

炊飯した巨大胚芽米 (COCORO) の添加が製パン性に及ぼす影響

BLENDING EFFECT OF COOKED RICE WITH LARGE GERM (COCORO) ON QUALITY OF WHEAT FLOUR BREAD

巻幡 美緒

Mio MAKIHATA

I. 第1章：緒言

研究の背景と目的

津山市では巨大胚芽米の一品種を COCORO というブランド名で平成 19 年から商品化し販売している。巨大胚芽米品種は、各地域に適した様々な品種が育成されており、現在 COCORO として販売されている品種は「はいごころ」である。その諸性質については、石井らの報告に述べられている¹⁾。「はいごころ」は胚芽部分の大きさが一般品種と比べて約 3 倍程度大きいことから、 γ -アミノ酪酸 (GABA) の生成量が多く、他にもビタミン E やオリザノール、フェルラ酸などの機能性成分も含まれている。 γ -アミノ酪酸 (GABA) は、体内で抑制型伝達物質としてはたらき²⁾、血圧降下作用、精神安定化作用、腎機能活性化作用など多くの機能を有しており、高血圧の予防や、ストレスの緩和、睡眠の質 (眠りの深さ、すっきりとした目覚め) の向上に役立つこと等が期待されていることから、ストレスの多い現代社会に求められている機能性成分であるといえる。そのため、 γ -アミノ酪酸 (GABA) を含有するサプリメントや食品の開発が盛んに行われており、特定保健用食品や機能性表示食品も数多く販売されている^{3) 4)}。これらの商品はスーパーやコンビニ、ドラッグストア等で手軽に購入することができるため、 γ -アミノ酪酸 (GABA) は消費者にとって身近な食品機能成分であるともいえる。また、「はいごころ」は低アミロース性の巨大胚芽米品種であることから、米飯の粘りが強く柔らかいという特徴があり食味が優れていることが報告されている¹⁾。これらのことから、COCORO は高い機能性を有する、おいしい巨大胚芽米であるといえる。そのため、COCORO は学校給食や美術大学と地元スーパーとの共同開発の食育弁当に使用されるなど、食味の良さや機能性成分を多く含む巨大胚芽米としても注目され、広く利用されている。

COCORO は、 γ -アミノ酪酸 (GABA) などの多くの機能性成分を含むことから、糠層および胚芽部分を余すことなく摂取するためには玄米の状態ですることが望ましいと考えられる。通常、玄米の果皮は硬く軟化しにくく、炊飯前の浸漬時間も精白米より長時間を要する上、炊き上がりの食感は白米と比べて硬く食味は劣る傾向がある。人見らは COCORO の食味の向上を目的とし、低アミロース米 (姫ごのみ) との混合米による評価試験を行っている⁵⁾。ここでは、炊飯条件は加水量が米全体量の 1.5 倍、浸漬時間は 4 時間、COCORO の配合割合は 30% の条件で高い得点を与えることが報告されている。加えて COCORO (玄米) は浸漬時の吸水速度は緩やかであるが、浸漬後 240 分で「コシヒカリ」と同等の吸水率となることも確認されている。また、COCORO ともち米 (「ヒメノモチ」) の混合米による評価試験では、蒜山おこわに COCORO を配

合する場合、COCORO が 30% までは配合可能であることが示唆され、おこわ等の炊き込み飯にすることで、調味料の風味や具材のうま味等により玄米の硬さや糠臭が軽減されることが報告されている⁶⁾。さらに、人見らは COCORO の米飯以外の用途についても検討し、COCORO 玄米粉を菓子やパンの製造に応用する研究を報告しており、シュー皮に COCORO 玄米粉を使用した場合、薄力小麦粉に匹敵する良好な製品となることが示唆されている⁷⁾。一方、COCORO 玄米粉を製パンへ応用した場合、COCORO 玄米粉の配合割合が増加することでパンの比容積は低下し、弾性がない抵抗応力の高い硬いパンとなることが確認されている⁸⁾。また、官能評価では、色 (外観) 見た目においては COCORO 玄米粉 50% 配合パンがマイナスの評価となっている。パンの色調は L* 値、b* 値が低く、COCORO 玄米粉の配合が増加することで濃褐色になっていることから、評価が低くなったと考えられている。50% 配合パンでは評価の標準偏差の値が大きいことから好みにはばらつきがあることが予想され、これには玄米特有の風味や味が影響していると考えられる。これらのことから、COCORO 玄米粉を製パンに用いる場合には、パンの膨化性の向上や見た目、食味の改善が課題であると考えられる。

これまでに米を利用したパンとしては、米を製粉して用いる“米粉パン”や炊飯して用いる“ごはんパン”“米飯パン”等があり、それぞれの調理科学的研究がなされてきている。米粉パンではパンの膨化性を補うために、米粉を低い置換率に抑えたり、グルテンや増粘多糖類などを添加する方法が報告されている⁹⁾。奥座らは、グルテン添加タイプの米粉パンを製粉方法の異なる米粉で作製した場合の製パン性について、損傷デンプンと比容積との間に負の相関が認められたことを報告しており、米粉の損傷デンプンがパンの品質に及ぼす影響が確認されている¹⁰⁾。米粉の品質がパンの品質に大きく影響を及ぼすことから、粒度が細かく、製粉ダメージの少ない米粉に加工するためには技術を要し、またそのための費用や手間も要する⁹⁾。これに対し、米を炊飯してパンに用いる場合には、米を製粉する必要はない。製粉に伴う手間や費用が掛からないことに加え、先述したパンの品質に影響を及ぼす製粉過程で生じるデンプンの損傷を回避することができる。奥西は、ごはんパンの製パン性は良好であり、炊飯米置換率 30% までは小麦粉パンと同等またはそれ以上の膨らみを示したことを報告している¹¹⁾。米は炊飯することで糊化され、これにより小麦粉の吸水の妨害がなくなり小麦粉中のグルテン形成が円滑に行われ、さらに焼成により糊化したデンプンがグルテン構造を補強するとともに¹²⁾、米飯由来の粘りがミキシングにより生地中に広がることでグルテンのようにガスを保持する構造を形成したと

考えられている¹³⁾。また IWASHITA らは、米の性質が炊飯米を添加したパンの製パン性に及ぼす影響について検討しており、低アミロース米はパンの比容積を増加させ、さらに炊飯米の物性において「粘り」がパンの膨らみに最も関係したことを報告している¹⁴⁾。COCORO は、低アミロース性の巨大胚水稻品種「まいごころ」であることから、COCORO(玄米)を炊飯してパンに用いることで、先述した COCORO 玄米粉パンの課題であったパンの膨化性について、改善・向上が期待できると考える。

米粉や炊飯米を配合したパンが、これまでの小麦粉パンと同様に消費者に受け入れられるためには、それらの「おいしさ」も考慮されなくてはならない。藤田らは、油脂の添加が米飯パンの食味に及ぼす影響について、油脂添加した小麦粉パンを基準として油脂無添加 30%米飯パン、油脂添加 30%米飯パンについて官能評価を行っている¹⁵⁾。しっとり感、もちもち感、硬さ、味の評価については、油脂添加の有無に関わらず小麦粉パンより有意に高い結果となり、総合的な好ましさにおいても、米飯パンは小麦粉パンより有意に好まれる結果となったことが報告されている。村上らの大学生を対象に米飯パンの嗜好性を検討した報告では、米飯パンのもつしっとり感、もちもち感、硬さ(噛み応え)などの特徴は好ましく捉えられており、小麦粉パンよりも高い評価を得られている¹⁶⁾。奥西の報告では、ごはんパンの官能評価では、炊飯米置換により味の向上がみられ炊飯米置換率との相関が高く、30%が最も評価が高かった一方、米粉パンはすべての官能評価項目において小麦粉パンとの有意差は見られず、総合評価においては置換率によらず低い評価であったことが報告されている¹¹⁾。これらのことから、米を炊飯してパンに用いる場合、パンの食味が良くなる傾向があると考えられる。

以上のことから、本研究では、COCORO の機能性を活かした消費者に受け入れられるおいしい COCORO 配合パンを作製することを目的とした。COCORO は玄米で使用することでその機能性を保持でき、さらに炊飯して用いることでパンの膨化性、食味の向上が期待できると考え、炊飯した COCORO(玄米)を小麦粉に配合したパン(以下 COCORO パンとする)を作製し、物性・官能評価を基に炊飯した巨大胚芽米(COCORO)の添加が製パン性に及ぼす影響について検討した。

II. 第2章：調製パンの物理的特性について

1. COCORO パン試料の調製方法

第2章～第4章の COCORO パン調製については、以下の方法で行った。

1) 炊飯 COCORO(玄米)の調製

本研究に用いた COCORO は、平成 30 年津山産巨大胚芽米(玄米)とし、COCORO パン調製まで冷蔵庫(8℃)内で保存した。図 2-1 に炊飯 COCORO(玄米)の調製手順を示す。COCORO(玄米)は 21±1℃に調整した水道水を加え 10 回攪拌後水を換え、この洗米操作を 5 回繰り返した。洗米後 4 時間浸漬させたものを家庭用炊飯器(NP-VN10 型、象印)の玄米コース(炊飯時間 82 分)で炊飯した。浸漬・炊飯時の加水量は COCORO(玄米)重量の 1.5 倍とした。炊飯終了後すぐにしゃもじでかき混ぜ、バットに移し常温(20±2℃)まで冷ましたものを COCORO パンの調製に用いた。尚、

本研究における炊飯 COCORO(玄米)の浸漬時間および加水量については、人見らの報告⁵⁾を基に設定した。

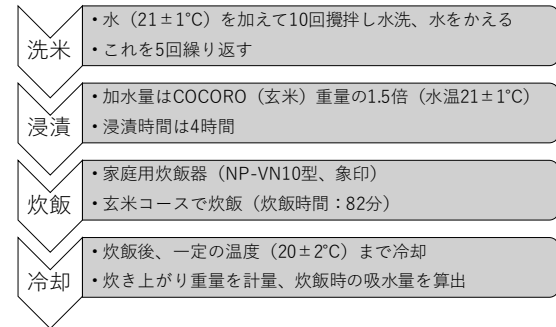


図2-1 炊飯COCORO(玄米)の調製手順

2) COCORO パンの調製

①材料および配合割合

基本パン生地配合は、強力小麦粉(日清フーズ株式会社、日清カメリヤ) 250g、ドライイースト(日清フーズ株式会社、日清スーパーカメリヤ) 2.8g、砂糖(三井製糖株式会社、スプーン印上白糖) 17g、食塩(公益財団法人塩事業センター、食塩) 5g、無塩バター(雪印メグミルク株式会社、雪印北海道バター食塩不使用) 10g、水道水 180g とした。

表 2-1 に各種パンの主材料配合割合を示す。COCORO パンは、基本パン生地の内、強力小麦粉の一部を COCORO(玄米)で置換した。COCORO(玄米)の配合割合は、10%～50%の 5 水準とした。また、COCORO パン作製時に加える水の量は、炊飯 COCORO の吸水量を差し引いた量とし、全体で 180g とした。強力小麦粉、水以外の材料の量は変更せず、全ての水準で同じ量とした。

表2-1 各種パンの主材料配合割合

パンの種類	COCORO 配合割合	主材料の配合割合 (g)			
		強力小麦粉	炊飯 COCORO(玄米)	水道水 (M±SD)	水道水 (M±SD)
小麦粉パン	0%	250	0	0	180
COCORO パン	10%	225	25	28.36±0.39	151.65±0.39
	20%	200	50	56.71±0.79	123.29±0.79
	30%	175	75	85.07±1.18	94.94±1.18
	40%	150	100	113.42±1.58	66.58±1.58
	50%	125	125	141.78±1.98	38.22±1.98

※各種パンについて、上記材料に加えてドライイースト 2.8g、砂糖 17g、塩 5g、バター 10g を添加した。
※COCORO パンに用いる水道水は、炊飯時の吸水量も含めて 180g とした。

②パンの調製方法

小麦粉パン(COCORO 配合 0%パン、以下小麦粉パンとする)および COCORO パンは、自動ホームベーカリー(SD-BH1001R、Panasonic)を用いて調製した。小麦粉パンは本機のドライイースト・食パンコース(ねり・ねかし・発酵・焼成の合計時間 4 時間)、COCORO パンはドライイースト・ごはんパンコース(ねり・ねかし・発酵・焼成の合計時間 4 時間)にて山型食パンを調製した。

図 2-2 に COCORO パンの調製手順を示す。炊飯 COCORO(玄米)はダマにならないよう、また他の材料と混ざりやすくするため、予めパンケースの中で分量の水でほぐしてから他の材料を加えた。小麦粉パンおよび COCORO パンは、焼成後パンケースから取り出し常温にて放冷し、12 時間経過したものを各測定(比容積、色調、物性測定)および官能評価に用いた。

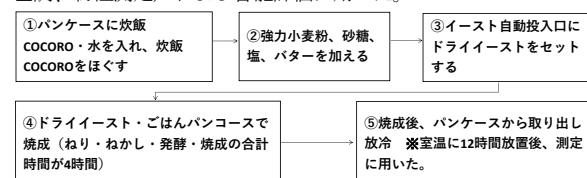


図2-2 COCOROパンの調製手順

2. 方法

小麦粉パンおよびCOCORO パン（以下、両者を併せて調製パンとする）の調製は6回繰り返し行い、以下に示す各種測定に用いた。

1) 比容積測定

調製パンは重量を測定するとともに、パンの見かけの体積を菜種法¹⁷⁾により測定した。比容積は体積 (cm³) / 重量 (g) により求めた。比容積は、パンの“ふくら感”を示す。膨らみの良いふくらしたパンであるほど数値は大きく、密に詰まったパンであるほど数値は小さくなる。

2) 色調測定

調製パンのクラスト（外相）とクラム（内相）について、測色色差計（ZE6000、日本電色工業株式会社）を用いて L*a*b*値を測定した。

図 2-3 に示すように、色を表現する場合、色立体を考え、明度、彩度、色相の3つの尺度で色の位置を決める¹⁸⁾。Lは明度（明るさ）を表し 100 に近づくほど白く、0 に近づくほど黒くなる。

a、b は色相と彩度を表し、+a は赤方向、-a が緑方向、+b は黄方向、-b は青方向の色を表す。a、b とも絶対値が大きくなる（中心からの距離が遠い）ほど彩度は上がり鮮やかな色となり、絶対値が小さくなる（中心からの距離が近い）ほどくすんだ色となる。

また、測定した L*a*b*値の平均値を基に、2 種類のサンプル間の色差 (ΔE) 値を表 2-2 の注) に示す計算式を用いて算出した。その後、表 2-2 に示す NBS (National Bureau of Standards) 単位により色差と感覚による色の差について判定を行った。NBS 単位は感覚的な色の差と良く対応するとされている。

表2-2 感覚の差と色差

感覚的な差	N.B.S単位 (ΔE=色差)
trace (かすかに)	0.0~0.5
slight (わずかに)	0.5~1.5
noticeable (感知せられるほどに)	1.5~3.0
appreciable (めだつほどに)	3.0~6.0
much (大いに)	6.0~12.0
very much (多大に)	12.0以上

注) $\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$ $\Delta L^* = L^*_1 - L^*_2$, $\Delta a^* = a^*_1 - a^*_2$, $\Delta b^* = b^*_1 - b^*_2$

3) 物性測定

調製パンの物性測定には、スライスしたパンの内相部（クラム）を、縦・横・高さが 20×20×20 mm の立方体となるように作成したものを、測定サンプルとして用いた。調製パンの物性は、クリープメーター（RE-3305 型、山電）を用いて測定した。測定条件は、ロードセル 2kgf、測定歪率 50%、測定速度 1 mm/sec とし、円柱状ブランジャー（接触面直径 5.0 mm）を用いた。測定項目は、かたさ、凝集性、付着性とし¹⁹⁾²⁰⁾、自動解析装置 (Model: CA-3305、山電) を用いて解析した。

食品のテクスチャーを数量化する方法として、“2 回繰り返し圧縮から得られる力と変形の関係を解析するテクスチャープロファイルアナリシス (Texture Profile Analysis, TPA) と呼ばれる方法” が使われている¹⁹⁾。本研究の物性測定に用いたクリープメーターは、この TPA の方法によるものである。TPA 測定で求

められるパラメーターは通常、「かたさ」、「凝集性」、「付着性」であり、図 2-4 のような曲線で示される。これらの定義は以下の通りである。「かたさ」はブランジャーによる“1 回目の圧縮をしていくときに示される最大の力”¹⁹⁾を意味し（図 2-4 に示す H）、試料の断面積あたりの力に直すため、破壊応力で表す。単位は Pa=N/m²で表す。「かたさ」²⁰⁾とは、食品を一定の変形をさせるために必要な力であり、口に入れたときの最初の咀嚼によって感じられる食品の性質を示す。この数値が大きいほど硬く、小さいほど柔らかい食品といえる。「凝集性」は、“1 度目の圧縮の後、ブランジャーを引き上げて再度圧縮するときの力-変形曲線について、1 度目の圧縮と同様にパラメーターを求め、2 度目の値を一度目の値で除したもの”¹⁹⁾であり、図 2-4 に示す A2/A1 で求められる。

「凝集性」²⁰⁾とは、口中でのまとまりやすさを示し、この数値が大きいほど、まとまりやすい食品であるといえる。もろく崩れやすいクッキーのような食品は、凝集性は小さいといえる。「付着性」は“ブランジャーを持ち上げるときに試料から引き戻される力に起因する”¹⁹⁾とされ、そのエネルギーは図 2-4 に示す面積 A3 に比例する。「付着性」²⁰⁾とは、食品の歯や口蓋（上顎）などへの付きやすさを示す。この数値が大きいほど粘りが強い食品であり、もちやキャラメルのような食品は付着性が大きいといえる。

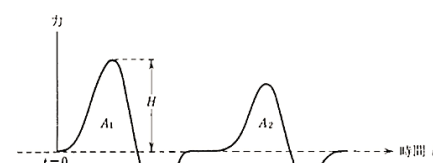


図2-4 TPA曲線の一例¹⁹⁾

4) 用いた統計検定手法

各測定値は、外れ値検定（スミルノフ＝グラブス検定）を行い、極端な値については統計解析から除外した。各測定項目（比容積、色調、物性）の各水準（炊飯 COCORO（玄米）の配合割合）における差の有意差検定は、一元配置の分散分析 (ANOVA) を用いて行い、有意差がみられた場合、各水準間の有意差について多重比較 (Tukey-Kramer 法) を行った。有意水準は 5% とした。統計解析には BellCurve for Excel Ver. 2.14 (株式会社 社会情報サービス) を使用した。

3. 結果および考察

1) 外観および比容積

①外観

図 2-5 に焼成後の COCORO パンの写真を示す。炊飯 COCORO（玄米）の配合割合の増加に伴い、COCORO パンの高さは低下する傾向がみられた。しかし、いずれの配合割合においても COCORO パンに腰折れ（ケービング）等の異常な形は見られず、山型食パンとしての形状を保つことができていた。

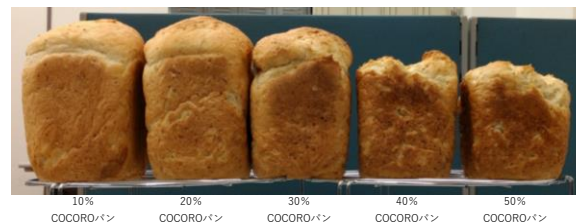


図2-5 焼成後のCOCOROパン

②比容積

比容積について一元配置の分散分析 (ANOVA) を行ったところ、結果は (F (5, 36) = 1.3650, p = 0.2604) となり、配合割合の違いによる有意差は認められなかった。また、多重比較による各水準間の有意差も認められなかった。

比容積の平均値は 10%COCORO パンで 5.35 cm³/g、20%COCORO パンで 5.14 cm³/g となっており、小麦粉パンの比容積 4.99 cm³/g より大きい。一般的に山型食パンの比容積は 4~4.5 cm³/g、あるいは 5 cm³/g 位まで膨らませる場合もある²¹⁾。30%COCORO パンの比容積は 4.47 cm³/g であり、炊飯 COCORO (玄米) の配合割合が 30% までの COCORO パンは概ねこの範囲内に収まっていることから、パンの膨化性は良好であるといえる。40%COCORO パンでは 3.77 cm³/g、50%COCORO パンは 3.10 cm³/g であり、比容積は 4 cm³/g 以下となっている。比容積について配合割合の違いによる有意差は認められなかったものの、COCORO パンの比容積は炊飯 COCORO (玄米) の配合割合が 30%以上になると、配合割合の増加に伴い徐々に小さくなる傾向が確認された。

人見らの研究では、COCORO 玄米粉を配合したパンの比容積は 40%、50%配合ともに 2 cm³/g 以下であったことから、COCORO 玄米粉の配合割合が多くなるとパンの膨らみが著しく低下している⁸⁾。本研究における COCORO パンの比容積は、40%、50%配合においても 3 cm³/g 以上となっていることから、比容積は向上しパンの膨化性が改善されたと考えられる。COCORO (玄米) をパンに添加する場合、パンの膨化性の観点から炊飯して用いることは有用であることが示唆された。

図 2-6 は、調製パンのスライス断面をイメージスキャナで撮像したものである。



図2-6 調製パンの断面図 小麦粉パン、COCOROパン (10%、20%、30%、40%、50%) について、スライス断面をスキャンした。

小麦粉パンのクラム (内相) はきめ (すだち) が細かく、気泡の大きさもそろっている様子がみられる。一方、10%COCORO パン、20%COCORO パンではパンのきめ (すだち) は粗く気泡の大きさにもバラつきがみられ、パンの上部には比較的大きな気泡もみられるが、パン全体の気泡の形状は縦に長く気泡膜は薄いことから、釜伸び (オーブンスプリング) が良いことが推察される。これらのことから 10%COCORO パン、20%COCORO パンの比容積は大きくなったと考えられる。また、炊飯 COCORO (玄米) の配合割合が 30% 以上になると、配合割合の増加に伴い徐々にクラム (内相) の気泡膜が厚くなり、潰れたような小さな気泡となっている。これにより密に詰まったパンとなり、COCORO パンの高さは低下し、比容積も小さくなっていったと考えられる。

2) 色調

①クラスト (外相)

図 2-7 に調製パンの側面をイメージスキャナで撮像したものを示す。炊飯 COCORO (玄米) の配合割合の増加に伴い、焼き色が濃くなる様子がみられた。



図2-7 調製パンの側面図 小麦粉パン、COCOROパン (10%、20%、30%、40%、50%) について、側面をスキャンした。

L*値について一元配置の分散分析 (ANOVA) を行ったところ、結果は (F (5, 262) = 144.5248, p < 0.001) となり、COCORO の配合割合の違いによる有意差が認められた。各水準間での多重比較を行ったところ、小麦粉パンと COCORO パンとの間にはいずれの配合割合においても有意差が認められた。L*値は色の明度 (明るさ) を表す値であり数値が低下するほど黒みが強くなるため、小麦粉パンに比べて COCORO パンはクラスト (外相) が暗色化する傾向が示された。また、炊飯 COCORO (玄米) の配合割合が増加するに従い、L*値は徐々に低下している。40%COCORO パンおよび 50%COCORO パンは、その他の配合割合のパンとの間において有意差が認められたことから、炊飯 COCORO (玄米) の配合割合が 40% 以上になると有意に COCORO パンのクラスト (外相) が暗色化する傾向があることがわかった。

a*値について一元配置の分散分析 (ANOVA) を行ったところ、結果は (F (5, 259) = 71.9642, p < 0.001) となり、COCORO の配合割合の違いによる有意差が認められた。各水準間での多重比較を行ったところ、小麦粉パンと COCORO パンとの間にはいずれの配合割合においても有意差が認められた。a*値がプラスの場合赤方向の色を表すことから、小麦粉パンに比べて COCORO パンのクラスト (外相) は赤みが強くなる傾向が示された。また、炊飯 COCORO (玄米) の配合割合が増加するに従い、a*値は徐々に高くなっていく。しかし、配合割合が 10%と 20%の間および、30%、40%、50%の間では有意差は認められなかったことから、a*値は配合割合が 20%と 30%を境に有意に高くなり、配合割合が 30%を超えると COCORO パンのクラスト (外相) は赤みが強くなる傾向が示唆された。

b*値について一元配置の分散分析 (ANOVA) を行ったところ、結果は (F (5, 262) = 13.4357, p < 0.001) となり、COCORO の配合割合の違いによる有意差が認められた。各水準間での多重比較を行ったところ、小麦粉パンと COCORO パンの間においては 20%COCORO パンとの間のみ有意差 (p < 0.001) が認められた。b*値がプラスの場合は黄方向の色を表すため、20%COCORO パンは他の配合割合の COCORO パンと比べて黄みが強いことが示唆された。また、10%COCORO パンおよび 20%COCORO パンについては、それぞれ 30%、40%、50%COCORO パンとの間に有意差が認められた (表 2-15)。そのため、COCORO パンの b*値は、配合割合が 20%までは高くなり、30%以上では低くなる傾向がみられた。配合割合が増加すると COCORO パンのクラスト (外相) は黄みが弱くなることが示された。

②クラム (内相)

図 2-8 は、図 2-6 の調製パンのスライス断面画像の中心部を拡大したものである。

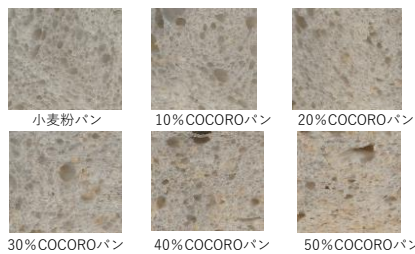


図2-8 調製パンのスライス断面画像の拡大図

L*値について一元配置の分散分析 (ANOVA) を行ったところ、結果は $(F(5, 261) = 12.9806, p < 0.001)$ となり、COCORO の配合割合の違いによる有意差が認められた。各水準間での多重比較を行ったところ、40% COCORO パンは小麦粉パンおよび20% COCORO パンとの間に有意差が認められ、50% COCORO パンはその他すべての水準間において有意差が認められた。L*値は色の明度(明るさ)を表す値であり数値が低下するほど黒みが強くなるため、40% COCORO パン、50% COCORO パンは小麦粉パンに比べてクラム(内相)が暗色化する傾向が示された。また、炊飯 COCORO(玄米)の配合割合が増加するに従い、L*値は徐々に低下していることから、炊飯 COCORO(玄米)の配合割合が増加すると COCORO パンのクラム(内相)は明度が低下し、暗色化する傾向があることがわかった。

a*値について一元配置の分散分析 (ANOVA) を行ったところ、結果は $(F(5, 259) = 219.9366, p < 0.001)$ となり、COCORO の配合割合の違いによる有意差が認められた。各水準間での多重比較を行ったところ、小麦粉パンと10% COCORO パン以外において有意差が認められた。このため、a*値は炊飯 COCORO(玄米)の配合割合が増加するに従い、高くなる傾向があることがわかった。調製パンのクラム(内相)のa*値は、概ねマイナスの数値を示している。a*値はマイナスの数値であれば緑方向の色を示す。しかし、いずれの調製パンにおいても測定値の絶対値は小さいことから、クラム(内相)の色調は、緑みは弱くグレーに近い(彩度が低い)と考えられる。さらに、炊飯 COCORO(玄米)の配合割合の増加に伴い、測定値の絶対値は小さくなっていくことから、その傾向は強くなると考えられる。

b*値について一元配置の分散分析 (ANOVA) を行ったところ、結果は $(F(5, 259) = 172.1888, p < 0.001)$ となり、COCORO の配合割合の違いによる有意差が認められた。各水準間での多重比較を行ったところ、小麦粉パンと10% COCORO パン、10% COCORO パンと20% COCORO パンを除くその他の各水準間において有意差が認められた。COCORO パンは小麦粉パンに比べて、b*値が高くなる傾向がみられた。b*値がプラスの場合は黄方向の色を表すことから、COCORO パンは小麦粉パンと比較してクラム(内相)の色調について、黄みが強いことが考えられる。また、b*値は炊飯 COCORO(玄米)の配合割合の増加に伴い高くなる傾向がみられ、配合割合が30%を超えるとクラム(内相)の色調について、有意に黄みが強くなることが示された。図2-8の写真から、クラム生地中に黄色っぽい粒が混入していることが確認できる。この粒は、炊飯 COCORO(玄米)の糠層である。炊飯 COCORO(玄米)の配合割合が増加するに伴い玄米の糠層も多くなり、クラム(内相)の色調は黄みが強くなったと考えられる。

③色差

クラスト(外相)の色差について、小麦粉パンと COCORO パンの比較では、10%、20% COCORO パンの間では「めだつほどに」、30%、40% COCORO パンの間では「大いに」、50% COCORO パンとの間では「多大に」と判定された。このことから、COCORO パンは小麦粉パンと比較して、焼き色が濃くなる傾向が示唆された。また、COCORO パンの配合割合の違いによる差では、10% COCORO パンと20% COCORO パンの間では「わずかに」、10%、20% COCORO パンと30%、40%、50% COCORO パンとの間ではすべて「大いに」と判定された。30% COCORO パンと40% COCORO パン、40% COCORO パンと50% COCORO パンの間では「わずかに」、30% COCORO パンと50% COCORO パンでは「感知せられるほどに」と判定された。

クラム(内相)の色差について、小麦粉パンと COCORO パンの比較では、10%、20% COCORO パンとの間では「わずかに」、30% COCORO パンとの間では「感知せられるほどに」、40%、50% COCORO パンとの間では「めだつほどに」と判定された。また、COCORO パンの配合割合の違いによる差では、10%、20%、30%の間では「わずかに」、10%、30% COCORO パンの間、40%と20%、30% COCORO パンの間では「感知せられるほどに」、10% COCORO パンと40%、50% COCORO パンとの間、50% COCORO パンと20%、30% COCORO パンとの間では「めだつほどに」と判定された。

調製パンのクラスト(外相)の色差については、炊飯 COCORO(玄米)の配合割合の違いが大きい組み合わせほど、感覚的な差が大きいことがわかった。炊飯 COCORO(玄米)の配合割合が30%以上になると色差は小さくなり、感覚的な差も小さくなるため、焼き色に大きな違いがないことが考えられる。また、これらの結果は、測色色差計によるL*a*b*値の結果とも概ね一致している。

調製パンのクラスト(内相)の色差については、炊飯 COCORO(玄米)の配合割合の違いが大きい組み合わせほど、感覚的な差が大きいことがわかった。しかし、クラスト(外相)と比較して色差の数値が大きくないことから、クラム(内相)の色調においては、感覚的な差は小さいものと考えられる。

3) 物性

①かたさ

かたさについて一元配置の分散分析 (ANOVA) を行ったところ、結果は $(F(5, 373) = 6.4525, p < 0.001)$ となり、COCORO の配合割合の違いによる有意差が認められた。各水準間での多重比較を行ったところ、小麦粉パンと COCORO パン(10%、20%、30%、40%)の間に有意差が認められた。

かたさ応力の平均値より、COCORO パンは小麦粉パンと比較して全体的にかたさ応力は低くなる傾向を示した。炊飯 COCORO(玄米)の配合割合が増加するに従い、かたさ応力は大きくなる傾向がみられたが、炊飯 COCORO(玄米)の配合割合の違いによる有意差は見られなかったことから、本研究のパン調製および測定条件においては、炊飯 COCORO(玄米)の添加がパンのかたさに及ぼす影響は小さいと考えられる。

②凝集性

凝集性について一元配置の分散分析 (ANOVA) を行ったところ、結果は $(F(5, 369) = 36.4056, p < 0.001)$ となり、COCORO の配合割合の違いによる有意差が認められた。各水準間での多重比

較を行ったところ、小麦粉パンと 40%COCORO パン、50%COCORO パンの間に有意差が認められた。また、50%COCORO パンにおいてはすべての配合の COCORO パンとの間に有意差が認められ、30% COCORO パンおよび40%COCORO パンについては、10%COCORO パン、20% COCORO パンとの間にそれぞれ有意差が認められた。10%COCORO パン、20%COCORO パンの凝集性は小麦粉パンに近く、配合割合 30%以上になると炊飯 COCORO (玄米) の配合割合の増加に伴い、凝集性は低下する傾向がみられた。しかし、全体としてその変動は大きいものではない。

③付着性

付着性について一元配置の分散分析 (ANOVA) を行ったところ、結果は (F (5, 373) = 8.2517, p < 0.001) となり、COCORO の配合割合の違いによる有意差が認められた。各水準間での多重比較を行ったところ、小麦粉パンと 10%COCORO パン、20%COCORO パン、10%COCORO パンと 40%COCORO パン、50%COCORO パン、20% COCORO パンと 50%COCORO パンの間に有意差が認められた。10%、20%COCORO パンは小麦粉パンに比べて付着性は有意に低くなったが、炊飯 COCORO (玄米) の配合割合が 30%以上になると配合割合の増加に伴い付着性は高くなる傾向がみられた。

4. まとめ

表 2-3 に、比容積および色調測定ならびに物性測定により得られた結果をまとめたものを示す。

表 2-3 調製パンの物理的性質まとめ

測定項目	結果
比容積 ふくら感	炊飯COCORO (玄米) の配合割合の違いによる有意差は認められなかった。10%、20% COCORO パンでは小麦粉パンより大きく、配合割合が30%以上になると炊飯COCORO (玄米) の配合割合の増加に伴い低下する傾向がみられた。 ⇒パンの高さは低下し、ふくら感が減った。
色調 L*値 (明度)	クラスト (外相) L*値: 炊飯COCORO (玄米) の配合割合の増加に伴い低下し、暗色化する。 a*値: 炊飯COCORO (玄米) の配合割合の増加に伴い高くなる。 配合割合が30%を超えると赤みが強くなる。 b*値: 配合割合が20%までは高くなり、30%以上では低くなる傾向がみられた。 配合割合が増加すると黄みが弱くなる。 ⇒クラスト (外相) の焼き色は濃くなる。
a*値、b*値 (色相、彩度)	クラム (内相) L*値: 炊飯COCORO (玄米) の配合割合が高くなると低下する。 a*値: 測定値はマイナスだったが、絶対値は小さいため緑みは弱くグレーに近い。 b*値: 炊飯COCORO (玄米) の配合割合の増加に伴い高くなる傾向がみられ、配合割合が30%以上になると黄みが強くなる。 ⇒クラム (内相) の明度は低下し、黄みが強くなる。
かたさ	口に入れた時の最初の咀嚼によって感じられる性質 小麦粉パン (0%) と比較して、 低下する傾向 がみられた。 炊飯COCORO (玄米) の配合割合が増加すると、高くなる傾向がみられた。
凝集性	口中でのまとまりやすさ 10%、20% COCORO パンは小麦粉パンの凝集性に近く、炊飯COCORO (玄米) の配合割合が30%以上になると、配合割合の増加に伴い 凝集性は低下する傾向 がみられた。全体として、小麦粉パン、COCORO パンの間に大きな差はみられない。
付着性	歯や口蓋 (上顎) などへの付きやすさ 10%、20% COCORO パンは小麦粉パンに比べて有意に低くなった。配合割合が30%以上になると、炊飯COCORO (玄米) の配合割合の増加に伴い 付着性は高くなる傾向 がみられた。

炊飯 COCORO (玄米) の添加は製パン性に影響し、多くの物理的性質において COCORO パンは小麦粉パンと比較して異なることが明らかになった。しかしながら、その違いはすべてに一様なものではなく、炊飯 COCORO (玄米) の配合割合の違いによるパンの主要な物理特性である「かたさ」、「凝集性」、「付着性」の変化は大きなものではなかった。これらのことから、COCORO パン調製においては、炊飯 COCORO (玄米) の配合割合を高く設定できる可能性が示唆された。

しかし、ここで示した物理的性質はあくまで機械的に測定されたものであり、消費者に受け入れられる COCORO パンの調製には「おいしさ」も考慮されなければならない。勝田は、人間においておいしいという感覚を引き起こす刺激としての食べ物において、一般に嗜好を支配するのは「色、味、香り、テクスチャー」としてい

る²²⁾。Szczeniak らは、74 種類の食品に対する反応連想語を収集整理し、食感要素を分析した結果、食品のおいしさを決める食感要素の中でテクスチャーと分類できる要素が最も大きなウェイトを占め、次いで風味 (香りと化学的成分による味)、外観、色の順となったことを報告している²³⁾。また、松本らは、食品の味に寄与すると考えられる要因を「心理的なもの」「化学的なもの」「物理的なもの」に分け、食べ物のおいしさに寄与する化学的な味と物理的な味の寄与率について報告している²⁴⁾。ここでは、固形状の食品では物理的な味 (テクスチャー) の寄与率が高くなることを示している。

そこで第 3 章では、テクスチャーに関係する評価項目を用いた人による評価 (官能評価) を通して、本章で得られたパンの物理的特性との関連性を探ることにより、炊飯 COCORO (玄米) の配合がパンの主に物性と関連した食味に及ぼす影響について検討することとした。

III. 第 3 章 : パンの物理的特性と官能評価

1. 方法

1) 官能評価

炊飯 COCORO (玄米) の配合がパンの主に物性と関連した食味に及ぼす影響について検討するため官能評価を行った。

サンプルは小麦粉パンおよび COCORO パン (COCORO (玄米) の配合割合: 20%、40%) とし、小麦粉パンを対照試料とした。評価項目は、かたさ、しっとり感、もちもち感、ふわふわ感、総合評価とした。評価方法は 7 段階評価の評点法を用いた。対照と同じ評価の場合を 0 とし、プラスの評価 (+1、+2、+3) をかたい、しっとりしている、もちもちしている、ふわふわしている、パンとして良いとし、マイナスの評価 (-1、-2、-3) をやわらかい、しっとりしていない、もちもちしていない、ふわふわしていない、パンとして悪いとした。その他の質問項目として、パンの香り (ぬか臭を感じるか)、味 (えぐみを感じるか) について、サンプルそのものの感覚を、はい、いいえの 2 択で回答してもらった。また、それぞれのパンを食べたときの感想を自由記述にて回答してもらった。パネルは美術大学生生活科学部食食物学科の学生 30 名 (20 代男性 2 名、女性 28 名) であった。

2) 用いた統計検定手法

官能評価における評価 (評点データ) は、質的データ (順序尺度) であることからノンパラメトリック検定を用いた。

対照パンに対する 20%COCORO パンと 40%COCORO パンの官能評価の差については、マン・ホイットニーの U 検定により有意差検定を行い、有意水準は 5%とした。統計解析には BellCurve for Excel Ver. 2.14 (株式会社 社会情報サービス) を使用した。

2. 結果および考察

対照パンに対する 20%COCORO パンと 40%COCORO パンの官能評価において、マン・ホイットニーの U 検定により有意差検定を行ったところ、総合評価を除く 4 項目について有意差が認められた (かたさ; p = 0.0127, しっとり感; p < 0.001, もちもち感; p < 0.001, ふわふわ感; p = 0.0112)。

パンの香りについて、ぬか臭を感じるかどうか質問したところ、はいと回答した人は 20%COCORO パンで 3 人、40%COCORO パンで

は1人という結果であった。パンの味について、えぐ味を感じるかどうか質問したところ、はいと回答した人は20%COCOROパンで1人、40%COCOROパンでは0人という結果であった。本研究では、COCOROを玄米で使用していることから、玄米特有の香り（ぬか臭）や味（えぐ味）がCOCOROパンに影響を及ぼすのではないかと考えていた。しかし、この結果からは、炊飯COCORO（玄米）の配合割合によらず、パンの香り、味への影響は小さいことが考えられる。また、パンを試食した際の感想について自由記述による回答では、回答者の多くが炊飯COCORO（玄米）の糠層や胚芽の食感について、「ぶちぶち（プチプチ）」や「つぶつぶ（ツブつぶ）」という言葉で表現しており、これらがCOCOROパンの食感に良い印象を与えていると考えられる。

表3-1に、第2章で得られた調製パンの物理的特性と本章で得られた官能評価の結果をまとめたものを示す。

表3-1 調製パンの物理的特性および官能評価結果のまとめ

物性測定結果				官能評価結果						
測定項目	配合割合	平均値	有意差	結果概要	評価項目	配合割合	平均順位	有意差	結果概要	
かたさ (N/m ²)	0%	22649.9937	*	20%COCOROパンおよび40%COCOROパンのかたさは、小麦粉パンより小さい。COCOROパンの間では、20% < 40%であった。	かたさ	20%	30	25.1	*	小麦粉パンのかたさに比べて40%COCOROパンの方がかたいと評価した人が有意に多かった。
	20%	17184.1529				40%	30	35.9		
	40%	18820.4903								
凝集性	0%	0.731	*	20%COCOROパンの凝集性は小麦粉パンに近く、40%COCOROパンは凝集性が小さくなる。	しっとり感	20%	30	22.0	*	小麦粉パンのしっとり感に比べて40%COCOROパンの方がしっとり感が強いと評価した人が有意に多かった。
	20%	0.7432				40%	30	39.0		
	40%	0.7001								
付着性 (J/m ²)	0%	1037.9256	*	20%COCOROパンの付着性は、小麦粉パンより小さい。COCOROパンの間では、20% < 40%であった。	もちもち感	20%	30	22.1	*	小麦粉パンのもちもち感に比べて40%COCOROパンの方がもちもち感が強いと評価した人が有意に多かった。
	20%	797.6043				40%	30	38.9		
	40%	941.1429								
比容積 (cm ³ /g)	0%	4.9874	*	小麦粉パンとCOCOROパンとの間に有意差は認められなかった。比容積の平均値は、20%COCOROパン > 小麦粉パン > 40%COCOROパンであった。	ふわふわ感	20%	30	36.0	*	小麦粉パンのふわふわ感に比べて20%COCOROパンの方がふわふわ感が強いと評価した人が有意に多かった。
	20%	5.1432				40%	30	25.1		
	40%	3.7663								

* P < 0.05

* P < 0.05

この表から、物性測定によって明らかになったCOCOROパンの炊飯COCORO（玄米）配合割合の違いによる調製パンの“かたさ”、“凝集性”、“付着性”、“比容積”の違いは、それぞれの官能評価における“かたさ”、“しっとり感”、“もちもち感”、“ふわふわ感”の評価項目における違いと同じ傾向をもつことがわかる。

かたさについて、物性測定では小麦粉パンと比較して、20%COCOROパン、40%COCOROパン共に、かたさが小さくなる（やわらかくなる）傾向が示された。かたさの平均値をみると20%COCOROパンと比較して40%COCOROパンの方がかたさは大きい。官能評価では、40%COCOROパンの方がかたいと評価した人が多いことから、本研究における物性測定結果と官能評価結果は一致するものとする。凝集性について、物性測定では20%COCOROパンは小麦粉パンの凝集性に近似しており、40%COCOROパンは小麦粉パン、20%COCOROパンと比較して凝集性は小さくなる傾向が示された。官能評価では40%COCOROパンの方がしっとり感を強いと評価した人が多いことから、本研究における物性測定結果と官能評価結果は一致するものとする。付着性について、物性測定では20%COCOROパンは小麦粉パンと比較して付着性は小さく、また40%COCOROパンは20%COCOROパンと比較して付着性が大きくなる傾向が示された。官能評価では40%COCOROパンの方がもちもち感を強いと評価した人が多いことから、本研究における物性測定結果と官能評価結果は一致するものとする。比容積について、測定値には有意差は認められなかったが、20%COCOROパンは小麦

粉パンと比較して比容積は大きく、40%COCOROパンは小麦粉パン、20%COCOROパンと比較して小さくなる傾向が示された。官能評価では20%COCOROパンの方がふわふわ感を強いと評価した人が多いことから、物性測定結果と官能評価結果は一致するものと考えられる。

以上のことから、第2章で得られた調製パンの物理的特性と、本章で得られた官能評価の結果における炊飯COCORO（玄米）の配合がパンの主に物性と関連した食味に及ぼす傾向は、概ね一致するものであることが分かった。

3. まとめ

炊飯COCORO（玄米）を含まないパン（小麦粉パン）を対照として炊飯COCORO（玄米）を添加したパンについて官能評価を行ったところ、かたさ、しっとり感、もちもち感については、40%COCOROパンの方が20%COCOROパンの評価に比べてプラスの傾向を示し、ふわふわ感については、20%COCOROパンの評価の方がプラスの傾向を示した。このことから、40%COCOROパンはしっとり感やもちもち感が特徴であり、20%COCOROパンはやわらかく、ふわふわ感が特徴であることが分かった。総合評価については、20%COCOROパンと40%COCOROパンの間に有意差がみられなかったことから、どちらも“パン”として同等に評価されたものと考えられる。また、炊飯COCORO（玄米）の配合割合によらず、玄米に含まれるぬか臭、えぐ味はCOCORO（玄米）を炊飯して用いることにより軽減されることが分かった。加えて多くの回答者が、炊飯COCORO（玄米）の糠層や胚芽のプチプチとした食感について、良い印象を持っていることが分かった。そのため、小麦粉パンを対照とした官能評価において、炊飯COCORO（玄米）の添加は“パン”に悪い評価を与えるものではないと考えられる。これにより、第2章で述べた調製パンの物性測定結果と同様に、COCOROパン調製においては炊飯COCORO（玄米）の配合割合を高く設定できる可能性が確認された。

以上のことから、第4章では炊飯COCORO（玄米）の配合割合を20%、40%、50%としたCOCOROパンの官能評価を行うこととした。

IV. 第4章：COCOROパンの官能評価

1. 方法

1) 人がパンを評価する言葉についてのアンケート調査

COCOROパンの官能評価に用いる項目を設定するために、人がパンを評価する際に用いる言葉や表現について、パンの種類ごとにアンケート調査を行った。

調査対象としたパンの種類は、「角食パン」、「山型食パン」、「バケット（フランスパン）」、「全粒粉パン」の4種類とし、各パンの「味」、「テクスチャー（食感）」、「香り」について、良い評価と悪い評価の場合に用いる言葉として当てはまると思うものを表4-1の選択肢から選択してもらった。複数回答は可能とし、またパンの種類が異なる場合には同じ言葉を選択することも可能とした。尚、表4-1の選択肢については、日本語テクスチャー用語体系（ver1.1）²⁵⁾ および文献²⁶⁾を参考に設定した。この調査結果より、回答数の多かった項目をCOCOROパンの官能評価項目とした。

表 4-1 パンの評価に用いる言葉の選択肢一覧

項目	選択肢
味	1. 甘い 2. 塩辛い 3. 苦い 4. 渋い 5. 旨い 6. 酸っぱい 7. えぐみ 8. あっさり 9. こってり 10. バター 11. 油 12. 小麦粉 13. 米 14. 乳 15. 卵 16. アルコール 17. 無味 18. その他
テクスチャー (食感)	1. やわらかい 2. かたい 3. 歯切れが良い 4. 歯切れが悪い 5. 引きがある 6. ちぎれやすい 7. しっとり 8. 飲み込みづらい 9. 弾力がある 10. ふわふわ 11. ぱさつく 12. ぱさぱさ 13. ぼそぼそ 14. もちもち 15. もっちり 16. ふかふか 17. ねちゃねちゃ 18. くちゃくちゃ 19. サクサク 20. カリカリ 21. ザクザク 22. バリバリ 23. バリバリ 24. つぶつぶ 25. ぶちぶち 26. もそもそ 27. ごわごわ 28. その他
香り	1. アルコール 2. 発酵 3. 酸っぱい 4. 香ばしい 5. むれ 6. こげ 7. フルーツ 8. キャラメル 9. バター 10. 乳 11. 卵 12. 小麦粉 13. 米 14. エステル 15. 無臭 16. その他

また、アンケート調査の際には、4種類のパンについて近隣スーパーで販売されているパンをサンプルとして提示した。尚、サンプルのパンについては、それぞれのパンについてのイメージを膨らませてもらうためのものであり、このアンケート調査は提示したパンについての評価を行うものではないことを申し伝えた。

さらに、3種類の市販パン(食パン、パケット(フランスパン)、全粒粉パン)を提示し、この中から無料でもらえるとしたらどのパンをもらいたいか、その理由についても回答してもらった。

調査対象者は美作大学生生活科学部食物学科の学生 84名(男性9名、女性75名)、調査期間は2018年7月であった。

2) 官能評価

炊飯COCORO(玄米)の配合割合が異なる3種類のCOCOROパンについて官能評価を行った。

サンプルは20%COCOROパン、40%COCOROパン、50%COCOROパンとし、サンプルにはアルファベットを付け提示した。評価項目は、1)のアンケート調査結果を基に、小麦粉の香り、発酵臭、甘味、やわらかさ、ふわふわ感、しっとり感、もちもち感とした。評価方法は7段階評価の評点法を用いた。ゼロをふつうとし、それぞれの項目について、プラスの評価(+1、+2、+3)を小麦粉の香り、発酵臭、甘味が強い、やわらかい、ふわふわしている、しっとりしている、もちもちしていると、マイナスの評価(-1、-2、-3)を小麦粉の香り、発酵臭、甘味が弱い、やわらかくない、ふわふわしていない、しっとりしていない、もちもちしていないとした。また、総合評価、パンの外観(外側の焼き色、内側の色)については順位法を用い、それぞれ順位付けを行った。総合評価については、好ましい順に1位、2位、3位とし、パンの外観(外側の焼き色と内側の色)については、パンとして良いと思う順番に1位、2位、3位とした。感想を自由記述にて回答してもらった。パネルは第3章の官能評価試験に参加した美作大学生生活科学部食物学科の学生の内の26名(20代男性2名、女性24名)であった。

3) 用いた統計検定手法

官能評価における評価(評点データ)は、質的データ(順序尺度)であることからノンパラメトリック検定を用いた。

評点法による各評価項目のサンプルにおける差の有意差検定はクラスカル=ウォリス検定を行い、各サンプル間の有意差については多重比較(Steel-Dwass法)を行った。順位法によるパネル判定の一致性については、フリードマン検定を行い、サンプル

間の差については多重比較(Scheffeの対比較)を行った。尚、すべての検定において有意水準は5%とした。統計解析にはBellCurve for Excel Ver.2.14(株式会社 社会情報サービス)を使用した。

2. 結果および考察

1) アンケート調査

本研究で作製したCOCOROパンはすべて山形食パンであることから、ここでは山形食パンを良いと評価する場合に用いる言葉についての調査結果を述べる。

山形食パンの「味」について良いと評価する時の言葉では、甘い(42人)と回答した人が最も多く、小麦粉(31人)、あっさり(20人)、旨い(16人)、バター(14人)と続いた。「味」については、甘い回答数が最も多かったことから、これらのパンの「味」を良いと評価する時の基準としてパンの「甘さ」を重要とされていると考えられる。

「テクスチャー(食感)」について良いと評価する時の言葉では、やわらかい(37人)と回答した人が最も多く、ふわふわ・ふかふか(34人)、もちもち・もっちり(27人)、しっとり(19人)と続いた。尚、テクスチャー(食感)の選択肢については、似通った言葉が見受けられることから、「もちもち」と「もっちり」、「ふわふわ」と「ふかふか」についてはそれぞれの回答数を合算して検討を行った。「テクスチャー(食感)」については、やわらかいの回答数が最も多く、次いでふわふわ・ふかふかの回答数が多かった。これらの言葉はパンのやわらかさを連想するものであることから、パンの「テクスチャー(食感)」を良いと評価する時の基準としてパンの「やわらかさ」を重要とされていると考えられる。この他に、もちもち・もっちり、しっとりについても共通して回答数が多かったことから、パンの「もちもち感」や「しっとり感」も重要であると考えられる。

「香り」について良いと評価する時の言葉では、小麦粉(35人)と回答した人が最も多く、アルコール・発酵(21人)、バター(20人)、香ばしい(14人)と続いた。尚、「香り」の選択肢について、「アルコール」と「発酵」については、その言葉が指し示す意味が似通っていることから、それぞれの回答数を合算して検討を行った。一般的にパンは小麦粉を主材料にイーストを用いて発酵させて作られることから、パンの「香り」を良いと評価する時の基準としてパンの「小麦粉の香り」「発酵臭」を重要とされていると考えられる。

以上のことから、COCOROパンの官能評価に用いる評価項目として、味:「甘味」、香り:「小麦粉の香り」、「発酵臭」、テクスチャー(食感):「やわらかさ」、「ふわふわ感」、「しっとり感」、「もちもち感」とした。

2) 官能評価

20%COCOROパン、40%COCOROパン、50%COCOROパンの各官能評価項目における差の検定を行ったところ、甘味、しっとり感、もちもち感について有意差が認められた(甘味; $p = 0.0089$, しっとり感; $p < 0.001$, もちもち感; $p = 0.0011$)。サンプル間の有意差について多重比較を行ったところ、味、しっとり感、もちもち感において20%COCOROパンと50%COCOROパンの間に有意差が認められ(味; $p = 0.0058$, しっとり感; $p < 0.001$, もちも

ち感; $p = 0.0018$), もちもち感においては40%COCORO パンと50%COCORO パンの間においても有意差が認められた ($p = 0.0328$)。総合評価およびパンの外観(外側の焼き色、内側の色)について、パネル判定の一致性について有意差検定を行ったところ、パンの外観(外相の色、内相の色)に有意差が認められた(外相; $p < 0.001$, 内相; $p < 0.001$)。

表4-2に、炊飯COCORO(玄米)の配合割合が異なるCOCOROパンの官能評価の統計検定結果(平均順位および有意差検定結果)をまとめたものを示す。

表4-2 COCOROパン官能評価における平均順位および有意差検定結果

評価項目	配合割合	n*	平均順位	有意差	各水準間の有意差
小麦粉の香り	20%	26	40.3		
	40%	26	40.6		
	50%	26	37.7		
発酵臭	20%	26	37.6		
	40%	26	34.7		
	50%	26	46.2		
甘味	20%	26	30.4		
	40%	26	38.9	*]
	50%	26	49.2	*	
やわらかさ	20%	25	41.1		
	40%	26	40.8		
	50%	26	35.2		
ふわふわ感	20%	26	45.7		
	40%	26	38.8		
	50%	26	34.0		
しっとり感	20%	26	27.5		
	40%	26	39.4	*]
	50%	26	51.6	*	
もちもち感	20%	26	29.3		
	40%	26	37.6	*]
	50%	26	51.6	*	
総合評価	20%	25	2.1		
	40%	25	1.9		
	50%	25	2.0		
外観 (外側の焼き色)	20%	26	1.2		
	40%	26	2.1	*]
	50%	26	2.7	*	
外観 (内側の色)	20%	26	1.2		
	40%	26	1.8	*]
	50%	26	2.9	*	

*回答のないパネルについては統計解析から除外した。

* $P < 0.05$

COCOROパンの官能評価において、甘味、しっとり感、もちもち感の評価項目に、炊飯COCORO(玄米)の配合割合の違いによって、評価に有意差がみられた。甘味、しっとり感については、20%COCOROパン、40%COCOROパンと比較して50%COCOROパンの平均順位が高いことから、炊飯COCORO(玄米)配合割合が多くなるほど甘味は強くなり、しっとりしていると評価される傾向が示された。もちもち感については、20%COCOROパン、40%COCOROパンと比較して50%COCOROパンの平均順位が高いことから、炊飯COCORO(玄米)配合割合が多くなるほどもちもちしていると評価される傾向が示された。また、各配合割合の間において有意差が認められていることから、50%COCOROパンはもちもち感が非常に強く感じられるパンであることが考えられる。

小麦粉の香り、発酵臭、やわらかさ、ふわふわ感については、炊飯COCORO(玄米)の配合割合の違いによらず、評価に有意差はみられなかった。総合評価については、3種類のCOCOROパンにおける平均順位に差はみられず、好みに分かれる結果となった。

パンの外観については、外側の焼き色と内側の色ともに、40%COCOROパン、50%COCOROパンと比較して20%COCOROパンの平均順位が低いことから、パンの外観は20%COCOROパンがパンとして良い評価を得る結果となった。50%COCOROパンについては、ど

ちらも平均順位が高いことから、パンの外観として良いものではないことがわかった。本研究の第2章において、炊飯COCORO(玄米)の配合割合が増加することで、COCOROパンはクラスト(外相)の焼き色が濃くなり、クラム(内相)は黄みを帯びて玄米の糠層がみられることが確認されている。これらのことから、50%COCOROパンの外観は、良い評価を得られなかったと考えられる。

パンを試食した際の自由記述による感想では、40%COCOROパン、50%COCOROパンについては、多くの回答者が甘味やもちもち感、しっとり感が強いとの感想を持っていることが分かった。この点については、官能評価の結果とも一致しており、炊飯COCORO(玄米)の添加がパンに良い印象を与えていることも分かった。また、炊飯COCORO(玄米)の糠層や胚芽について、プチプチした食感、つぶ感を感じており、これらについても概ね良い評価として記述されている。20%COCOROパンについてはやわらかさやふわふわ感について良い印象を与えており、普通のパンに近く、味が淡泊、さっぱりしているなどの記述がみられた。

3. まとめ

炊飯COCORO(玄米)の配合割合が20%、40%、50%COCOROパンの官能評価を行ったところ、炊飯COCORO(玄米)の配合割合が多くなることで、甘味、しっとり感、もちもち感についてそれぞれの性質が強く評価されたことから、これらの評価項目は炊飯COCORO(玄米)を添加したパンの特徴であると考えられる。

また、50%COCOROパンは外観において好まれなかったものの、総合評価ではパンとしての好ましさに有意差は認められず、好みに分かれる結果となった。Szczeniakらの報告²³⁾では、食品のおいしさを決める食感要素の中で、テクスチャー、風味に次いで外観、色に関する要素も重要であることが示されていることから、炊飯COCORO(玄米)を多く配合したCOCOROパンを評価する場合、パンを手にとってもらうための第一印象、きっかけとして外観は重要であるが、実際にそれを食す場合には、味やテクスチャー(食感)の方が重要視される可能性があると考えられる。

以上のことから、COCOROパンにおいて、炊飯COCORO(玄米)を多く配合する場合、クラスト(外相)の焼き色やクラム(内相)の色、きめ等の外観の改善を図ることでより良い評価が期待できるものとする。

V. 総括

本研究では、巨大胚芽米(COCORO)のもつ機能性成分をできるだけ保持した消費者に受け入れられるおいしいCOCORO配合パンを作製することを目的とし、炊飯した巨大胚芽米(COCORO)の添加が製パン性に及ぼす影響について物性・官能評価を基に検討を行った。その結果、本研究(第2章~第4章)を通して、炊飯COCORO(玄米)の添加および配合割合の違いがCOCOROパンの物性や食味に影響を及ぼすことが確認された。また、COCORO玄米粉を使用したパンと比較して、パンの膨らみ、食味において改善する傾向が確認された。これにより、巨大胚芽米(COCORO)の機能性を保持した、おいしいCOCOROパンの作製が可能であることが示された。尚、炊飯したCOCORO(玄米)を添加したパンについての研究報告は筆者が検索した限りなく、本研究は新たな試みであったと考えられる。

今後の課題

本研究では、COCORO パンに含まれる γ -アミノ酪酸 (GABA) を含む機能性成分の含量を測定していない。本研究の目的は巨大胚芽米 (COCORO) の機能性を活かした製品を目指すことから、まずは本研究の COCORO パン調製方法でパンを作製した場合に、巨大胚芽米 (COCORO) の機能性成分がどの程度保持されているのか、成分分析により確認を行う必要がある。さらに、今後は、機能性成分の分析を伴いながら COCORO パンの作製を進めることで、COCORO パンの機能性を向上するための調製方法、条件について検討できるものとする。

船田は、津山産巨大胚芽米における発芽条件の GABA 生成量に及ぼす影響について検討しており、巨大胚芽米を 28°C の食塩水または重曹水に 8 時間浸漬し発芽させることで、玄米中の γ -アミノ酪酸 (GABA) の生成量を増加させることを報告している²⁷⁾。また、本研究に用いた炊飯器には「玄米熟成」メニューが搭載されている。「玄米熟成」メニューで炊飯すると、玄米を活性化させる工程 (釜内の温度を約 40°C で 1 時間維持する) の後、通常の玄米炊飯工程に移ることで、玄米が活性化し γ -アミノ酪酸 (GABA) の量が元の玄米の 1.4 倍に増加し、また通常の玄米飯に比べてやわらかく食べやすくなると記載されている²⁸⁾。これらのことから、機能性を高めるための COCORO (玄米) の炊飯方法については、まだ検討の余地があると考えられる。

井上は、“パンはきわめて多様性に富んだ食品であり、そのおいしさは生地に使用する原材料の性状、配合量、製パン工程条件、さらにはフィリングやトッピングなど、多数の要因に影響を受ける”と述べている²⁹⁾。世界には多種多様のパンが存在する³⁰⁾。筆者は、COCORO パンにはこれまでにない、新しいパンとしての可能性を秘めていると考える。今後、原材料の性状や配合割合、調製方法・条件について更なる検討を進めることで、“高い機能性を保持するおいしい COCORO パン”を消費者に提供することができれば、消費者の生活を豊かにするとともに健康増進に貢献できるものとする。

謝辞

本研究の一部を遂行するにあたり、美作大学・美作大学短期大学 地域生活科学研究所より活動助成をいただきましたことに御礼申し上げます。

また、本研究に際しまして、COCORO を提供いただきました早瀬農産・早瀬様、実験および修士論文の執筆にあたりご指導いただきました美作大学大学院曾根良昭教授、美作大学人見哲子准教授、見守り・励ましの声かけをいただきました教職員の皆様、そしてアンケート調査および官能評価にご協力いただきました学生の皆様に深く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 石井卓朗, 出田 収, 松下 景, 春原嘉弘, 前田英郎, 飯田修一: 苗立ち性のすぐれる低アミロース巨大胚米品種「はいごころ」の育成, 近畿中国四国農業研究センター研究報告, 12: 25-41, 2013
- 2) 辻 英明: N ブックス 改訂 食品機能学[第3版], (株)建帛社, pp.171-172, 2016

- 3) 消費者庁: 特定保健用食品許可 (承認) 品目一覧 (Excel), https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/health_promotion/pdf/food_labeling_cms206_191218_01.xls (2020.01.17)
- 4) 消費者庁: 機能性表示食品の届出情報検索, <https://www.fld.caa.go.jp/caaks/cssc01/> (2020.01.17)
- 5) 人見哲子, 芦田菜々子, 新垣はる: 巨大胚芽米 (COCORO) と低アミロース米 (姫ごのみ) の混合米による評価, 美作大学・美作大学短期大学部紀要, 58: 113-117, 2013
- 6) 人見哲子, 高村明日香, 阿部小侑, 船田京子: 巨大胚芽米 (COCORO) ともち米 (ヒメノモチ) の混合米による評価, 美作大学・美作大学短期大学部紀要, 61: 1-5, 2016
- 7) 人見哲子, 角記子: 薄力粉・米粉・玄米粉 (COCORO) の粉の違いがシュー皮の膨化と味に及ぼす影響, 美作大学・美作大学短期大学部紀要, 55: 15-21, 2010
- 8) 人見哲子, 漆原真弓: 玄米粉 (COCORO) と小麦粉の割合がパンへ及ぼす影響, 美作大学・美作大学短期大学部紀要, 56: 15-21, 2011
- 9) 奥座宏一, 岡部繭子, 島 純: 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 (10), 444-454, 2008
- 10) 奥座宏一, 鈴木順子, 岡留博司, 岡部繭子, 鈴木啓太郎, 奥西智哉, 北村義明, 堀金 彰, 山田純代, 松倉 潮: 製粉方法の異なる米粉の特性と製パン性の関係, 食品総合研究所研究報告, 74: 37-44, 2010
- 11) 奥西智哉: 炊飯米を生地に添加したパンの官能評価, 日本食品科学工学会誌, 56 (7): 424-428, 2009
- 12) 貝沼やす子, 田中佑季, 米粉添加パンの調製にペースト状の米を利用する効果, 日本食品科学工学会誌, 56 (12): 620-627, 2009
- 13) 柴田真理朗, 杉山純一, 蔡 佳瓚, 葛 瑞樹, 藤田かおり, 粉川美路, 荒木徹也: 粥状に糊化処理した米を添加したパンの粘弾性および気泡構造, 日本食品科学工学会誌, 58 (5): 196-201, 2011
- 14) Keiko IWASHITA, Keitaro SUZUKI, Kanae Miyashita and Tomoya OKUNISHI: Effects of Rice Properties on Bread Made from Cooked Rice and Wheat Flour Blend, Food Science Technology Research, 17(2): 121-128, 2011
- 15) 藤田沙南, 村上陽子: 油脂の添加が米飯パンの物理特性に及ぼす影響, 日本家政学会誌, 66 (7), 329-341, 2015
- 16) 村上陽子, 杉山 綾: 炊飯米の添加がパンの製パン性に及ぼす影響, 日本家政学会誌, 65 (3): 138-147, 2014
- 17) 竹治栄美: 新版 調理学および実験, 建帛社, pp.72-73, 1998
- 18) 古賀美子: 食物と栄養の化学 7 調理学実験, 朝倉書店, pp.147-148, 2000
- 19) 西成勝好: 食品の物理的性質と測定における諸問題, 日本家政学会誌, 64 (2), 811-822, 2013
- 20) (社) 日本フードスペシャリスト協会: 新版 食品の官能評価・鑑別演習 第3版, 建帛社, pp.80-84, 2008
- 21) 田中康夫, 松本 博: 製パンの科学 < I > 製パンプロセスの科学, 光琳, pp.5, 1991
- 22) 勝田啓子: 食品科学とレオロジー, 日本バイオロジー学会誌, 10 (2), 74-86, 1996
- 23) Szczesniak AS, Kleyn D H: Consumer Awareness of Texture and Other Food Attributes, Food Technology, 17, 74-79, 1963
- 24) 松本仲子, 松本文子: 食べ物の味 (その評価に関わる要因), 調理科学,

- 10 (2), 97-101, 1977
- 25) 早川文代：日本語テクスチャー用語体系 (ver. 1.1),
<http://www.naro.affrc.go.jp/nfri/introduction/files/2013-yougotaikai.pdf> (2018. 5. 31)
- 26) 中村美穂：市販食パンの官能評価調査結果に対する主成分分析の適用,
http://www.i-juse.co.jp/statistics/xdata/sympo16_nakamura02.pdf
(2018. 5. 31)
- 27) 船田京子, 曾根良昭, 桑守正範：炊飯後の巨大胚芽米の GABA 含量に及ぼす浸漬条件による影響, 美作大学・美作大学短期大学部紀要, 64 : 41-44, 2019
- 28) 象印：IH 炊飯ジャーNP-VN10 型取扱説明書・お料理ノート
https://www.zojirushi.co.jp/toiawase/TR_PDF/NPVN.pdf (2020. 01. 28)
- 29) 井上好文：「パンの美味しさを形づくる」製パン技術, 色材協会誌, 91 (2) : 46-51, 2018
- 30) 東京製菓学校監修：いちばんくわしいパン辞典, 世界文化社, pp3, 2015