

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：33915

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K16193

研究課題名(和文)生活習慣病予防を目的とした新規発芽大豆粉利用食品の創製

研究課題名(英文) Development of a novel fermented food made with germinated soybean flour for the purpose of prevention of lifestyle-related disease

研究代表者

辻 美智子(Tsuji, Michiko)

名古屋女子大学・家政学部・講師

研究者番号：50706819

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では発芽大豆粉を主原料としたパンを創製することを目的とし、発酵微生物に納豆菌を用いて調製し、パン生地およびパンのレオロジー特性について検討した。パン生地の貯蔵弾性率、損失弾性率、損失正接は納豆菌を添加することにより、酵母のみで発酵させたコントロールパンよりも低くなった。パンの比容積はコントロールパン、納豆菌添加パンいずれも発酵時間1時間で最大となった。パンのかたさは納豆菌を添加することによってコントロールパンよりも軟らかくなり、保存3日後においても硬くなりにくいパンであることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：This study investigated the rheological properties of bread dough and bread made with germinated soybean flour using *Bacillus subtilis* natto. The storage modulus, loss modulus, and loss tangent of the mixed bread dough (dry yeast and *Bacillus subtilis* natto) were lower than those of the control bread dough (dry yeast). Both breads had the highest value of specific volume at 1 h of fermentation time. The texture hardness of the mixed bread was lower than those of the control bread and this texture was remained even after 3 days. These results indicate that a softer germinated soybean flour bread could be developed by adding *Bacillus subtilis* natto.

研究分野：食生活学

キーワード：大豆 発酵 パン

## 1. 研究開始当初の背景

大豆を豊富に含む食事は、心疾患、糖尿病、がんなどの生活習慣病のリスク低減と関連があると報告されている。大豆は「畑の肉」とも呼ばれ、アミノ酸スコアの高い良質なたんぱく質源であり、カルシウムや食物繊維を多く含む栄養的に優れた食品である。また生産効率も高く、食料難に対処しうる重要な資源のひとつである。日本では豆腐、湯葉、納豆、味噌、醤油等に加工され馴染み深い食品である。その一方、食品加工技術の発展とともに、大豆粉や大豆たんぱく質を素材とした食品開発が進み、パンや麺、ケーキ類へ利用されるようになり、大豆の調理・加工形態は多様化している。

発芽大豆は、大豆を発芽させる過程でたんぱく質の低分子化が起こり、グルタミン酸やγ-アミノ酪酸(GABA)等のアミノ酸の増加が報告され、栄養的な付加価値が期待されているが、発芽大豆粉を利用した食品の報告は現在のところ見当たらない。

大豆・加工品の摂取量は1人1日当たり59g(平成25年国民健康・栄養調査)であり、近年の変化では増減はみられない。そこで、大豆の摂取量を増加させることは、生活習慣病の予防や健康的なライフスタイルの維持増進に繋がりと考え、幼児から高齢者まで幅広い年齢層に対応しうる食品としてパンを想定し、発芽大豆粉を主原料とした新規パンを創製することとした。

## 2. 研究の目的

本研究では新規発芽大豆粉利用食品の創製として、パンを創製することを目的とした。発酵微生物は食由来の納豆菌を用いて調製し、パン生地およびパンのレオロジー特性について明らかにするとともに、発芽大豆粉の粉体特性、パンの嗜好性、保存性についても検討することとした。

## 3. 研究の方法

### (1) パンの生地およびパンの調製方法

発芽大豆粉パンの基本配合は、発芽大豆粉100g、グラニュー糖10g、塩1g、蒸留水130~170g、酵母3gとし、酵母のみにて発酵させたパンをコントロールパンとした。基本配合に納豆菌を2g添加したパンを納豆菌添加パンとした。基本配合の材料をミキサーにて150rpm、15分間混捏し、納豆菌添加の場合は納豆菌を添加した。この生地を50gずつマフィンカップに分注し、38℃、RH90%のホイロにて0、1、2、3、4時間発酵させた。その後、180℃で20分間焼成した。

焼成後、室温(25℃)で2時間放冷したのち測定試料とした。また、保存性を検討するための試料は、ポリプロピレン製の密閉容器内にパンを入れ、4℃、RH65%の条件下にて0、1、2、3日間保存した。

### (2) 測定方法

#### 比容積

菜種置換法によりみかけの体積を測定し、比容積を算出した。

#### 破断特性

パンは外相を除去し、内相20mm×20mm×20mm角に切り出し、クリープメーター(RE-3305S、山電機)を用いて測定した。測定条件は、プランジャー40mmの円板型を用いて、圧縮速度1mm/s、圧縮率55%とした。

#### テクスチャー特性

パンは外相を除去し、内相30mm×30mm×20mm角に切り出し、クリープメーター(RE-3305S、山電機)を用いて測定した。測定条件は、プランジャー5mmの円柱型を用いて、圧縮速度1mm/s、圧縮率50%、圧縮回数2回とした。

#### 動的粘弾性

動的粘弾性測定装置(ARES100FRT-N1; Rheometric Far East Ltd.)を用いて測定した。測定条件は、平行板治具25mmを用いて、ギャップ2.0mm、温度25℃とした。ひずみ依存性の測定は周波数1.0rad/sにおいて、ひずみ量を0.01~300%まで変化させて行った。周波数依存性の測定は、いずれの試料もほぼ平衡状態を示したひずみ0.1%において、周波数0.1~100rad/sにて測定した。

#### 官能評価

発芽大豆粉パンの嗜好性を評価するため、7段階評点法により官能評価を行った。無発酵のコントロールパンを基準とし、発酵時間1時間および2時間のコントロールパン、納豆菌添加パンについて、外相の色、大豆の香り、やわらかさ、もろさ、ねばり、甘み、大豆の味、総合評価の8項目を評価した。パネルは日本女子大学の学生および教員15名とした。

#### X線回折

脱脂粉末試料はパンに約3倍量のエタノールを加え、乳鉢で摩砕しながら脱水し、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、理学電機機)を使用した。

## 4. 研究成果

### (1) 発芽大豆粉パンの最適配合割合の検討

発芽大豆粉はたんぱく質41%、脂質22%、糖質13%を含有し、平均粒径は36.8μmであった。発芽大豆粉パンの最適配合割合を検討するために、加水量を130~170%の5段階に設定した。加水量が多くなるにつれて比容積は大きくなり、加水量160%時に最大値を示したため最適加水量とした。また、破断特性値の初期弾性率、テクスチャー特性のかたさは、加水量が増えるほど減少し、軟らかくなった。

## (2) 発芽大豆粉パン生地の動的粘弾性に及ぼす発酵時間の影響

コントロールパン、納豆菌添加パンの両パン生地は貯蔵弾性率  $G'$ 、損失弾性率  $G''$  は測定周波数が低周波から高周波になるにしたがって増加しが、損失正接  $\tan \delta$  は減少した。周波数 1 rad/s 時における納豆菌添加別のパン生地の  $G'$ 、 $G''$ 、 $\tan \delta$  を図 1 に示す。弾性要素の  $G'$  は、いずれのパン生地も発酵時間とともに増加したが、納豆菌を添加することにより低値を示した。粘性要素の  $G''$  では、コントロールパンは発酵 2 時間まで緩やかに増加し、その後減少したが、納豆菌添加パンはコントロールパンよりも常に低値を示し、その変化は微増であった。 $\tan \delta$  は、いずれのパン生地も粘性に比べて弾性の寄与割合が高くなった。周波数依存性の結果から、納豆菌を添加することでパン生地の粘性および弾性は低くなり、生地の構造に影響を与えることが示唆された。納豆菌を添加することによって  $G'$ 、 $G''$  に差異がみられたのは、パン生地同士が接合した部分のたんぱく質分子内および分子間の水素結合、ジスルフィド結合などが、発酵時間とともに架橋領域に変化が生じたと考えられる。

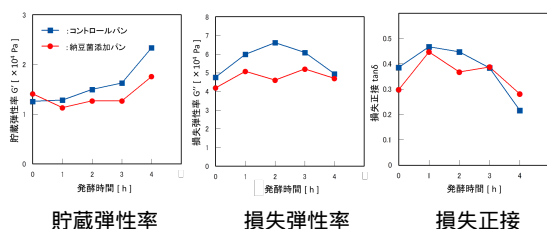


図 1. 発芽大豆粉パン生地の動的粘弾性 (周波数 1 rad/s)

## (3) 発芽大豆粉パンの比容積およびかたさに及ぼす発酵時間の影響

パンの比容積とかたさを図 2 に示す。コントロールパン、納豆菌添加パンともに発酵時間 1 時間で最大となり(コントロールパン  $1.2 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$ 、納豆菌添加パン  $1.3 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$ )、発酵時間 2 時間まで維持したが、その後緩やかに低下した。

テクスチャー特性のかたさは、両パンとも発酵 3 時間まで発酵時間が長くなるに従い緩やかに低くなり、その後は変わらなかったが、各発酵時間においてコントロールパンより低値を示した。納豆菌を添加することにより、酵母のみで発酵させたコントロールパンよりもやわらかいパンを創製することが示唆された。納豆菌が共存することによって大豆たんぱく質の分解が促進され、たんぱく質からペプチド、アミノ酸へと分解が進むことにより、テクスチャーに影響が及んだと考えられた。

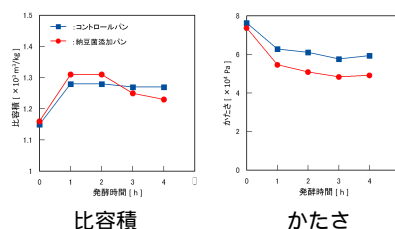


図 2. 発芽大豆粉パンの比容積およびかたさ

## (4) 発芽大豆粉パンの嗜好性

パンの嗜好性を検討するために官能評価を行った。無発酵のコントロールパンを基準とし、発酵 1 時間後の納豆菌添加パンを評価したところねばりがあると評価された。さらに発酵 2 時間後のコントロールパン、納豆菌添加パンは甘みが弱いと評価され、特に納豆菌添加パンにおいては総合的な評価が有意に低くなった。発酵時間が長くなるにつれて疎水性アミノ酸が加水分解されると苦味ペプチドの出現が高くなるという報告があり、発酵時間の長いパンは甘味が弱くなり、特に納豆菌を添加したことによって、大豆たんぱく質の分解が速く進んでいることが示唆された。したがって、嗜好性の面から発芽大豆粉パンの発酵時間は 1 時間が適切であると示唆された。

## (5) 発芽大豆粉パンの保存性

発芽大豆粉パン(発酵 1 時間)を 4 にて 0~3 日間保存した時の初期弾性率の結果を図 3 に示す。コントロールパン、納豆菌添加パンのいずれも保存日数とともに緩やかな増加がみられ、少しずつ硬くなった。しかし、保存 3 日目においても納豆菌添加パンはコントロールパンよりも軟らかく、コントロールパンの初期弾性率は  $5.3 \times 10^4 \text{ Pa}$  であるのに対し、納豆菌添加パンは  $4.3 \times 10^4 \text{ Pa}$  であった。発芽大豆粉の成分は、たんぱく質が約 4 割を占め、炭水化物は約 1 割である。小麦粉や米粉等の穀粉を主原料とするパンの場合は、デンプンが主成分となり、デンプンの老化により保存日数とともに硬くなる。しかし、発芽大豆粉パンの場合は、たんぱく質が主成分であるため、デンプンによる老化の影響が少なく、硬くなりにくいと推察される。線回折装置を用いて回折強度により結晶性を評価したところ、各保存日数における結晶性のピークは現れず、保存日数経っても線回折像に変化がみられなかったことから、発芽大豆粉パンは保存日数経っても硬くなりくいパンであることが示唆された。

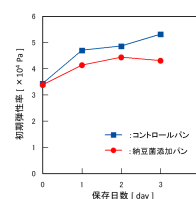


図 3. 発芽大豆粉パンの保存性(発酵 1 時間)

## 5 . 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 2 件)

辻美智子、藤井恵子、発芽大豆粉を主原料としたグルテンフリーパンの調理特性、日本食品科学工学会第 62 回大会、京都大学(京都市)、2015/8/27-29

Michiko Tsuji, Keiko Fujii, Development of a novel fermented food made with germinated soybean flour and rheological properties during dough fermentation. XXII IFHE World Congress 2016, Daejeon Convention Center, Daejeon, Korea, 2016/7/31-8/6

## 6 . 研究組織

(1)研究代表者

辻 美智子 (TSUJI MICHIKO)

名古屋女子大学・家政学部・食物栄養学科・講師

研究者番号：50706819