

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：32670

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500938

研究課題名(和文)生活習慣病予防に資する雑穀利用食品の設計とその基盤原理の確立

研究課題名(英文)Basic aspects on the preparation of foam foods with millet for the purpose of prevention of lifestyle-related disease

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：近年日本人に不足しがちなミネラルや食物繊維を豊富に含み、また、食物アレルギーの主要原因食物(小麦、牛乳、卵など)を含まないパンが求められている。本研究ではアマランサス粉、ホワイトソルガム粉、もち粟粉とうるち粟粉をブレンドしパンを調製した。製パン性を検討した結果、ホワイトソルガム粉にアマランサス粉を25%混合したところ、ホワイトソルガム単独パンに比べ軟らかく内相にべたつきが認められた。もち粟粉とうるち粟粉の混合割合を変化させるとパンの比容積はほとんど変わらなかったが、もち粟粉の比率が高いほど軟らかいパンとなった。官能評価においても、イヌリンや豆乳を添加したパンは有意に好まれた。

研究成果の概要(英文)：Millet is high in calcium, iron and dietary fiber, and do not contain the three major allergens of wheat, egg, and milk. Therefore, millet flour is expected to be utilized as one of the ingredients for allergen-free foods. The baking properties of the bread made with amaranth, white sorghum and the foxtail millet flour, were investigated for the development of the allergen-free bread. The waxy/nonwaxy rate was not influence the specific volume of foxtail millet flour bread. However, the proportion of nonwaxy foxtail millet flour was larger, the hardness was higher. When inulin was added for the improvement of the quality of the foxtail millet flour bread, the specific volume of the bread increased. The initial elastic modulus of the bread was decreased by the addition of soymilk. In sensory evaluation, the foxtail millet flour bread with inulin and soymilk was tender, no bitter, good after taste, and synthetically favorable.

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：アマランサス ホワイトソルガム もち粟 うるち粟 雑穀 パン 物性 官能評価

1. 研究開始当初の背景

食料自給率の低下、欧風化した食生活によるエネルギー過多、および脂肪過多に起因する生活習慣病の増加、アレルギー体質者の増加、輸入食品の安全性に対する不安など食を巡る状況は問題山積である。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、日本人に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。雑穀粉についても機能性食品素材として同様の効果が期待されている。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、雑穀の応用分野が大きく広がるのみならず、食育基本法に謳われているような生活習慣病の予防につながる食生活の確立に貢献できると考えられる。

本研究では、雑穀粉を用いた健康志向型含泡食品の創製を目指す。これは、食物アレルギーの主要原因食物(小麦、牛乳、卵など)を含まないため、食物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

近年、日本人に不足しがちなミネラルや食物繊維を含む雑穀が注目されている。また、食物アレルギーの主要原因食物(小麦、牛乳、卵など)を含まないパンの開発は、食物アレルギー患者にとって食生活のQOLの向上につながると考えられる。そこで、本研究ではアマランサス、ホワイトソルガム、粟粉に着目し、それぞれの粉体特性を明らかにするとともに、単独またはブレンドしてパンを調製し、製パン性および保存性について検討することを目的とした。

3. 研究の方法

(1)各種雑穀粉パンの調製方法

アマランサスパンの材料としてアマランサス粉 100 g に対し、グラニュー糖 5~20%、オリーブオイル 10%、塩 0~2%、ドライイースト 1%、蒸留水 70~130%を用いた。

アマランサス粉にグラニュー糖、塩を加えて混合し、これに水を加えて、ミキサーで攪拌した後、オリーブオイルを加え、さらに攪拌した。その後、イーストを加え十分に混合した。得られたバターをマフィン型に流し込み、39 で 50 分間の一次発酵後、ガス抜きを行い、10 分間の二次発酵を行ってから、200 のオーブンで 30 分間焼成した。

雑穀粉混合パンの材料として、アマランサス粉とホワイトソルガム粉の配合割合を 25% ずつ変えて混合した。雑穀粉、ドライイ

ースト、グラニュー糖、食塩、オリーブオイルを基本材料とし、10 分間攪拌し生地とした。39 で 50 分間の一次発酵、ガス抜き後、10 分間の二次発酵を経て 200 で 30 分間焼成した。

粟粉パンの材料としてもち粟粉、うるち粟粉を用いた。添加剤として、イヌリン、豆乳(無調整)を用いた。粟粉、グラニュー糖、食塩、ドライイースト、オリーブオイルを基本材料とし、ミキサーを用いて 5 分間攪拌し、得られたバターをマフィン型に流し込み、38 で 70 分間発酵させた。その後、180 のオーブンで 40 分間焼成した。

(2)測定方法

粉体特性

粒度分布は、レーザー回折式粒度分布測定器を用いて測定した。澱粉損傷度は、損傷澱粉測定キット(日本バイオコン株)を用いて測定した。吸水性は、松木らの方法に従い、粉の吸水量及び吸水速度を測定した。

糊化特性はラピッドビスコアアナライザーを用いて測定した。

比容積

焼成後のパンを型から出し、25 で 2 時間放冷した後、菜種法によりパンの見かけの体積を測定し、比容積を算出した。

水分含量

焼成後、25 まで 2 時間放冷後、外相を除去した内相 3g について水分含量を測定した。測定には、ハロゲン水分計を用い、105 で加熱した。

破断特性

パンは内相を 2cm×2cm×1.5cm 角に切り出し、クリープメータ(レオナーRE3305S、株山電)を用いて測定した。測定条件は、プランジャー 4cm の円板型を用いて、圧縮速度 6cm/min、圧縮率は 80%とした。

X 線回折

パンは相対湿度 65%の条件下に保存しておき、測定当日に外相を除去し、2cm に切り出した。なお、冷凍保存のパンは焼成当日にラップに包んで冷凍保存し、測定当日にラップのまま常温で自然解凍させてから測定を行った。

脱脂粉末試料は所定時間保存した各種パンに約 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、アセトンで洗浄後風乾し、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。

官能評価

嗜好性を調べるために官能評価を行い、評価方法は 7 段階評点法を用いた。試料は、焼成後 1 時間放冷したのを用いた。パネルは、本学食物学科の学生、教員を合わせて 33 名とした。質問項目は、きめ、香り、かたさ、ぼそぼそ感、べたつき、苦味、あと味、総合評価の 8 項目とした。

4. 研究成果

(1) アマランサスパンの製パン性

アマランサス粉はタンパク質と脂質が多いのが特徴的であった。メジアン径が $211 \mu\text{m}$ のものを用いた。加水量を変化させたときのアマランサスパンの上面と断面の写真を図 1 に示す。加水量 70% では加水量が少ないため、内相が詰まってずっしりとした重いパンとなった。また、加水量 100% 以上では空洞ができてしまい、焼成不可であった。バター
の粘度が低いとパンを焼成する際にセル構造を保つことができず、空洞ができてしまうと
考えられた。加水量 95% ではきめが細かく、加水量 100% 以下で比容積が最も大きかったため、最適加水量は 95% とした。

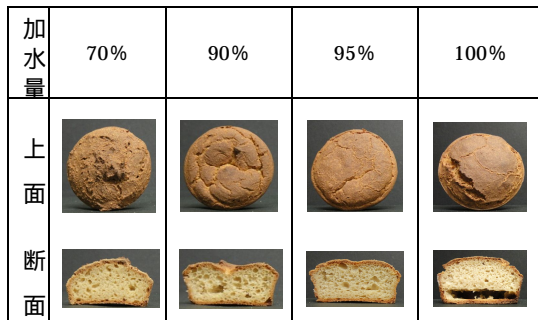


図 1. 加水量を変化させたときのアマランサスパンの上面と断面の写真

製パン性に影響を与える要因として、バターの粘度が考えられる。加水量 100% のバターでは粘度が約 $10\text{Pa}\cdot\text{s}$ 以下となり、パンを調製できないことが明らかとなり、アマランサスパンを調製する際には、バターの粘度を $10\text{Pa}\cdot\text{s}$ 以上にすることが重要であることが示された。

アマランサスパンの品質を改善することを目的として、イヌリンを 10~50%、CMC を 0.3~1.5%、HPMC を 0.3~1.0% 添加し、検討を行った。いずれの品質改善剤を加えても、比容積は大きくなり、アマランサスパンの問題点であるべたつきも改善されなかった。

アマランサスパンを 0~5 日間、25℃、湿度 65% の条件下で保存したパンと 5 日間冷凍保存したパンの保存性について検討した。

常温保存したパンと、冷凍保存したパンの水分含量及び抵抗応力(歪 25%)の結果を図 2 に示す。

保存日数が長くなるに従い水分含量は低下し、冷凍保存したものは常温保存したものに比べて低下率が低かった。抵抗応力は、常温保存したパンでは保存日数に従って顕著に大きくなって硬化した。これに比べ冷凍保存したものは、5 日目の破断特性値が 0 日目のものとはほぼ変わらず、抵抗応力の増加が抑制された。以上の結果より、冷凍はパンの保存性を向上させる手段として有効であることが示された。

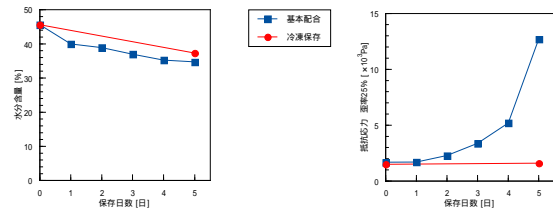


図 2. アマランサスパンの水分含量及び抵抗応力に及ぼす保存の影響

パンの保存性について、結晶構造という視点からパンの澱粉がどの程度老化しているのか、また冷凍保存することによってどの程度老化を抑制することができるのか、X 線回折装置を用いて検討を行った。X 線回折カーブ上の 17° のピーク強度により老化が進んでいるかを判断することができる。常温保存したパンでは保存 3 日目からピークが出現し、保存日数に従いそのピークは鋭くなった。このことから、保存日数が長くなるにつれてパンの老化が進んでいることが示された。一方冷凍保存したパンでは、保存 5 日目においてもピークは出現しておらず、冷凍保存によって結晶構造の回復を抑制することができた。冷凍 5 日目のパンでピークが出現しなかった要因として、アマランサスの保水性が優れているということが考えられる。この保水性の作用により、老化を抑制することが出来たと考えられる。このことから、老化が進んでしまうパンにアマランサスを添加することによって、老化を抑制できる可能性が示された。

嗜好性を調べるために官能評価を行った結果を図 3 に示す。アマランサス単独パンは市販の小麦粉パンに比べ、香りが悪く ($p < 0.05$) ややべたつきと苦味があり、後味が悪いと評価されたが ($p < 0.01$) やわらかくてぼそぼそしていないパンであるという特徴が示された。

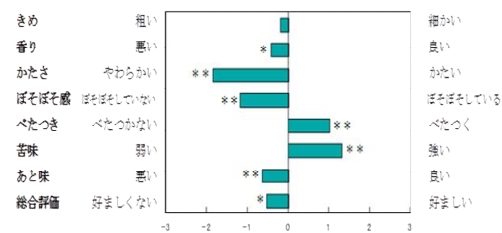


図 3. アマランサスパンの官能評価結果

(2) アマランサス粉とホワイトソルガム粉を混合したパンの製パン性

アマランサス粉と混合するホワイトソルガム粉はうるち米に近い成分組成であった。メジアン径はアマランサス粉 $211 \mu\text{m}$ と比較して、ホワイトソルガム粉は $121 \mu\text{m}$ でアマランサス粉より小さいものを用いた。

アマランサス粉及びホワイトソルガム粉単独の生地は、貯蔵弾性率、損失弾性率がいずれも高く、損失正接は1に近い値であった。

ホワイトソルガム/アマランサス混合系では、アマランサス粉を混合することにより貯蔵弾性率、損失弾性率がいずれも低下し、50%ずつの混合で最低値を示した。一方、損失正接はアマランサス粉の混合によって50%までは増加し、それ以上になると低下した。

雑穀粉を単独で用いてパンを調製すると、ホワイトソルガムは製パン可能な加水量の範囲が狭く、100~140%となった。最適加水量は130%で、小麦粉で調製したパンの約2倍の加水量が必要であった。一方、アマランサス単独の製パン可能な加水量の幅は60~120%と、ホワイトソルガムより広がった。アマランサスパンは内相がべたつき、きめが粗かった。

混合系では、ホワイトソルガムにアマランサスを25%混合すると製パン可能な加水量の範囲は広くなり、アマランサスの影響が大きいことが示された。最適加水量はアマランサスを混合することで減少し、W75A25では100%となった。アマランサスの混合割合50%以上になるとA100と同じ110%となった。一般に、小麦で調製したパンの加水量は60~65%である。しかし雑穀粉を使用したパンにおいては、それよりかなり多くの加水が必要なことが報告されており、本研究においても、最適加水量は100~150%となった。

比容積とかたさは、アマランサスを混合するとべたつきを増し、25%混合しただけでも応力に影響を与えた。しかし硬く、ぱさつきがちなホワイトソルガムとの混合では内相が軟らかくなり、良い影響を与えたといえる。

X線回折による強度は、A100は3日目まで緩やかに上昇し4日目まで他の試料とほぼ等しい強度に達し、5日目はほとんど変化しなかった。一方、W100は保存1日目に急激に強度が高くなり、その後の変化は小さかった。この傾向は破断エネルギーの傾向と似ており、W100は1日目で破断し、アマランサスは保存4日目以降に破断した。すなわちパンの硬化は、老化によるものと考えられた。また混合系においては、強度は、W100の方向に偏っており、ホワイトソルガムの影響が大きいことが示された。

一般にアミロース含量が多いと老化は速いといわれている。今回の研究では、アミロース含量と5日目のX線回折強度との間に有意な相関はみられなかった。しかし、一番アミロース含量の多いホワイトソルガムは最も老化が速く、アマランサスの混合割合が多いほど老化が遅くなる傾向がみられ、アミロース含量と何らかの関連性はあるものと推測された。

ホワイトソルガム粉、アマランサス粉を用いた混合パンは、嗜好性においては、市販の小麦粉パンと比較して香ばしく、内相が軟ら

かく、しっとりしているが、苦味が強いいため後味が悪いと評価された。しかし、その苦味を味わいとして評価する意見もあり、結果として、基準の小麦粉を用いたパンと比較して総合評価では有意差が認められず、遜色なく受け入れられることが示唆された。

(3)もち粟粉とうるち粟粉を混合したパンの製パン性

アミロース含量はもち粟粉6%、うるち粟粉26%、澱粉損傷度はもち粟粉5.4%、うるち粟粉6.3%であった。もち粟粉とうるち粟粉の平均粒径はそれぞれ138 μm と169 μm であった。吸水性については、もち粟粉とうるち粟粉を比較すると、平均粒径の小さいもち粟粉の方が吸水性は高くなった。

パンの水分含量はうるち粟粉の比率が大きくなるほど高くなった。

パンの比容積は、もち粟粉とうるち粟粉の配合割合を変化させてもほとんど変わらなかった。しかし、うるち粟粉の比率が大きくなるほど硬いパンになることが明らかとなった(図4)。

うるち粟粉はもち粟粉よりもアミロース含量が高く、澱粉損傷度も大きく、RVAによるセットバック値も高くなった。これらの結果がパンの物性に影響を与えていると考えられた。

もち粟粉とうるち粟粉を50:50で混合し調製したパンをコントロールとして、これにイヌリンを30%添加すると、比容積は有意に増大した。さらに、水の代わりに豆乳を用いて調製することにより、初期弾性率の値は有意

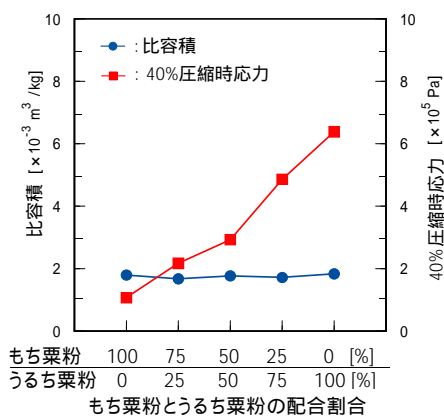


図4. 粟粉パンの比容積と応力(40%圧縮時)

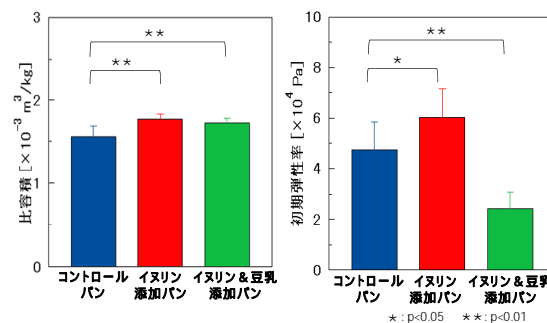


図5. 粟粉パンの物性に及ぼすイヌリンと豆乳添加の影響

に低下し、コントロールパンよりもやわらかくなることが明らかとなった(図5)。

これらのイヌリンおよび水の代わりに豆乳を用いて調製したパンは、コントロールパンと比較して、やわらかく、味もよく、総合的に好ましいと評価された。

(4)まとめ

日本人に不足しがちなミネラルや食物繊維を豊富に含み、また、食物アレルギーの主要原因食物(小麦、牛乳、卵など)を含まないパンの開発を目的とし、アマランサス粉、ホワイトソルガム粉、もち粟粉とうるち粟粉をブレンドしたものをを用いてパンを調製した。

アマランサス単独パンでは、保存性には優れているが、官能評価においてややべたつきと苦みがあり、後味が悪いと評価されたため、嗜好性を向上させる必要があると考えられた。

そこで、ホワイトソルガム粉にアマランサス粉を25%混合したところ、ホワイトソルガム単独パンに比べ軟らかく、内相にべたつきが認められた。粉のアミロース含量とパンの硬さの間には正の相関がみられ、アミロース含量の多いホワイトソルガムの配合割合が増加するほどパンは硬くなり、澱粉の老化も速くなった。

アミロース含量の影響を調べるため、粟粉を主原料としたグルテンフリーパンの物性を検討したところ、もち粟粉とうるち粟粉の配合割合を変化させることにより、パンの硬さを調整することができた。またイヌリンや豆乳を用いることで、嗜好性の向上につながることを示唆された。

これらの雑穀を用いたパンは、ミネラルや食物繊維を豊富に含み、また、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。

5. 主な発表論文等

[学会発表](計5件)

辻 美智子、齊藤 麻里、宮川 梨奈、横山 知世子、藤井 恵子、粟粉を主原料としたグルテンフリーパンのレオロジー特性、第61回レオロジー討論会、2013年9月25日、山形大学(山形)

辻 美智子、齊藤 麻里、宮川 梨奈、横山 知世子、藤井 恵子、もち粟粉とうるち粟粉をブレンドしたグルテンフリーパンの製パン性、第60回日本栄養改善学会学術総会、2013年9月14日、神戸国際会議場(兵庫)

Keiko Fujii, Asako Marui, Makiko Nakashima, Miki Tanabe, Atsumi Kaneoya, Preparation of allergen-free bread from various types of millet, International Federation for Home Economics XXII World Congress, 2012年7月16日~2012年7月21日、メルボルン(オーストラリア)

石井 和美、金親 あつ美、藤井 恵子、アマランサス粉とホワイトソルガム粉を

使ったグルテンフリーパンの製パン性、日本家政学会第64回大会、2012年5月13日、大阪市立大学(大阪)

藤井 恵子、武藤 真衣、横山 知世子、金親 あつ美、アマランサス粉の製パン性に関する研究、日本調理科学会平成23年度大会、2011年8月30日、高崎健康福祉大学(群馬)

6. 研究組織

(1)研究代表者

藤井 恵子(FUJII, Keiko)

日本女子大学・家政学部食物学科・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・(連合)農学研究科(研究院)・教授

研究者番号: 40228953