

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 4 月 21 日現在

機関番号：43601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23700892

研究課題名(和文) 発芽玄米酒と副産物の呈味性と高付加価値化

研究課題名(英文) Increasing food value and taste with pre-germinated brown rice Sake or Sake-lees

研究代表者

小木曾 加奈 (KOGISO, KANA)

長野県短期大学・その他部局等・講師

研究者番号：30435284

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円、(間接経費) 600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では発芽玄米酒粕を食品加工へ利用することによって3つの付加価値を見いだすことができた。1つは製パン時に発芽玄米酒粕を10%添加した場合、膨らみが大きく、柔らかさが持続し、良い焼き色になるという物性の利点である。2つ目はパンの「コク味」と「塩味」が強くなる傾向を見出した。この呈味は主に発芽玄米酒粕中の有機酸によるものであった。有機酸を計算化学的に検討した結果、その「コク味」が妥当である可能性を示唆した。3つ目、パンの香気性はイソアミルアルコールなどの量が増えたことによりその増強がなされていた。以上のことから発芽玄米酒粕の高付加価値化がなされた。

研究成果の概要(英文)：In this study, using sake lees made from pre-germinated brown rice for food processing three added values were revealed. First, when 10% of flour was exchanged with pre-germinated brown rice sake lees was in bread making, there was an advantage in the physical properties of leavening action, continuation of softness and good baking color. The 2nd benefit of using the pre-germinated brown rice sake lees was rich taste and salty taste of the bread. These tastes were mainly caused by organic acids. An examination of organic acids by the computational chemistry resulted in evidence of the rich taste. The 3rd benefit was the scent of bread became strong with the increase of the quantity of isoamyl alcohol etc. As stated above, using sake lees made from pre-germinated brown rice added value to the food.

研究分野：生活科学

科研費の分科・細目：食生活学

キーワード：発芽玄米 酒粕 食品加工 呈味

1. 研究開始当初の背景

(1) 発芽玄米とは玄米を約 1~2 日程度、摂氏 32 度前後の状態です水分を含ませ、1mm ほどの芽が出た状態にしたものである。現在までの研究で、発芽玄米にはビタミンやミネラルが豊富というだけでなく、血圧上昇を抑制する働きを持つ - アミノ酪酸 (GABA) やフェルラ酸やコウジ酸などの美白に関与するポリフェノールも多く含んでいることがわかっている。発芽玄米を発酵させることは、すなわち、精米過程で削り取られてしまう糠・胚芽を残したまま発酵させることによって、清酒や酒粕の中に元来削り取られて無くなっていった玄米部分の成分がそのまま残ることになり、食品の機能性に富むことが予想される。

(2) 清酒醸造の一般的な方法では酒玄米を 70-50% 精米するという過程が最初に行われる。これは米粒の外側に雑味の原因となるタンパク質や脂肪が多く存在するためであり、この部分を削り落とすことで清酒の洗練された味を引き出すことができる。一方、削り落とされた精米部分やぬか、発酵残さである酒粕など一部は食品として回収されるが、基本的に産業廃棄物のうちの動植物性残さとして排出されることになる。平成 19 年度における全国の産業廃棄物排出量のうち、食料品製造業は 9811 千トンであり、そのうち、酒粕やぬかなどを含む動植物性残さ排出量は 3066 千トンであった。動植物性残さは動物飼料などに再生利用される率が比較的高いものの、全国でも 71 千トンが最終的に処分されている。我々は発芽玄米酒粕についてこれまでに検討したところ食品加工について予備的な知見を得てきた。

2. 研究の目的

本研究では、食品産業廃棄物のカスケード利用の面からも、ぬかや精米粕のでない環境に優しく機能性に富むと考えられる発芽玄米清酒とその残さである発芽玄米酒粕に注目した。廃棄物を食品へ再利用するためにはおいしさというキーワードが欠かせない。そこでまずは発芽玄米発酵産物である清酒や酒粕の味成分について味・匂いについての特徴を機器分析や官能試験で検討した。また食品加工された後の味・匂い、食品の特性などを検討した。

最近では五原味のほか、「コク味」やその呈味増強 (エンハンサー) の研究がなされつつある。酵母から抽出されたエキスが優れたコク味付与剤としてスープ原料などに利用されることも多い。発芽玄米酒や酒粕は酵母利用した発酵物であり、同様にコクを呈する可能性がある。そのため、「コク」をキーワードに今まで報告されている強力なコク味物質をベースに発芽玄米酒粕中に含まれる成分と味覚受容体との結合を計算し、それを検討することで酒粕を廃棄物にしないため

の食品再利用方法としての可能性を見出すことを目的とした。

(1) 今までの予備的な知見から、酒粕をパンに添加することでより有効的な利用法が検討できると考えられた。そのため、製パン時に発芽玄米酒粕を添加して官能試験を行う。また普通の酒粕とは異なることを調べるため、同様に作成した吟醸酒と吟醸酒粕について、比較対照とした。これにより発芽玄米酒粕を用いた高付加価値の食品加工利用方法について検討を行う。

(2) 発芽玄米酒と発芽玄米酒粕中の呈味性について検討する。

(3) 発芽玄米酒や酒粕中に含まれる成分について「コク味」を有する化合物があるか、どのような機構でコクを呈するかについて検討を行う。

3. 研究の方法

(1) 発芽玄米酒粕を用いた高付加価値の食品加工利用方法についての検討

製パン方法については 1 斤タイプ 自動ホームベーカリー (SD-BH103-P、パナソニック社) を用いて 2 時間コースにて製パンを行った。何も加えない無添加食パンをコントロールとし、小麦粉の 10% 代替材料として発芽玄米酒粕を用いた発芽玄米酒粕入り製パンを作成した。また比較対照として小麦粉の 10% 代替材料として吟醸酒粕を用いた吟醸酒粕入り製パンを作成した。

官能試験

官能試験については味、匂い、食感のほか、色の好みを検討した。被験者にはあらかじめ官能試験を実施し、健康で味覚に問題のない大学生及び教員 (全 32 名; 女性 31 名、男性 1 名) を選抜した。比較するそれぞれのパンは上部・下部で差が出ないように、同じ部位が当たるように調整して被験者に渡した。比較用の無添加食パンと発芽玄米酒粕入り製パンとで 2 点比較を行い、その後、比較用の無添加食パンと吟醸酒粕入り製パンについて 2 点比較を行った。統計的差を発芽玄米酒粕入り製パンと吟醸酒粕入り製パンの差とした。アンケート項目については予備調査として、それぞれのパンを前もって食べたときの感想から項目を作成した。また各種有機酸を添加したパンについて官能試験を行い、有機酸の添加で「コク味」や「塩味」が増強されるかについて検討した。

機器分析

機器分析については作成したパンについて、1、その柔らかさの持続性、2、パンの焼き色、3、製パン時の香り成分の同定について検討した。

1、パンの柔らかさの持続性

パンの柔らかさの持続性については無添加食パンと発芽玄米酒粕入り製パン、吟醸酒粕入り製パンについて検討を行った。皮の部分を除き 1 つのパンから縦横 2.0cm×高さ 1.5cm に切ったパンを 20 試料とり破断測定し、その総エネルギー量について統計を取った。パン焼成後常温で 1 時間経過したもの、パン焼成後常温で 24 時間室温で経過したものを測定した。測定条件はクリープメーター：株式会社山電 RE-3305 型、ロードセル：2kgf、測定歪率：75%、測定速度：1mm/sec、プランジャー：樹脂製円筒型 10mm で検討した。

2、パンの焼き色

パンの焼き色についてはパンの底部から 2cm を切り取り、中央部分縦横 5.0cm×高さ 1.5cm に切ったパンを切り出したものをサンプルとし、パン焼成後常温で 24 時間経過のものを使用した。色差計（日本電色株式会社、NE-2000 型）を用い、Hunter 表色系の Lab、E 値と白色度（W）を求めた。

3、パンの香気成分の成分分析

パンの香気成分についてはガスクロマトグラフ質量分析計を使用し、その揮発性成分を分析するためヘッドスペース法で検出した。ガスクロマトグラフは Hewlett-Packard 社製 HP6890GC、質量検出器は Hewlett-Packard 社製 HP5973MSD を使用した。

(2) 発芽玄米酒と発芽玄米酒粕中の呈味性についての検討

呈味性成分のうち特に塩味とコクに関する化合物について成分分析を行った。塩味としてナトリウムの定量を行った。そのほかコク味の検討として遊離アミノ酸、有機酸、核酸塩基の定量を行った。

ナトリウムの定量

ナトリウムはコンパクトナトリウムイオンメータ LAQUAtwin B-722（株式会社堀場製作所、東京）で測定した。発芽玄米酒、発芽玄米酒粕、吟醸酒、吟醸酒粕についてそれぞれ 2 点検定を行ったのち、水分を添加せずペースト状のまま測定した。

遊離アミノ酸の定量

遊離アミノ酸分析は発芽玄米酒粕と吟醸酒粕について検討した。株式会社日立ハイテクノロジーズ製アミノ酸分析計 L-8800 形を使用した。酒粕の前処理としてそれぞれ 2% スルホサリチル酸を加え 10 倍容にした後、ホモゲナイズした。3000rpm で 10 分間遠心分離して変性タンパク質や脂肪を含まない中間層を得た。さらにそれを 10000rpm で 10 分間遠心分離し、セルロースアセテート 0.45 μm フィルタで濾して得られた上層の透明層を 10 倍抽出液としてアミノ酸分析の試料と

した。この前処理で得られた抽出液の 10 μl をアミノ酸分析計に注入し、得られたクロマトグラムの各アミノ酸のピーク強度を標準アミノ酸のピーク強度と比較算出した。

有機酸の定量

有機酸は発芽玄米酒粕と吟醸酒粕について検討した。株式会社島津製作所有機酸分析計 LC-6A を使用して定量を行った。酒粕の前処理としては蒸留水にて 10 倍容にした後、ホモゲナイズした。これをセルロースアセテート 0.45 μm フィルタで濾し、得られた上層の透明層を試料とした。試料 10 μl を有機酸分析計に注入し、得られたクロマトグラムのピーク強度を標準有機酸のピーク強度と比較算出した。

核酸塩基の定量

核酸塩基は発芽玄米酒粕と吟醸酒粕について検討した。高速液体クロマトグラフィー（HPLC）による分析には Waters 社製 Waters 1525（LC 本体）2707（オートサンプラー）2998（フォトダイオードアレイ）を用いた。移動相は 0.03M リン酸一カリウム水溶液を用いた。移動相は脱気装置を通して脱気し、試料は 10 μl のインジェクタより注入した。カラムは Develosil C30-CG-3 と Inertsustain C18 の両方で検討した。分析にはカラム温度 35、流速 0.7ml/min で行った。

(3) 発芽玄米酒・酒粕中成分の「コク味」化合物検討とコクを呈する機構の検討

単純なカルボン酸 105 種類について、強いコク味を有する $-\text{Glu-Val-Gly}$ を基準に、計算化学を用い模擬的に計算したカルシウム受容体への結合性について検討した。

4. 研究成果

(1) 発芽玄米酒粕を用いた高付加価値の食品加工利用方法についての検討結果

官能試験について

官能試験の結果、呈味では、「酒粕味」が吟醸酒粕製パンよりも発芽玄米酒粕製パンの方が有意に強いことが示された。また「コク味（ $p=0.0587$ ）」と「塩味（ $p=0.0511$ ）」についても発芽玄米酒粕製パンの方が強い傾向が示された。一方、「甘味」についてそれぞれ有意な差は出なかった。

匂いについては「香ばしさ」、「酒粕臭」で発芽玄米酒粕製パンの方が吟醸酒粕製パンよりも有意に強いことが示された。香りの「甘さ」についてそれぞれ有意な差は出なかった。

物性については「しっとり感」、「ふわふわ感」、「もちもち感」、「好ましさ」は各種酒粕入りの方が有意に強かった。酒粕間の差は「もちもち感」だけで、吟醸酒粕の方が強かった。

パンの焼き色については「焼成色」は発芽玄米酒粕を添加することによってより焼き色が強くなった。また「焼成色の好き嫌い」も焼き色がついた発芽玄米酒粕入りの方が有意に好まれた。

有機酸の添加で「コク味」や「塩味」が増強されるかについて官能試験で検討した結果、酢酸とリンゴ酸の添加で発芽玄米酒粕製パンと呈味が似ている傾向が示された。

機器分析について

1、パンの柔らかさの持続性

機器分析の結果から、無添加食パン(control)24時間経過のもののもっとも硬く、発芽玄米酒粕入り製パンは柔らかく、24時間経過してもほとんど硬くならないことが示された。(Fig.1)

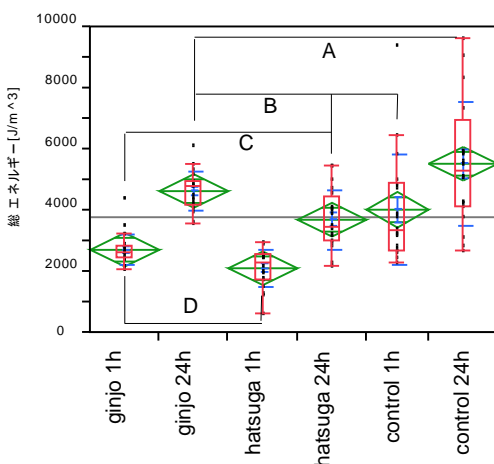


Fig.1 各製パンの1 - 24時間後の破断測定(総エネルギー)結果

2、パンの焼き色について

機器分析の結果から、無添加食パン(control)を基準にすると、吟醸酒粕製パンはより青緑色が強く、コントロールに近い色味であることがわかった。一方、発芽玄米酒粕製パンがより赤・黄色が強く、暗くコントロールや吟醸酒粕製パンとは差があることが示された。(Table.1) 焼き色がつく原因はメイラード反応によるものだと考えられるが、糖分が比較的多い吟醸酒粕を添加したパンに焼き色が付かない原因は不明である。

Table.1 パンのLab、E値結果

値	酒粕種類	平均	標準偏差	平均の標準誤差	LSD	p=
L	control	72.10	0.1595	0.0921	-0.3204	-
	ginjo	74.72	0.1212	0.0700	2.3029	<.0001
	hatsuga	67.87	0.1274	0.0736	3.9029	<.0001
a	control	-0.16	0.2255	0.1302	-0.5286	-
	ginjo	-0.72	0.1553	0.0897	0.0248	0.0421
	hatsuga	3.35	0.2801	0.1617	2.9881	<.0001
b	control	16.75	0.3066	0.1770	-0.5768	-
	ginjo	15.32	0.2227	0.1286	0.8565	0.0007
	hatsuga	18.40	0.1976	0.1141	1.0732	0.0003
E	control	74.02	0.1078	0.0623	-0.2875	-
	ginjo	76.28	0.1640	0.0947	1.9721	<.0001
	hatsuga	70.40	0.0828	0.0478	3.3265	<.0001

3、パンの香気成分の成分分析

発芽玄米を加えて作成したパンは吟醸酒粕を加えて作成したパンより acetaldehyde、diacetyl、propanol、dimethyl disulfide、isobutyl alcohol、isoamyl alcohol、phenethyl alcohol、ethyl hexadecanoateが多く、このことが発芽玄米酒粕製パンの香ばしさにも関係しているのではないかと示唆された。

(2) 発芽玄米酒と発芽玄米酒粕中の呈味成分についての結果

ナトリウムの定量

発芽玄米酒と発芽玄米酒粕、比較対照として同じ原料で同じように作成した吟醸酒と吟醸酒粕についてナトリウムの定量を行った。発芽玄米を用いたものにより多くナトリウムが存在した(Table.2)。玄米表皮部分にナトリウムが多く存在するためであろうと考えられる。

Table.2 酒と酒粕のNaイオン量

sample	Na+ (ppm)
Sake-lees germinated brown rice	333.3
Sake-lees Ginjo	87.3
Sake germinated brown rice	293.3
Sake Ginjo	38.3

遊離アミノ酸の定量とパン添加時の呈味

発芽玄米酒粕と吟醸酒粕について遊離アミノ酸を定量した。遊離アミノ酸の総量は発芽玄米酒粕の方が吟醸酒粕よりも多かった。これらは玄米表面のたんぱく質由来であると考えられる。発芽玄米は玄米よりアミノ酸がより増加するという報告があるため、酒を絞った後の酒粕にも遊離のアミノ酸がより多く残留していると考えられる。酒の味に「コク」をもたらすのは窒素源だと言われており、酒粕もそれと同様の嗜好をもたらすと考えられた。しかしアミノ酸をパンに添加したところそれは「コク」ではなく「甘味」に關与していることがわかった。

有機酸の定量

発芽玄米酒粕と吟醸酒粕について有機酸を定量した(Table.3)。2種類の酒粕からはいわゆる清酒に含まれる有機酸と同等のものが検出された。発芽玄米酒粕から検出された最も多い有機酸は酢酸であった。吟醸酒粕からはリンゴ酸が最も多く検出された。発芽玄米酒粕には乳酸が検出されたが、吟醸酒粕には検出されなかった。ピルビン酸はどちらの酒粕にも検出されなかった。

核酸塩基の定量

イノシン酸及びグアニル酸は2種類のカラムで検討したもののどちらの酒粕からも検

出されず、検出限界以下であった。

Table.3 酒粕の有機酸量

	(ppm)	
	発芽玄米酒粕	吟醸酒粕
citric acid	329.8	211.3
pyruvic acid	ND	ND
malic acid	210.2	656.4
succinic acid	840.7	283.8
lactic acid	438.8	ND
acetic acid	1040.0	57.4
Total	2859.5	1208.9

(3) 発芽玄米酒・酒粕中成分の「コク味」化合物検討とコクを呈する機構の検討結果

研究の結果、パンの「コク」は有機酸の相互作用であることを見出し、それが何に依存するかを検討した。コク味付与剤としては現在まで Calcium Sensing Receptor (CaSR、カルシウム受容体) に対しアゴニスト活性を有する化合物が用いられている。タンパク質内のカルシウム含有化合物結合部位にこれらのような各種有機酸が結合するかについての可能性を、化合物の性質および化合物の構造から比較した。その結果、水溶性が高いカルボン酸でかつ -Glu-Val-Gly と同程度の長さで一定の向きを有するものはカルシウム受容体と結合し、コク味を有する可能性があることが示唆された。

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3件)

小木曾加奈、中澤弥子、吉岡由美、佐藤晶子、岡崎光雄、発芽玄米酒粕製パンの呈味性、日本味と匂学会誌、査読有り、18(3)、2011年、P.387-P.390

小木曾加奈、中澤弥子、吉岡由美、佐藤晶子、岡崎光雄、発芽玄米酒粕中の有機酸がパンの呈味に及ぼす影響、日本味と匂学会誌、査読有り、20(3)、2013年、P.313-P.316

小木曾加奈、古田一匡、計算科学によるカルボン酸とカルシウム受容体の相互作用の機構検証：in silico スクリーニングの検討、長野県短期大学紀要、査読無、第68号、2014年、P.19-P.26

[学会発表](計5件)

小木曾加奈、中澤弥子、吉岡由美、佐藤晶子、岡崎光雄、発芽玄米酒粕製パンの呈味性、日本味と匂学会第45回大会、2011年10月5日～7日、石川県立音楽堂

小木曾加奈、金子昌二、中澤弥子、吉岡由美、佐藤晶子、岡崎光雄、発芽玄米酒粕製パンの香気成分、日本農芸化学会2012年度大会、2012年3月24日発表、京都女子大学

小木曾加奈、中澤弥子、吉岡由美、佐藤晶子、岡崎光雄、発芽玄米酒粕の製パン特性、日本調理学会大会平成24年度大会、2012年8月24日～25日、秋田大学

小木曾加奈、中澤弥子、吉岡由美、佐藤晶子、岡崎光雄、発芽玄米酒粕添加がパンの色調と嗜好に及ぼす影響、日本調理学会大会平成25年度大会、2013年8月23日～24日、奈良女子大学

小木曾加奈、中澤弥子、吉岡由美、佐藤晶子、岡崎光雄、発芽玄米酒粕中の有機酸がパンの呈味に及ぼす影響、日本味と匂学会第47回大会、2013年9月5日～7日、仙台市市民会館

[図書](計 件)

[産業財産権]
出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小木曾 加奈 (KOGISO KANA)
長野県短期大学・生活科学科・講師
研究者番号：30435284

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：