

機関番号：32670
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2008～2010
 課題番号：20500692
 研究課題名（和文） 雑穀を用いた含泡食品の創製技術の確立とその三大アレルギー対応食品への応用
 研究課題名（英文） Establish of the processing of foam foods with various millets, and its application to the allergen-free foods
 研究代表者
 藤井 恵子 (FUJII KEIKO)
 日本女子大学・家政学部・准教授
 研究者番号：20186480

研究成果の概要（和文）：ホワイトソルガム、キヌア、シコクビエ穀粉を用いて、主要なアレルギーを含まないパンの開発を目的とした。製パン方法を検討した結果、いずれの雑穀粉もパンを焼成することができた。品質改善のためにイヌリンを添加することで内相は細かくなり比容積も増大した。これらのパンは、冷凍保存による変化がほとんどなかった。また官能評価においては、ホワイトソルガムパンはもろいが、キヌアパン、シコクビエパンは、外相はカリカリと香ばしく、内相はしっとりとして軟らかいパンであると評価された。

研究成果の概要（英文）：The baking properties of the bread made with quinoa, white sorghum and finger millet flour, were investigated for the development of the allergen-free bread. The preparation methods for the bread made from each flour could be established after many tried and error. When inulin was added for the improvement of bread quality, the specific volume of the bread increased. As the moisture of the crumb of the bread didn't change by freezing, the refrigeration was thought to be effective for the purpose of maintaining the bread quality. In sensory evaluation, the white sorghum bread was brittle, quinoa and finger millet bread was crisp and moist.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：生活科学・食生活学

キーワード：テクスチャー、物性制御、雑穀、パン、ホワイトソルガム、キヌア、シコクビエ

1. 研究開始当初の背景

現代の欧風化した食生活は、エネルギー過多、脂肪過多の傾向が強く、これが生活習慣病の一因となっている。一方、今アメリカでは、模範とすべき食事は一昔前の日本の食事とされている。欧風化した日本の食生活に適合するヘルスケア食品の開発においても和食材の積極的な利用は極めて重要な視点となっている。

代表的な和食材のひとつである雑穀は糖

質の供給源となるばかりではなく、日本人が不足しがちなカルシウム、鉄分、食物繊維を豊富に含み、活性酸素除去能が高いことが知られている。従って、雑穀粉のような和食材由来の穀粉が現代の食生活からの要求に応えることができれば、米や雑穀の応用分野が大きく広がり、健康な食生活を維持しつつ、生活習慣病を予防することにつながることを期待できる。

雑穀粉を用いた健康志向型含泡食品は、三

大アレルゲン（小麦、卵、乳）を含まないため、食品アレルギーに悩む人々にも幅広く利用してもらえることが期待される。

2. 研究の目的

従来小麦粉を用いて作るものとされている含泡食品を穀粉から作るための食品設計原理を確立して、その有効性を実証する。

雑穀粉としてホワイトソルガム、キヌア、シコクビエ穀粉を選び、パンの製造工程を検討する。雑穀粉を主成分とする三大アレルゲンを含まない健康志向型含泡食品を開発し、その製造方法を確立することを目指す。さらに、保存性を含めた品質についても検討する。

3. 研究の方法

(1) 各種雑穀粉パンの調製方法

雑穀粉としてホワイトソルガム粉、キヌア粉、シコクビエ粉を用い、これに砂糖、塩、イーストを加え、加水量を変化させてパンの調製を試みた。配合割合、発酵時間、焼成条件等について検討し、ホワイトソルガムは220℃で24分間、キヌアパンは170℃で30分間、シコクビエパンは200℃で30分間焼成した。品質改善のために食物繊維のイヌリン、増粘剤のヒドロキシプロピルメチルセルロース、カルボキシメチルセルロースを添加した。

(2) 測定方法

焼成後のパンは、常温(25℃、相対湿度 65%)または冷凍(-20℃)で0~5日間保存した。

製パン性として、比容積、破断応力、初期弾性率、水分含量について測定し、また官能評価を行い嗜好性について評価した。

①比容積

焼成後のパンを型から出して90分間室温(25℃)で放冷した後、試料の重量、菜種法によるパンの見かけの体積を測定し、比容積を算出した。

②破断特性

試料の力学特性を調べるために、クリープメーター(レオナーRE-3305S; (株)山電)を用いて、荷重-時間曲線を得た。この曲線から抵抗応力及び初期弾性率を算出した。測定する際は、内相から2cm角を切り出し、測定条件は、プランジャー: φ4cmの円板型、圧縮率: 70%、スピード: 6cm/minとした。

③水分含量

内相3gについて水分含量を測定した。測定には水分測定器(ハロゲン水分計MB45; メトラートレド(株))を用い、乾燥温度105℃とした。

④X線回折

各試料は、25℃、相対湿度65%に保たれたデシケーターに入れ保存した。パンの内相は約3倍量のエタノールを加え、乳鉢で磨砕しながら脱水し、濾過した。この操作を3回繰り返して、アセトンで洗浄後風乾し、脱脂粉末試料を得た。X線回折の測定は、X線回折装置(RINT-1500/理学電機株式会社)を使用した。

⑤官能評価

各種雑穀粉パンの嗜好性を調べるために、官能評価を行った。試料は、焼成後1時間放冷したものを用いた。パネルには、本学食料学部の学生72名を選び、評価方法は両極7段階尺度法を用いた。

質問項目は、香り、外相のカリカリ感、内相の硬さ、弾力性、もろさ、しっとり感、ふんわり感、総合評価の8項目とした。

4. 研究成果

(1) ホワイトソルガム粉を用いたパンの製パン性

最適な調製方法を検討した結果、ホワイトソルガム粉、砂糖、塩、イースト、水という基本的な材料だけでも、パンを焼成することができた。しかし、グルテンを含まないためにネットワーク構造が形成されず、内相は詰まってべたついたものとなった。

ホワイトソルガム粉100%に対して、100~200%の加水量で検討した結果を図1-1に示す。最も比容積が大きくなったのは、140%であった。100%や120%の少ない水分では、内相は詰まってきめ細かくなっているが、これは生地がドウ状になって十分な発酵ができず、ほとんど膨らまなかったためである。

一方で、160%以上の水分では、生地の水が多すぎて膨らんだ状態を保つことができず、中央が凹んだ形になった。ホワイトソルガム粉に対して140%において内相の様子も最も良好であり、また比容積も140%が最も大きくなったため、加水量は140%にすることとした。小麦粉食パンを生成する際の一般的な加水量(65~70%程度)の約2倍の水を必要としており、粉の性質が異なっていることが明らかとなった。

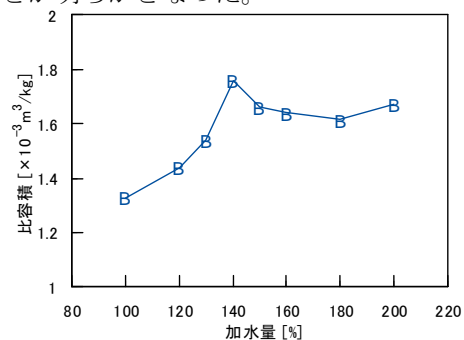


図1-1 比容積に及ぼす加水量の影響

品質改善のために、イヌリン、HPMC（ヒドロキシプロピルメチルセルロース）、CMC（カルボキシメチルセルロース）を添加した結果を図1-2に示す。

イヌリンを添加することで内相は細くなり、比容積も増大した。また、イヌリンのマスクング作用によって、雑穀特有のくさみが改善されて、ほんのりとした甘味が付与された。さらに HPMC・CMC を併用して添加することで、きめ細かい内相のパンを調製することができた。

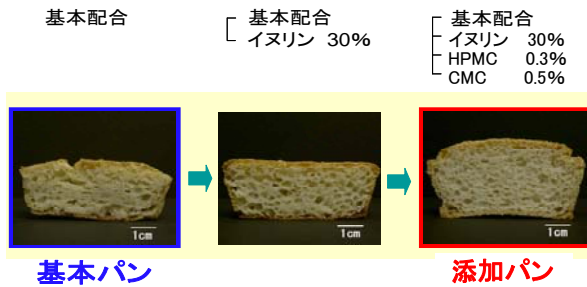


図1-2 イヌリン、HPMC、CMC 添加の影響

経時変化においては、水分含量と抵抗応力の変化が密接に関係しており、イヌリン・HPMC・CMC 添加パンは、ふんわりときめ細かい構造である分、空気と触れる表面積が大きいため、水分含量の減少や抵抗応力の増大の変化の割合が基本パンより大きくなった。しかし、冷凍保存することで水分含量を保つことができ、抵抗応力の増大も低く抑えることができた。ホワイトソルガムパンの品質を保持しながら流通させる方法の一つに、冷凍保存が有効である可能性が示された(図1-3)。

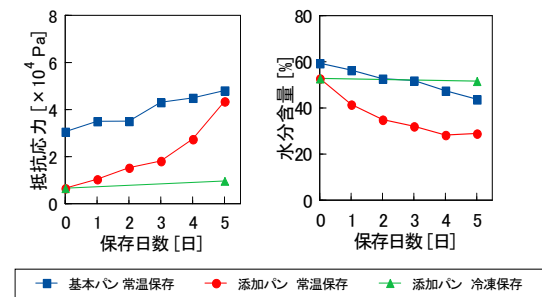


図1-3 各種パンの物性に及ぼす保存日数の影響

また官能評価においては、基準であるブレインスコーンに比べ、弾力性やふんわり感がなく、もろく、舌触りが悪いが、外相がカリカリしているパンであると評価された。しかし、内相のかたさには有意差がなく、ホワイトソルガム粉 100%でパンを調製してもほぼ等しい硬さのパンが調製できることが示された(図1-4)。

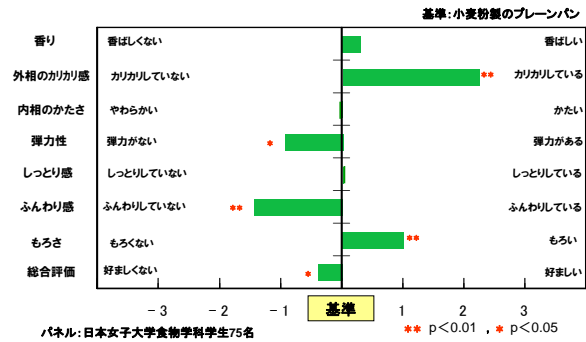


図1-4 ホワイトソルガムパンの官能評価結果

(2) 全粒キヌア粉を用いたパンの製パン性
キヌアパンの最適加水量を調べるため、キヌア粉に対して60%、110%、120%、130%、140%、150%の水を加えてパンを調製した。加水量120%で最も比容積が高くなったため、加水量は120%に決定した。加水量120%にイヌリンを添加したときの比容積の結果を図2-1に示す。

比容積はイヌリン無添加時に比べて、イヌリン添加パンの方が有意に大きくなることが明らかとなった。30%添加が内相もきめ細かく良好となった。

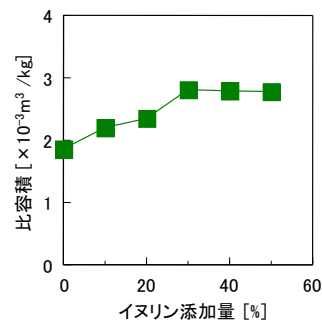


図2-1 比容積に及ぼすイヌリン添加の影響

各種パンを0~5日間、25℃・相対湿度65%で保存したときのパンの抵抗応力(70%圧縮時)と水分含量の結果を図2-2に示す。

常温保存のキヌアパンは保存日数が長くなるにつれ、抵抗応力や初期弾性率が大きくなって硬くなったが、冷凍保存のパンでは保存5日目でも変化は見られず、冷凍保存によりパンの品質が保たれることが示唆された。また、イヌリンを添加することで、無添加時に比べ有意に軟らかいパンを調製することができた。

パンの水分含量は保存日数に従って減少傾向を示したが、冷凍保存では保存日数に影響されることなく保存5日目でも焼成当日と同じ水分含量を保つことができた。

抵抗応力の結果と合わせて考えてみても、保存性を考えた場合、冷凍保存は有効な手段であることが示唆された。

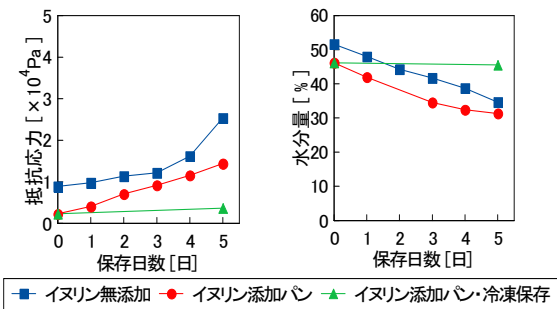


図 2-2 キヌアパンの力学的特性に及ぼす保存日数の影響

キヌアパンの嗜好性を調べるために官能評価を行った。その結果を図 2-3 に示す。

キヌアパンは、基準の小麦粉パンに比べ外はカリカリして香ばしく、内相はややきめが粗く、もろく、苦みがあるがしっとりとして軟らかいパンであるという特徴が示された。

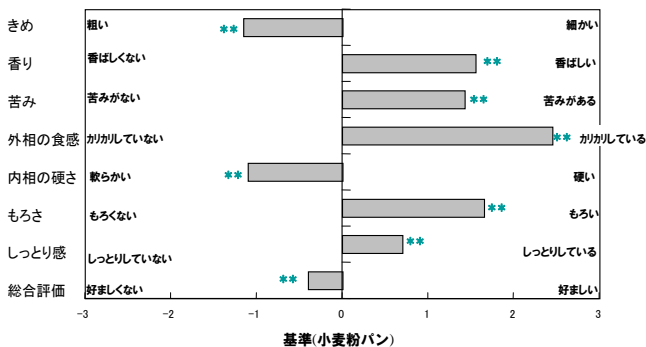


図 2-3 イヌリン 30% 添加キヌアパンの官能評価結果

(3) シコクビエ粉を用いたパンの製パン性

一般に小麦粉でパンを作る際に用いる基本配合で焼成したシコクビエパンの写真を図 3-1 に示す。

シコクビエ穀粉はもともと茶色く、焼成後も写真のように茶色いパンで、最適加水量は 90% となり、小麦粉と比較して、約 1.5 倍の水が必要であることがわかった。

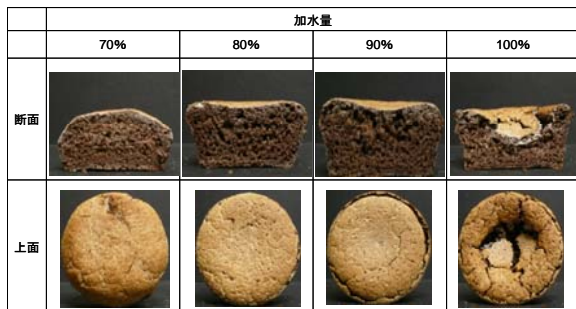


図 3-1 シコクビエパンの最適加水量の検討

シコクビエ粉、砂糖、塩、イースト、水の基本配合のみでは、比容積の小さなパンになったため、パンの品質を改善することが明らかとなっているイヌリンと CMC を添加した。

イヌリンの最適添加量は 20%、CMC の最適添加量は 0.5% ということが明らかとなり、最適添加量で調製したイヌリン添加パンと CMC 添加パンでは、基本配合のシコクビエパンと比較して比容積が有意に大きくなることが示された (図 3-2)。

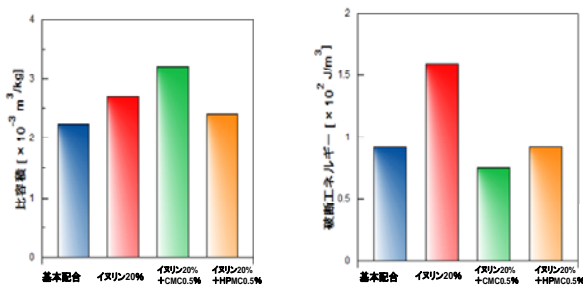


図 3-2 イヌリン 20% と CMC 0.5% 添加の影響

粉末豆乳とプルーンを添加したシコクビエパンを用いて、官能評価を行った。その結果を図 3-3 に示す。

シコクビエパンは、官能評価により基準のパンに比べ外はカリカリして香ばしく、内相はしっとりとしていてやわらかく、苦みがあるという特徴を持つことが示された。シコクビエパンは基準のパンと比較して香り、きめ、後味、総合評価において有意差が見られないことから、市販品の基準パンに劣らない製品であるということが明らかとなった。

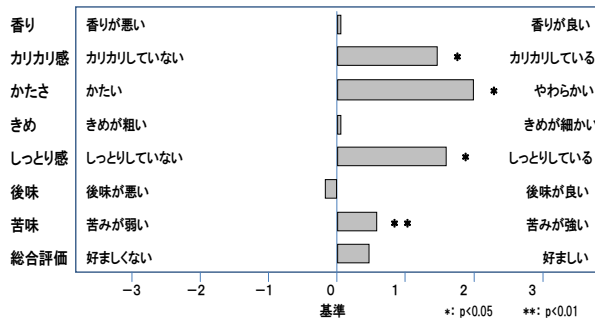


図 3-3 シコクビエパンの官能評価の結果

また、経時変化においてシコクビエパンは室温保存の場合、保存日数が長くなるにつれて澱粉の老化が進行するため、水分含量の低下や抵抗応力の増加がみられ、硬くなったが、粉末豆乳やプルーンを添加することで、5 日後の破断エネルギーの増加を緩やかにする可能性が示された。

また、添加により嗜好性の改善が顕著にみられた。粉末豆乳やプルーンを添加したシコクビエパンにおいては、冷凍保存することで保存 5 日目でも水分含量や抵抗応力に変化は

みられなかった。このことから、流通させる方法の一つに、冷凍保存が有効である可能性が示された (図 3-4)。

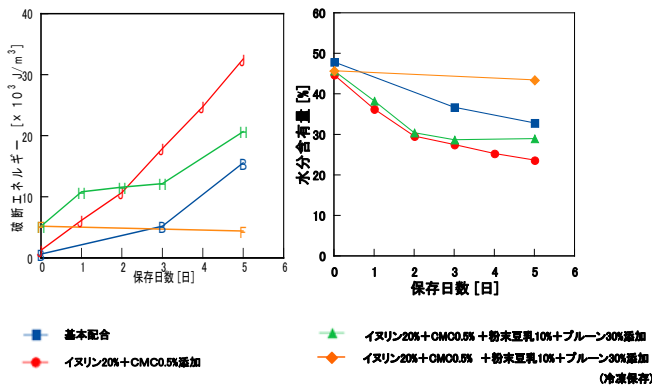


図 3-4 イヌリン 20%と CMC 0.5%添加に、さらに粉末豆乳 10%、プルーン 30%を添加したパンの保存の影響

結晶構造という視点からパンのでんぷんがどの程度老化しているのか X線回折装置を用いて検討を行った。その結果を図 3-5 に示す。0 日目から 1 日目で 17° のピークが急に大きくなり、その後はなだらかに大きくなっていることから、粉末豆乳・プルーン添加シコクビエパンは、保存 1 日目で老化が進行してしまうということが明らかとなった。今後は結晶構造の老化を予防し、保存性を高めることが課題である。

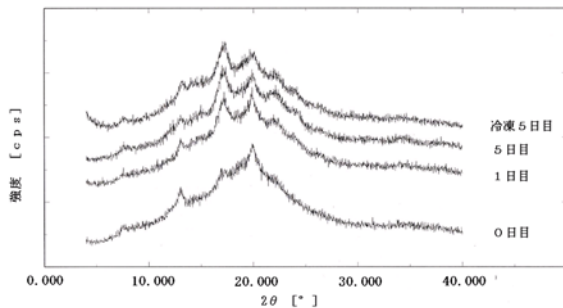


図 3-5 イヌリン 20%と CMC 0.5%添加に、さらに粉末豆乳 10%、プルーン 30%を添加したパンの X線回折図

5. まとめ

生活習慣病予防や食物アレルギー患者等の食生活に貢献するため、給食用健康維持食品の応用としてホワイトソルガム、キヌア、シコクビエ穀粉を用いて、主要なアレルギーを含まない、食物アレルギー体質の者でも安心して食べることの出来るパンの開発を目的とし、その製パン性について検討した。調製方法を検討した結果、いずれの雑穀粉も小麦粉で調製するパンよりも加水量が多くなったが、パンを調製することができた。品質改善のために食物繊維であるイヌリンを添加することで内相のきめは細かくなり比容

積も増大した。

保存性においては、冷凍保存することで保存 5 日目でも水分含量や抵抗応力に変化はみられず、流通させる方法の一つに、冷凍保存が有効であることが示された。

また官能評価においては、基準の小麦粉パンに比べてホワイトソルガムパンは弾力性がなく、もろいが、キヌアパン、シコクビエパンは、外相はカリカリと香ばしく、内相はしっとりとして軟らかいパンであると評価された。

以上の結果から、ホワイトソルガム、キヌア、シコクビエ穀粉のみでアレルギー物質を含まないパンを調製できることが示され、これらのパンが、アレルギー対応食品として応用できる可能性が示された。

6. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 3 件)

- ①藤井恵子、田辺美貴、横山知世子、高橋敦子、シコクビエ穀粉の製パン性に関する研究、日本調理科学会平成 22 年度大会、平成 22 年 8 月 27 日、中村学園大学 (福岡)
- ②中島麻紀子、横山知世子、藤井恵子、全粒キヌア粉の給食用健康維持食品への応用、日本調理科学会平成 21 年度大会、平成 21 年 8 月 29 日、同志社女子大学 (京都)
- ③丸井麻子、肥田由紀子、但馬知世子、藤井恵子、ホワイトソルガムを用いたパンの製パン性に関する研究、日本調理科学会平成 20 年度大会、平成 20 年 8 月 29 日、椋山女学園大学 (名古屋)

7. 研究組織

(1)研究代表者

藤井 恵子 (FUJII KEIKO)
日本女子大学・家政学部・准教授
研究者番号：20186480

(2)研究分担者

藤井 智幸 (FUJII TOMOYUKI)
東北大学・大学院農学研究科・教授
研究者番号：40228953