

# 食品成分の特性の科学的評価

## —食品の物性科学及び調理科学的研究—

湯之上雅子\*・松田茂樹\*・中川優\*

\* 微生物応用部

### Scientific Evaluation on the Quality of Food Ingredients

#### —Physical Scientific and Cooking Scientific Research on Food—

Masako YUNOUE\*・Shigeki MATSUDA\* and Masaru NAKAGAWA\*

食品を形成する成分の栄養機能、体調調節機能について検討し、優れた食品素材や加工食品を開発することを目的として試験を行った。

具体的には、世界各地で栽培されている豆類の諸性質を把握するための分析を行い、利用加工の幅を広げるために、発芽処理を行い、発芽による成分の変化について検討し、発芽豆を用いた食品を試作した結果、発芽による栄養機能的有效性が明らかになった。

#### 1. はじめに

食品を形成する成分は、人間の体内でそれぞれ果たす役割を持っている。そこで、その栄養機能、体調調節機能などについて成分ごとに検討し、さらに食品加工上、その物性発現に寄与する成分について明らかにし、優れた食品素材や加工食品を開発することを目的として試験を行った。

具体的には、世界各地で栽培されている豆類には、栄養価が高く、機能性に富む品種も多いが、それらの加工適性や機能性の評価は行われていないので諸性質を把握するための分析を行った。

また、豆が発芽すると種子中の酵素が澱粉とタンパク質を分解し、有効ビタミンや鉄の増加が起きる。さらに、消化率が高まり、タンパク質の構造が変わり、必須アミノ酸の割合が増えることにより、タンパク質の栄養価が改善される<sup>1)</sup>とあり、利用加工の幅を広げるために、発芽処理を行い、発芽による成分の変化について検討し、発芽豆を用いた食品を試作したので報告する。

#### 2. 方法

##### 2.1 試験に供試した豆類

平成11年度産の豆を、国産は県内百貨店から、インド産は神戸市の輸入商社から、ブラジル産は神奈川県輸入商社から購入した。

○国産（小豆、うずら豆、大正金時豆、とら豆、大手亡豆、白花豆、紫花豆）の7品種

○インド産（レンズ豆、マスルホール、ムングホール、ブラックウダッド、ヒヨコ豆）の5品種

○ブラジル産（カリオキニア、プレトー）の2品種

○中国産（大豆）の1品種

##### 2.2 発芽処理

洗浄した豆を20℃で16時間吸水させた後、滅菌シャーレに滅菌したキムワイプを敷き、豆をキムワイプ上にのせ、滅菌水を散布して適度な水分を与え25℃で発芽処理を行った。0時間、6時間、16時間、24時間、30時間、40時間、48時間毎にサンプリングした。

##### 2.3 糖化处理

発芽処理した豆をビニール袋に密閉し、50℃で5時間保持し、糖化を行った。

##### 2.4 ロースト処理

発芽処理、発芽糖化处理した豆を160℃で30分ローストした。

##### 2.5 分析項目

水分：130℃1時間乾燥法<sup>2)</sup>

タンパク質：ケルダール窒素分析装置で分析した。

水溶性窒素：3分間煮沸抽出後のろ液をケルダール窒素分析装置で分析した。

ペプチド性窒素：80%エタノール冷抽出液をケルダール窒素分析装置で分析した。

脂肪：大豆のみクロロホルム・メタノール抽出法、その他の豆類は酸分解法<sup>2)</sup>

灰分：550℃灰化<sup>2)</sup>

食物繊維：プロスキー変法<sup>2)</sup>

全フェノール物質：フォーリン・デニス法<sup>2)</sup>

鉄、カルシウム、カリウム：550℃で灰化後1%塩酸抽出液とし原子吸光分光光度計で測定した。

抗酸化能：DPPH法<sup>3)</sup>

アミノ酸：高速液体クロマトグラフィー<sup>4)</sup>

可溶性炭水化物：3分間煮沸抽出後のろ液をフェノール硫酸法<sup>5)</sup>で分析した。

メラノイジン：100℃抽出30分後の遠心上澄の410nm吸光度<sup>6)</sup>で表した。

イソフラボン：高速液体クロマトグラフィー<sup>7)</sup>

## 2.6 発芽大豆豆乳調製法

25℃で24時間発芽した大豆と発芽後50℃で5時間糖化した大豆を使い6倍加水で豆乳を調製した。豆乳固形分、豆乳窒素、豆乳転化糖を測定した。豆乳調製法及び測定は斎尾ら<sup>8)</sup>の方法に準じて行った。未発芽豆を対照とした。

これらの豆乳のn-ヘキサナールをヘッドスペースガスクロマトグラフで分析した。

## 2.7 発芽大豆みそ仕込み試験

前項と同様に処理した発芽大豆と発芽糖化大豆のみそ仕込みを行った。大豆500gを15℃で16時間浸漬後、圧力鍋で30分間蒸煮し、ミンチにかけ、麴500gと塩167g、水45mlを加えて仕込んだ。仕込み直後と1ヶ月間熟成後の色、全窒素、全糖、可溶性窒素、可溶性糖を測定した。未発芽豆を対照とした。

色はMINOLTA色彩色差計CR-300で測定した。熟成後官能試験を行い評価した。

## 2.8 甘酒麴糖化発芽豆飲料調製法

2.6と同様に処理したブラジル産のカリオキニアとプレトーの発芽豆と発芽糖化豆200gをオートクレーブで20分間蒸煮し、粉碎したものに甘酒麴200gと温湯600mlを加えて、60℃で5時間糖化した。未発芽豆を対照とした。

全窒素、全糖、可溶性窒素、可溶性糖、食物繊維、カルシウム、カリウム、鉄を測定した。

製品の形態として、タピオカパールとココナツミルクを混合した食品を調製し、官能試験を行った。

## 3. 結果と考察

### 3.1 豆の種類による成分の差

15種類の豆を分析したが、糖質含有量で分類すると、レンズ豆、マスルホール、小豆、ムングホールが55%程度、大正金時豆、うずら豆、とら豆、大手亡豆、白花豆、紫花豆、ブラックウダッド、ヒヨコ豆が45~50%、カリオキニア、プレトーが32~33%、大豆が12~13%と4グループに分類できたので、それぞれのグループの代表的な豆について表1に示した。

レンズ豆など小粒の豆の糖質含有量が高いことが分かった。大豆以外のほとんどの豆のタンパク質含有量は24~25%であったが、大豆は36.2%と高く、脂肪も他の豆が2~3%と比べて23.1%とかなり高いことが分か

表1 豆類の成分比較

	レンズ豆	大正金時豆	カリオキニア	大豆
タンパク質(%)	24.6	24.1	24.3	36.2
脂肪(%)	2.1	2.8	2.7	23.1
食物繊維(%)	14.2	22.6	35.5	23.6
灰分(%)	3.2	3.7	4.7	4.5
糖質(%)	55.8	46.8	32.8	12.6

った。

ブラジル産のカリオキニアとプレトーの食物繊維は、レンズ豆などの14~15%や大正金時豆や大豆などの22~24%と比較して35.5%とかなり多かった。4グループの中で大豆はタンパク質、脂肪が多く、糖質が少ないことで特異だと分かった。

### 3.2 発芽、糖化及びローストに伴う成分の変化

#### 3.2.1 発芽時間と成分の変化

3.1で示したタンパク質と脂肪が多く糖質が少ない大豆と糖質が多いレンズ豆に絞って発芽処理中の成分の変化について検討した。

図1、2に可溶性炭水化物と水溶性窒素の変化を示した。発芽経過に伴い大豆、レンズ豆とも水溶性窒素

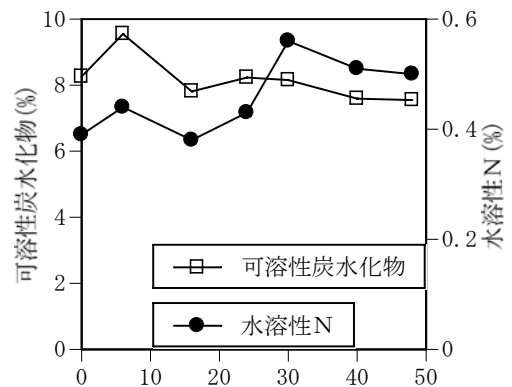


図1. 発芽経過に伴う成分の変化 (大豆)

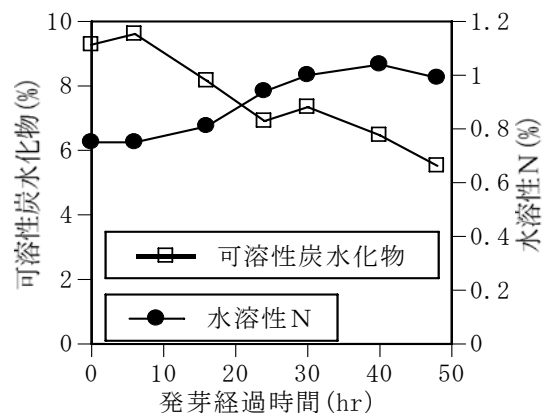


図2. 発芽経過に伴う成分の変化 (レンズ豆)

が増加し、可溶性炭水化物が減少していくのが分かった。増加と減少の交点が20時間から30時間の間に観

察されたので、可溶性炭水化物があまり減少しすぎない24時間を以後の発芽時間とした。

図3、4に抗酸化能と窒素成分の変化を示した。大豆では水溶性窒素、アミノ酸が増加傾向を示したが、ペプチド性（アルコール可溶性）窒素はあまり増減しなかった。レンズ豆では3成分が増加傾向にあった。水溶性窒素やアミノ酸の増加は発芽によりタンパク質がアミノ酸に分解されたことを示している。アミノ酸の増加はうま味の増加ととらえられ、豆の美味しさが増すと考えられる。ペプチド性窒素があまり増加していないのは、発芽経過で働く分解酵素がエキソ型であることを示している。

大豆では発芽経過に伴い窒素成分は増加するのに、

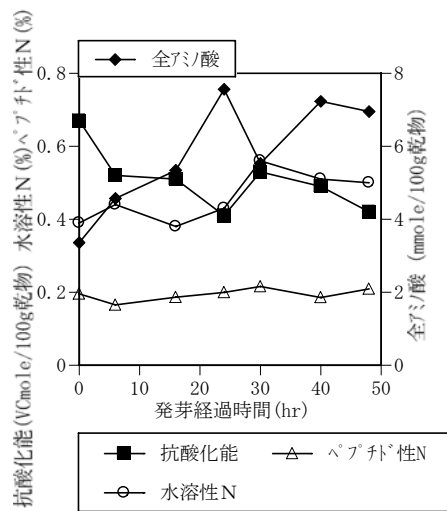


図3. 発芽経過に伴う抗酸化能とN成分の変化

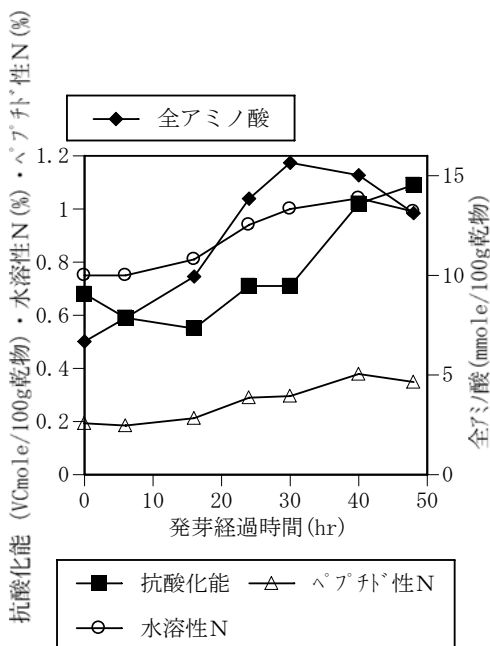


図4. 発芽経過に伴う抗酸化能とN成分の変化 (レンズ豆)

抗酸化能は減少したが、レンズ豆では抗酸化能も増加した。

図5、6には抗酸化能と全フェノール物質、メラノイジンの変化を示した。レンズ豆では全フェノール物

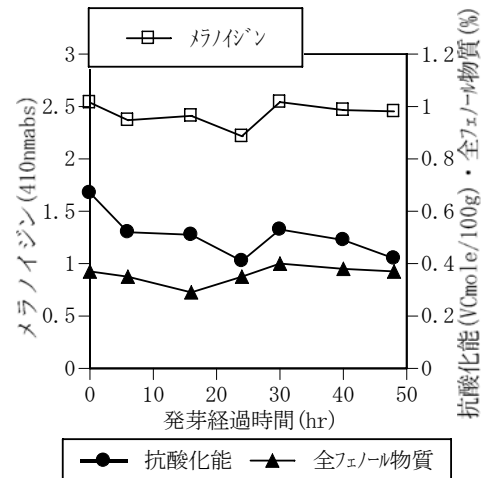


図5. 発芽経過に伴う抗酸化成分の変

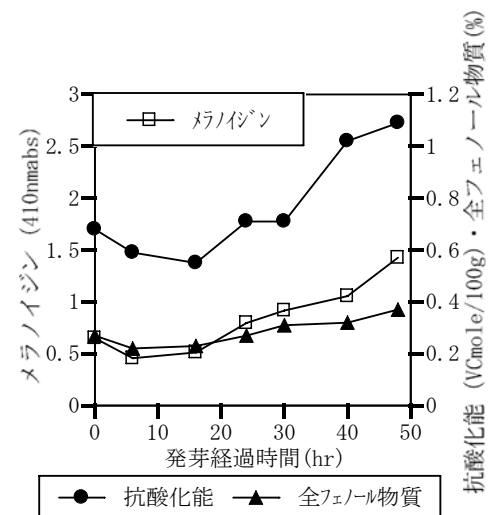


図6. 発芽経過に伴う抗酸化成分の変化 (レンズ豆)

質、メラノイジンが増加傾向を示し、抗酸化能も同様に増加しているのに比べ、大豆では全フェノール物質、メラノイジンが微増でも抗酸化能は減少傾向であった。このような発芽経過における大豆とレンズ豆の違いの原因を考えると、表1の成分の差から、大豆はタンパク質、脂肪が多く、糖質が少ないことになり少ないが、糖質が55.8%でかなり多いことがあげられる。即ちメラノイジンの増加は糖質含量の多いレンズ豆で、糖アミノ反応が進んだことを示している。

### 3.2.2 糖化及びロースト処理による成分の変化

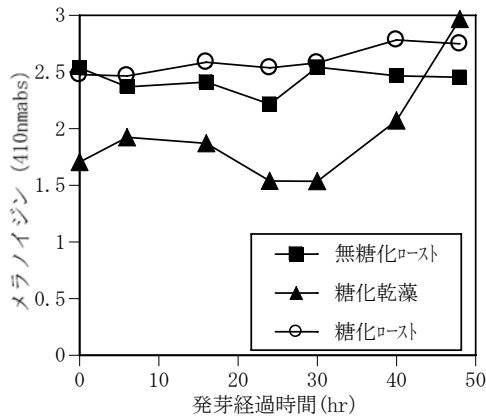


図7. 発芽経過に伴うメラノイジンの変化 (大豆)

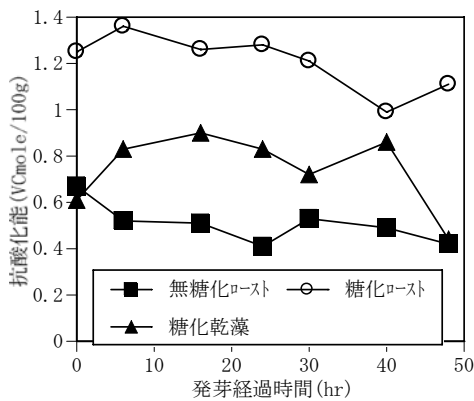


図8. 発芽経過に伴う抗酸化能の変化 (大豆)

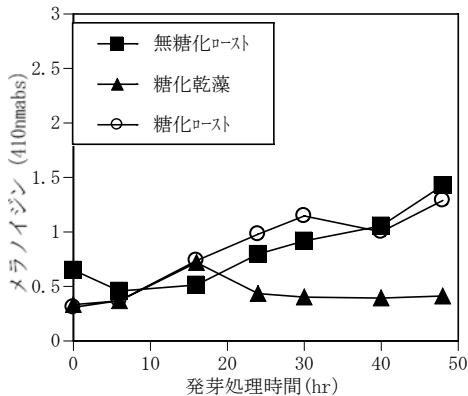


図9. 発芽経過に伴うメラノイジンの変化 (レンズ豆)

大豆とレンズ豆について発芽後に糖化処理とロースト処理、乾燥処理をそれぞれ行った。図7、8に大豆、図9、10にレンズ豆についてメラノイジンと抗酸化能の変化について示した。大豆においては、メラノイジンでローストと乾燥の差が顕著であるが、抗酸化能は発芽後の処理法に関連が見られなかった。また、レンズ豆ではローストしたものが、メラノイジン、抗酸化能ともに増加し、乾燥したものは減少傾向を示し、ローストの効果が顕著に現れたが糖化による効果は現れ

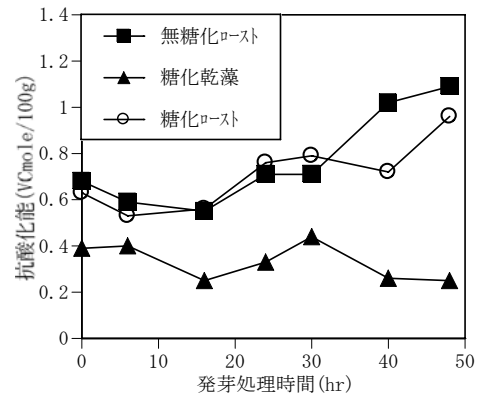


図10. 発芽経過に伴う抗酸化能の変化 (レンズ豆)

ていない。これらの結果からは、糖化ロースト処理をしたものがメラノイジン、抗酸化能ともに高いので、発芽後に糖化ロースト処理を行えば機能性の高いものが得られると考えられる。

大豆について、機能性成分のイソフラボン含量を測定し、図11に結果を示した。ダイゼインとゲニステインの割合が発芽糖化大豆で増加しており、より機能性がアップした。

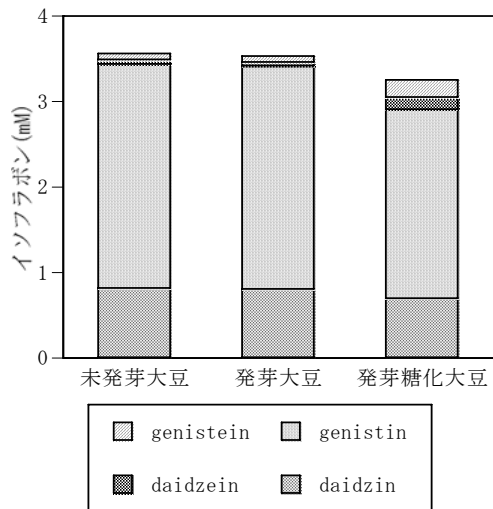


図11. 発芽処理によるイソフラボン含有量の変化

### 3.3 発芽大豆豆乳調製

発芽させた豆を用いた新しい製品作りの例として、発芽大豆で豆乳やみその試作を行った。

調製した豆乳の豆乳固形分、豆乳窒素、豆乳転化糖を測定し、図12に結果を示した。発芽大豆と発芽糖化大豆は浸漬しただけの大豆より豆乳中の成分が少なかった。色は発芽、発芽糖化へと白色から黄色の度合いが増した。発芽糖化大豆は液状がサラサラとしており飲みやすい状態であった。また、発芽処理をしたものの青臭さが減少していた。しかしながらヘキサナールをヘッドスペースガスクロマトグラフで分析したが、

差は認められなかった。ヘキサナールに関しては今後確認する必要がある。発芽処理によりヘキサナールが減少すれば、青臭みのない豆乳が得られるという点で製品としての付加価値があると思われる。

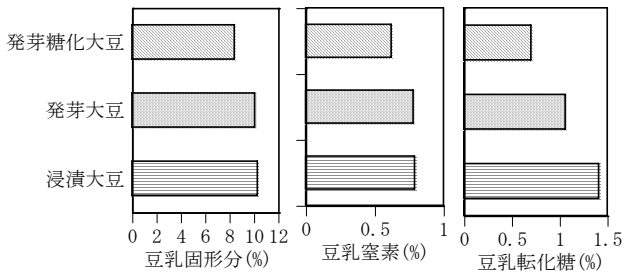


図 12. 発芽処理による豆乳成分比較

### 3.4 発芽大豆みそ仕込み試験

未発芽大豆、発芽大豆、発芽糖化大豆でみそ仕込み試験を行った結果を、図 13、14、15 に示した。全窒素、水溶性窒素、全糖、水溶性糖ではほとんど差が見られないが、発芽大豆で全窒素、全糖が少し低く、水溶性窒素、水溶性糖が少し高かったため窒素利用率、糖利用率が少し高い値となった。

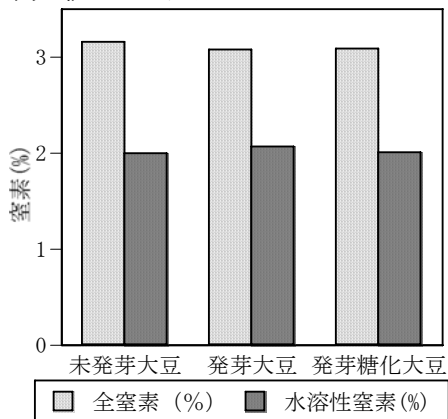


図 13. みその全窒素と水溶性窒素

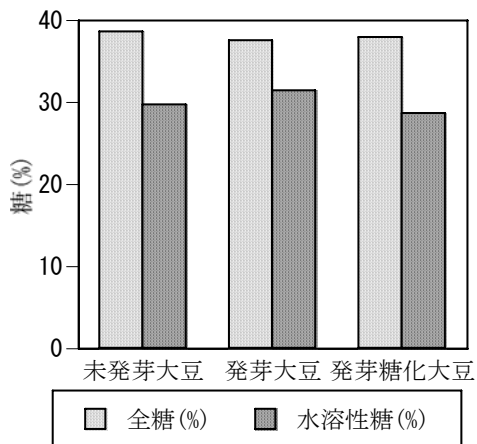


図 14. みその全糖と水溶性糖

仕込み直後と 30 日熟成後のみその色 (Y%) を図 16 に示した。未発芽大豆と比べて、発芽大豆では熟成後

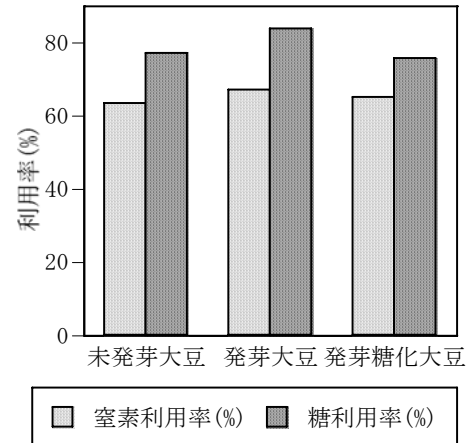


図 15. みその窒素利用率、糖利用率

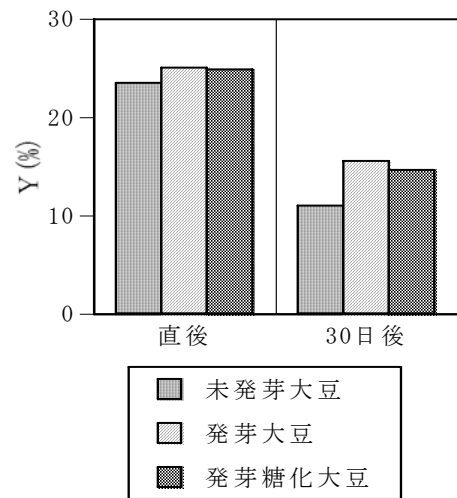


図 16. みその色の比較

の Y%が高くなっており、濃色化が抑制された。x、y 値ではほとんど差がなく、視覚的にも色調には差がなかった。

官能評価を行った結果、未発芽大豆では褐色化が進み、くすんだ色で酸臭があった。発芽糖化大豆においても色は良好であるが、酸臭があった。発芽大豆では色、香りともに良好という評価を得た。

小仕込みのため温度経過などが順調に進まなかったが、評価に差があったということで、発芽大豆でみそを仕込むメリットはあると考えられる。

### 3.5 甘酒麹糖化発芽豆飲料調製

ブラジル産のカリオキニアとプレートーは食物繊維含量が多いので、発芽または発芽糖化させた後、甘酒麹で糖化して飲料とすれば、食物繊維を高めた機能性飲料ができると考えた。

図 17 に五訂食品成分表の甘酒と比較したタンパク質、糖質、食物繊維を、図 18 に鉄、カリウム、カルシウムを示した。

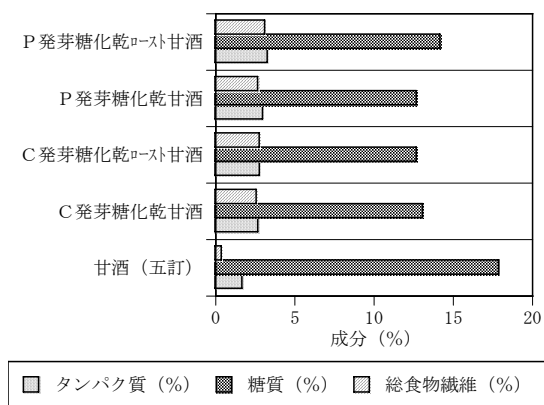


図 17. 甘酒と発芽豆甘酒の成分比較 (P : プレトー、C : カリオキニア)

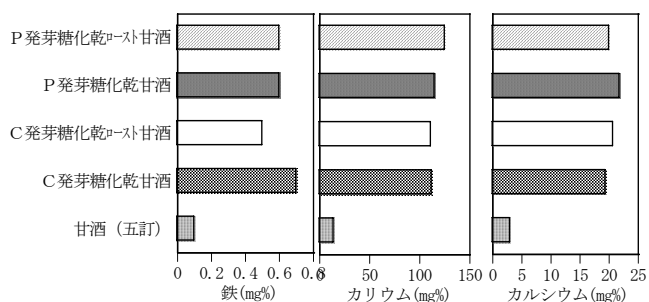


図 18. 甘酒と発芽豆甘酒の成分比較 (P : プレトー、C : カリオキニア)

五訂の甘酒のタンパク質、食物繊維、鉄、カリウム、カルシウムがそれぞれ 1.7%、0.4%、0.1mg%、14mg%、3mg%であるのと比較して、調製した飲料は 2.7~3.4%、2.3~2.8%、0.5~0.7mg%、111~170mg%、17~22mg%とかなり高い値であった。糖質は相対的に低くなった。

日本人の栄養所要量で不足しているといわれているのが、食物繊維とカルシウムなので、単に甘酒を飲むよりはこの調製した飲料を飲む方が栄養面からみればよいといえる。

また、おいしく食べる方法の提案として、タピオカパールとココナッツミルクを組み合わせた食品を調製して試食した。食べ方を工夫することで発芽豆甘酒飲料の商品化が可能である。

#### 4. おわりに

豆類を発芽処理し、発芽による成分の変化及び発芽豆を利用した食品について検討した。

大豆とレンズ豆について発芽経過における成分の変化をみると、発芽経過に伴い水溶性窒素と水溶性アミノ酸が増加し、水溶性糖が減少した。

発芽処理後に糖化ローストを行うとメラノイジンが増加し、抗酸化能も高くなった。

発芽大豆で豆乳とみそを試作した。豆乳では、未発

芽豆と比べて豆乳中の成分は薄い、青臭さが減少し飲みやすくなった。

みそでは、未発芽豆と比べて熟成後のY%が高く、濃色化が抑制され、官能評価も良好であった。

発芽処理したブラジル産豆を甘酒麹で糖化した飲料を調製した。甘酒と比べてタンパク質、食物繊維、鉄、カリウム、カルシウム含量が増加した。

発芽豆類を新しい食品素材として加工食品に応用できることを確認した。

#### 文献

- 1) FAO 豆類の栄養と加工 渡辺篤二、大久保一良翻訳 監修、建帛社、225、1993
- 2) 財団法人日本食品分析センター編集、分析実務者が書いた五訂 日本食品標準成分表分析マニュアルの解説、中央法規出版株式会社、2001
- 3) 農林水産省農林水産技術会議事務局 食品総合研究所食品の機能性評価マニュアル集、P16、1998
- 4) Waters AccQ・Tag アミノ酸分析法
- 5) 本食品工業学会食品分析法編集委員会編、食品分析法、P189、(株)光琳、1984
- 6) 山口尚彦、岡田安司、内藤茂三、*Coriolus versicolor* IF030340により脱色されたメラノイジンの抗酸化性、日本食品工業学会誌、vol37、No. 9、676 (1990)
- 7) 工藤重光・打田悌治・尾島聡・大久保一良・藤波博子・海老根秀雄、各種味噌の大豆配糖体成分組成及び味噌の品質に及ぼす大豆サポニンの影響、日本食品工業学会誌、Vol37、No.10、786 (1990)
- 8) 斎尾恭子・豆腐研究協議会、農林水産省、食総研報 No.47、128-149 (1985) 国産大豆の豆腐加工適性







