりにくい形で少量ではあるが補うことができた。小麦粉パンに比べぬか0%パン(米粉パン)での炭水化物の増加は、本実験で使用した米粉パンミックスに含まれる増粘剤のグァーガムが食物繊維の一種であるからと考えられた¹²⁾。ぬか5%パンでは、ぬか自体に多くの食物繊維が含まれているので、ぬか0%パンよりもさらに増加したと考えられた。ぬか5%パンの脂質の増加は、脂質が豊富に含まれているぬかを添加したことで増加したと考えられる。ぬかの脂質には抗がん・抗腫瘍作用・結石の予防効果があるとされているフィチン酸や、脂肪肝・肝硬変・高脂血症・セロトニン異常に有用とされているイノシトールなどの様々な機能性成分が含まれて



.....小麦粉パン --- ぬか0%パン(米粉パン) —— ぬか5%パン

図3 パンの栄養価の比較

いるといわれている^{9), 13)}。グァーガムは食物繊維が主成分である¹²⁾。ぬかは食物繊維が豊富な上タンパク質やビタミンB₁やナイアシン、ミネラルなどにも富んでいる。

以上より、グルテンフリーの米粉パンミックスの5%をぬかに置換することで、小麦粉パンに近い物性を持ちながら、小麦アレルギー患者が安心して食べられ、なおかつ栄養価を高めたパンを作成することができた。

IV. 参考文献

- 1) 厚生労働省健康局疾病対策課(2010):平成22年度リウマチ・アレルギー相談員養成研修会テキスト
- 2) 文部科学省(2014):今後の学校給食における食物アレルギー対応について最終報告
- 3) 厚生労働科学研究班(2015):食物アレルギーの診療の手引き2014
- 4) 海老澤元宏(2014):食物アレルギーのすべてがわかる本, 講談社, 10-11, 36, 88, 東京.
- 5) グリコ栄養食品株式会社:こめの香米粉パン

米粉パン（グルテンフリー）のぬか添加による影響

- 用ミックス粉（グルテンフリー）成分表示
- 6) 米マイフーズ株式会社：日本米粉純米パンミックス成分表示
- 7) 與座宏一，岡部繭子，島純（2008）：米粉利用の現状と課題—米粉パンについて—，日本食品科学工学会誌，55：444-454.
- 8) 新食品成分表編集委員会（2014）：新食品成分表 FOODS，初版，東京法令出版株式会社，16，22，244-246，東京.
- 9) 井上良計（2003）：米糠に含まれる機能性成分とその生理作用，美味技術研究会誌，3(4)：19-22.
- 10) 中村丁次（2006）：最新改訂版からだに効く栄養成分バイブル，主婦と生活社，20-23，36-39，94-97，102-105，132-149，東京.
- 11) 庄司一郎（2013）：現代の食生活を踏まえた米粉100%パンの開発，ニューフードインダストリー，55(2)：34-48.
- 12) 池田郁男，菅野道廣（2005）：食物繊維と脂質代謝：とくに特定保健用食品としての食物繊維を中心に，食品・食品添加物研究誌，210(10)：901-908.
- 13) 谷口久次，橋本博之，細田朝夫，米谷俊，築野卓夫，安達修二（2012）：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.