

醤油酵母の種菌の管理について

—凍結保存と継代培養の違い—

岡崎 賢志, 大谷 尚美

醤油酵母の製造における種菌の管理において、凍結保存及び継代培養した酵母の増殖能及びアルコール発酵能について比較検討を行った。両者に大きな差は認められなかった。

1 緒言

醤油の品質においてアルコールは重要な因子であり、製品中に 2.5%程度含まれていることが求められる¹⁾。このため一部の企業では、アルコール発酵を促すために醤油酵母を添加している。発酵食品研究所では、毎月醤油酵母を製造しており、島内醤油製造者を中心に有償で配布しており、醤油製造に利用されている。これらの醤油メーカーが製造した生揚醤油は、多くの事業者に販売されるため、波及効果が大きい。

醤油酵母の種菌を管理する上で、弊所はバックアップとして凍結保存を行うとともに、醤油培地で継代培養している。近年、醤油製造者より酵母の発酵不良に関する問い合わせがあり、検討の必要性が生じている。

今回、醤油酵母の種菌の管理方法として、凍結保存法と継代培養法について、その増殖能及びアルコール発酵能の比較検討を行ったので報告する。

2 実験方法

本研究の菌株として発酵食品研究所保有の *Zygosaccharomyces rouxii* ZR510 株を使用した。また、培地として醤油培地²⁾ (食塩 14%, グルコース 2%リン酸水素二カリウム 0.1%, 生揚醤油 5.7%の組成)を用い、30°Cで培養した。

3 結果及び考察

まず、凍結保存した種菌を 50 mL 容三角フラスコに 20 mL の醤油培地を入れたものに 50 μ L 接種し、1 日ごとにサンプリングを行い、分光光度計で 660 nm の吸光度 (濁度) を測定した。その結果、図 1 に示すように継代培養 3 日目に濁度が大きくなったため、対数増殖の初期と判断し、増殖能の評価は増殖 3 日後の増殖で評価することとした。

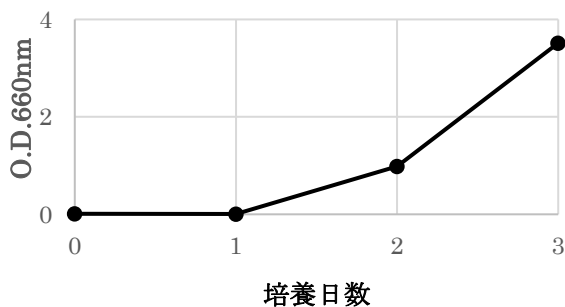


図 1 凍結保存した種菌の醤油培地での増殖

次に、凍結保存した種菌を 3 日ごとに醤油培地による継代を繰り返し、3 日ごとの培養液をサンプリングし、濁度を測定して 3 回の平均値を求めた。休日中は冷蔵庫に入れ、休日を除いた 3 日でサンプリングした。その結果、図 2 に示すように、5 回の継代では、濁度に大きな差は無く、増殖能に大きな差は認められなかった。

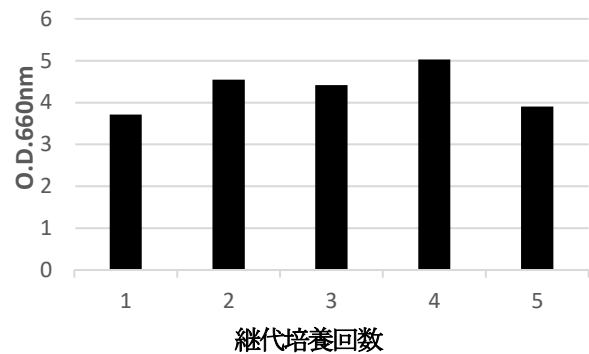


図 2 酵母培養能と継代培養回数の関係

最後にアルコール発酵について検討した。300 mL 容三角フラスコに 250 mL 醤油培地を入れたものに、凍結保存したものと 5 回継代したものを 100 μ L 接種し、3 日ごとにサンプリングし、それぞれ 9 日後までアルコール濃度を測定して 2 回の平均値を求めた。培地を増やすことによって、醤油培地中を嫌気状態にして、酵母によるアルコール発酵を促進させた。

その結果、図 3 に示すように培養 3 日目と 6 日目では凍結保存したものが、ややアルコール濃度が高かったが、培養 9 日目では同じ値となった。

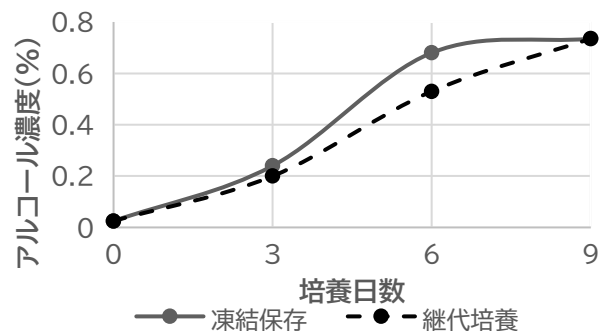


図 3 凍結保存と継代培養の菌株のアルコール発酵能

今回の検討では、継代培養が 5 回の場合との比較にな

るので、より長期間継代培養した場合との差がどの程度になるのか今後、検討する予定である。

4 結 言

醤油酵母の種菌の管理について、凍結保存と継代培養を比較検討した。凍結保存した種菌を5回継代培養した菌株は凍結保存した菌株と同等の増殖能及びアルコール発酵能を有していた。

参考文献

- 1) 中台忠信：アルコールの多い醤油の造り方(1)，日本醸造協会誌，**103**，172-180（2008）
- 2) 岡崎賢志，藤井浩子：醤油酵母の大量培養に関する検討(第一報)，香川県産業技術センター研究報告，**13**，95-96(2012)

さぬきオリーブ酵母の高麴歩合仕込みによる清酒醸造

富本 和也, 池田 七星*, 大西 茂彦

さぬきオリーブ酵母 K0-18 の, 高麴歩合仕込み清酒醸造における醸造特性を検証した (比較検討麴歩合: 15, 40, 60%). その結果, 麴歩合を高めるほど一定のアルコール分に達するまでの醗期間が短くなった. 醸成酒の成分としては, 麴歩合を高めることにより, 酸度およびアミノ酸度は高くなる傾向が見られ, また酢酸イソアミル濃度が顕著に上昇した. 以上の結果より, 同酵母の高麴歩合仕込みにより, 濃醇で高香気な清酒の醸造が可能であることが示唆された.

1 緒言

さぬきオリーブ酵母は, 香川県産業技術センター発酵食品研究所においてオリーブ果実より分離¹⁾・育種²⁾され, 香川県酒造組合より頒布されている県オリジナル酵母であり, 県内各酒造会社において本酵母を用いて醸造された清酒が開発, 販売されている³⁾. さぬきオリーブ酵母の利用可能性をさらに広めるべく, 高麴歩合仕込みによる清酒醸造試験を行った. 通常, 清酒醸造における麴歩合は 15~25%程度であるが, これをより高くして仕込んだ際の発酵経過, 醸成酒の一般成分および香気成分分析の結果について報告する.

2 実験材料および方法

2. 1 清酒小仕込み材料

掛米として α 化米 AA-60 を, 麴米として乾燥麴 T-50 を使用した (いずれも徳島製麴製. ハイフン後の数字は精米歩合を示す). また, 醸造用乳酸として富士フィルム和光純薬製の食品添加物を, 汲水として香川県産業技術センター発酵食品研究所の水道水 (非殺菌) を使用した. 供試菌株はさぬきオリーブ酵母 K0-18 (以下, 単に「K0-18」と表記) とした. 酵母の培養には, YPD5 培地 (グルコース濃度を 5% に強化した YPD 培地) を使用した. 試験容器には, 2 L 容のアイボーイ (アズワン製) を使用した.

2. 2 清酒小仕込み試験

表 1 の配合にて, 清酒小仕込み試験を行った.

表 1 清酒小仕込み試験原料配合表

試験区名	総米 (g)	麴歩合 (%)	汲水歩合 (%)	主原料 (g)			酵母懸濁液 (g)
				α 化米	乾燥麴	汲水	
K15/W120	200	15	120	161.50	25.80	321.7	
K15/W130			130			341.7	
K40/W120		40	120	114.00	68.80	316.2	
K40/W130			130			336.2	
K60/W120		60	120	76.00	103.20	311.8	
K60/W130			130			331.8	

試験区名の K は麴歩合を, W は汲水歩合をそれぞれ意味する.

α 化米・乾燥麴の原料白米に対する歩留まりを, 製造元の報告に基づきそれぞれ 95%・86% とし, それぞれ蒸米吸水率 40%, 出麴歩合 120% を前提として, 汲水量を調節した. なお, 汲水には 0.065% (w/v) となるように醸造用乳酸を添加した. 各仕込みは n=1 で実施した.

*小豆島酒造株式会社

酵母は, 250 mL の YPD5 培地にて 30°C・2 日間振盪培養した. 遠心分離で集菌後, 水道水に懸濁・遠心分離で再度集菌し, 適量の水道水に再懸濁した. この菌体懸濁液を水道水で適当に希釈して OD600 値を日本分光製 V-750 にて測定し, その値が理論上 74.3 になるように水道水で希釈した. この希釈後菌体懸濁液を, 1 仕込みに対し 5 g ずつ添加した (想定される菌数: 2.6×10^9 個). 発酵は気温 12°C 一定, 途中の攪拌および醗採取なしで行った.

理論上, アルコール発酵ではグルコース 1 分子から各 2 分子のエタノール・二酸化炭素が生じるので, 発酵経過は発酵開始時点重量を起点とした醗重量の減少値 (= 放出された二酸化炭素重量値) で把握可能である. そこで以下の式に基づき, 醗液分の推定アルコール分を算出した.

$$\text{アルコール生成量 (mL)} = \text{醗総重量減少値 (g)} \times 46/44 \times 0.95/0.7935$$

$$\text{推定アルコール分 (\% (v/v))} = \text{アルコール生成量} / (\text{アルコール生成量} + \text{汲水量 (mL)}) \times 100$$

ここで, 定数の 46 はエタノールの分子量, 44 は二酸化炭素の分子量, 0.95 は *S. cerevisiae* におけるアルコール発酵 (グルコースのエタノールへの変換) の効率の概数, 0.7935 は 15°C におけるエタノールの密度 (単位: g/mL) である. 醗液分の推定アルコール分が概ね 16.5% に達した日に上槽した. 上槽は, 醗を 10,000 \times g, 10 分間遠心分離し, その上清を不織布で濾過した. この濾液を「醸成酒」とし, 分析まで -30°C で保存した.

2. 3 醸成酒の分析

一般成分 (アルコール, 酸度およびアミノ酸度) は, 国税庁所定分析法⁴⁾ に準じて行った. アルコール分はガスクロマトグラフ分析法, 酸度およびアミノ酸度は pH 計を用いる方法, またアミノ酸度はエタノール添加法を採用した. 香気成分分析は, 大西らの方法⁵⁾ で実施した.

2. 4 麴の酵素活性測定

麴抽出液の調製は, 国税庁所定分析法⁴⁾ に準じて行った. なお抽出バッファの量は, 乾燥麴の白米に対する歩留まり 86%, 出麴歩合 120% を前提として調整した. α -アミラーゼ, 糖化力および酸性カルボキシペプチダーゼについてはキッコマンバイオケミファ製の各キットを, 酸性プロテアーゼについてはペプチド研究所製のキットをそれぞれ使用した.

3 結果および考察

3.1 乾燥麴の酵素活性

清酒小仕込み試験で使用した乾燥麴の各酵素活性は、 α -アミラーゼ 651, 糖化力 209, 酸性カルボキシペプチダーゼ 1410, 酸性プロテアーゼ 890 であった (各単位は「Unit/g 麴」. Unit の定義は, 国税庁所定分析法に依る。「糖化力」とは, グルコアミラーゼを含む全エクソ α -グルコシダーゼ活性を指す)。

3.2 醗の発酵経過

醗の発酵経過を図1に示した。麴歩合を高めると、一定の推定アルコール分に達するまでの醗日数が短縮されることが分かった (麴歩合 15% で 19 日, 40% で 16 日, 60% で 14 日)。1 日当たりの重量減少値を見ると、麴歩合が高いほど早期に発酵のピークが訪れており、湧進め型となる傾向が見られた (麴歩合 15% で 9 日目, 40% で 6・7 日目, 60% で 5 日目)。これらの結果は、麴歩合を高めることで米の溶解が促進され、糖およびアミノ酸の供給速度が速まることで、特に醗初期における酵母の増殖・代謝 (アルコール発酵) が促進された結果であると考えられた。また、麴由来のビタミン類が多く供給された結果、増殖・発酵が促進されたことも考えられた。

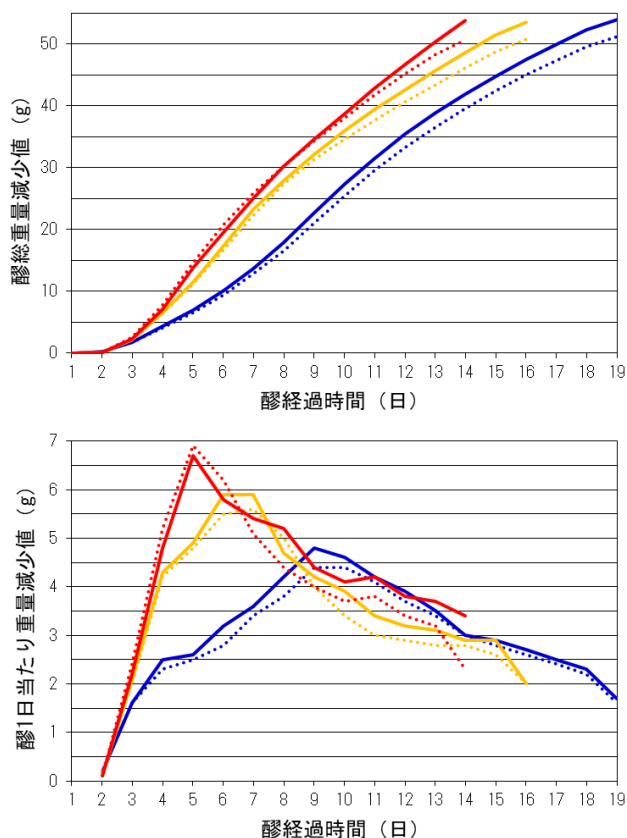


図1 醗の発酵経過

赤：麴歩合 60%，黄：麴歩合 40%，青：麴歩合 15%
 実線：汲水歩合 130%，点線：汲水歩合 120%

3.3 製成酒の一般成分

製成酒の醗日数および一般成分を表2に示した。

表2 製成酒の一般成分

試験区名	醗日数	アルコール % (v/v)	酸度 (mL)	アミノ酸度 (mL)
K15/W120	19	15.62	3.66	1.49
K15/W130	19	15.56	4.05	1.45
K40/W120	16	15.49	3.73	1.99
K40/W130	16	15.85	3.96	1.88
K60/W120	14	15.21	4.12	2.20
K60/W130	14	15.84	4.41	2.18

酸度については、麴歩合を高めるにつれ上昇する傾向が見られた。また、麴歩合 15% と 40% の差よりも、40% と 60% の差がより大きかった。アミノ酸度についても同様であった。ただし、麴歩合 15% と 40% の差の方が、40% と 60% の差よりも大きかった。製成酒の酸は酵母によって生産されたものであり、アミノ酸は米のタンパク質の分解によるものである。酸度の上昇は前述の通り酵母の増殖および代謝の促進、アミノ酸度の上昇は米の溶解の促進がその理由であろうと考えられた。

汲水歩合の影響について、いずれの麴歩合でもこれを高めることで酸度に対しては概ね上昇、アミノ酸度に対しては低下させる傾向が見られた。汲水歩合を高めることは醗を希釈することであるので、酸度が上昇するのは意外であるが、これは前述の酵母の増殖および代謝の促進作用が、希釈の影響を上回ったためと考えられる。しかしながら、汲水歩合は少なくとも分析値ベースでは酒質に大きな影響を与えない一方、得られる清酒の歩留まりは確実に悪くなるため、低汲水歩合は、少なくとも標準とされる 130% より 10% ポイント下げた程度では、濃醇な清酒を得る手段としては有効ではないことが明らかとなった。

3.4 製成酒の香気成分

製成酒の香気成分含有量を表3に示した。

表3 製成酒の香気成分含有量

試験区名	酢酸エチル	酢酸イソアミル	イソアミルアルコール	カブロン酸エチル
K15/W120	92	7.3	170	0.9
K15/W130	100	8.6	170	1.3
K40/W120	110	12	170	1.7
K40/W130	110	12	170	1.8
K60/W120	120	13	160	1.3
K60/W130	110	12	160	1.6

(mg/L)

麴歩合を高めることで、酢酸イソアミル (バナナ・メロン様芳香をもつ化合物) のみ明確な増加が確認された。また、汲水歩合は香気成分含有量に顕著な影響を与えなかった。

酢酸イソアミルは、イソアミルアルコールへの (アセチル-CoA をアセチル基供与体とした) アセチル基転移反応によって生成され、この反応は主として酵母細胞内のアルコールアセチルトランスフェラーゼ Atf1p によって触媒される⁶⁾。従って、この反応の基質となるイソアミルアルコールの増加は、一般に酢酸イソアミルの増加にもつ

ながるが⁶⁾、イソアミルアルコールはそれ自体がケミカル臭を持つため、いたずらに高濃度化することは異臭の原因となる。しかし、高麴歩合仕込みによる酢酸イソアミルの増加は、イソアミルアルコールの増加を伴わないものであり、非常に好ましい。このことは、高麴歩合仕込みによって酵母細胞内におけるアセチル-CoA 濃度が上昇したか、Atf1p 遺伝子の転写量・発現量が上昇したかのいずれか、または両方であろうことを示唆するものである。ただし、いずれにせよこれらの効果は最大でも麴歩合40%にて頭打ちとなることが分かった。

4 結言

今回の試験では、K0-18の高麴歩合仕込みにおける清酒醸造特性が明らかとなった。高麴歩合仕込みでは米の溶解および分解が急速に進み、醪の糖濃度がそれに伴って短時間で上昇するため、濃糖圧迫に弱い株には厳しい環境である。しかし、本試験ではK0-18に濃糖圧迫の弊害と考えられる発酵の遅れは見られず、むしろ発酵速度が向上した。この結果は、特に醪初期において米から供給される糖およびアミノ酸等の量が通常の高歩合ではむしろ不足しており、発酵の律速因子となっていることと、麴歩合を高めたことでこの状況が改善されたためであると考えられた。K0-18は、高麴歩合仕込みに適性のある菌株であると考えられる。

なお、今回の小仕込み試験は各仕込み条件における製成酒のアルコール分をほぼ同一とするため、醪日数は同一とはせず高歩合醪は早く上槽した。醪日数を通常高歩合に合わせた場合、高歩合になるほどアルコール分、酸度およびアミノ酸は、今回の試験の結果よりもいずれも高値となっていたであろうことは自明である。例えば、本研究の高歩合60%醪は前日比約2.5または3.5 g程度の重量減少(本試験においてアルコール分を0.5%(v/v)ポイント押し上げる程度)が見られる時点で上槽しており(図1下)、まだ発酵の余地は十分あった。発酵期間が長くなるほど酵母による生酸、麴の酵素によるタンパク質分解に伴うアミノ酸量も増加する。この点を考慮すると、実地醸造においては目指す酒質に応じて、麴歩合や発酵期間を慎重に見極める必要がある。例えば、高歩合かつ短期間の醸造では、アルコール分は低めから通常、酸度およびアミノ酸度は通常から高め程度だが、発酵しきれなかった残糖が非常に多くなると予想され、甘口から極甘口の酒質となるものと考えられる。一方高歩合かつ通常期間の醸造では、アルコール分は通常から高め、酸度・アミノ酸度は高くなり、残糖は通常から高めとなると予想され、非常に濃醇な、飲み口の強い酒質となると考えられる。

一方、酢酸イソアミルは醪の初期から発酵最盛期にかけて主に生産され、中期以降の生産は少量⁷⁾とされるため、醪期間を延ばしても増加は見込みにくいが、短期醪であっても高濃度化が見込める。

以上のことから、K0-18の高歩合仕込みは、現在主流の淡麗な味でカプロン酸エチル(リンゴ様芳香をもつ化

合物)の香気を有する吟醸酒とは異なる、濃醇な味で酢酸イソアミルの香気を有する吟醸酒醸造への応用が期待される。

利益相反に関する情報

本研究は小豆島酒造株式会社より受託したものであり、同社の許可の下その内容の一部を公表するものである。また、各筆者の担当は以下のとおり。

研究計画立案：池田七星，大西茂彦，富本和也
清酒小仕込み：富本和也
製成酒一般成分分析：富本和也
製成酒香气成分分析：大西茂彦
本報告執筆：富本和也

謝辞

本研究内容の公表にご同意くださった小豆島酒造株式会社および香川県酒造組合、ならびに製成酒アルコールのガスクロマトグラフィー分析を実施していただいた立住千賀香会計年度任用職員(香川県産業技術センター発酵食品研究所)に対し、深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 大西茂彦：香川県産業技術センター研究報告，香川県産オリブからの醸造用酵母の探索，Vol. 17，pp. 63-64 (2017)。
- 2) 大西茂彦：香川県産業技術センター研究報告，香川県産オリブからの醸造用酵母の探索(2)，Vol. 20，pp. 65-67 (2020)。
- 3) 香川県酒造組合：「(公式) さぬきオリブ酵母～Sanuki Olive Yeast」のウェブページ，<https://sanuki-olive-yeast.jp> (検索日：2026. 3. 13)
- 4) 国税庁：国税庁所定分析法(昭和36年国税庁訓令第1号，令和6年国税庁訓令第17号に基づく改訂版)，<https://www.nta.go.jp/law/tsutatsu/kobetsu/sonota/070622/01.htm> (検索日：2026. 3. 13)
- 5) 大西茂彦，久保和子，浅井貴子，松原梓，西村冨加：ガスクロマトグラフ質量分析計による清酒香气成分の定量分析，香川県産業技術センター研究報告，Vol. 25，pp. 71-73 (2025)。
- 6) 堤浩子：清酒酵母の香气生成機構，におい・かおり環境学会誌，Vol. 46，No. 5，pp. 346-349 (2015)。
- 7) 谷本昌太，松本英之，藤井一嘉，大土井律之，山根雄一，若林三郎：カプロン酸エチル高生成酵母(広島吟醸酵母)と9号系酵母を混合醸造した清酒もろみにおける両酵母菌数および諸成分の経日変化，日本醸造協会誌，Vol. 104，No. 4，pp. 312-319 (2009)。

地域の産業資源を生かした発酵調味料の開発 —黒豆煮熟糖液の発酵調味料への利用—

木村 功, 吉岡 直美, 藤井 浩子, 大谷 尚美, 立住 千賀香, 稲津 忠雄

本研究では、黒豆の調理工程で副生する煮熟糖液の有効利用として、発酵調味料への変換について検討した。黒豆煮熟糖液は主成分がショ糖であり、加熱処理後も高いショ糖含有率を保持していた。また、エネルギー値は100 gあたり200 kcalであった。酵母を用いたアルコール発酵では、ショ糖が主に消費され、2週間後にはアルコール濃度が約7%に達した。さらに、酢酸菌による発酵を行うことで、エタノールが酢酸へと変換され、最終的に3.7%の酢酸が生成された。これらの結果から、黒豆煮熟糖液を原料とした発酵処理により、独自の風味を有する酢系調味料の製造が可能であることが示唆された。

1 緒言

当研究所では、これまで醤油製造過程で副生する大豆煮汁や醤油カスなど、未利用資源の有効活用に積極的に取り組んできた。これらの副生物については、過去の研究により利用方法が確立されており、実際に一定の成果も得られている¹⁻³⁾。しかしながら、副生物の品質が季節や産出企業によって変動することや、安定した供給体制の確立、さらにはコストと収益性のバランスの確保など、産業利用に向けた課題も残されているのが現状である。

これらの背景を踏まえ、本研究では、比較的安定して供給される副生物として注目されている、黒豆の煮熟工程で得られる煮熟糖液に着目した。黒豆煮熟糖液は、食品素材として高いポテンシャルを有するにもかかわらず、これまで十分に活用されていなかった資源である。本研究では、この黒豆煮熟糖液を原料として、まずアルコール発酵を行い、得られた発酵液をさらに酢酸発酵させることで、発酵調味料への有効利用の可能性について検討した。

2 材料および方法

2.1 黒豆煮熟糖液および試薬

黒豆煮熟糖液（以下、煮熟糖液と略す）は、令和7年4月8日に小豆島町内の加工食品製造企業から分譲された。試薬は、特に指定がない限り富士フィルム和光純薬株式会社製を用いた。

2.2 醸造微生物および培養

醸造微生物は、公益財団法人日本醸造協会より購入した酵母「きょうかい酵母ブドウ酒用1号」（以下、酵母）および酢酸菌「きょうかい酢酸菌No.6」（以下、酢酸菌）を使用し、それぞれMY培地⁴⁾および酢酸菌用培地⁵⁾で培養した。

2.3 煮熟糖液および発酵液の成分分析

栄養成分分析は、「栄養成分等の分析方法等」⁶⁾に基づいて行った。水素イオン濃度（pH）は、コンパクト型水質計As-pH-22（堀場アドバンスドテクノ製）を用いて測定した。糖およびエタノールの含有量は、昭光サイエンス株式会社製Shodex KS-802カラムを島津製作所製UFLCシステムに接続し、示差屈折率検出器（RI 検

出器）を用いて測定した。分析時にはカラム温度を60℃に設定し、蒸留水を溶離液として流速0.8 mL/分で分析した。酢酸の含有量は、昭光サイエンス株式会社製Shodex KC-811カラムを用いて、前述のUFLCシステムで測定した。カラム温度は60℃、溶離液は3 mM 過塩素酸水溶液、流速は0.8 mL/分であった。煮熟糖液の総アントシアニン含有量は、沖らの方法⁷⁾に基づいて測定した。

2.4 微生物の菌数測定方法

一般生菌数および好気性芽胞形成菌数は、食品衛生検査指針微生物編2015⁸⁾に従って測定した。醸造微生物の増殖は、660 nmの吸光度（OD660）の測定によって確認した。

2.5 煮熟糖液のアルコール・酢酸発酵

煮熟糖液の発酵処理は以下の方法で行った。Brix 15%の煮熟糖液をリン酸一カリウムでpH 6.5に調整し、オートクレーブ（121℃, 15分）で滅菌後、1%（v/v）の培養酵母を添加して30℃で2週間静置培養することでアルコール発酵を行った。さらに、発酵液中の残存糖がUFLCシステムで検出されないことを確認した後、発酵液を9,000×gで15分間遠心分離し、回収した上澄液に2%（v/v）の培養酢酸菌を添加後、30℃で50日間静置培養することで酢酸発酵を行った。

3 結果および考察

3.1 煮熟糖液の栄養成分等の分析

煮熟糖液の栄養成分等の分析の結果を表1に示した。

表1 煮熟糖液の栄養成分等の分析値

たんぱく質	0.4
脂質	0.0
炭水化物	49.7
灰分	0.2
水分	49.7

単位はg/100 g

煮熟糖液の主成分は炭水化物であり、水分含量とほぼ同等の割合で含まれていた。さらに、分析の結果、煮熟糖液には微量のたんぱく質および無機成分も含まれていることが明らかとなった。これらの成分組成を踏まえ、ア

トウォーター換算係数⁹⁾を用いて本煮熟糖液のエネルギー値を算出したところ、100 g 当たり 200 kcal であることが確認された。このことから、本煮熟糖液は高い炭水化物含有量に起因して比較的高いエネルギー値を示す食品副生物であることが示された。

3. 2 煮熟糖液の糖組成分析

炭水化物として定量された糖の組成を詳細に分析した結果、ショ糖が全体の約90%を占めていることが明らかとなった(表2)。その他の糖類としては、ブドウ糖および果糖がほぼ同等量含有されていた。

表2 煮熟糖液中の糖組成の分析値

ショ糖	42.7
ブドウ糖	2.2
果糖	2.2

単位は g/100 mL

これらの分析値は、上白糖の典型的な糖組成(ショ糖97.9%,ブドウ糖0.7%,果糖0.7%)¹⁰⁾と比較して、ショ糖の含有量がやや低く、ブドウ糖および果糖の含有量がやや高い傾向を示した。しかし、主成分としてショ糖が高い割合で存在していたことから、煮熟過程におけるショ糖の分解は限定的であり、加熱処理による転化反応はほとんど進行しなかったと考えられる。したがって、本煮熟糖液は加熱調理後もショ糖が主要な糖として高い割合で保持される特徴を有することが示された。

煮熟糖液のpHは8.2であり、弱アルカリ性を示した。このようなpH条件下では、加水分解反応の進行が抑制されるため、ショ糖の分解が起こりにくく、結果としてショ糖の残存率が高くなったと推察される。

3. 3 煮熟糖液の菌数測定

食品副生物の有効活用を進める上では、副生物の化学的安定性に加え、微生物的な安定性も再資源化において重要な要素となる。そこで、煮熟糖液の一般生菌数および芽胞形成菌数を測定した(表3)。

表3 煮熟糖液中の菌数測定値

一般生菌数	1.1×10^2 /mL
芽胞形成菌数	30 /mL 以下

その結果、芽胞形成菌数は計数限界以下であったことが確認された。このことから、煮熟糖液を食品等として再利用する際、常温加熱殺菌を行うことで、煮熟糖液自体およびその加工品の腐敗を効果的に防止することが示唆された。

3. 4 煮熟糖液のアルコール・酢酸発酵

煮熟糖液に酵母を接種してアルコール発酵を行った結果、図1に示すとおり、酵母添加直後から約1週間にわたり煮熟糖液中のショ糖含有量がほぼ直線的に減少した。また、同期間においてブドウ糖および果糖の含有量には有意な変化は認められなかった。一方、エタノールは酵母添加直後より生成が確認され、培養期間中は糖類が消費されるまで直線的に増加した。酵母菌体量はOD660による吸光度測定により評価したところ、培養開始後2日目まで急激な増加が観察されたが、

それ以降はほぼ一定となった。これらの結果から、ショ糖は主に酵母の増殖およびエタノール生産に利用されたと考えられる。培養2週間後のアルコール濃度は約7%に達し、これは煮熟糖液中の初期ショ糖含量の約半分がエタノールとして生産されたことを示している。以上より、煮熟糖液中のショ糖は酵母による増殖およびエタノール生産に効果的に利用され、アルコール発酵が順調に進行したことが明らかとなった。発酵液からは、原料由来の豆臭が消失し、酵母の発酵過程により生成された果実様香気が感じられた。

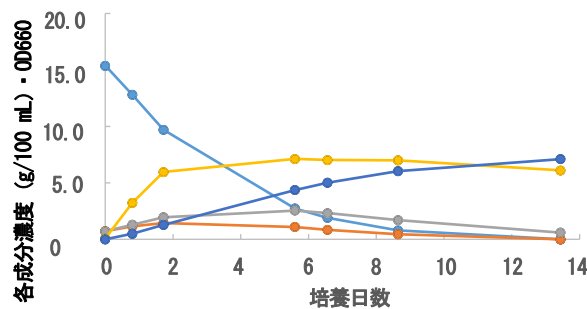


図1 煮熟糖液のアルコール発酵

● ショ糖; ● ブドウ糖; ● 果糖; ● OD660; ● エタノール

二週間のアルコール発酵を経て得られた煮熟糖液に対し、酢酸菌を接種して酢酸発酵を行い、その結果を図2に示した。酢酸発酵の期間中、煮熟糖液中の主要な糖類(ショ糖、ブドウ糖、果糖)の含有量にはほとんど変化が認められず、酢酸菌による糖類の消費は限定的であることが示唆された。

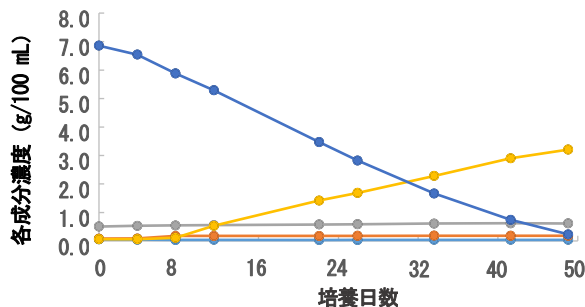


図2 煮熟糖液アルコール発酵液の酢酸発酵

● ショ糖; ● ブドウ糖; ● 果糖; ● 酢酸; ● エタノール

エタノール濃度は、酢酸菌接種直後から直線的に減少し始め、発酵期間を通じて徐々に低下した。特に、約50日後にはエタノール濃度が検出限界以下となり、ほぼ完全に消費されたことが確認された。一方、酢酸濃度の変化を観察した結果、酢酸菌接種後約1週間はラグタイムとしてほとんど増加が認められなかったが、その後徐々に酢酸濃度が上昇し、最終的には3.7%に達した。以上の結果より、酢酸菌を用いた酢酸発酵においては、糖類の消費は極めて少なく、主にエタノールが酢酸生成の基質として利用されたことが明らかとなった。また、酢酸発酵の進行にはラグタイムが存在し、その後酢酸濃度が増加することが確認された。得

られた酢酸発酵液は、アルコール発酵により生成した果実様香気と、酢酸発酵に由来する酢酸臭が混在した香気を呈していた。

小豆島内の調理食品企業において副生する煮熟糖液を発酵調味料の素材として活用する技術について検討し、煮熟糖液に酵母を添加してアルコール発酵を行い、生成したアルコールを酢酸菌によって酢酸発酵させることで、独自の風味を有する酢系調味料の製造が可能であることを明らかにした。この技術の導入により、従来廃棄されていた副生物の高付加価値化が期待される。また、煮熟糖液は供給量が安定しているため、実用化に向けた原料調達的面でも優位性を有している。今後は、発酵条件の最適化、生成物の成分分析、官能評価等を通じて、製品化に向けた技術的課題の抽出とその解決を進めていく予定である。

4 結言

煮熟糖液を用いたアルコール発酵および酢酸発酵技術を確立し、独自の風味を持つ酢系調味料の製造が可能であることを示した。本技術により副生物の高付加価値化が期待される。

5 謝辞

黒豆煮熟糖液を提供いただきました、マルキン食品株式会社に深謝いたします。

参考文献

1) 木村 功, 松原保仁, 柴崎博行: 大豆煮汁の有効利用, 日本醸造協会誌, **92**, 478-485 (1997).

- 2) 牧野義雄, 谷川善弘, 竹上伊津子, 白川武志: 中間プラントによる乾燥脱塩醤油粕の製造, 廃棄物学会論文誌, **9**, 208-214 (1998).
- 3) 牧野義雄, 竹上伊津子, 松下重善, 松尾祐一, 徳田 昭光, 白川 武志: 醤油粕脱塩液で培養した酵母添加による醤油醸造, 日本食品科学工学会誌, **46**, 664-668 (1999).
- 4) 東京大学農学部農芸化学教室: 実験農芸化学下, 朝倉書店, pp.183 (1978).
- 5) 東京大学農学部農芸化学教室: 実験農芸化学下, 朝倉書店, pp.182 (1978).
- 6) 消費者庁: 栄養成分等の分析方法等 (https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/food_labeling_act/assets/food_labeling_cms201_250328_1015.pdf) [2026年2月13日検索]
- 7) 沖 智之, 澤井祐典, 古川(佐藤)麻紀, 須田郁夫: 紫黒米・黒大豆中の総アントシアニンの pH differential 法による定量とその試験所間比較による妥当性確認, BUNSEKI KAGAKU, **60**, 819-824 (2011).
- 8) 鶴飼良平: 食品衛生検査指針 微生物編 2015, 公益社団法人日本食品衛生協会, pp.150-250 (2015).
- 9) Atwater, W. O. and Bryant, A. P.: The Availability and Fuel Value of Food Materials. US Government Printing Office, Experimental Station 12th Annual Report, Washington DC, 73-110 (1900).
- 10) 精糖工業会: 砂糖製品の成分 (<https://seitokogyokai.com/knowledge/component/>) [2026年2月13日検索]

地域伝統技術を活用した特徴ある醤油の開発 — 生揚醤油への糖添加が香気形成に及ぼす影響 —

木村 功, 三好 美玖, 佐々原 浩幸, 吉岡 直美, 藤井 浩子, 大谷 尚美, 立住 千賀香, 稲津 忠雄

本研究では、生揚醤油に各種糖類を添加して火入れ処理を行い、ヘッドスペース-ガスクロマトグラフ分析により生成香気成分を評価した。その結果、キシロースが香気成分の生成を最も強く促進し、さらにアルロースにおいても特徴的な香気ピークの形成が確認された。原料由来キシロースの寄与を検討するため炒熬小麦中のキシロース含量を測定したところ、加工小麦と同程度であり、炒熬工程による顕著な減少は認められなかった。以上の結果から、キシロースが火入れ工程における香気形成に寄与すること、さらに火入れ工程でキシロースを添加することが特徴的な香気特性を有する醤油の製造に有効である可能性が示唆された。

1 緒言

醤油の風味を調整して品質を向上させるため、火入れ工程で上白糖が添加されることがある。この工程では、殺菌および酵素の失活が進むとともに、糖とアミノ化合物の反応（メイラード反応）が進行し、その結果としてこれらの反応が製品醤油の色調や香気形成に大きく寄与することが報告されている¹⁻⁴⁾。

しかしながら、糖類の違いが香気形成に及ぼす影響については十分に解明されておらず、醸造過程で生成した原料由来の糖類（グルコース、キシロースおよびアラビノース）が火入れ時に着色や香気形成に影響を及ぼすことが知られているものの、その種類と量が香気形成に及ぼす影響は詳細に検討されていない。

そこで本研究では、様々な糖質が醤油の香気形成に及ぼす影響を明らかにすることで、醤油の多様な風味創出や機能性付与につながる新たな商品開発の可能性について検討した。

2 材料および方法

2.1 生揚醤油および小麦原料

生揚醤油（全窒素 1.76 g/100 mL、塩分 16.79 g/100 mL、アルコール 0.57 g/100 mL、無塩可溶性固形分 20.6、グルコース 2.67 g/100 mL）は、令和7年4月に小豆島町内の醤油醸造企業より購入した。小麦は、令和元年北海道産の「春よ恋」を使用した。加工小麦（こうじむぎ:240521/A1D）は、こうじむぎ製造株式会社千葉工場製を用いた。希少糖 D-アルロースは、松谷化学工業株式会社製「アストレア」を使用した。その他の試薬は、特に指定がない限り富士フィルム和光純薬株式会社製を用いた。

2.2 糖類を含む生揚醤油の火入れ処理

火入れ処理は以下の方法で行った。生揚醤油 2 mL を 20 mL 容ヘッドスペースガスクロマトグラフ用試料瓶に採取後、各種糖類（上白糖、スクロース、グルコース、フルクトース、キシロースおよびアルロース）を最終濃度 1% (w/v) となるようそれぞれ添加し密封した。十分に混合・溶解した後、60℃の恒温水槽中で1時間保持した。その後、85℃まで昇温し、達温後20分間加

熱処理を行った。

2.3 ヘッドスペースガスクロマトグラフ分析

火入れ醤油の揮発成分分析は、既報⁵⁾に従って実施した。分析には、株式会社パーキンエルマージャパン製 TurboMatrix HS-40 ヘッドスペースサンプラー、Clarus 680 ガスクロマトグラフ、および TotalChrom ワークステーションから構成されるヘッドスペースガスクロマトグラフ (HS-GC) システムを用い、キャピラリーカラム Elite-WAX (0.25 mm × 25 m) を装着した。ヘッドスペースサンプラーの条件は、注入時間 30 秒、オープン温度 70℃、ニードル温度 90℃、トランスファ温度 180℃、加圧時間 1分とした。ガスクロマトグラフの条件は、インジェクター温度 200℃、スプリット注入方式を採用した。オープン温度は 35℃で5分間保持した後、10℃/分で昇温し、200℃で5分間保持した。キャリアガスには超高純度ヘリウムを用い、検出には水素炎イオン化検出器を使用した。

2.4 小麦の炒熬および粉碎

小麦の炒熬は、以下の方法で行った。小麦粒 20 mL を 250℃に加熱したホットプレート上に均一に拡げ、間断なく攪拌した。膨化した小麦を放冷した後、ミキサー（岩谷産業株式会社）で粉碎し、目開き 500 μm の篩を通した。

2.5 加水分解試料の調製

小麦試料等の加水分解は、既報⁶⁾に従って実施した。小麦試料を精秤し、75% (w/v) 硫酸を加えて蒸留水で希釈した後、121℃で1時間オートクレーブ処理を行い加水分解した。得られた加水分解液を炭酸バリウムで中和し、ろ紙 No. 5C（アドバンテック東洋株式会社）でろ過した。ろ液を 100 mL メスフラスコに定容し、さらに脱塩・濃縮して分析試料とした。

2.6 糖組成の分析

構成糖の分析は、Shodex SP-0810 カラム（昭光サイエンス株式会社）を接続した UFLC システム（株式会社島津製作所）により行った。また、五酸化リンを乾燥剤としたデシケーター中に18時間保持したグルコース、キシロースおよびアラビノースを用いて、所定濃度の標準試料を調製した。糖の検出は示差屈折率検出器

RID-20A を用い、カラム温度を 60°C、溶離液の流量を 0.8 mL/分とした。なお溶離液には蒸留水を使用した。

3 結果および考察

3.1 火入れ醤油のHS-GC分析

生揚醤油の火入れ工程において各種糖類を個別に添加し、生成する揮発性成分(香气成分)をHS-GCで分析した結果、キシロースおよびアルロース添加区では、他の糖類では認められない特異的なピーク成分や領域の増加が確認された(図1)。これらの挙動は、五炭糖およびアルドース構造を有する糖類が加熱条件下で高い反応性を示し、メイラード反応初期段階におけるアマドリ転位生成物の形成速度が六炭糖に比べて大きい⁷⁾ことに起因すると考えられた。特にキシロースは分解速度が速く、フルフラール類や窒素含有ヘテロサイクリック化合物の生成を促進することが知られており⁸⁾、生揚醤油を単独で火入れした場合に比べ、特異的なピークの増大が観察された(図1A,BおよびC)。

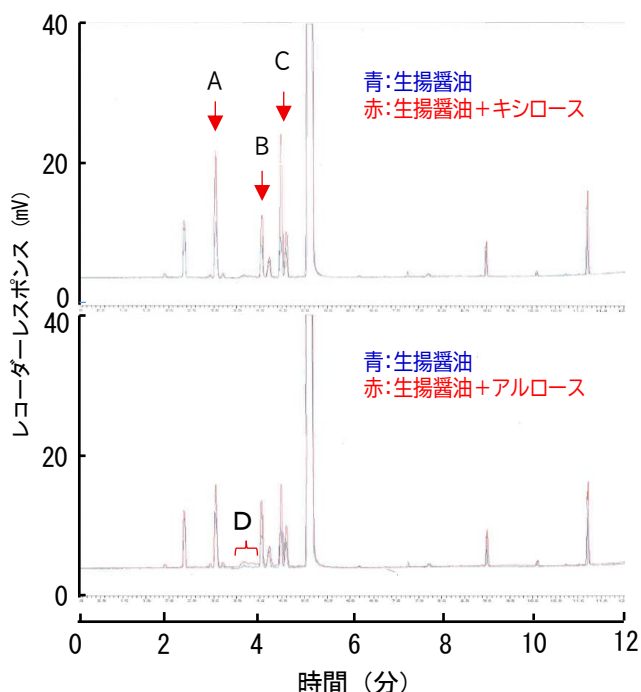


図1 火入れ処理を行った醤油のHS-GCクロマトグラム
A,BおよびC: キシロースの添加で特異的に増大するピーク成分
D: アルロースの添加で特異的に増大するピーク成分の領域

またアルロースは、六炭糖でありながら異性化による反応性が高く、1,2-エノール化を経た分解反応が進行しやすいことから⁷⁾、生揚醤油や他の糖類を用いた火入れには認められない、特徴的な香气成分の生成に寄与したものと推測される(図1D)。以上のことから、キシロースおよびアルロースは火入れ時の香气形成に対して、従来の醤油よりも豊かな香味特性を付与できる可能性が示唆された。一方、その他の糖類は、生揚醤油を単独で火入れした場合とほとんど差異が認められなかった(未発表)。

特に、キシロースは製品醤油の濃色化に関与するため、これまで諸味中での低減化が検討されてきた^{1,9)}。しかしながら、キシロースは原料に由来する五炭糖であり、本実験において特異的な香气成分を増大させる効果が確認

されたことから、生揚醤油中のキシロース量を増大させることで、特徴的な香气形成が可能であると考えられた。

キシロースの大半を含む小麦は、製造時に炒熟処理で α 化される。この工程で、フスマ中のキシランが変性し低減化することが考えられる。そこで、炒熟処理に伴う小麦中のキシロース残量を生小麦および加工小麦中のそれと比較し、香气形成への寄与を検討した。

3.2 小麦原料中のキシロース含量

小麦の炒熟処理をモデル実験したところ、炒熟90秒で小麦の体積は生小麦の約1.4倍に膨化し、それ以降の体積増加は認められなかった(図2)。そこで本実験では、十分に膨化したと判断される90秒炒熟小麦を糖組成分析に供した。また、澱粉の α 化処理法が異なる加工小麦についても糖分析を行い、それぞれのキシロース含量を比較した。



図2 炒熟小麦の膨化

A: 生小麦, B: 炒熟小麦(炒熟90秒) C: 炒熟小麦(炒熟120秒), D: 炒熟小麦(炒熟180秒)

糖組成分析の結果、加工小麦は生小麦と比較してグルコース含量がやや低い一方、キシロースおよびアラビノース含量は、ほぼ同等の原料であることが確認された(表1)。

表1 炒熟小麦等の糖組成

小麦等	炒熟時間 (秒)	糖組成 (g/g 乾物重)		
		Glc*	Xyl*	Ara*
加工小麦	-	0.42	0.03	0.02
生小麦	-	0.48	0.03	0.03
炒熟小麦	90	0.47	0.03	0.02

Glc*: グルコース, Xyl*: キシロース, Ara*: アラビノース

一方、炒熟小麦では、炒熟90秒の処理によってグルコース、キシロースおよびアラビノースが生小麦と同等の値を示し、これらの糖類が加熱に伴う分解やメイラード反応の基質として消費されにくかったことが示唆された。表1の結果から、炒熟処理による小麦のキシロース含量は、生小麦に比べてほとんど変化しなかった。醤油諸味中のキシロース量は、醸造初期においてグルコースの約5%である⁹⁾ことから、小麦中のキシロース(グルコースの約6%)の大半は諸味中に遊離していると考えられた。したがって、生揚醤油中のキシロース含量を高め、香气成分を増大するためには、小麦フスマ等のキシロースを多く含む原料を選択するか、火入れ時にキシロースを添加することが有用であると考えられた。

4 結言

キシロースは、火入れ時に特異的な揮発性成分を生成し、香気形成に大きく寄与する糖であることが示された。生揚げ醤油中のキシロース含量を高めるためには、原料の選択あるいはキシロースの添加が香気設計に重要であることが示唆された。

参考文献

- 1) 茂田井 宏：醤油の褐変，日本食品科学工学会誌，**23**，372-384 (1976)。
- 2) 大西茂彦：ガスクロマトグラフ質量分析計による醤油香気成分の分析と醤油火入れ条件検討への応用，香川県産業技術センター研究報告，**22**，74-77 (2021)。
- 3) 白土遥菜，渡邊聡美，脇山元気，植木達朗，小林弘司，石川洋哉：醤油の香気特性に及ぼす火入れ条件の影響，公益社団法人 日本食品科学工学会 第68回大会要旨，3Ca06 (2021)。
- 4) 孟 琦，菅原悦子：加熱における醤油調味料の香気成分の変化とみりんの役割，日本醸造協会誌，**111**，580-585 (2016)。
- 5) 木村 功，岡崎賢志，藤井浩子：小豆島桶醤油の香気成分分析 (1)，香川県産業技術センター研究報告，**13**，9-11 (2013)。
- 6) 木村 功：小麦由来アラビノキシランの定量について，香川県産業技術センター研究報告，**25**，74-76 (2024)。
- 7) Hodge, J. E. : Chemistry of browning reactions in model systems, *J Agric. Food. Chem.*, **1**, 928-943 (1953)。
- 8) Takagaki, A., Ohara, M., Nishimura, S., Ebitani, K. : One-pot Formation of Furfural from Xylose via Isomerization and Successive Dehydration Reactions over Heterogeneous Acid and Base Catalysts, *Chemistry Letters*, **39**, 838-840 (2010)。
- 9) 木村 功，佐々原浩幸：醤油の褐変化に影響を及ぼす麹菌酵素系について，日本醸造協会誌，**87**，566-572 (1992)。

食品加工関連糸状菌を用いた新たな発酵調味料の開発 — *Aspergillus* 属および *Rhizopus* 属が食品加工素材に及ぼす影響 —

木村 功

本研究では、新たな発酵調味料の開発を目的として、食品加工に用いられる糸状菌の特徴を評価した。*Aspergillus* 属と *Rhizopus* 属を用いて豆麴を調製し、全プロテアーゼ活性を測定したところ、*Aspergillus* 属の酵素活性は *Rhizopus* 属の 2.4 倍であった。また、両菌株を接種したサツマイモ麴を糖化处理した結果、*Rhizopus* 属の麴が *Aspergillus* 属の麴より高い糖化力を示し、55℃、3 時間の糖化处理によるグルコース生成量は約 3 倍であった。以上の結果から、両菌株を適切に利用することで、新たな発酵調味料の製造に応用できる可能性が示唆された。

1 緒言

発酵調味料は、微生物が産生する酵素によって原料中のタンパク質やデンプンが分解され、呈味成分や香気化合物が生成されることで特徴的な風味を形成する¹⁻³⁾。なかでも、食品加工で利用される *Aspergillus* 属と *Rhizopus* 属は異なる酵素特性を有し、調味料の品質に大きく寄与する⁴⁾。

Aspergillus 属は強いプロテアーゼ活性を示し、タンパク質からアミノ酸やペプチドを生成する⁵⁾。一方、*Rhizopus* 属はアミラーゼ活性が高く、デンプンを糖化してグルコースなどを生成する能力に優れる⁶⁾。これらの酵素特性は、原料や発酵条件との組み合わせにより多様な風味特性を持つ調味料を生み出す可能性を有する。特に、豆類やいも類などの植物性原料を利用する場合には、原料特性に応じた糸状菌選択のエビデンスが求められる。

しかしながら、両菌株の酵素活性や反応生成物を同一条件下で比較した研究は少なく、新規調味料開発に必要な知見は十分ではない。そこで本研究では、両菌株を用いて調製した麴のプロテアーゼ活性と糖化生成物を比較し、食品加工への応用可能性を検討した。

2 材料および方法

2.1 微生物および試薬

本研究では *Aspergillus sojae* ATCC 200440 (Asp 株と略す) および *Rhizopus oligosporus* NBRC 32003 (Rhi 株と略す) を使用した。両菌株はポテトアガロース寒天 (PDA) 培地に接種し、30℃で培養した後、各培養物のスターターとして使用した。試薬は、特に断りのない限り、富士フィルム和光純薬株式会社製を用いた。

2.2 各種麴の調製

豆麴は、浸漬した丸大豆 50 g を 300 mL 広口三角フラスコに入れ、121℃で 15 分間滅菌した後、PDA 培地で培養した Asp 株および Rhi 株をそれぞれ接種し、30℃で 3 日間培養して調製した (図 1)。



図 1 Asp 株および Rhi 株により調製した豆麴

一方、サツマイモ麴は、サツマイモ「坂出金時いも」を 121℃で 15 分間蒸煮し、1 cm 幅にスライスして放冷後、PDA 培地で培養した Asp 株および Rhi 株を表面に塗抹し、100 cm²あたり 121 か所に穴 (φ0.5 mm) をあけたポリプロピレンバッグに入れて 30℃で 3 日間培養して調製した (図 2)。



図 2 Asp 株および Rhi 株で調製したサツマイモ麴

2.3 全プロテアーゼ活性の測定

豆麴の全プロテアーゼ活性は、しょうゆ試験法に基づいて測定した⁷⁾。粗酵素液は、豆麴 10 g を 250 mL 容の蓋つき容器に採取し、200 mL の蒸留水を加えて振とう後、室温に 4~5 時間放置し、No. 2 ろ紙でろ過することで調製した。酵素活性値は、ミクルカゼイン溶液 (15 mg/mL) と McIlvaine 緩衝液 (pH 7.0) を等量混合した 2.0 mL の基質溶液に、1.0 mL の酵素溶液を加えて混合した。混合液を 30℃で 30 分間反応させた後、0.4 M トリクロロ酢酸 3.0 mL を添加して反応を停止した。生成液は No. 2 ろ紙でろ過し、ろ液中の可溶性窒素成分をフェノール試薬による比色法で定量し、生成した窒素量から算出した。

2.4 糖化生成物の分析

サツマイモ麴の糖化生成物は、高速液体クロマトグラフ (HPLC) を用いて分析した。まず、サツマイモ麴 25 g を 200 mL 容のホモジナイザーカップに精秤した。次に、McIlvaine 緩衝液 pH 5.0 を 50 mL 添加し、ワーリングブレンダーを用いて 1,000 rpm、60 秒間ホモジナイズすることで磨砕溶液を調製した。調製した磨砕溶液を 50 mL 容のコニカルチューブに分注し、55℃の恒温水槽中で 3 時間加熱した。加熱後、糖化处理液は限外濾過膜 (排除限

界 3,000) でろ過し、得られたろ液を HPLC 分析に供した。

糖化による生成物は、Shodex KS-802 カラム (昭光サイエンス株式会社) を接続した UFLC システム (株式会社 島津製作所) により分析した。糖の検出は示差屈折率検出器 RID-20A を用い、カラム温度を 60°C、溶離液の流量を 0.8 mL/分とした。なお溶離液には蒸留水を使用した。

3 結果および考察

全プロテアーゼ活性測定のため、豆麴から粗酵素液を調製したところ、Asp 株を用いた豆麴では調製の過程で大豆が細かく分解されていた。一方、Rhi 株を用いた豆麴では大豆の形状が残存していることが確認された (図 3)。この結果は、Asp 株を用いた場合の酵素分解作用が Rhi 株よりも強く、より効率的に大豆組織を崩壊していることを示唆した。



図 3 豆麴からの粗酵素液調製図

そこで、豆麴の全プロテアーゼ活性を測定した結果、Asp 株を用いた場合の酵素活性は Rhi 株を用いた場合の 2.4 倍であり、両者の間に顕著な酵素活性の差が認められた (表 1)。このことから、Asp 株由来の豆麴は Rhi 株由来のものよりも高いプロテアーゼ活性を有していた。

豆麴 (菌株)	全プロテアーゼ活性 (U/g 麴)*
Asp 株	120
Rhi 株	50

*独立した活性測定 ($n=3$) の平均値で示した。

この結果は、*R. oligosporus* NRRL 2710 のプロテアーゼ活性が、pH 7.5 では *A. oryzae* の 8% になる報告⁸⁾ と一致するものであり、中性域における大豆の発酵には、Asp 属を用いることが有用であることが示された。

発酵調味料の製造には、タンパク質原料である大豆とともに、デンプン質原料が必要であり、一般的には小麦や米が使用されている。しかしながら、小豆地域では、サツマイモが加工素材として様々な調理食品に活用されているだけでなく、地域の人々の食生活にも根付いている¹¹⁾。そこで本研究では、サツマイモを新規発酵調味料のデンプン質原料として活用し、Asp 株および Rhi 株を生育させ、麴の糖化特性を検討した。サツマイモ麴の糖化处理による主要な生成物を HPLC で分析したところ、Asp 株で調製した麴ではグルコース、マルトースおよびマルトトリオースが生成していた。一方、Rhi 株で調製した麴の糖化处理では、グルコースを主体として、マルトースの生成が確認された (図 4)。

次に、本糖化条件によるグルコースの生成量を比較したところ、Rhi 株で調製した麴が、Asp 株のそれよりも 4 倍量多いことが明らかになった (表 2)。

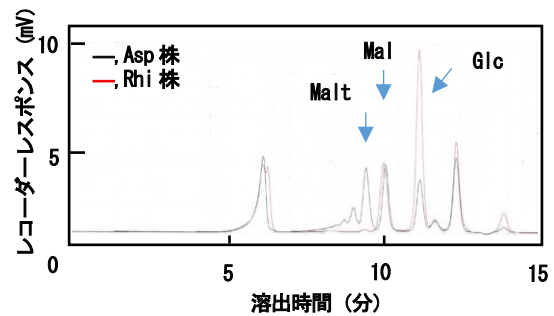


図 4 サツマイモ麴の糖化生成物クロマトグラム
Glc, グルコース; Mal, マルトース; Malt, マルトトリオース

グルコースは、発酵食品の製造過程で乳酸菌による乳酸発酵や酵母によるアルコール発酵を経て、乳酸や酢酸、アルコールなどに変換される。これらの発酵産物は食品の酸味・香りなど官能的特徴の付与や保存性の向上に寄与し、微生物の代謝活性や発酵制御、最終製品の品質や安全性にも大きく影響を与える¹⁰⁾ことが知られている。

サツマイモ麴 (菌株)	グルコース量 (g/100 g 麴)*
Asp 株	1.5
Rhi 株	6.0

*独立した活性測定 ($n=3$) の平均値で示した。

Rhi 株の麴は、Asp 株と比較してグルコース生成量が有意に高く、Asp 株で観察されたマルトトリオース生成が認められなかった。したがって、醸造食品のデンプン源としてサツマイモを用いる場合、Rhi 株を種菌として用いることがグルコース供給効率の観点から有用であることが示唆された。

4 結言

大豆およびサツマイモを原料とした発酵調味料の製造に際して、原料特性に適合した糸状菌の選択を目的に、Asp 株および Rhi 株の酵素活性および反応生成物を比較検討した。その結果、大豆由来調味料には Asp 株、サツマイモ由来調味料には Rhi 株が有用であることが示唆された。

参考文献

- 1) 吉見 啓, 寺内裕貴, 宮澤 拳, 阿部敬悦: 発酵が生み出す世界を化学する, 化学と教育, **67**, 580-583 (2019).
- 2) 海老根英雄: 味噌醸造微生物学の進歩(1), 醸造協会誌, **80**, 102-108 (1985).
- 3) 小熊哲也: 醤油と味噌の微生物, モダンメディア, **61**, 298-304 (2015).
- 4) 堀籠平吾: 食品と微生物-食品加工に関係ある微生物-, 茨城大学教育学部教育研究所紀要, **15**, 81-91 (1983).
- 5) 山形洋平: 黄麹菌 *A. oryzae* のタンパク質分解酵素, 化学と生物, **54**, 109-116 (2016).
- 6) 佐藤友太郎, 加藤清昭: *Rhizopus* 属糖化酵素に関

- する研究 (2) 糖化酵素生産に及ぼす培養条件 培地成分の影響, 食糧研究所研究報告, **19**, 80-88 (1965).
- 7) 財団法人日本醤油研究所: しょうゆ試験法, 株式会社醤油通信社, 東京, 287-289 (1985).
- 8) 原山文徳, 安平仁美: *Rhizopus* 属の蒸煮大豆における生育特性, J. Brew. Soc. Japan, **82**, 697-702 (1987).
- 9) 辻阪好夫: 澱粉への微生物酵素の利用に関する研究, **35**, 61-67 (1988).
- 10) 農林水産省: 「発酵」の不思議 (https://www.maff.go.jp/j/pr/aff/2211/spe1_01.html) [2026年2月12日]
- 11) 次田一代, 村川みなみ, 渡辺ひろ美, 加藤みゆき: 香川県の家庭料理 主食, おやつ, 主菜の特徴, 香川短期大学紀要, **47**, 149-162 (2019).

中国産昆布の国産品との成分比較 —佃煮原料の国産品の代替のための検討—

芝山 美月, 松岡 博美, 大谷 尚美, 立住 千賀香, 藤井 浩子, 吉岡 直美

佃煮の原料であり、価格は安価であるが品質面(特に臭い)で劣るとされている中国産の昆布について、国産品との成分比較を行った。GC-TOFMS による分析を行った結果、両者の差の主原因は酢酸であることが示唆され、また、高いピークは示さなかったものの、微量でも特異臭を強く感じさせるペンタデカンが中国産昆布で検出された。

1 緒言

国産の昆布は近年漁獲量が減少傾向にあり¹⁾、佃煮原料としての入手が大変困難となっている。代替品として、中国産の昆布は国産と比べ安価に入手することができるが、国産よりも品質が劣るといわれている²⁾。実際に島内企業より、昆布の産地により佃煮に加工した際の炊き上がりに差があり、中国産昆布を使用した製品は国産を使用したものと比較して臭いが劣るとの声があった。安価で入手しやすい中国産昆布を国産と変わらぬよう加工できるようにすることが、島内企業への支援になると考えられることから、本研究では、国産と中国産の昆布の差について、特に臭いについて比較し、その原因を調査することとした。

2 実験方法

2.1 試料

実験には、島乃香株式会社より提供を受けた4段階の等級の中国産乾燥昆布と、国産昆布(株式会社大久)を使用した。中国産乾燥昆布の等級表記については、グレードBとCのものが2023年産、Dが2021年産、Eが2019年産であるため、以降はこのアルファベットを使用して4種それぞれの昆布を区別する。国産の乾燥昆布はそのまま国産と表記する。

2.2 乾燥昆布のGC-TOFMSによる分析

試料は、2.1に示した乾燥昆布それぞれを5mm角に細断して用いた。

各試料1gを20mL容のバイアルに入れて密封し、ヘッドスペースの香气成分をSPMEファイバー(DVB/CAR/PDMS)(Sigma-Aldrich)に50°C、30分間捕集したあと、ガスクロマトグラム飛行時間型質量分析(GC-TOFMS, Pegasus BT(LECO)社製)に供した。分析条件は文献³⁾に準拠した。

2.3 乾燥昆布の有機酸分析

昆布の有機酸分析については、文献⁴⁾に基づいて実施した。予備試験において、昆布に大量に含まれているアルギン酸が試料抽出時のろ過を妨げることが分かったため、これを防ぐ手段として、文献では試料を5g採取するところを1gに変更した。小型ミキサーで粉碎した昆布1gと5%過塩素酸5mLを50mLメスフラスコにとり、蒸留水で定容したのち、No.2のろ紙でろ過した。ろ液をさらに限外ろ過(5000MWC0)にかけたの

ち、0.45µmのメンブレンフィルターでろ過し、これを測定試料とした。

2.4 乾燥昆布のアミノ酸分析

企業からの意見では臭いが異なるということのみを伝えられたが、実際に原料として使用した際の味の差についても確認するため、うま味に関する成分であるアミノ酸の測定も行うこととした。試料の抽出と分析は既報⁵⁾に従い行った。

2.5 昆布佃煮の調製方法

乾燥昆布と佃煮加工後の有機酸量の比較のため、昆布佃煮の調製^{6,7)}を行った。小型ミキサーで粉碎した昆布を10g、醤油47mL、異性化糖36gをアルミ製片手鍋に量り取り、総重量が180gになるよう水を加えガスコンロで重量が150gになるまで加熱調理した。また、調製に使用した醤油の中には微量の有機酸が含まれているため、対照として同じ配合から昆布のみを抜いたものも同様に加熱調理し、各佃煮の有機酸測定結果からこの試料の結果を引くことで昆布由来の有機酸のみを解析できるようにし、2.3の条件で有機酸分析を行った。

2.6 昆布佃煮の有機酸分析

佃煮5gと5%過塩素酸5mLを50mLメスフラスコにとり、蒸留水で定容したのち、No.2のろ紙でろ過した。ろ液をさらに0.45µmのメンブレンフィルターでろ過し、これを測定試料とした。

3 結果と考察

GC-TOFMSの測定結果のクロマトグラムを図1に示す。また、ピーク面積の大きかった上位の物質のみ抜き出したものを表1に示す。図1では、他のピークが平坦になってしまうほどの高さで1本の巨大なピークが現れていた。解析の結果、これは酢酸であった。表1に示したように、ピーク面積の大きさを比較した表の上位は酢酸で独占されており、従って異臭の主原因となる物質は酢酸であることが示唆された。また、昆布の種類それぞれについて比較した場合、最も低いランクであるサンプルEの昆布で最も高い酢酸のピークが検出されている。企業の聞き取りの際にも、サンプルBからサンプルEにかけて臭いが悪くなっていくという話があり、サンプルCとサンプルDのグレードの逆転はあるもののピーク面積の大きさの順番と概ね一致する

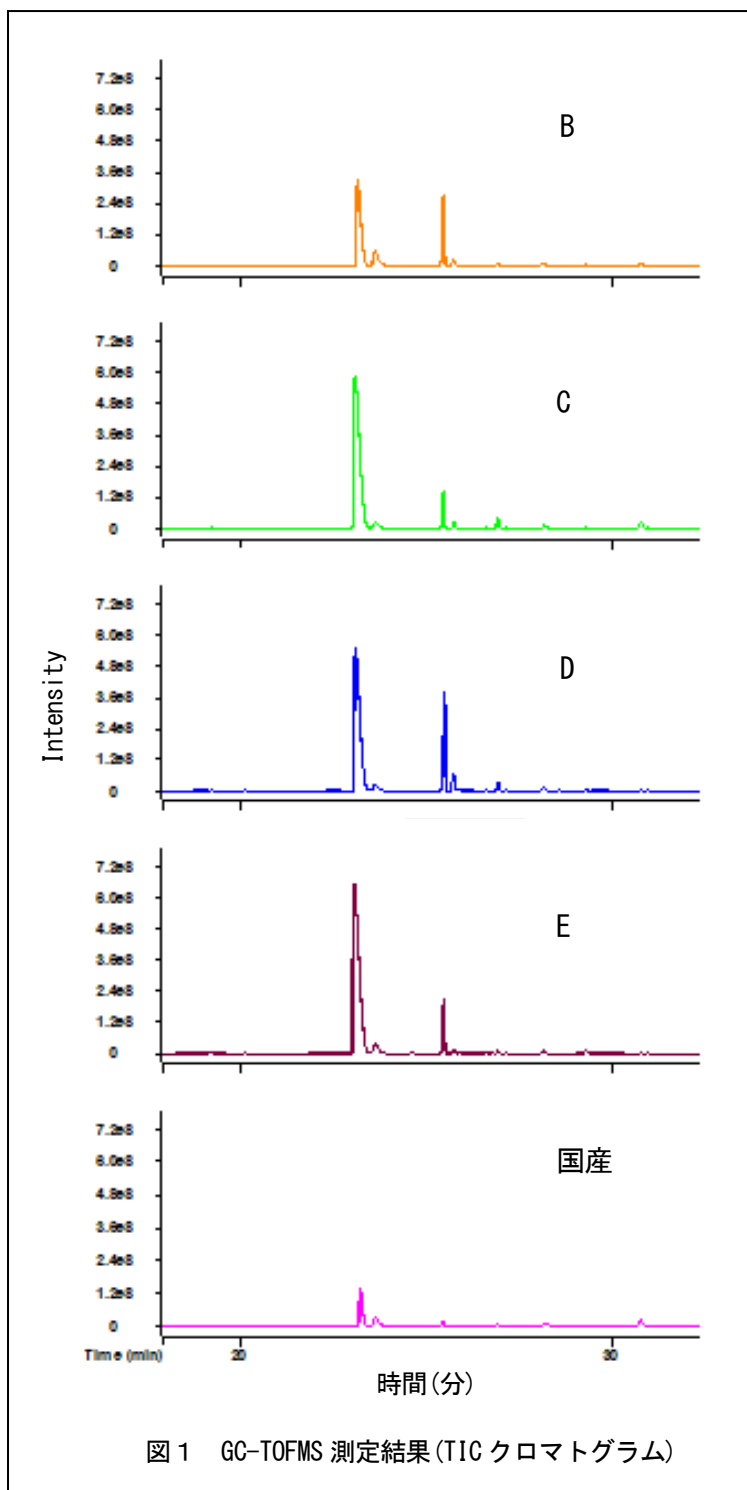


図1 GC-TOFMS 測定結果(TICクロマトグラム)

ことから酢酸の影響は大きいと考えられる。また、酢酸の次に高いピークを示した物質としてペンタデカンが挙げられる。ペンタデカンは特異臭を持つ物質であり、これもまた悪臭の原因のひとつであると考えられる。これはサンプルDで最もピーク面積が大きくなっており、酢酸に関しては予想に反してグレード間のピーク面積の逆転が見られたサンプルDとCであったが、ペンタデカンが多いという点によって臭いが悪化し、グレードを低く設定された可能性が考えられた。

酢酸量の測定のため行った乾燥昆布中の有機酸分析の結果を表2に示す。佃煮に加工する前の乾燥昆布の測定結果は、GC-TOFMSのピーク面積の大きさの順番と

一致していた。定量の結果からも、異臭の主な原因は酢酸である可能性が高いと判明した。

次に、アミノ酸量の測定結果を表3に示す。うま味に関わるアミノ酸であるアスパラギン酸(Asp)、グルタミン酸(Glu)、アラニン(Ala)と含硫アミノ酸であるシステイン(Cys)の存在である。システインについては、サンプルCと国産では検出されず、サンプルBで最も多く検出された。システインはその分子の側鎖に硫黄を含む含硫アミノ酸であり、硫黄由来の異臭を発

表1 GC-TOFMS 解析結果 ピーク面積比較

昆布の種類	物質名	ピーク面積
E	Acetic acid	1.73×10^{10}
E	Acetic acid	1.59×10^{10}
E	Acetic acid	1.57×10^{10}
E	Acetic acid	1.41×10^{10}
C	Ammonium acetate	1.36×10^{10}
C	Acetic acid	1.33×10^{10}
E	Acetic acid	1.33×10^{10}
C	Acetic acid	1.31×10^{10}
D	Ammonium acetate	1.19×10^{10}
D	Ammonium acetate	1.16×10^{10}
C	Acetic acid	1.16×10^{10}
C	Acetic acid	1.13×10^{10}
D	Acetic acid	1.08×10^{10}
D	Acetic acid	1.05×10^{10}
D	Acetic acid	1.01×10^{10}
B	Acetic acid	7.73×10^9
B	Acetic acid	7.51×10^9
B	Acetic acid	5.32×10^9
B	Acetic acid	5.30×10^9
B	Acetic acid	5.20×10^9
B	Acetic acid	5.00×10^9
D	Pentadecane	2.12×10^9
D	Pentadecane	2.02×10^9
D	Pentadecane	2.01×10^9
D	Pentadecane	1.91×10^9
国産	Acetic acid	1.74×10^9
国産	Acetic acid	1.66×10^9
国産	Acetic acid	1.62×10^9
国産	Acetic acid	1.59×10^9
D	Pentadecane	1.44×10^9
国産	Acetic acid	1.42×10^9

表 2 有機酸測定結果

試料名	酢酸含有量(μg/100g)
B(乾燥昆布)	26.3
C(乾燥昆布)	55.3
D(乾燥昆布)	39.8
E(乾燥昆布)	55.0
国産(乾燥昆布)	16.5

表 3 アミノ酸測定結果

試料	Asp	Glu	Ala	Cys
B	2328	振り切れ	955	403
C	402	3879	563	検出なし
D	545	5220	926	240
E	1467	振り切れ	864	210
国産	1786	5378	700	検出なし

することから、このアミノ酸の存在もまた異臭の原因の一つだと考えられる。また、うま味に関わる3種類のアミノ酸(Asp, Glu, Ala)については、中国産の昆布が国産の昆布を上回る含有量を示すものが多く、アラニンについてはほぼ全てのグレードの中国産昆布が国産昆布を上回る結果となった。このように、中国産の昆布はうま味という点においては国産の昆布よりも優位であり、異臭を抑えることができるならばむしろ国産よりも佃煮の加工原料として向いている可能性が明らかとなった。

以上の結果を受け、試作した佃煮の有機酸測定を行った結果が表4である。それぞれのサンプルの酢酸のピーク面積は、コントロールとして測定した昆布不使用の試料のピーク面積と大きな差はなく、従って今回の実験では佃煮に加工した後では酢酸による悪臭の影響は見られないという結果になった。ただし、本実験では非常に少量の原料のみしか使用せず、佃煮の試作に用いた鍋の大きさに対する原料の占める割合が小さかったこと、実際の製造現場では大鍋でさらに大量の原料を煮炊きすることを考慮すれば、酢酸の影響は残る可能性があり、さらに実験の中で明らかとなったペンタデカンやシステインの影響はこの有機酸分析では考慮されていないため、さらなる追加検討が必要であると考えられた。

表 4 有機酸測定結果(佃煮)

試料名	ピーク面積
B	103640
C	125569
D	107001
E	112501
国産	112526
昆布不使用	111091

4 結言

本研究は本県の佃煮製造企業支援のため、安価な中国産昆布でも国産と遜色なく調理加工できるよう、原料の差を検討した。聞き取りから得た異臭という点については、酢酸が主な原因であることが明らかとなった。また、反対に優れている点として、国産の昆布よりも強いうま味を持つことも明らかとなった。品質の差の原因は、臭いについては明らかにすることができたため、今後の研究では製品の炊き上がりの臭いのためのマスキング剤の探求、中国産以外の海外産昆布との比較、昆布の厚み等の物性が及ぼす影響の究明を目標としたい。

参考文献

- 1) 北海道漁業協同組合連合会：昆布漁獲量推移，<https://www.gyoren.or.jp/data/pdf/konbu.pdf> (検索日：2025.3.10)
- 2) 山本吉朗，岡本武，藤本三千代：香川県発酵食品試験場報告，**65**，pp.57-60，(1972)。
- 3) 高橋英史，隅谷栄伸，稲田有美子，森大蔵：コンブの揮発性ヨウ素化合物の同定とその香調，日本食品科学工学会誌，**49**，No.4，pp.228-237，(2002)。
- 4) 天川映子，大西和夫，西島基弘，坂井千三：高速液体クロマトグラフィーによる有機酸分析法の改良，食品衛生学雑誌，**29**，No.4，pp.267-272，(1988)。
- 5) 芝山美月，立住千賀香：香川県産業技術センター研究報告，**24**，pp.80-81，(2023)。
- 6) 太田静行：食品調味・配合例集，工学図書株式会社(1979)。
- 7) 芝山美月，大谷尚美，立住千賀香，藤井浩子，吉岡直美：香川県産業技術センター研究報告，**25**，pp.127-129，(2024)。

手延べ素麺の産地ごとの物性の比較 —物性測定に基づくマッピングによる食感特性の抽出—

岩本 亜矢乃, 大谷 尚美, 立住 千賀香, 藤井 浩子, 吉岡 直美

小豆島産手延べ素麺の食感特性を評価することを目的とし、茹で麺の物性値を指標として他産地との比較検討を行った。得られた測定結果より、食感の特徴を視覚化するためのマッピングを行った。その結果、小豆島の手延べ素麺は、他産地の素麺と比較して噛み応えがあり、コシの強い食感を有することが示唆された。

1 緒言

日本全国には、兵庫県、奈良県、長崎県などに代表される多くの手延べ素麺の産地があり、小豆島もその代表的産地の一つである。それぞれの産地によって歴史的背景、気候や風土は様々であり、これらの違いは、使用される原料、製造方法に影響している。その結果、歯ごたえやコシの強さといった食感特性に産地ごとの差異が生じている。本研究では、小豆島の手延べ素麺の食感特性について明らかにすることを目的とし、物性測定を行い、他産地との比較を行った。また、視覚的に特徴を示すために、マッピングを行った。

2 実験方法

2.1 試料

市販の島の光（香川県）、揖保乃糸（兵庫県）、島原素麺（長崎県）、三輪素麺（奈良県）、半田素麺（徳島県）を試料として試験に供した。

2.2 試料の調製

素麺 10 g を沸騰した湯 1 L で規定時間茹で、ザルにあげ、10 秒静置した。その後、冷水に 30 秒漬けた。水から引きあげて、10 秒静置し、ザルを上下に 5 回振ることで水を切った。

2.3 麺の茹で時間

茹で時間を変えて麺を茹で、アルミニウム箔法 (135°C, 2 時間)¹⁾により水分量 (w/w) を測定した。茹で時間と測定された水分量から近似曲線を作成し、曲線の式より麺の水分量が 70% になる茹で時間を算出して、試料を調製する基準の茹で時間として用いた。

2.4 茹で麺の物性測定

試料を調製後、包丁で 3 cm 程度に切断し、蓋つきの密閉容器に移した。一定時間後（茹で後 5 分、10 分、20 分、30 分）、試料を取り出し、ノギスで試料の中央部の幅を測定後、クリープメータ RE2-3305B（株式会社山電製）により物性測定を行った。測定は、くさび型プランジャー（No. 49）を用いて、試料と垂直方向に 1 mm/s の速さで切断して行った。接触面積はプランジャーの幅 1 mm × ノギスで測定した試料の幅とした。今回は茹で後から 4 分～6 分の間に測定したものを茹で後 5 分、9 分～11 分の間に測定したものを茹で後 10 分、19 分～21 分の間に測定したものを茹で後 20 分、29 分～31 分の間に測定したものを茹で後 30 分とした。測定より破断荷重、

破断応力、噛み始めの弾性率（弾性率 1）と噛み切る直前の弾性率（弾性率 2）の比（コシの強さ）を算出した。各時間 9 回測定を行い、9 回のうちの中央 5 つの値の平均値を算出した。

2.5 茹で麺の栄養成分分析

たんぱく質量はケルダール法による窒素定量換算法、脂質はエーテル抽出法により求めた。炭水化物量は計算法により算出した。食塩相当量は、塩酸抽出した試料のナトリウム量を原子吸光度法により求め、係数 2.54 を乗じることで、塩化ナトリウム量に換算した。

2.6 物性測定値のマッピング

測定した物性値について、Microsoft Excel を用いて二次元散布図を作成し、各データをプロットした。なお、比較には茹で後 5 分の測定結果を用いた。

3 結果と考察

3.1 麺の茹で時間

各試料の基準の茹で時間を表 1 に示す。半田素麺の茹で時間が 5 種類の中で最も長く、他 4 種のうち最長であった島原素麺と比較すると、約 2 分 30 秒の差がみられた。

表 1 茹で麺水分含量 70%にするために必要な茹で時間

試料	茹で時間
島の光	1 分 34 秒
揖保乃糸	1 分 8 秒
島原素麺	1 分 40 秒
三輪素麺	1 分 15 秒
半田素麺	4 分 7 秒

3.2 茹で麺の破断測定結果

茹で後の経過時間と破断荷重を図 1、破断応力を図 2、弾性率 1 と弾性率 2 の比を図 3 に示す。茹で後 5 分において、島の光の破断荷重は半田素麺に次いで高い値を示した。破断応力では、茹で後 10 分まで島の光が最も高い値を示していることから、喫食時では島の光は他産地の素麺よりも、麺の幅由来の硬さではない、しっかりと食感を持っていると示唆された。一方、半田素麺は、破断荷重では 5 種類の素麺の中でも高い値を示していたが、破断応力では小さな値を示している。このことか

ら、半田素麺を人が食べた時に感じている麺の硬さは太さ由来のものであると考えられた。弾性率1と弾性率2の比が大きいということは、麺表面から中心部までの硬さの変化量が大きく、噛み始めは柔らかいが噛み切るには大きな力が必要である、コシの強い状態を示す²⁾。茹で後10分までの弾性率の比において、島の光が最も高い値を示しており、他産地の素麺よりもコシが強いことが示唆された。

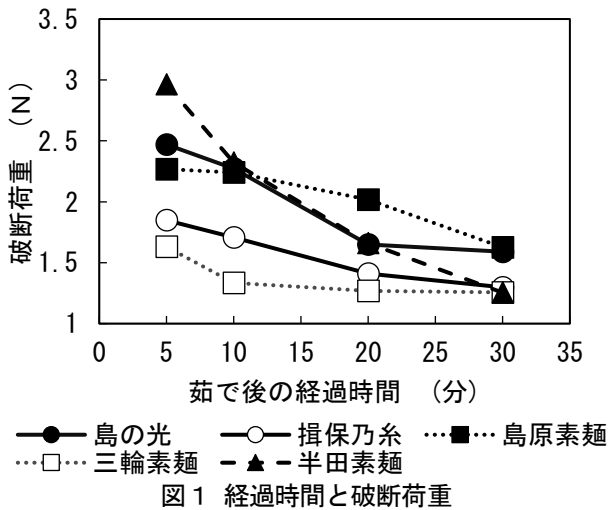


図1 経過時間と破断荷重

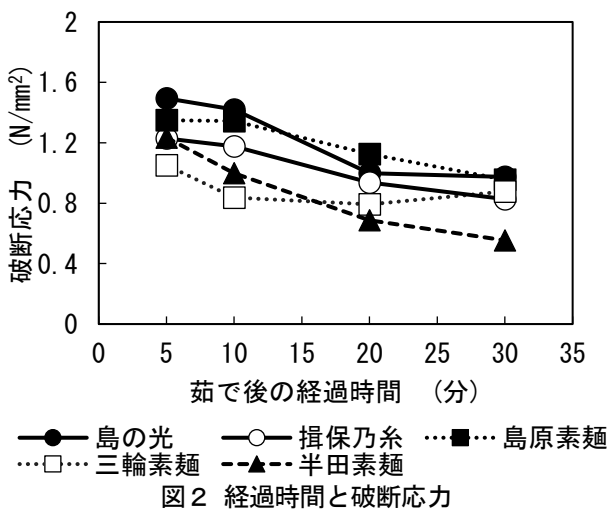


図2 経過時間と破断応力

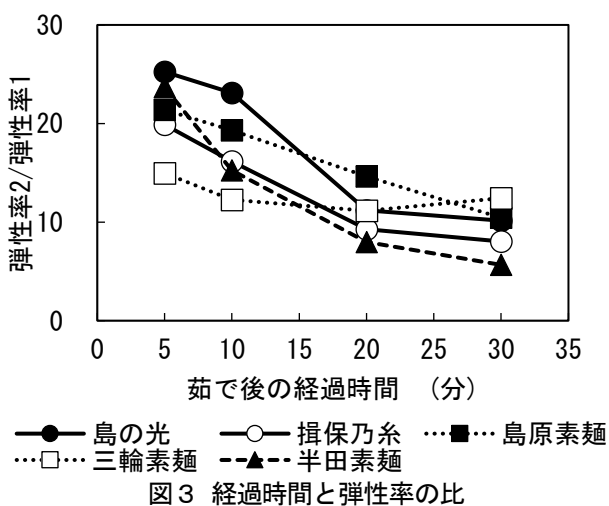


図3 経過時間と弾性率の比

3. 3 茹で麺の成分と物性値の関係

栄養成分分析の結果と茹で後5分の物性値を表2に示す。各成分量と破断荷重、破断応力、弾性率1と弾性率2の比の値に有意な相関は見られなかった。小麦粉のグルテン量は食感の強度に直接関わるとされている³⁾が、本試験では関係性がみられなかった。このことから、たんぱく質以外の要因が関与している可能性が示唆された。麺の食感には澱粉質やグルテン組織構造も影響する³⁾ことから、本結果にはこれらの違いが関与している可能性が考えられた。

表2 手延べ素麺の栄養成分と物性値

試料	蛋白質 (g/100 g)	脂質 (g/100 g)	炭水化物 (g/100 g)	食塩 (g/100 g)	破断荷重 (N)	破断応力 (N/mm ²)	弾性率の比
島の光	3.2	0.5	25.9	0.35	2.47	1.49	25.2
揖保乃糸	3.4	0.4	26.3	0.42	1.85	1.23	19.9
島原素麺	3.2	0.3	23.5	0.18	2.27	1.35	21.4
三輪素麺	3.4	0.3	20.3	0.24	1.63	1.05	15.0
半田素麺	2.9	0.4	24.0	0.33	2.96	1.23	23.7

3. 4 物性値のマッピングと評価

茹で後5分における破断荷重と弾性率1と弾性率2の比の関係をマッピングしたものを図4、破断応力と弾性率1と弾性率2の比の関係をマッピングしたものを図5に示す。

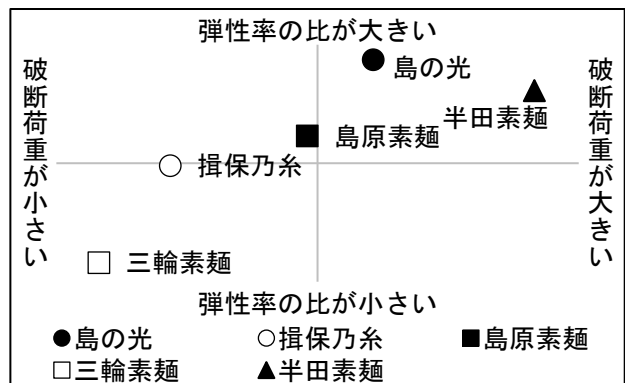


図4 破断荷重と弾性率の比

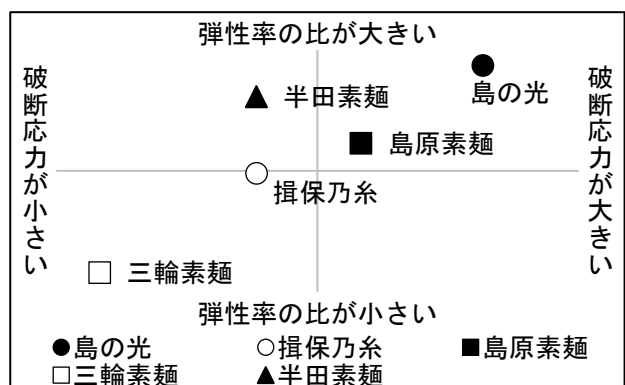


図5 破断応力と弾性率の比

いずれにおいても、島の光は右上の象限、すなわち高破断荷重、高破断応力、および高い弾性率比を示す領域にプロットされた。この結果から、島の光は他産地と比較して、噛み応えがありコシが強いものであることが示

唆された。しかし、破断荷重、破断応力、弾性率1と弾性率2の比の値の差が実際に人が感じる食感の違いとしてどの程度反映されるかについては明確でない。これらの物性値と麺の食感との関連性については今後さらに検討していく必要がある。

4 結言

本研究では、小豆島産手延べ素麺の食感特性を明らかにすることを目的とし、他産地との物性比較およびマッピングによる可視化を行った。小豆島の手延べ素麺は他産地のものと比較して噛み応えがあり、強いコシを有することが示唆された。一方で、物性測定値の差異が実際に感じる食感にどのように反映されるかについて検討が必要であると考えられた。

参考文献

- 1) 文部科学省 科学技術・学術審議会，資源調査分科会，食品成分委員会：日本食品標準成分表 2020年版（八訂）分析マニュアル，pp. 1-11（2022）。
- 2) 佐藤幸子，多賀友子，四宮陽子：クリーブ試験によるゆで麺の表面から中心部への粘弾性分布測定，日本食品科学工学会誌，**61**(3)，pp. 108-116(2014)
- 3) 小田間多：第7章 食感，めんの本，pp. 96-98（2013）。
- 4) 四宮陽子：破断試験によるゆで麺のテクスチャーの特徴と官能評価との関係，日本調理科学会誌，**33**(2)，pp. 198-203(2000)。
- 5) 三木英三：うどんのテクスチャー，日本バイオレオロジー学会誌 (B&R)，**20**(2)，pp. 82-89(2006)。
- 6) 合谷祥一：さぬきうどんの歴史とテクスチャーとコシ，成形加工，**32**(5)，pp. 163-166(2020)。