

令和7年度

北海道立オホーツク圏地域食品加工技術センター

研究成果 報告書

目 次

オホーツク圏産の乳酸菌の低温発酵食品への適用について.....	1
冷凍皮むきカボチャのレジスタントスターチ量と食物繊維量について.....	5
キノコの発酵能を利用した地場食材の高付加価値化	9
オホーツク産マフグの品質特性について	13
北見たまねぎの効率的なシクロアリンの増加方法の検討	17

オホーツク圏発の乳酸菌の 低温発酵食品への適用について

上野 晃生

1. 要旨

乳酸菌は食品発酵・健康機能に広く利用されている。食加技センター保有のカルチャーコレクション中の KIM1 株に加え、留辺蘂産白花豆から新規乳酸菌株「rwb21_20 株」を得た。低温条件下での発酵能を、脱脂乳および豆乳で調査した。16℃では rwb21_20 株は脱脂乳と豆乳を、5℃ではどちらの乳酸菌株も豆乳を発酵することが分かった。本成果は、オホーツク圏由来の農産物と乳酸菌を組み合わせることにより、オホーツク独自の香りと味を生む食品を生み出せる可能性がある。

キーワード：オホーツク圏、乳酸菌、低温発酵、微生物テロワール、付加価値化

2. 研究の背景と目的

乳酸菌は食品発酵・健康機能に広く利用されている。乳酸菌の発酵能を活かしながら、地域ニーズに合った独自の乳酸菌株の選抜と評価を行い、加工食品に多様な風味や栄養を付加する技術の確立と、オホーツク圏発の発酵食品開発に繋げる。

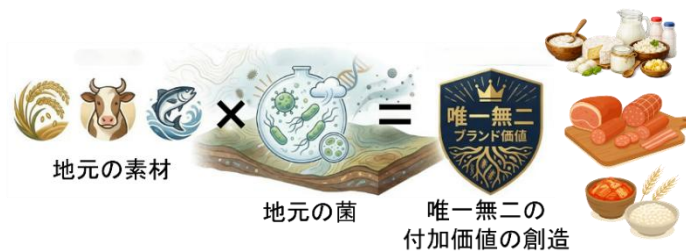


図 1. 地元の素材×地元の菌による食品の付加価値創造の概念図。「微生物テロワール」の概念の適用により、オホーツク独自の食品を作ることが期待できる。

本研究の概念を図 1 に示した。「微生物テロワール」については、ワインに関連する微生物についての報告があり、微生物の地理的分布(微生物テロワール)が、地域のワインの特徴を形作る潜在的な要因であることが示されている^{1,2)}。オホーツク圏地域の利点を活かし、当地域の農畜水産物素材を、同地域より取得した微生物を活用することにより、大手企業では真似ができないオホーツク独自の食品製造の可能性を広げることができ、付加価値向上に繋げることができる。

食加技センターでは過去に様々な食品から取得した乳酸菌株のカルチャーコレクションを保管している。それらの中には、使用目的に応じて高い発酵能を有する乳酸菌株が存在する可能性がある。未利用となっている乳酸菌株の特徴をさらに調べることにより、保有株の新たな特徴の情報の追加や、有用な乳酸菌株をオホーツク管内で使ってみたいというユーザーに乳酸菌株を提供する仕組みの構築も可能となる。また、低温条件下での発酵はゆっくりとした代謝により、比較的高い温度帯(30-35℃)での発酵では見られない特徴を付加することができる³⁾。カルチャーコレクション

をさらに充実させるため、オホーツク圏の農産物より低温条件下で発酵能を有する新規乳酸菌取得も同時に試みた。

令和 7 年度の試みとして、オホーツク管内である留辺蘂産白花豆より新規乳酸菌株の取得を行った。191 株の取得に成功し、特にデンプンをエサとして成長する 40 株(rwfb21 シリーズとする)について調査することとした。選抜した 5 株については、20℃以下の培養条件で脱脂乳もしくは豆乳の発酵能があること、16S rRNA 遺伝子による同定を行った結果、4 株が *Enterococcus* 属、1 株が *Lactococcus* 属に分類される乳酸菌であることが分かった。カルチャーコレクションからは KIM1 株が、留辺蘂産白花豆由来からは *Lactococcus* 属に分類される rwfb21_20 株が低温条件下で発酵能を有する有望な乳酸菌株であることが分かり、オホーツク産の新たな発酵食品開発の可能性を広げることができた。

3. 試験方法

(1) 乳酸菌株

① **KIM1 株**：食加技センター保有のカルチャーコレクションに保管されていた株。16S rRNA 遺伝子解析の結果、*Lactobacillus sakei* と近縁であることが分かっている。

② **RE-57 株**：正の対照実験として使用。過去の食加技術センターの研究で、レンゲ花卉から単離された。ジアセチル生産性とプロテアーゼ活性が高い。16S rRNA 遺伝子解析の結果、*Lactobacillus casei* と近縁であることが分かっている。

③ **NBRC12520 株**：NITE より購入した乳酸菌株。*Levilactobacillus brevis* であることが分かっている。脱脂乳および豆乳の固化能がないため、負の対照実験として使用した。

④ **rwfb21_20 株**：留辺蘂産白花豆を材料とし、新規乳酸菌株を 191 株取得した。それらのうち、可溶性デンプンを炭素源として添加した乳酸菌用寒天培地上で単一コロニーとして取得したもの。単離に使用した培養液は既報に従った⁴⁾。

それぞれの乳酸菌株を、既報の培養液⁴⁾にて前培養を行った。前培養の温度は、rwfb21_20 株は 20℃で行い、これ以外の乳酸菌株は 35℃で行った。前培養液 1mL 中の乳酸菌数は、食品衛生法(乳等省令)に基づく乳酸菌の公定試験法として使われる BCP 加プレートカウント培地を用いて行い⁴⁾、生菌数を Colony Forming Unit (CFU)として算出した。下記に記載する脱脂乳および豆乳固化試験では、前培養液が 1/10 容量になるように添加した(=10⁸ CFU に相当)。

(2) 脱脂乳および豆乳固化試験

脱脂乳(日本ベクトン・ディッキンソン株式会社)を、豆乳については市販の無調整豆乳を用いた。脱脂乳および豆乳のいずれについても、使用前に 121℃で 15 分のオートクレーブ処理を施し滅菌処理を行った。培養温度は、低温発酵能を調べるため 16℃および 5℃で行った。脱脂乳および豆乳の固化が観察された日を培養試験最終日とした。固化試験終了後、pH メーターを用い pH 測定を行った。固化試験の評価基準については図 2 に示した。



図 2. 脱脂乳および豆乳の固化試験の評価基準。固化したかどうかで判定(=ヨーグルトができるかどうか)。-, 固化せず; +, 固化あり(+の数で固化強度を表示します)。

(3) 留辺薬産白花豆由来の新規乳酸菌株の同定方法

既報の培養液を用いて培養後、遠心分離にて菌体を回収した。回収した菌体を、株式会社マクロジェン・ジャパンに送付し、微生物同定用 rRNA シーケンスサービスにて DNA シーケンス解析を行った。返送された DNA シーケンスデータを、世界的な公共データベース BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) にて照合を行い新規微生物株の同定を行った。

4. 開発研究結果

(1) 留辺薬産白花豆から単離した乳酸菌 rwb21_20 株の同定

rwb21_20 株については *Lactococcus lactis* subsp. *hordniae* と 99.9% の一致性があり、*Lactococcus* 属に分類される乳酸菌であることが分かった。本属に分類される乳酸菌は乳製品スターターとしての報告が多いことで知られる。本研究では、rwb21_20 株を有望株として研究を継続することとした。

(2) 脱脂乳および豆乳固化試験

表 1. 脱脂乳および豆乳固化試験の結果。

	乳酸菌株名	固化試験		pH		16S rRNA 遺伝子による乳酸菌の同定結果、 その他の情報
		脱脂乳	豆乳	脱脂乳	豆乳	
16°C	KIM1株	-	-	5.57±0.05	4.52±0.01	<i>Latilactobacillus sakei</i>
	rwb21_20株	+	+++	4.60±0.01	4.42±0.01	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>hordniae</i> NBRC 100931 ^T
	RE-57株	+++	+++	4.44±0.03	4.33±0.01	<i>Lactobacillus casei</i>
	NBRC12520株	-	-	5.93±0.01	6.14±0.02	<i>Levilactobacillus brevis</i> NBRC12520
	接種なし	-	-	6.54±0.03	6.61±0.01	
5°C	KIM1株	-	+++	6.05±0.02	5.35±0.05	12日間で固化
	rwb21_20株	-	+++	6.36±0.01	5.25±0.01	12日間で固化
	RE-57株	-	+++	6.04±0.01	5.74±0.02	7日間で固化、正の対照実験
	NBRC12520株	-	-	6.51±0.01	6.49±0.04	固化しない、負の対照実験
	接種なし	-	-	6.66±0.03	6.96±0.01	

pH 測定結果は、平均値±標準偏差 ($n = 3$) で表示した。

脱脂乳および豆乳の固化試験を、20°C以下の低温条件下で行った。結果を表 1 に掲載した。

脱脂乳については、16°Cの条件で、正の対照実験の RE-57 株と rwb21_20 株で固化が認められ発酵乳を作る能力があることが分かった。5°Cの条件では、脱脂乳の固化はいずれの乳酸菌株にも認められなかった。豆乳では、KIM1 株、rwb21_20 株、RE-57 株の接種で固化が認められ、豆乳発酵能があることが分かった。豆乳を使った試験の pH 結果を比較した場合、KIM1 株では 16°Cで 4.52 ± 0.01 、5°Cで 5.35 ± 0.05 であった。一方、rwb21_20 株では、16°Cで 4.42 ± 0.01 、5°Cで 5.25 ± 0.01 となり、16°Cの条件よりも、5°Cでの条件で pH がやや高い傾向が見られた。接種なし、および発酵が観察されなかった試験の pH については、いずれも 6.5-7.0 の範囲となり、乳酸発酵が進んでいなかったと考えられた。

5. 考察および今後の展望

食加技センター保有カルチャーコレクションおよび留辺蘂産白花豆より、低温条件でも乳酸発酵を行う 2 つの乳酸菌株を取得した(KIM1 株と rwb21_20 株)。オホーツク産の乳酸菌と地元の素材を使いオホーツク独自の発酵食品製造の可能性を高めることができる。低温条件で発酵能を有する乳酸菌を使うことにより、成長速度を抑えながら、pH が極端に低くならない条件の発酵乳や発酵豆乳の作成ができる利点もある。本研究では、20°C以下の条件で植物由来乳酸菌の発酵能があることが分かった。加工食品の活用先の候補の一つとして、プラントベースの食品開発が挙げられる。プラントベース食品は、植物由来の原材料で、動物性食品に近い満足感のある味や食感を再現することが重要となる⁵⁾。日本豆乳協会の報告によると、2025 年(1-12 月期)における豆乳類の生産量が 444,552 kL となり過去最高を記録している⁶⁾。これは少なくとも豆乳を中心とした植物性市場は拡大基調であると言える。発酵豆乳は、市場全体から見るとまだニッチであるが、健康志向や乳製品代替ニーズの高まりにより、今後注目度が上がる可能性がある。

6. 引用文献

1. Gilbert JA *et al.*, (2014). Microbial *terroir* for wine grapes. PNAS., 111, 5-6.
2. Bokulich NA *et al.*, (2014). Microbial biogeography of wine grapes is conditioned by cultivar, vintage, and climate. PNAS., 111, E139-E148.
3. Liang C *et al.*, (2023). New Insights on Low-Temperature Fermentation for Food. *Fermentation*. 9, 477.
4. 小崎 道尾、内村 泰、岡田 早苗 (1992). 乳酸菌実験マニュアル -分離から同定まで- 朝倉書店
5. 農研機構 プレスリリース (研究成果) 植物性食品のおいしさ向上への官能評価の活用. - 動物性・植物性とんこつ(風)スープのおいしさの違いを明らかに - 2023 年 9 月 8 日 情報公開 https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nfri/159699.html
6. 日本豆乳協会 「2025 年(1-12 月期)における豆乳類の生産量が 444,552 kL、過去最高を記録」 https://www.tounyu.jp/news_release/1379 2026 年 3 月 5 日 記事

冷凍皮むきカボチャのレジスタントスターチ量と

食物繊維量について

福澤 明里

1. 要旨

カボチャ加工品のレジスタントスターチ(以下、RS)量に関する新たな知見を得るため、冷凍皮むきカボチャに含まれるRS量と食物繊維量について調べた。皮を剥いたカボチャをコンベクションオーブンでスチームまたは蒸し焼き加工し、急速凍結したカボチャ加工品にRSが含まれることが新たに分かった。RS量は、デンプン量の高い試料で高い値となった。加工方法の違いや品種間での有意差は認められなかった。一部の試料で、加工前と蒸し焼き加工後において不溶性食物繊維の有意な増加が認められ、増加した一部はRSの可能性が考えられた。

キーワード：冷凍カボチャ、レジスタントスターチ、食物繊維、

2. 研究の背景と目的

RSについて、芋類の調理に関する研究や調理後の食物繊維の増加との関係を示す研究報告¹~³⁾はあるが、カボチャを用いた研究はほとんど見られない。新たにカボチャ加工品のRS量が分かると、カボチャを用いた機能性を有する商品として付加価値が期待されることから、冷凍皮むきカボチャを用いて加工方法の違いや品種間におけるRS量の変化および食物繊維量について調べることとした。

3. 試験方法

(1) 試料の調製

令和7年度佐呂間町産のカボチャ蔵の匠(以下、KT)、栗将軍(以下、KR)、TSX-820(以下、TS)、えびす(以下、EB)を用いて冷凍皮むきカボチャを作成した。冷凍皮むきカボチャは2通りの加工方法があり、カボチャを洗浄後、皮、種、綿、果梗を除去し、15mmダイス状にカットした後、次に示す方法で加工した。①スチーム加工:下処理済みのカボチャをラミネート袋に充填し、真空包装し、袋ごとコンベクションオーブンのスチームモードで20分加熱後、急速凍結し、冷凍保管。②蒸し焼き加工:下処理済みのカボチャをコンベクションオーブンの蒸し焼きモードで130℃20分加熱後、急速凍結し、ラミネート袋に充填し、冷凍保管。得られた冷凍皮むきカボチャはそれぞれ凍結乾燥機にかけた後、Iwatani製のミルサーで粉末化して試験に供試試料とした。対照として、下処理済みのカボチャ(生)を凍結乾燥し、試料と同様の処理で粉末化し、試験に供した。また、RSは電子レンジ調理や再加熱によって増加する報告⁴⁾があることから、冷凍皮むきカボチャを電子レンジで調理し、喫食状態の試料を試験に供した。すなわち冷凍皮むきカボチャを開封してお皿に

移し、ラップフィルムをして電子レンジで700W 1分30秒加熱した後、凍結乾燥し、以後、試料と同様の処理を行った。

(2) 試験方法

① **試料に含まれるデンプンと糖含量**:デンプンは、RS Assay Kit (Megazyme AOAC Method 2002,AACC Method 32-40.01)により、得られた可溶性デンプンとRSの合計を総デンプン量とした。デンプンの糖化状況について、HPLC法にてしょ糖、ぶどう糖、果糖、麦芽糖を分析した。カラムはCARBOSep CHO-682Pb、移動相は超純水、検出は示差屈折計(島津RID-20A)で行った。本分析手法を含め以降の試験は $n=3$ で行い、結果は平均値±標準偏差で示した。

② **RS量**:RS Assay Kit (Megazyme AOAC Method 2002,AACC Method 32-40.01)により行った。

③ **食物繊維量**:食物繊維測定キット(富士フィルム和光純薬 プロスキー改変法)により行った。

4. 実験結果および考察

(1) 試料に含まれるデンプンと糖含量

加工前のカボチャおよび冷凍皮むきカボチャに含まれるデンプンと糖含量を図1に示す。加工前のデンプン含量はKTが最も高く、TSとEBは一般的な西洋カボチャよりも少なかった。加工前後のデンプン含量は多くの試料で微減の傾向であったが、有意差は認められなかった。加工方法の違いについても同様であった。加工後はデンプンが糖化酵素の作用を受けて麦芽糖を生成し、デンプン含量の減少が考えられたが、全ての試料に麦芽糖は含まれなかったことから、加工中に酵素の作用は受けていないことが分かった。TSとEBは他の試料と糖の組成が異なり、ぶどう糖と果糖の比率が高かった。試料に用いたカボチャは品種によって追熟期間が異なり、TSとEBは他のカボチャよりも追熟期間が長かったことから貯蔵中にデンプンが分解したことが考えられた。

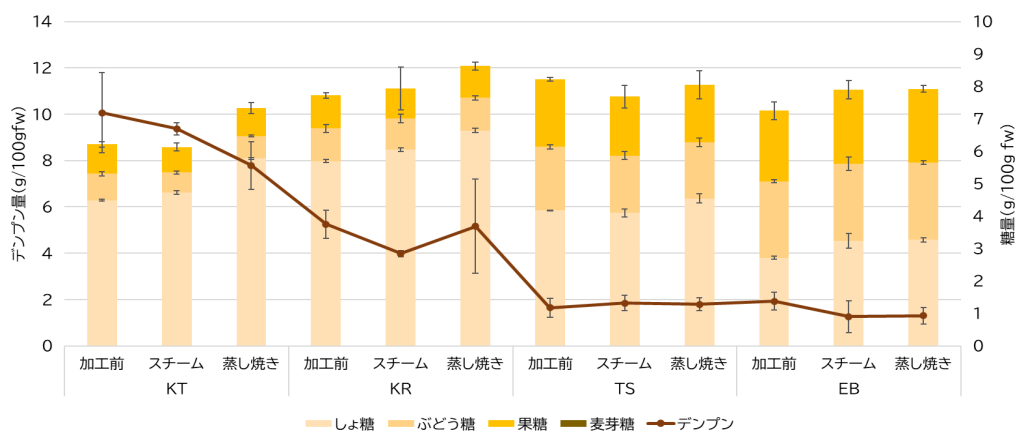


図1 カボチャのデンプン含量と糖含量

(2) レジスタントスターチ量

加工前の試料のRS量を図2に示す。カボチャのデンプンは、芋類と同様の結晶構造を有することから加工前は消化酵素を受けにくい耐消化性デンプン(RS2)であることが推測された。加工後のRS量を図3に示す。RSはKTが最も高く、次いでKR、TSとEBには僅かに含まれていることが分かった。これらのRSは、スチームまたは蒸し焼き加工および急速凍結によって、デンプンが老化デンプンの性質を有する(RS3)状態に変化したためと推測される。デンプンからRSへの変化量は明らかになっていないが、加熱後に見られたデンプン量の微減は、RSの生成によるものと推測された。RS量の高い順と加工前のRS量およびデンプン量の高い順は一致していた。加工方法の違いによる有意差は見られなかった。

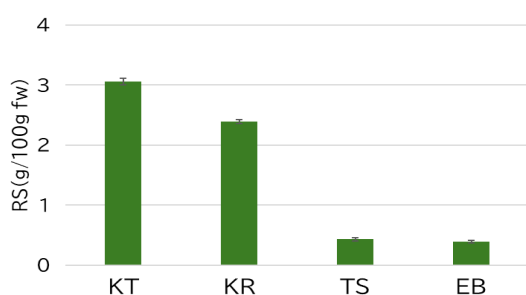


図2 加工前のRS量

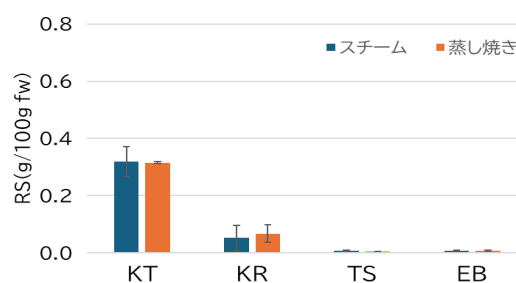


図3 加工後のRS量

(3) 電子レンジ調理におけるRS量

電子レンジ調理後の試料は、加工後の試料と比較してRS量が高く、KRの蒸し焼きで加工後の4倍量に、KRのスチームとKTのスチーム、蒸し焼きでは加工後の約2倍量に増加した(図4)。増加量にはばらつきが見られ、加工方法の違いによる有意差も認められなかった。デンプン量は、KTの蒸し焼きを除く試料で加工前および加工後よりも高かった(図5)。RS量の高い順とは一致しなかった。試料に着目したところ、電子レンジ調理の際に、ラップフィルムに水分が付着していたことから、今回の試験結果は再加熱による増加ではなく、水分の減少による増加と考えられた。

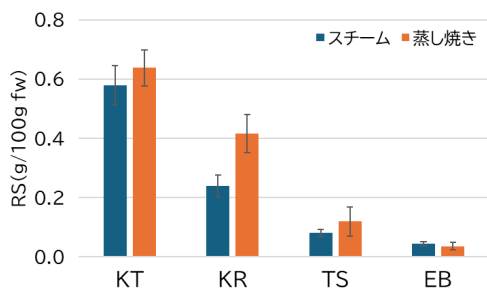


図4 レンジ調理後の試料に含まれるRS量

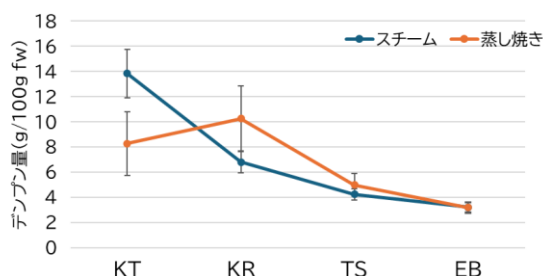


図5 レンジ調理後の試料に含まれるデンプン量

(4) KT(蔵の匠)に含まれる食物繊維

これまでの試験で最もRS量が高かったKTについて、食物繊維(以下、DF)量を調べた。加工後の変化を図6に示す。スチームの水溶性食物繊維(以下、SDF)量と不溶性食物繊維(以下、IDF)量は、加工前とほとんど変化がなかった。蒸し焼きはSDFが0.41gの増加、IDFは0.17gと有意な増加が見られた。日本食品標準成分表(八訂)によると、西洋カボチャの総食物繊維量(以下、TDF)は、ゆで、焼き、冷凍によって増加し、焼きが最も増加する。また、SDFは、焼きのみ増加し、IDFは全て増加する。今回の加工方法は、食品成分表の調理条件とは異なるが、蒸し焼きはカボチャに直接蒸気をあてながら焼成していたことから、IDFの増加は、焼きと同じ状態であったことが示唆された。加工前の試料と西洋カボチャ(生)のDFを比較すると、加工前の試料はSDFが西洋かぼちゃの約1.4倍の値となり、IDFは約3割程であった。この理由は、加工の際に皮を除去した分、果実が増えているためと考えられた。今回のIDFの増加量とRS量を比較すると、KTのスチームのIDFは0.01gの増加に対し、RS量は0.3gとほとんど一致しなかった。蒸し焼きでは、IDFが0.17gの増加に対しRS量は0.3gと6割程の一致であった。池田ら³⁾は、前処理法によってTDF量やRS量は異なることを示しているが、摂取する前処理に近い前処理法によってさつまいもを蒸した時のIDFの増加量とRS量が同量であったことを明らかにしている。今回は試料も前処理法も異なるが、蒸し焼きで見られたIDF量の増加の一部はRSの可能性が考えられた。

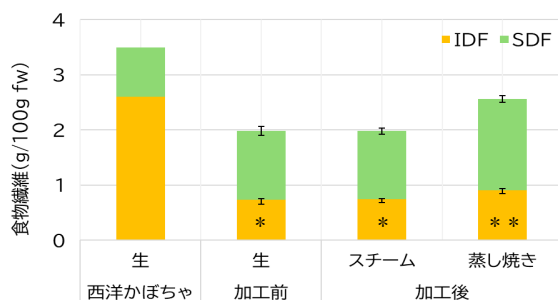


図6 試料KTに含まれる食物繊維量
異なる符号間は有意($p < 0.05$, t 検定)

5. 引用文献

- 1) 亀井文 (2017). かんしょの加熱調理法の違いによるレジスタントスターチ量の変化. (独)農畜産業振興機構 砂糖類・でん粉情報 2017年4月号, 53-56.
- 2) 亀井文, 渡邊明恵 (2016). さつまいもの加熱調理におけるレジスタントスターと食物繊維量との関係. 宮城教育大学紀要. 第51巻, 103-108.
- 3) 池田倫子, 山中なつみ, 小川宣子 (2020). 加熱方法の違いがさつまいもの食物繊維量と物理的性質に及ぼす影響. 日本家政学会誌. Vol.71, No.11, 719-726.
- 4) 亀井文, 高橋遥 (2018). さつまいもの加熱調理直後、冷蔵保存及び再加熱によるレジスタントスターチ量の変化. 宮城教育大学紀要 第53巻, 211-216

キノコの発酵能を利用した地場食材の高付加価値化

澤田 雄太

1. 要旨

キノコ菌糸で大豆を発酵させることにより、ポリフェノールの増加、抗酸化活性の増加など有益な変化あることが分かっている。他農産物においても同様の変化が期待できる。そこで地場食材の高付加価値化、未利用農産物の利用価値の付加を検討するため、オホーツク管内で栽培が盛んなカボチャ、ニンジン、タマネギの発酵とポリフェノール量、抗酸化活性の測定を行った。

その結果、どの農産物でもキノコによる発酵は、可能であったが、ポリフェノール量、抗酸化活性は増加しなかったが、タモギタケ発酵は他のキノコよりも抗酸化活性を示すことが明らかとなった。

キーワード：キノコ、発酵、ポリフェノール、抗酸化活性

2. 研究の背景と目的

木材腐朽菌に属するキノコは、ラッカーゼ、マンガンペルオキシダーゼおよびリグニンペルオキシダーゼを分泌することから、木材の構成成分である高分子のポリフェノール性化合物からなる難分解性のリグニンの分解能が高く、ポリフェノール類を酸化分解、または重合する活性が高い。また、キノコはプロテアーゼ活性も高い。さらに、キノコには抗酸化物質であるエルゴチオネイン、ビタミン D2 に変換されるビタミン D2 の前駆体であるエルゴステロールが豊富に含まれている。

これまで、キノコ菌糸(タモギタケまたはヒラタケ)を用い、大豆を発酵させることにより、発酵 10 日目には未発酵ダイズに多く含まれるイソフラボン配糖体が減少し、アグリコンが増加した。ポリフェノール量は、発酵 30~40 日目で最大となり未発酵ダイズの約 4 倍となった。遊離アミノ酸は、発酵 10 日目から増加し、発酵 40~50 日目に 20 倍以上に増加し最大となった。抗酸化活性は、発酵 30~40 日目で最大となり、タモギタケ発酵大豆が約 2~3 倍高いことが明らかとなった。エルゴチオネインはどちらのキノコで発酵させても新たに生成され、発酵 30 日目にタモギタケ発酵ダイズで 79.7(mg/100g dry weight)で最大となり、ヒラタケ発酵ダイズの約 5 倍であった。エルゴステロールに関してどちらのキノコで発酵させてもダイズ中で新たに生成され、両発酵ダイズとも発酵 20 日目で最大(69.7~88.5[mg/100g dry weight])となった¹⁾。このことより、キノコ発酵により大豆の栄養性や嗜好性向上の可能性が示された。

そこで、他の農産物においても同様の変化が起こるか分析し、オホーツク圏の農産物の高付加価値化、未利用農産物の利用価値の付加を検討する。

3. 方法

(1) カボチャ、ニンジン、タマネギのキノコ菌糸による発酵

地方独立行政法人北海道総合研究機構森林研究本部林産試験場から提供いただいた菌株 6 種(タモギタケ:エルムマッシュ 291、えぞの霞晴れ 06 号、えぞの霞晴れ 63 号、マイタケ:大雪華

の舞1号、ブナシメジ:マーブレ219、エノキタケ:雪黄金)のカボチャ、ニンジン、タマネギでの生育性の確認を行い、生育性が良かったタモギタケ:えぞの霞晴れ63号、エノキタケ:雪黄金を使用し、カボチャ、ニンジン、タマネギの発酵を10日間隔で60日目まで行った。300mLの三角フラスコにカボチャ、ニンジンはミキサーで粉碎したものを80g、タマネギは同じくミキサーで粉碎したものを100g入れ、121℃、30分間、オートクレーブ滅菌した。放冷後、各寒天培養物を3片接種し、25℃、湿度70%で発酵させた。

(2) 各発酵物のポリフェノール量測定および抗酸化活性測定

ポリフェノール量測定は、Folin-Ciocalteu法²⁾で行った。

抗酸化活性測定はDPPHラジカル消去活性³⁾で行った。

4. 結果および考察

(1) カボチャ、ニンジン、タマネギのキノコ菌糸による発酵

発酵させた結果、カボチャの発酵では発酵10日目には、どちらのキノコもまだ菌糸が全体には、広がりきらなかったが、エノキの方がやや菌糸の伸長が進んでいた。発酵20日目にはどちらのキノコも菌糸が全体に広がりきった。また、エノキタケは菌糸が白色から黄色、茶色に変化し褐色に変化していった。その後の発酵日数では、タモギタケは白色のまま推移していったが、エノキタケは発酵20日目と同様菌糸が褐色化していき徐々に濃くなっていく傾向を示した。また、発酵日数が経過するごとに凍結乾燥後の重量が徐々に減少する傾向を示した。キノコ菌糸がカボチャを栄養源と使用しているため、減少していると考えられる。

ニンジンの発酵では、ほぼカボチャと同様の傾向を示したが、タモギタケ発酵においても褐色に変化していった。エノキタケにおいてもカボチャよりも褐色に変化した。

タマネギ発酵では、カボチャ、ニンジン同様エノキタケの方が、菌糸の伸長が進みより顕著であった。エノキタケでは発酵20日目に菌糸が全体に広がりきった。その後、発酵50日目から菌糸が黄色に変化し、黄色の液が上部から出ている。一方、タモギタケは、発酵日数が長く経過しても菌糸が全体に広がらないものが散見された。これは、タモギタケがタマネギの抗菌性に負けてしまい、生育できなかったもしくは、タマネギはオートクレーブ後、液状であるため接種源が沈んでしまい、酸欠状態になってしまい、生育できなかったものがあったと考えられる。

(2) キノコ発酵カボチャのポリフェノール量および抗酸化活性

ポリフェノール量は、発酵0日目では、209(mg/100g dry weight)であったが、コントロールである未発酵カボチャは、発酵10日目、20日目でポリフェノール量が約160(mg/100g dry weight)に減少し、発酵30日目以降は約140(mg/100g dry weight)に減少し、さらに発酵60日目には124(mg/100g dry weight)に減少した(図1)。タモギタケ発酵カボチャでは、発酵20日目にかけては減少していき、その後わずかに増加し、発酵60日目で約140(mg/100g dry weight)となった。エノキタケ発酵カボチャでは、タモギタケ発酵カボチャと発酵日数に伴う変動傾向は同様の傾向を示したが、ポリフェノール量はタモギタケ発酵カボチャよりも約20~30(mg/100g dry weight)少ない結

果であった。抗酸化活性は、発酵 0 日目では酸化阻害率 93%であったが、コントロールである未発酵カボチャは、発酵 10 日目から減少し、酸化阻害率 66%まで減少し、発酵 20 日目以降は酸化阻害率 55~58%で推移した(図 2)。タモギタケ発酵カボチャでは、発酵 10 日目から減少し、発酵 20 日目に最小値となり、酸化阻害率 14%となったが、発酵 30 日目からは増加していき、発酵 40~60 日目では 45~48%となった。エノキタケ発酵カボチャでも発酵 10 日目から減少し、発酵 20 日目には酸化阻害率は 0%となった。発酵 30 日目からは増加していったが、発酵 40~60 日目では 7~14%であり、タモギタケ発酵カボチャよりも低い結果となった。

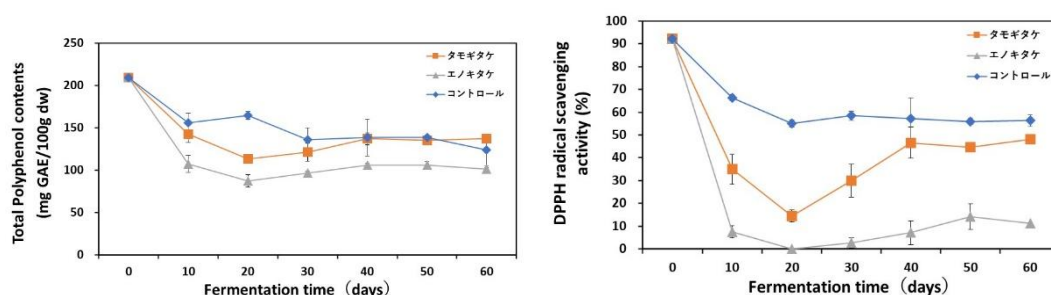


図 1. キノコ発酵カボチャのポリフェノール量の変動 図 2. キノコ発酵カボチャの抗酸化活性の変動

(3) キノコ発酵ニンジンのポリフェノール量および抗酸化活性

ポリフェノール量は、発酵 0 日目では、330(mg/100g dry weight)であったが、コントロールである未発酵ニンジンでは、発酵 10 日目、20 日目でポリフェノール量が約 270~285(mg/100g dry weight)に減少し、発酵 30 日目以降は約 230~250(mg/100g dry weight)に減少した(図 3)。タモギタケ発酵ニンジンでは、発酵 20 日目にかけては減少していき、その後わずかに増加し、発酵 60 日目で 176(mg/100g dry weight)となった。エノキタケ発酵ニンジンでは、タモギタケ発酵カボチャと発酵日数に伴う変動傾向は同様の傾向を示したが、ポリフェノール量はタモギタケ発酵カボチャよりも約 50~100(mg/100g dry weight)少ない結果であった。

抗酸化活性は、コントロールである未発酵ニンジンでは今回添加したサンプル量では発酵 0~60 日目すべてで酸化阻害率 93%以上あった(図 4)。タモギタケ発酵ニンジンでは、発酵 20 日目から減少し、発酵 30 日目に最小値となり、酸化阻害率 72%となったが、発酵 30 日目からは増加していき、発酵 40~60 日目では 81~85%となった。エノキタケ発酵ニンジンは、発酵 10 日目から減少し、発酵 20 日目には酸化阻害率は 0%となった。その後も増加することなく推移した。

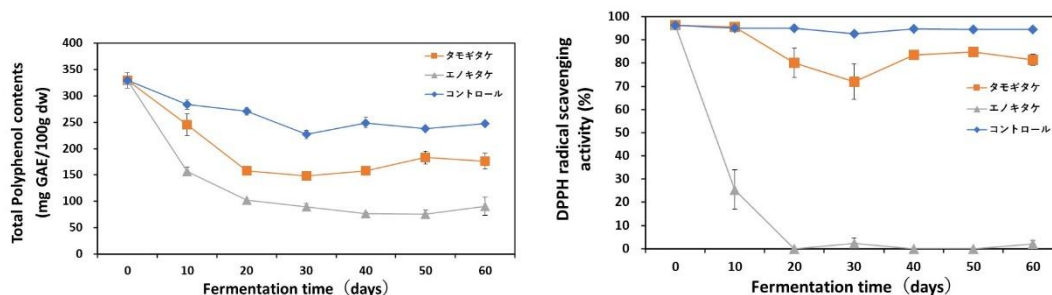


図 3. キノコ発酵ニンジンのポリフェノール量の変動 図 4. キノコ発酵ニンジンの抗酸化活性の変動

(4) キノコ発酵タマネギのポリフェノール量および抗酸化活性

タマネギ発酵物のポリフェノール量は、発酵 0 日目では、575 (mg/100g dry weight) で、カボチャ、ニンジンと異なり日数経過に伴って減少しなかった (図 3)。タモギタケ発酵タマネギでは、発酵日数に伴って徐々に減少していき、発酵 60 日目で 330 (mg/100g dry weight) となった。エノキタケ発酵タマネギでは、タモギタケ発酵タマネギよりも減少幅が大きく、発酵 40~60 日目には 180~210 (mg/100g dry weight) まで減少した。

抗酸化活性は、コントロールである未発酵タマネギは今回添加したサンプル量では発酵 0~60 日目すべてで酸化阻害率 95%以上あった (図 4)。タモギタケ発酵タマネギでは、発酵 50 日目から減少し、発酵 60 日目に最小値となり、酸化阻害率 79%となった。エノキタケ発酵タマネギは、発酵 10 日目から減少し、発酵 40 日目には酸化阻害率は 40%となった。その後も増加することなく推移した。

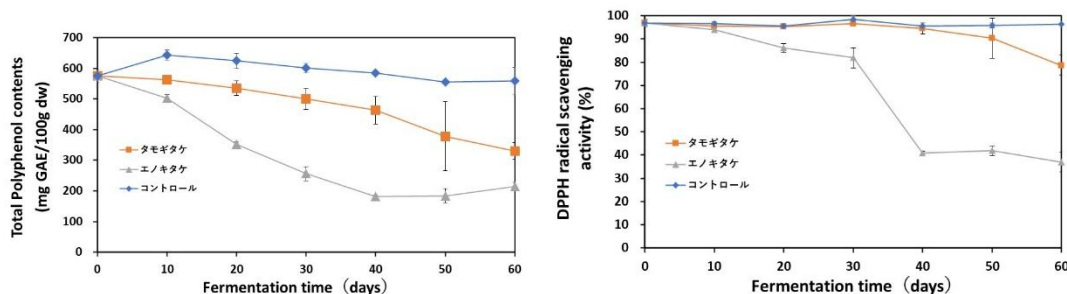


図 5. キノコ発酵タマネギのポリフェノール量の変動 図 6. キノコ発酵タマネギの抗酸化活性の変動

カボチャ、ニンジン、タマネギすべてでポリフェノール量、抗酸化活性ともに発酵物よりも未発酵の状態の方が高い値を示し、キノコ発酵により増加することはない。キノコ発酵大豆同様にタモギタケ発酵が他のキノコよりも高い抗酸化活性を示しており、カボチャ、ニンジン、タマネギ発酵においてもタモギタケ発酵は他のキノコよりも抗酸化活性を示すことが明らかとなった。

5. 引用文献

- 1) Sawada, Y. *et al.* (2023). Fermentation of soybeans with *Pleurotus cornucopiae* and *Pleurotus ostreatus* increases isoflavone aglycones, total polyphenol content and antioxidant activity. *Mycoscience*, 64, 156-165.
- 2) Folin, O., & Denis, W. (1915). A colorimetric estimation of phenols (and phenol derivatives) in urine. *J Biol Chem*, 22, 305-308.
- 3) Blois, M. S. (1958). Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical. *Nature*, 181, 1199-1200.

オホーツク産マフグの品質特性について

太田 悠介

1. 要旨

近年、オホーツク海域で漁獲量が増加しているマフグの有効利用を目指し、加工原料としての品質特性を検討した。オホーツク産マフグは、日本食品標準成分表(八訂)の数値と同様に低脂質、高タンパクな白身魚の特性を示した。成分分析では、イノシン酸がマダラやサケの約2倍、コラーゲンがマダラの約4.4倍、サケの約1.6倍含まれることが判明した。官能評価においても弾力感とほぐれにくさで有意な差が認められ、「鶏肉に近い食感」等の評価を得た。本結果は、地産地消に向けた商品開発に資する基礎的知見となる。

キーワード： マフグ、オホーツク海、イノシン酸、コラーゲン、品質特性

2. 研究の背景と目的

近年、オホーツク地域では地球温暖化や海洋環境の変化等により、マフグの漁獲量が増加している^{1,2)}。こうした新興の多獲性魚種を活用した商品開発を目指す企業は増えているが、品質特性や加工方法に関する知見不足から、実用化に至る事例は少ない。特に、マフグは漁獲量が増加しているものの、オホーツク地域内での消費は限定的であり、生産者からは地産地消を望む声強い。そこで本研究では、オホーツク海産マフグの加工原料としての基礎的知見を収集するため、一般成分、呈味成分、および食感に関する品質特性の検討を行った。

3. 試験方法

(1) 実験に用いたサンプル

マフグは、令和6年度または令和7年度にオホーツク海で漁獲されたものを用いた。なお、身欠き処理後の冷凍状態で購入した。マダラは、令和7年度の北海道産を鮮魚で購入後、フィレに加工し、試験まで -30°C で保管した。サケは、令和7年度産の北海道産を冷凍状態で購入後、フィレに加工し、試験まで -30°C で保管した。

(2) 一般成分分析について

水分は常圧加熱・乾燥助剤法、灰分は直接灰化法、熱量は修正アトウォーター法、タンパク質はケルダール法、脂肪はソックスレー抽出法、炭水化物は差し引き法、食塩相当量は原子吸光光度法を用いて測定した。

(3) 呈味関連成分の分析について

イノシン酸、遊離アミノ酸、コラーゲン(ヒドロキシプロリン換算)の定量は、それぞれ異なる前処理

を行った後、高速液体クロマトグラフィーを用いて分析した。また、 $n=3$ で行い、各棒グラフのデータは、平均値±標準偏差で示した。

(4) 官能評価について

パネル11名(所内職員)により、マダラを基準(0点)とした-3~+3の7段階の評点法で実施した。調理方法は蒸し調理とした。

4. 結果および考察

(1) 一般成分について

オホーツク産マフグは極めて低脂質(0.2g/100g)かつ高タンパク(19.3g/100g)であり、典型的な白身魚の特性を示した。これは、日本食品標準成分表(八訂)に記載されるマフグの数値と近似しており、当該海域で漁獲される個体も標準的な成分特性を有することが確認された(表1)。

表1 一般成分について

	水分	灰分	熱量	タンパク質	脂質	炭水化物	食塩相当量
マフグ (オホーツク産)	79.4	1.2	79.3	19.3	0.2	0	0.6
マフグ	79.3	1.4	78.0	18.9	0.4	0	0.2
マダラ	81.0	1.0	72.0	18.0	0	0	0
シロサケ	72.3	1.2	124	22.3	4.1	0.1	0.2

g/100g

※マフグ(オホーツク産):本研究 / 他魚種:日本食品標準成分表(八訂)より抜粋

(2) 呈味関連成分について

うま味成分であるイノシン酸含有量は、対照としたマダラやサケと比較して約2倍の値を示した(図1)。一方で遊離アミノ酸含有量は甘味系(グリシン、アラニン、プロリン、セリン、トレオニン)およびうま味系(グルタミン酸、アスパラギン酸)が少なく、苦味系(バリン、メチオニン、イソロイシン、ロイシン、チロシン、フェニルアラニン、ヒスチジン、リジン、アルギニン)はマダラやサケと同程度の含有量であったことから、マフグの淡白な味わいの要因となっていると推察された(図2)。また、コラーゲン含有量はマダラの約4.4倍、サケの約1.6倍含まれていたことから、これが本種の肉質特性(弾力感)に寄与していると考えられる(図3)。

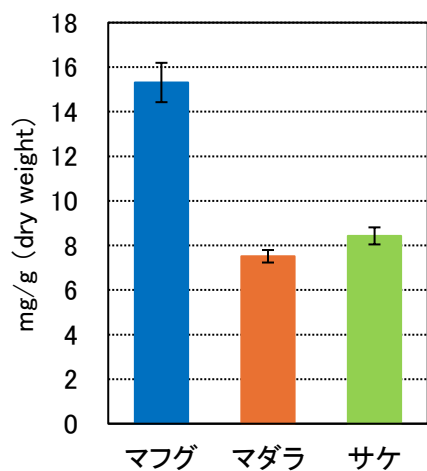


図1 イノシン酸含有量

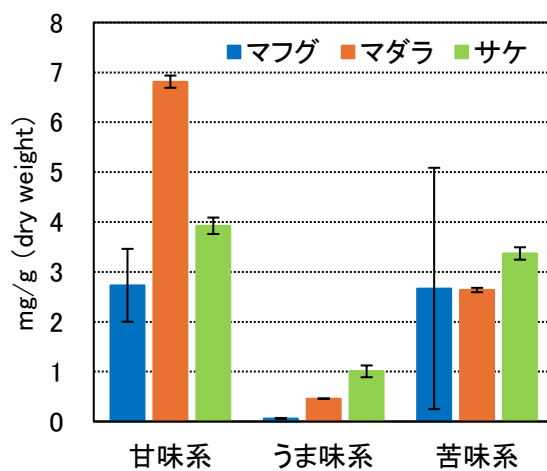


図2 遊離アミノ酸含有量

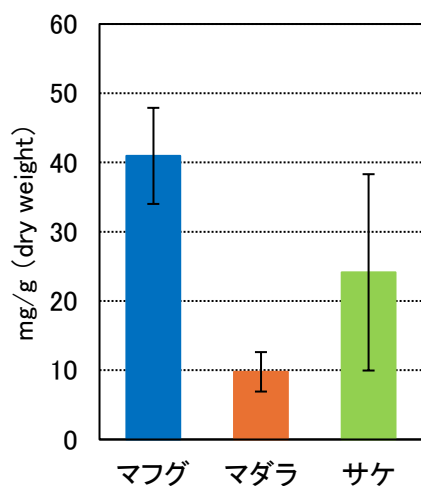


図3 コラーゲン含有量

(3) 官能評価

図4の通り、コラーゲン含量が高かったマフグは、マダラと比較して弾力感およびほぐれにくさの項目で有意に高い評価を得た ($p < 0.05$ または $p < 0.001$)。また、パネルからは「魚特有の臭みが少なく食べやすい」「鶏肉に近い食感」「味が淡白で上品」といったコメントが得られた。

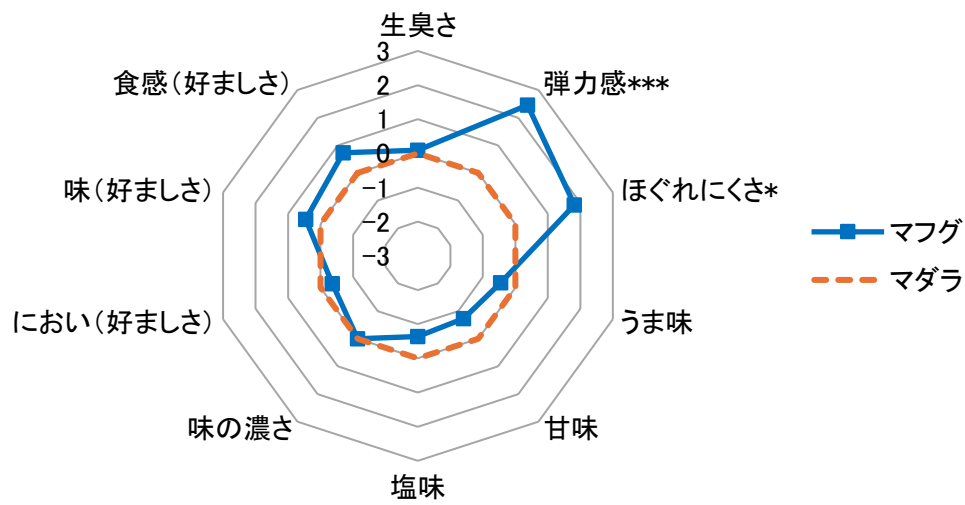


図4 官能評価の結果

パネル:11名 有意差:* $p < 0.05$, *** $p < 0.001$ 検定方法: t 検定

5. 引用文献

- 1) 海面漁業生産統計調査(農林水産省)
- 2) 神山晃汰 (2025). 「水揚げ日本一の未詳資源フグ類の基礎情報の解明」 北海道立総合研究機構

北見たまねぎの効率的なシクロアリンの 増加方法の検討

近藤 翔一

1. 要旨

本研究では生産量日本一の北見たまねぎを使って、機能性成分シクロアリンの効率的な増加方法の検討を行った。生たまねぎを切断等加工する前に、加熱により酵素アリナーゼを失活させることで効率的にシクロアリンを増加させることができることが確認できた。また、過剰な加熱でシクロアリンは減少するため、商品化の際は適切な加熱条件を探す必要がある。

キーワード :たまねぎ、機能性成分、シクロアリン、北見たまねぎ

2. 研究の背景と目的

北見たまねぎは生産量日本一だがあまり知られていない。これは北海道産とひとくりにされることや、業務用、加工用が多く知る機会がないといったことが原因として挙げられる。北見たまねぎをPRするために機能性成分着目した。

たまねぎには血栓予防効果が期待される機能性成分であるシクロアリン^{1,2)}の前駆体であるイソアリイン³⁾が多く含まれている。シクロアリンを効率的に増加する方法を見つけることによって、多量に安定して供給できる北見たまねぎをPRすることを目的とする。

3. 試験方法

(1) 実験に用いたサンプル

北見たまねぎをJAきたみらいより2024年と2025年に購入し試験に用いた。

(2) シクロアリンの測定方法

高速液体クロマトグラフィーで測定した。

(3) 試料の作成方法

a. 必要な加熱度合いの調査

剥きたまねぎを8等分し広げ、凍結乾燥させてものを粉砕しオープン加熱する温度と時間の条件を変えて作成した。

b. 酵素失活の重要性

剥きたまねぎを4等分し、電子レンジで加熱(たまねぎ50gを電子レンジ500Wで50秒加熱する)の有無で2種類用意し、それぞれミルサーで破碎後、フライパンで水分量80%を維持するように加水しながら炒めた。

c. 効率的なシクロアリンの増加方法の検討

剥きタマネギを沸騰した水でゆでた後、カットし広げ、凍結乾燥させたものをミルサーで粉碎した。また剥きタマネギを60分ゆでたのちミルサーで破碎したものをフライパンで炒めた。

4. 実験結果

a. 必要な加熱度合いの調査の結果

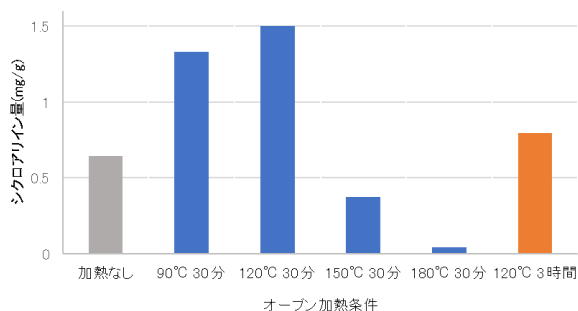


図1 タマネギ粉末のオープン加熱温度とシクロアリン量

加熱条件 120°C、30分加熱で最大となり、150°C、180°Cでは減少した(図1)。温度が120°Cでも3時間の加熱では減少した(図1)。そのため製品の製造工程では、適切な加熱温度と時間を調べる必要がある。

b. 酵素失活の重要性の結果

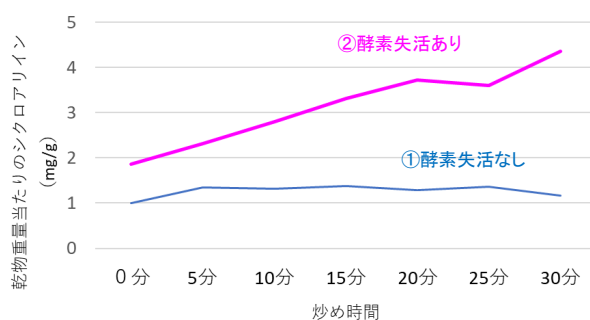


図2 酵素失活の有無におけるシクロアリンの生成量

酵素失活なしでは、30分炒めても、シクロアリン量は増加しなかった。それに対し酵素失活ありでは、加熱時間に対して増加していく傾向が見られた(図2)。このことから、酵素失活によって、その後の加熱で、シクロアリン量を増加させることが確認できた。

この結果から、効率的なシクロアリン量増加のためには、タマネギを切断等加工する前に酵素失活を行うことが必要だということが確認できた。しかし、今回は電子レンジで加熱することで酵素失活を行ったが、この方法は工業的には向かない。そのため、酵素失活は別な方法を検討する必

要がある。そのため他の加熱方法を検討した。

c. 効率的なシクロアリン量の増加方法の検討の結果

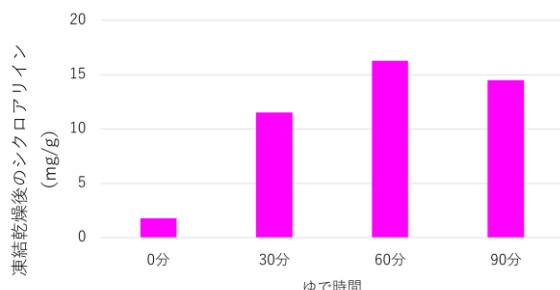


図3 シクロアリン量の変化(ゆで時間)

生タマネギに対し、ゆで30分、60分、90分後、凍結乾燥したものを比較すると、すべて生に比べると増加した(図3)。60分ゆで時間で最大となり、それ以上の90分のゆで時間では減少した。このことから、ゆでる場合は60分がよいと確認できた。

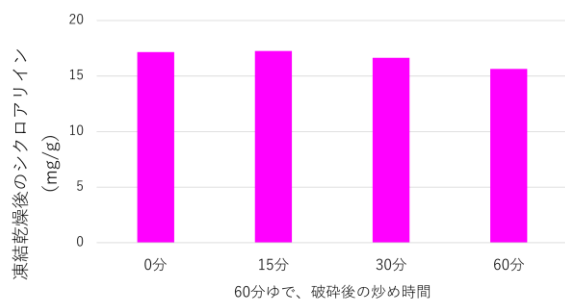


図4 シクロアリン量の変化(ゆで60分後の炒め時間)

60分ゆで後、炒め時間15分までは0分に対し若干の増加を見せたがそれ以上の炒め時間では減少する傾向が見られた(図4)。こちらでも製品の製造工程では、適切な加熱温度と時間を調べる必要があることが確認できた。

5. 考察

できるだけカットしない状態でゆでることで、効率的にシクロアリン量を増加させることができた。タマネギ加工品を作る際に、剥きタマネギの状態ですでしておくことでシクロアリン量の多い商品を製造できる可能性がある。

6. 引用文献

- 1) Agarwal RK, Dewar HA, Newell DJ, Das B (1977). Controlled trial of the effect of cycloallin on the fibrinolytic activity of venous blood, *Atherosclerosis* 27, 347-351. doi:

10.1016/0021-9150(77)90044-2

- 2) Yanagita T, Han SY, Wang YM, Tsuruta Y, Anno T. (2003). Cycloalliin, a cyclic sulfur imino acid, reduces serum triacylglycerol in rats. *Nutrition* 19, 140-143. doi: 10.1016/s0899-9007(02)00857-2
- 3) Kim S, Lee S, Shin D, Yoo M. (2016). Change in organosulfur compounds in onion (*Allium cepa* L.) during heat treatment. *Food Sci Biotechnol.*,115-119. doi: 10.1007/s10068-016-0017-7