

有色カンショを用いた発酵食品の実用化

鶴木隆文*, 瀬戸口眞治**, 亀澤浩幸**, 下野かおり**, 前野一朗***, 西場洋一****, 須田郁夫*****

Practical Study on Fermented Food Using Colored Sweet Potato

Takafumi UNOKI, Shinji SETOGUCHI, Hiroyuki KAMESAWA, Kaori SHIMONO, Ichiro MAENO,

Yoichi NISHIBA and Ikuo SUDA

有色カンショを用いた発酵食品の実用化においてスケールアップに伴う製造工程上の課題として、製麴工程の操作性、大豆粉の加熱処理、仕込み工程の検討をする必要があった。その検討結果を踏まえて実規模製造試験を行ったところ、実規模製造での製造技術を確立することができた。また、発酵食品の一般成分では、紫色系でクエン酸とエタノールが多く含まれていた。機能性評価では、麦味噌と比べてポリフェノール含量やカフェ酸が紫色系に多く含まれ、また高い抗酸化活性を示す優れた機能性を有する発酵食品であることが分かった。これらの成果を生かし、有色カンショを用いた発酵食品が企業で商品化されることとなった。

Keyword : 有色カンショ, 発酵食品, スケールアップ, 機能性評価, カフェ酸

1. 緒言

1705年、琉球から薩摩藩（現在の指宿市山川）へカンショが伝来してから300年が経過した¹⁾。カンショは、その後、救荒作物として全国へ広がっていき、平成17年産の収穫量は全国で105.3万tとなっている。そのうち鹿児島県の収穫量は41.9万tと全国1位であり、栽培面積では県内普通畑の約2割を占める基幹作物となっている。鹿児島県内での主な用途は、でん粉原料用、焼酎用となっているが、近年の焼酎ブームにより焼酎用原料としての割合が若干増加した。

一方、ここ数年来、肉色の色調が鮮やかな紫色や橙色の有色カンショが開発されている。これら有色カンショには食物繊維などの栄養成分に加え、健康機能性で注目されているアントシアニン類やβ-カロテン等の色素成分が含まれている。

当センターでは、これら有色カンショの新たな需要拡大のために新用途開発をめざした結果、有色カンショを発酵原料に選び、味噌醸造法を応用し、麴菌を利用した新しい発酵食品を開発することができた²⁾。この発酵食品は、鮮やかな色調と機能性を合わせ持つものであった。今回、県内企業に対してこの発酵食品を実用化するために、実規模製造での製造技術を検討した。また、この発酵食品の一般成

分や抗酸化活性等の機能性を評価した。以上の結果を踏まえて、この発酵食品を素材とした加工食品が、あおぞら農業協同組合（鹿児島県志布志市）において商品化されたので報告する。

2. 実験方法

2.1 原材料

原材料カンショは、九州沖縄農業研究センター畑作研究部（宮崎県都城市）及び鹿児島県農業試験場大隅支場で栽培された紫色系品種「ムラサキマサリ」、橙色系品種「ジェイレッド」を用いた。大豆粉（エスピー（株）製）の品種は、「エルスター」を用いた。

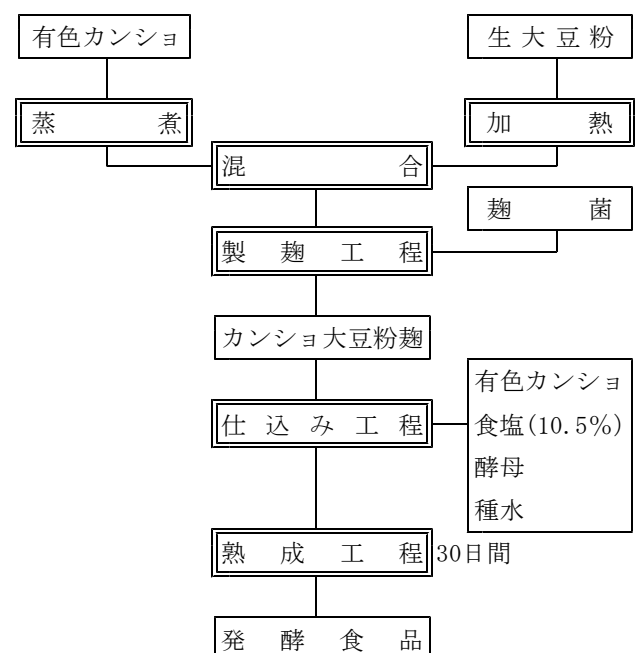


図1 有色カンショを用いた発酵食品の製造方法

* 食品工業部（現 鹿屋保健所）

** 食品工業部

*** 食品工業部（現 企画情報部）

**** (独)農業・生物系特定産業技術研究機構 九州沖縄農業研究センター（現 (独)農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター）

***** (独)農業・生物系特定産業技術研究機構 九州沖縄農業研究センター（現 (独)農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所）

2. 2 発酵食品の製造

有色カンショを用いた発酵食品の製造方法は、前報²⁾に準じ、製麴工程と仕込み工程及び熟成工程から成り、図1に示すとおりである。

なお、製麴工程での有色カンショと大豆粉の混合割合は、以下の①及び②のとおりとした。

①紫色系カンショ：大豆粉＝1：0.67

②橙色系カンショ：大豆粉＝1：1.09

紫色系カンショの場合は焼酎用白麴菌を用い、橙色系カンショでは味噌用黄麴菌を用いた。次に仕込み工程では、味噌用酵母を添加した。

また、スケールアップに伴う製造工程上の検討は、当センターで麴原料50kg規模で試醸試験を行い、次にその検討結果を踏まえて、あおぞら農業協同組合において麴原料100kg規模で実規模製造試験を実施した。

大豆粉や発酵食品の官能評価では、当センター職員によるパネラー10人によって、5点評価法の平均値を各項目ごとに挙げて評価し、各項目の合計を総得点として総合評価を行った。

2. 3 成分分析

2. 3. 1 一般成分

実規模製造試験で製造された発酵食品のpH、窒素成分(全窒素、水溶性窒素、ホルモール窒素)、糖成分(全糖、直糖)、有機酸、糖類、エタノール及び遊離アミノ酸を測定した。なお、pH、窒素成分(全窒素、水溶性窒素、ホルモール窒素)、糖成分(全糖、直糖)は、基準みそ分析法³⁾に準拠して測定した。

pHはガラス電極法で分析した。有機酸は、BTB(プロモチモールブルー)を反応試薬として利用したポストカラム誘導体化ー可視吸収検出法による高速液体クロマトグラフ(日本分光(株)製)で測定した。糖類及びエタノールは、示差屈折検出器による高速液体クロマトグラフ(日本分光(株)製)または電気化学検出器によるイオンクロマトグラフ糖分析システム(東亜ディーケーケー(株)製)で測定した。遊離アミノ酸は、AccQ・Tag法によるプレカラム蛍光誘導体化ー蛍光検出器による高速液体クロマトグラフ(日本ウォーターズ(株)製)で測定した。なお、遊離アミノ酸18種類の総量を総アミノ酸量として表した。

2. 3. 2 機能性評価

実規模製造試験で製造された発酵食品の機能性評価を行うために、ポリフェノール含量、カフェ酸を測定し、抗酸化活性の評価には、ジフェニルピクリルヒドラジル(DPPH)ラジカル消去活性を調べた。いずれも、麦味噌(あおぞら農業協同組合製)を対照とした。

発酵食品2.5gに対して80%エタノールを5ml加えホモジナイズ後、遠心分離(3,000rpm, 10分間)し、上澄みを回

収した。残渣には、再び80%エタノールで抽出し上澄みを回収した。この操作をさらに2回行い、回収した上澄みを全て合わせ、80%エタノールで25mlに定容した。その一部をとって、2%トリフルオロ酢酸(TFA)水溶液で2倍希釈し、機能性評価用の試料液とした。この試料液は、1%TFA、40%エタノール溶液となっている。

ポリフェノール含量の測定は、国民生活センター⁴⁾の方法に準じ、試料液1mlに2倍希釈Folin-Ciocalteu溶液0.5mlを加え、3分後に0.4M炭酸ナトリウム水溶液5mlを添加し、30℃で30分間反応させた。室温に冷却後、750nmにおける吸光度を測定した。ポリフェノール含量は、発酵食品1gあたりのクロロゲン酸(ChA)相当量として算出した。

試料液中のカフェ酸分析は、沖らの方法⁵⁾に準じ、高速液体クロマトグラフによる以下の条件で行った。

高速液体クロマトグラフ；日本分光(株)製Intelligent HPLC System/GULLIVERseries カラム；インタクト(株)製Cadenza CD-C18 (4.6mmI.D×250mm)

検出波長；325nm, 流速；0.75ml/min

溶離液；(A)10%アセトニトリル/0.1%TFA

(B)30%アセトニトリル/0.1%TFA

0%(B)→100%(B)(40分, 直線的濃度勾配)

またDPPHラジカル消去活性の測定は、分光光度計にて行い⁶⁾、発酵食品1gあたりのTrolox相当量をDPPHラジカル消去活性とした。

3. 結果及び考察

3. 1 実規模製造での製造技術の確立

3. 1. 1 製麴工程の操作性の検討

図1において、有色カンショと大豆粉を混合した麴原料は、実規模製造へスケールアップすると、麴原料の混合物が軟らかいために多量の重みで潰れやすくなった。そのため製麴中には、麴同士が接着して通気性も乏しくなり、麴菌の生育が悪い状態となった。また、製麴途中での手入

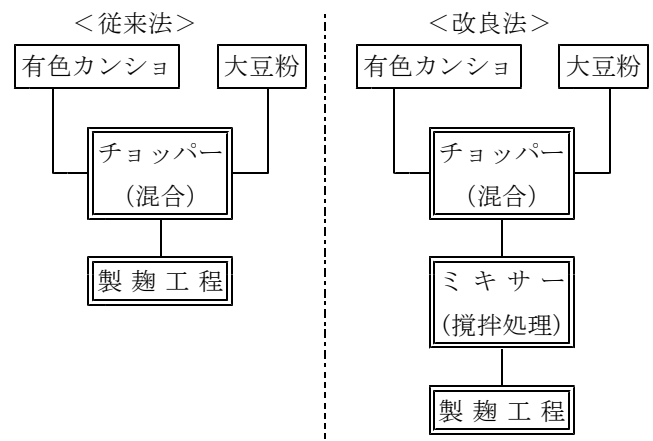


図2 麴原料の造粒方法の検討

表1 加熱処理の違いによる大豆粉の官能評価※¹

(パネラー10人による5点評価法の平均値)

Sample	渋み	苦み	青臭さ	こく	甘み	総得点
生大豆粉	3.00	2.90	2.45	2.60	2.80	13.75
120℃90分乾燥 (従来法)	3.40	2.70	2.60	3.50	3.10	15.30
加圧蒸し10分	3.50	3.50	3.20	2.90	2.70	15.80
加圧蒸し20分	3.70	3.70	3.20	3.50	3.70	17.80
加圧蒸し30分	3.90	3.90	3.60	3.70	3.60	18.70
加圧蒸し40分	4.20	4.00	4.00	3.70	3.60	19.50
消化性大豆粉※ ²	4.20	3.80	3.50	3.40	3.00	17.90

※1：渋み・苦み・青臭さは、強いが1点で、弱いが5点。こく・甘みは、弱いが1点で、強いが5点。

※2：消化性大豆粉とは、加熱処理された既製品。

表2 仕込み工程での検討結果による有色カンショ発酵食品の官能評価※¹

(パネラー10人による5点評価法の平均値)

No.	有色カンショ	麴歩合	味噌用酵母	原料混合物※ ²	色	香り	味	総得点	評価
1	ムラサキマサリ	30	×	○	2.30	2.30	2.30	6.90	濃紫色、大豆臭、えぐ味
2		30	×		4.00	3.30	2.90	10.20	鮮やかな赤紫色、発酵香、酸味、ややえぐ味
3		20	×		3.90	3.50	3.60	11.00	鮮やかな赤紫色、発酵香、バランスよい酸味
4		10	×		3.90	3.10	3.20	10.20	やや濃い赤紫色、発酵香、酸味
5	ジェイレッド	30	×	○	4.00	1.80	1.80	7.60	鮮やかな山吹色、生大豆臭、えぐ味
6		30	×		3.60	3.40	3.00	10.00	山吹色、熟成香、えぐ味
7		20	×		3.70	3.40	3.00	10.10	山吹色、やや熟成香、えぐ味
8		10	×		3.70	3.70	3.20	10.60	山吹色、香りおとなしい、えぐ味
9		30	○		3.90	4.20	3.60	11.70	山吹色、華やかな発酵香、旨味、甘み

※1：評価法は、良いが5点で、悪いが1点。

※2：原料混合物とは、麴歩合30の試料と同じ割合になるように原料を混合しただけの未発酵試料。

れをする際には、攪拌に時間がかかり製麴工程の操作性に問題が生じ検討を要した。

従来法では、図2に示すとおり有色カンショと大豆粉をチョッパーで混合した後に製麴していたが、改良法では、カンショと大豆粉をチョッパーで混合した後に、ミキサー(図3)で攪拌処理したところ、長さ0.5~1.0cmの円柱状に造粒が可能となり(図4)、製麴中においても麴の形状が維持できて操作性が向上し、麴菌の生育も良好となった。

3. 1. 2 生大豆粉の加熱処理方法の検討

生大豆粉は、従来、120℃、90分の乾燥乾燥をしていたが、スケールアップすると発酵食品中に生大豆粉由来の渋みや苦み等の不快味が残存していた。したがって、不快味軽減を図る目的で、生大豆粉の加熱処理方法として加圧蒸しの条件を検討した。その結果、生大豆粉や従来法と比較して、加圧蒸しを20分以上処理することで、加熱むらが生じず大豆粉の官能評価は渋みや苦み等の不快味が軽減されて総得点の総合評価も良好となった(表1)。

3. 1. 3 仕込み工程の検討

有色カンショを用いた発酵食品の仕込み工程において、仕込み時に加える有色カンショに対するカンショ大豆粉麴の比率(麴歩合)を検討した。この場合、麴歩合とは以下のように定義する。

$$\text{麴歩合} = \text{カンショ大豆粉麴} / \text{有色カンショ} \times 10$$

また仕込み工程において、味噌用酵母の添加効果も検討

した。なお、大豆粉の加熱処理方法は、加圧蒸し20分とした。

以上の仕込み工程での検討結果は、表2のとおりとなった。紫色系カンショを用いた発酵食品では、麴歩合が高くなるほどクエン酸による酸味を強く感じて、鮮やかな赤紫色となった。官能評価では、麴歩合20の試料が良好でありバランス良い酸味と評された。

また橙色系カンショの発酵食品において、麴歩合30の場合に味噌用酵母の添加効果を比較したところ、酵母添加を行った試料では大豆粉由来のえぐ味がなくなり、酵母のアルコール発酵による華やかな発酵香を感じた。官能評価では、酵母添加を行った試料の方が良好であった。

3. 1. 4 実規模製造試験

実規模製造試験は、当センターでのスケールアップに伴う製造工程の検討結果(上記3. 1. 1から3. 1. 3の検討結果)から、麴原料100kg規模で、あおぞら農業協同組合にて行った(図5)。

その結果、実規模製造段階での製造は、可能であることが実証され、実規模製造での製造技術が確立できた。

以上の結果を踏まえて、有色カンショ発酵食品を素材とした加工食品(ドレッシング、豚味噌、ふくれ菓子)が、2005年7月から、あおぞら農業協同組合において商品化された(図6)。



図3 ミキサーによる麴の造粒



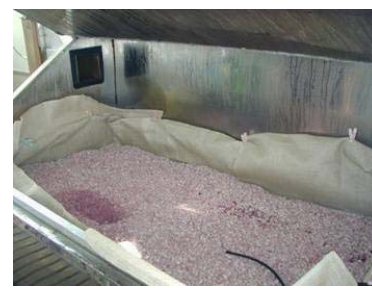
図4 ミキサーによる円柱状の造粒物



チョッパーで混合



ミキサーで麴の造粒



製麴装置内



仕込み工程（食塩添加）



仕込み容器への詰め込み



熟成30日後の発酵食品

図5 有色カンショ発酵食品の実規模製造試験



図6 有色カンショ発酵食品を素材にして商品化された加工食品（あおぞら農業協同組合）

3. 2 発酵食品の一般成分及び機能性評価

3. 2. 1 発酵食品の一般成分

実規模製造試験で製造された有色カンショ発酵食品について、一般成分を分析した結果は、図7、表3及び表4のとおりとなった。

この発酵食品中の有機酸で最も多く含まれていたのは、クエン酸であった。図7のとおり、紫色系カンショでは橙色系に比べてクエン酸含量が約4倍多く含まれており、pH4.2と酸性側へ傾き酸味が強くなっていた。これは、紫色系にはクエン酸を生成する焼酎用白麹菌を使用しているためと考えられる。

糖成分及びエタノール含量については、表3のとおり全糖及び直糖のどちらも、紫色系が橙色系に比べて多くなっていた。しかし、全糖が発酵熟成によって直糖へ分解した割合を示す糖分解率は、同じであった。また発酵食品中のエタノール含量は、味噌用酵母を添加した紫色系が橙色系に比べて約3倍多く1.34%生成していた。その結果、発酵食品の品質は紫色系が橙色系より芳香性があった。

窒素成分については、表4のとおり紫色系が橙色系に比べて多く含まれていた。しかし熟成度の指標となるたんぱく溶解率は、紫色系より橙色系がわずかに高くなっていた。アミノ酸に分解された割合を表すたんぱく分解率も、橙色系がわずかに高くなっていた。遊離アミノ酸の中で呈味性が最も強いグルタミン酸は、いずれの場合も300mg/100gを超える含有量であった。品質的には、橙色系が紫色系よりもうま味とこくがあった。

3. 2. 2 発酵食品の機能性評価

実規模製造試験で製造された有色カンショ発酵食品について、機能性評価を醸造方法が近い麦味噌を対照として行った結果は、図8～10のとおりとなった。

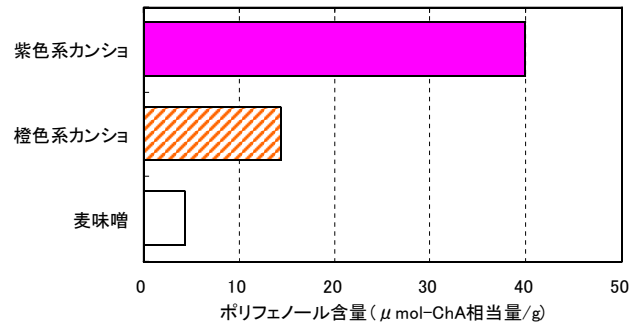


図8 発酵食品中のポリフェノール含量

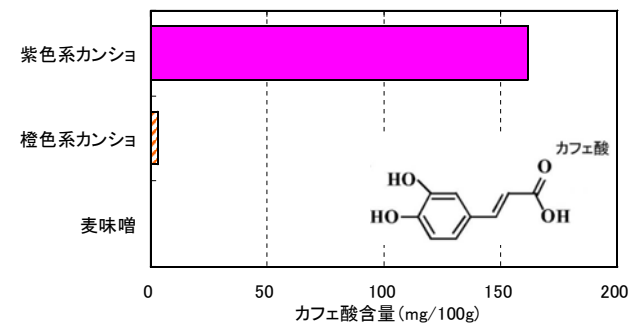


図9 発酵食品中のカフェイン含量

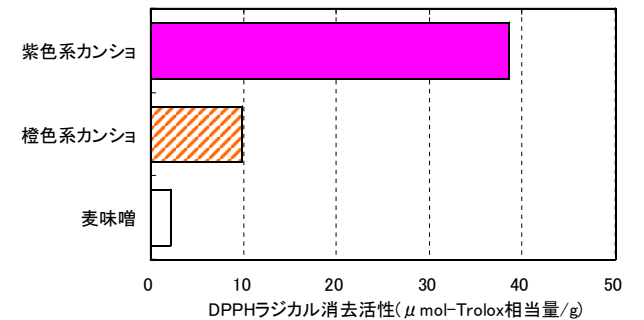


図10 発酵食品中のDPPHラジカル消去活性

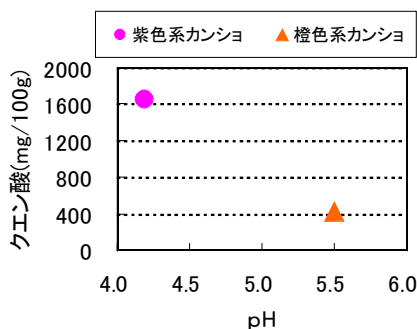


図7 発酵食品中の一般成分 (クエン酸含量とpH)

表3 発酵食品中の一般成分 (糖成分)

No.	Sample	全糖 (%)	直糖 (%)	糖分解率 (%)	エタノール (%)
1	紫色系カンショ	15.9	11.9	74.8	1.34
2	橙色系カンショ	11.3	8.45	74.8	0.47

表4 発酵食品中の一般成分 (窒素成分)

No.	Sample	全窒素 (%)	水溶性窒素 (%)	ホルモール窒素 (%)	たんぱく溶解率 (%)	たんぱく分解率 (%)	グルタミン酸 (mg/100g)	総アミノ酸量 (mg/100g)
1	紫色系カンショ	1.68	0.617	0.226	36.7	13.5	343	1,790
2	橙色系カンショ	1.38	0.591	0.258	42.8	18.7	325	2,030

ポリフェノールには、一般的に強い抗酸化作用があり、人体の中で生じ、成人病や老化の原因とされている過剰な活性酸素を除去あるいは生成抑制する働きがあると言われていた。紫色系カンショは、抗酸化作用があるアントシアニン色素を多く含んでおり、図8のとおり紫色系、橙色系、麦味噌の順にポリフェノールが多く含まれていた。

機能性成分カフェ酸は、コーヒーに最も豊富に含まれるポリフェノールであるが、カンショ葉にも含有⁷⁾されており抗酸化作用や抗腫瘍性等の機能性がある。図9のとおり麦味噌には全く含まれていなかったが、紫色系のみによく含有されていた。これは、紫色系の原材料にはアシル化アントシアニンやカンショ由来のクロロゲン酸が含まれるが、発酵熟成中に麹菌の作用でカフェ酸へ分解されると西場ら⁸⁾が報告しており、その報告を裏付ける結果となった。

抗酸化活性の評価としてDPPHラジカル消去活性を調べたところ、図10のとおり麦味噌と比較して紫色系、橙色系の順に高い抗酸化活性を示していた。

また西場ら⁹⁾は、紫色系カンショ発酵食品中には動物実験の結果より血液流動性改善作用があることを報告している。また既報¹⁰⁾で報告したように橙色系カンショ発酵食品中には、抗酸化活性のあるβ-カロテンが含まれていることが分かっている。

以上のことから、有色カンショ発酵食品は、優れた機能性を有する発酵食品であることが分かった。

4. 結 言

有色カンショを用いた発酵食品の実用化においてスケールアップに伴う製造工程上の課題を検討し、実規模製造技術の確立をめざした結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 製麹工程の操作性を検討した結果、有色カンショと大豆粉をチョッパーで混合した後にミキサーで攪拌処理したところ、円柱状に造粒が可能となり、製麹中の操作性が向上した。
- (2) 生大豆粉由来の不快感が従来法では残存していたが、加圧蒸し20分以上の処理を行うと、不快感が軽減された。
- (3) 仕込み工程の検討をした結果、紫色系カンショでは麹歩合が高くなるほど酸味が強く、鮮やかな赤紫色となった。また味噌用酵母の添加を行うと華やかな発酵香となった。
- (4) (1)～(3)の検討結果を踏まえて実規模製造試験を行った結果、実規模製造段階での製造は可能であることが実証され、実規模製造での製造技術が確立できた。
- (5) 実規模製造試験で製造された発酵食品の一般成分を分

析した結果、クエン酸が多く紫色系で顕著であった。発酵香の漂うエタノールは、紫色系が多く生成されていた。
(6) 実規模製造試験で製造された発酵食品の機能性評価を評価した結果、麦味噌と比べてポリフェノール含量が多く、カフェ酸は紫色系に多く含まれていた。また麦味噌と比べて高い抗酸化活性を示しており、優れた機能性を有する発酵食品であることが分かった。

以上の結果を踏まえて、有色カンショ発酵食品を素材とした加工食品が、あおぞら農業協同組合において商品化された。

謝 辞

今回、研究を進めるにあたり、分析方法やご助言を賜りました九州沖縄農業研究センター 食品機能開発研究室の皆様、有色カンショの試料をご提供いただいた九州沖縄農業研究センター サツマイモ育種研究室 吉永優室長、及び鹿児島県農業試験場大隅支場 営農研究室の皆様には深く感謝いたします。また有色カンショ発酵食品の実用化のために実規模製造試験などで多大なご協力をいただいたあおぞら農業協同組合 生活事業部の皆様にも深く感謝いたします。

なお、本研究は、独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構から委託されたプロジェクト研究「新鮮でおいしい「ブランド・ニッポン」農産物提供のための総合研究」(平成15年～17年度)において行いました。

参 考 文 献

- 1) さつまいも伝来300年記念イベント鹿児島県実行委員会：“さつまいも小事典”，(2005)p. 2
- 2) 鶴木隆文，吉村浩三，鮫島陽人，岩屋あまね，亀澤浩幸，下野かおり，間世田春作：鹿児島県工業技術センター研究報告，15, 17(2001)
- 3) 全国味噌技術会：“みそ技術ハンドブック付基準みそ分析法”，(1995)
- 4) 国民生活センター：“ポリフェノール含有食品のテスト報告書”，(2000)
- 5) 沖智之ら：日本食品科学工学会誌，49, 683(2002)
- 6) “食品機能研究法”，光琳(2000)p. 218
- 7) 奥野成倫ら：九州沖縄農業研究成果情報，17, 85(2002)
- 8) 西場洋一，鶴木隆文：流通加工研究交流会，(2005)
- 9) 西場洋一，鶴木隆文：流通加工研究交流会，(2006)
- 10) 鶴木隆文：情報KISC9月号，(2003)