

平成 26 年 6 月 19 日現在

機関番号：34511

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500982

研究課題名(和文) グルテンフリー膨化食品の研究

研究課題名(英文) Study of gluten-free leavening foods such as a bread

研究代表者

瀬口 正晴 (SEGUCHI, Masaharu)

神戸女子大学・家政学部・教授

研究者番号：40149612

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円、(間接経費) 750,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、Celiac病を回避するために、グルテン同様の粘着性を有するジネンジョや過熟バナナを用いてグルテンフリーパンを調製した。ジネンジョを凍結乾燥後、小麦デンプン、砂糖、イーストなどと混合、発酵、焼成して製パンを行った。さらに過熟バナナを同様に用いてパンの調製をすすめた。その結果、何れも小麦粉パンに相当するパンが得られた。さらにジネンジョを高分子区分(多糖類)と低分子区分(ペプチド)に分画し製パンすると、何れの区分も製パンに必要なことがわかった。バナナは過熟のもの(黒)で膨化した。この過熟バナナをオートクレーブ処理するとパンはできなかった。

研究成果の概要(英文)：To people who are suffering from celiac disease, I made two kinds of gluten-free breads. One gluten-free bread could be made remarkably with yam flour, wheat starch, sugar, yeast and water. Yam flour contains glycoproteins, peptides, and sugar, and gave higher viscosity instead of wheat gluten protein (Food Science and Technology Research. 18 (4), 543-548, 2012). Another gluten-free bread could be made with banana flour (Musa spp.), wheat starch, sugar, yeast, and water. Fresh banana did not make breads, however over-matured banana made a remarkable bread, which was related with enzymes in over-matured banana (Food Science and Technology Research. 20 (3), 613-619, 2014).

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：健康と食生活

1. 研究開始当初の背景

日本ではあまり聞いた事の無い病気、セリアック病 (CD) は、フィンランド、ドイツ、イギリス等ヨーロッパの国々では昔から厄介な病気で、大きな社会問題となっている。1950 年頃その原因が小麦グルテンとわかり、1975 年には小腸粘膜の障害により引き起こされる病気とわかってきた。CD を持つヒトの小腸粘膜突起物は、グルテン摂取によりその突起物がつぶれてしまい、小腸表面からその突起物が消失してしまう。当然消化吸収に障害が生じ死に至る。小麦、ライ麦、大麦、オート麦の貯蔵タンパク質 (プロラミン+グルテリン) で CD がでる。小麦グルテンだけではなくプロラミン、グルテリンタンパク質が原因で体に異常を起こす。従ってパンだけでなくビールなども CD 患者は摂取できない。フィンランドでは、子供 1.5% (2003 年調査)、大人 2.0% (2007 年調査)、老人 2.7% (2009 年調査) と患者数の増加が報告された。パン用小麦、デューラム小麦、カムト、スペルト、エマー、エインコーン、トリテケール (ライ麦と小麦のかけあわせ) などは、CD 患者に有毒である。オート麦も有毒だ。大丈夫なのは、コーン、もろこし、きび、米、ソバ、キノア、アマランスである。CD 患者にとり、すべてのグリアジンタイプ (/ 、 、 -、タイプ) が有毒である。グルテニンの方も、HMW-GS と LMW-GS の両タイプが有毒である。小麦とは対照的にライ麦の HMW-, -, -40k-, -75k-secalins 及び、大麦の D-,C-,B-, -hordeins は未だ試験されていないが、多分小麦タンパク質との類似性から有毒だろうと推察されている。ペプチド的には、 / -グリアジン N 末端域の 1-55 の位置のペプチドが CD 患者のトリIGGER である。その構造中、さらにテトラペプチド、PSQQ,QQQP がその活性ペプチドとわかっている。他にはトリIGGERになるペプチドテストは未確認である。これらのタンパク質は、小

腸にきてプロテアーゼで分解され、低分子量になるときに CD を発現する。日本でもこのグルテンを含むような食品は多くあり、これを食べるチャンスはヨーロッパ人と同じくらいだ。「パンは私の体にあわない。うどんもだめだ。ビールもだめだ。」というヒトもいるだろうが、その人はご飯を食べればいい。そばを食べればいい。日本酒をのめばいい。肉、卵をたべ、つけもの、後は、日本食をたべればいいわけで、日本は全く CD とは関係のない世界だ。しかしながら第二次世界大戦後、日本に学校給食制度ができ、日本人のパン食文化が発達し、食文化が西欧化して今に至り、この CD の世界に関心を示さずには通り過ごせないのが現状である。西欧食が定着してきて、日本人の中にもすでにこの CD に苦しむヒトが必ずあり、さらにこれから日本に増加すると思われる CD 患者の食生活にも大いに関心を示してゆくべきである。本研究ではこれらの問題点をベースに、グルテンフリー膨化食品の開発を目指すものである。西欧食には必ずパンは必要であり、そこでグルテンフリーパンが必要になる。現在我々のパンの原料である小麦粉中の膨化機能であるグルテンを除去したものを目指している。海外で CD 向けパンは小麦デンプンのみを用いた物が主体で、パン、ケーキ組織はもろく、膨化も不十分である。小麦パンに近く、食べやすいものがほしい。小麦粉中のグルテン区分 (pH3.5 可溶区分) はグリアジン (低分子量区分)、グルテニン (高分子量区分) からなり一種独特の強い粘弾性を持つ物質で、これが小麦粉によるパン、ケーキ、麺類を作り出す主要因である。タンパク質摂取をきらう腎臓病患者用食事なども本研究の対象と考えた場合、よりグルテンの性質に近い強い粘弾性を示す非タンパク質である粘性多糖類や、糖タンパク質等を考慮し、ヤマイモ、臭いを低下させた納豆粘質物 (-PAG (Na+ フォーム)、オクラ、モロヘイヤ、海藻、バナ

ナ等をその対象物として考える。

2. 研究の目的

セリアック病 (CD) 患者用のためのグルテンフリー膨化食品の開発研究を進める。そのために小麦粉の分画 (水溶性、グルテン、ブライムスターチ、テーリングス各区分) 法とその再合成粉によるケーキ、パン等のベーキング方法を確立し、グルテン区分を非グルテン物質に置き換えてグルテンフリーの膨化食品の新規開発を目指す。

3. 研究の方法

グルテンフリーパンの製法:

ヤマイモパンの製法; ヤマイモ粉は *Dioscorea japonica I (Jinennjyo)*, *D. japonica II (Yamanoimo)*, *Dioscorea batatas I (Yamatoimo)*, *D batatas II (Nagaimo)* を用いた。粉碎後、凍結乾燥して粉体とする。製パン方法は、ヤマイモ粉 10g、小麦デンプン 30g、砂糖 8.86g、圧搾酵母 10g と水 30 mL を加え、116rpm で 18 分間攪拌し、パンケース (5.5 x 9.5 x 6.6 cm) に入れ 40 度で 20 分間発酵し、210 度で 10 分焼成する。製パン後、パンの比容積とパン高を測定する。さらにパンの色調 (L, a, b) を測定する。

ヤマイモ粉/水懸濁液の透析; 10g の *Jinennjyo* を水 150mL に懸濁後、透析チューブに入れて多量 (10L) の水に対し一晩冷室で透析する。透析外液は 65 度以下で濃縮しシロップとする。透析内液は凍結乾燥する。さらに透析内液はペーパークロマトグラフィを用いて糖質区分とペプチド区分に分画する。

Jinennjyo 粉、HMW、LMW 区分のミキソグラフ試験; 10g の各粉を水 5.5mL に懸濁しミキソグラフで、それぞれ粘弾性を測定する。10g の小麦粉を水 5 mL に懸濁し、両者をミキソグラフ試験にかけ、比較する。統計処

理; 製パンは比容積とパン高を二回以上求めその平均値、SD を求める。SPSS ソフトを用いて、Duncan 多重検定試験を行う。

バナナ粉 (*Musa spp.*) パンの製法; バナナは新鮮なもの (緑色)、室温に放置し成熟 (黄色) したもの、さらに過熟 (黒色) したものをを用いた。何れも凍結乾燥したものをを用いる。バナナ粉 (30g)、砂糖 8.86g、圧搾イースト 10g、小麦デンプン 30g、水 50mL をミキサー中に入れ、116rpm で 18 分間混合する。パンドウをパンケースに入れて、40 度で 20 分発酵し、その後 210 度で 10 分間焙焼した。バナナ粉の透析; 過熟バナナ粉 30g を透析チューブ中に入れ水 (水 10L) に対し透析する。高分子区分 (透析内液) 8.22g、低分子区分 (透析外液) 21.2g を得る。

過熟バナナ粉のオートクレーブ処理; 過熟バナナ粉 (30g) を水 30mL に懸濁し、オートクレーブ (127 度、100 分間) 処理する。

過熟バナナ粉の RVA (Rapid Visco Analyzer) 試験; 小麦デンプン 2.0g、過熟バナナ粉 2.0g を水 25mL と混ぜ、RVA 試験に供する。

過熟バナナのミキソグラフ試験; 過熟バナナ粉 1.0g を 9.0g の小麦粉と混ぜ、5.5mL の水で 40 度、20 分間のインキュベーションをする。そのあとミキソグラフ試験を行う。試験結果は 10g 小麦粉のみの同様試験結果と比較する。

4. 研究成果

ヤマイモ粉で製パンした時;

各種ヤマイモ粉で製パンした時、

Dioscorea japonica I (Jinennjyo)、*D. japonica II (Yamanoimo)*、*Dioscorea batatas I (Yamatoimo)* *D batatas II (Nagaimo)* のうち、*Dioscorea japonica I (Jinennjyo)* が小麦粉パンに匹敵する製パン性 (パン高 68.4mm、比容積 3.95cm³/g) を与えた。*Jinennjyo* 粉を高分子区分 (9.3g)

低分子区分(1.1g)に分け、それぞれで製パンすると、パン高、比容積は何れも低下したが、それぞれを合一すると正常の製パン性に戻った。さらに低分子区分を、糖質区分とペプチド区分に分け、それぞれを高分子区分と混合してベーキングすると、ペプチド区分の方に製パン性の増加が認められた。ミキソグラフ試験から、高分子区分のみでは小麦粉、*Jinennjyo* 粉に見られるような粘性にスムーズさがなく、そこに低分子区分が入ると、スムーズな粘性を示すことがわかった。

低分子区分をペプチド、糖質区分に分画；低分子区分(1.1 mg)をペーパークロマトグラフィを用いて、ペプチド区分(ニンヒドリン発色区分)(0.48mg)と糖質区分(AHP = Anilin hydrogate phthalate 発色区分)に分画(0.37mg)し、それぞれを高分子区分と混合して、製パン試験を行った。その結果ペプチド区分の方が製パン性(パン高、比容積)は大きかった。*Jinennjyo* 粉を高分子区分(マンナン多糖類)と低分子区分に分けると、それぞれでは製パン性は得られなかったが、それらを合一すると元の製パン性が得られた。低分子量区分のうち糖質区分ではなくペプチド区分にその高い製パン性を与える性質のあることがわかった。

バナナ粉で製パンした場合；未熟バナナ(緑色)を室温放置し、5日目には熟成の黄色となり、44日目には過熟の黒変が認められた。それぞれを凍結乾燥し、製パン試験をおこなった。その結果、過熟の黒変バナナで顕著な製パン性が得られた(パン高67.1mm, 比容積、 $2.72 \text{ cm}^3/\text{g}$)。過熟バナナ粉をオートクレーブ(127度、100分処理)すると、この製パン性は消失した。過熟バナナ粉を高分子区分と低分子区分に分画して、それぞれの製パン試験を行った場合も、やはり、製パン試験結果は良くなかったが、これらを合一すると良好の製パン性が得られた。この内高分子区分をオートクレーブ処理す

ると、低分子区分と合一して製パン試験を行っても良好なパンは得られなかった。このことは高分子区分中の酵素が製パン性に関与していることが予想された。

バナナ粉のRVA(Rapid Visco Analyzer)試験結果；

小麦デンプンに未熟バナナ(緑色)を加えた時、RVA値は660RVUであったが、成熟バナナ(黄色)では630RVAであり、過熟時には144RVUであった。過熟バナナ中の α -アミラーゼ活性を示すものである。

ミキソグラフ試験結果；

過熟バナナを小麦粉中に添加しインキュベーションしたものと、バナナ未添加の小麦粉の同様処理したものとを比較したとき、プロテアーゼのためか粘度変化が生じた。

これらのことから良好なグルテンフリーパンを得るためには、バナナ粉を過熟にする必要があった。過熟バナナ粉中の何らかの酵素活性が良好なグルテンフリーパンの調製に必要であることがわかった。

最終結論

セリアック病(CD)を引き起こす小麦グルテンを使わずに、グルテンフリーパンの調製が可能であった。本研究にはヤマモモ粉、特に*Jinennjyo* 粉の強い粘性と、過熟バナナ粉をそれぞれ用いて小麦粉パンに匹敵すほどの製パン製造を可能にした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2 件)

瀬口 正晴、田原 彩、井関 杏子、竹内 美貴、中村 智英子、バナナ粉(*Musa spp.*)を用いたグルテンフリーパンの製造研究、“Development of Gluten-Free Bread Baked with Banana (*Musa spp.*) Flour”、査読有、20 巻、No. 3、2014、613-619 doi:10.3136/fstr.20.613

瀬口 正晴、小澤 美貴、中村 智英子、田原 彩、ヤマイモ粉を用いたグルテンフリーパンの製造研究、“Development of Gluten-Free Bread baked with Yam Flour”、Food Science and Technology Research、査読有、18巻、No.4、2012、543-548

〔学会発表〕(計 3 件)

AACC International Annual Meeting
September 29-October 2, 2013
Albuquerque, New Mexico, U.S.A.
“Development of gluten-free bread baked with banana flour.”

M.Seguchi

14th ICC CEREAL AND BREAD CONGRESS AND FORUM ON FATS & OILS August 6-9, 2012, Beijing China
“Development of Gluten-Free Bread Baked with Yam Flour” Masaharu Seguchi, Miki Ozawa, Chieko Nakamura, Aya Tabara

第59回大会日本食品科学工学会
2012年8月29日～31日、“バナナを用いた Gluten-free パンの調製”、瀬口 正晴、小澤 美貴、中村 智英子、藤女子大学

〔その他〕

ホームページ等

6．研究組織

(1)研究代表者

瀬口 正晴 (SEGUCHI, Masaharu)
神戸女子大学・家政学部・教授
研究者番号：40149612