

ISSN2760-2605

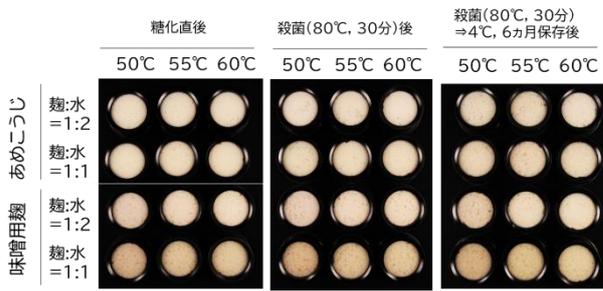
秋田県総合食品研究センター報告

第 25 号

令和 7 年 (2025 年)

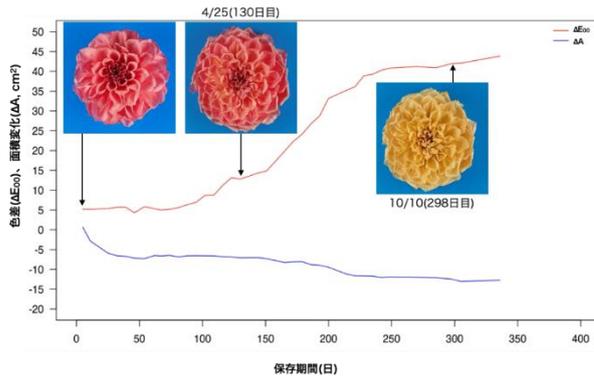
Bulletin of the Akita Research
Institute of Food and Brewing
(*ARIF*)

No. 25, 2025



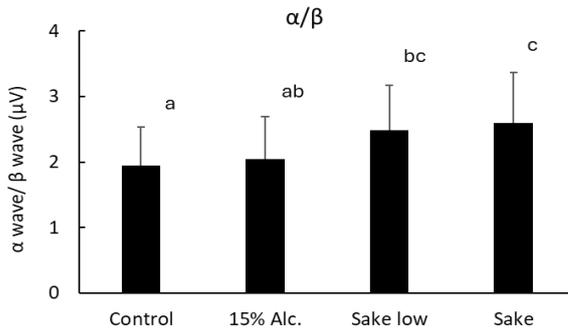
あめこうじ甘酒に含まれる
機能性成分と製造条件の違いが甘酒品質に与える影響

上原健二 他 No. 25, 1-12
(2025)



ダリアを用いたエディブルプ
リザーブドフラワーの開発

木村貴一 他 No. 25, 13-26
(2025)



清酒の香りがヒトの脳波に
及ぼす影響

佐藤友紀 No. 25, 27-34
(2025)



粗粉碎後に炊飯したペース
ト状米加工品の特徴

高橋徹 他 No. 25, 35-38
(2025)

目 次

1. 原著論文（報文）（2件）

- 1) あめこうじ甘酒に含まれる機能性成分と製造条件の違いが甘酒品質に与える影響・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1～12

○上原健二、松井ふゆみ、杉本勇人

- 2) ダリアを用いたエディブルプリザーブドフラワーの開発

画像解析による花頭の色彩と形状変化の定量評価および保存性に優れた品種の選抜・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 13～26

○木村貴一、小山愛美

2. 研究ノート（報文）（2件）

- 1) 清酒の香りがヒトの脳波に及ぼす影響・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 27～34

○佐藤友紀

- 2) 粗粉碎後に炊飯したペースト状米加工品の特徴・・・・・・・・・・ 35～38

○高橋徹、小山愛美、小泉英誉

3. 学会発表実績・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 39～40

4. 外部発表論文実績・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 41～42

あめこうじ甘酒に含まれる機能性成分と製造条件の違い が甘酒品質に与える影響

上原健二、松井ふゆみ、杉本勇人
(秋田県総合食品研究センター)

Kenji UEHARA, Fuyumi MATSUI, and Hayato SUGIMOTO

【要約】

2015年からの発酵食品ブームにより甘酒市場は急拡大し、現在では飲料市場において1カテゴリーとして定着している。このような背景の中、当センターでも麴に着目した麴菌研究をスタートさせ、「色が白く、味がすっきり、甘い」という従来の麴では得られなかった特徴を持つ秋田オリジナル麴「あめこうじ」を開発し、甘酒市場における県産麴甘酒の差別化に貢献してきた。一方で、日本全国に1,000以上あるとも言われる甘酒との差別化を図るには、県産甘酒の更なる特徴・アピールポイントの明確化が必要であると考えられる。それに加え、県内外に関わらず多くの消費者にリピートしてもらえよう、高品質な甘酒の安定的な製造を可能にすることが重要であると考えられる。

そこで本研究では、特徴の明確化を目的にあめこうじ甘酒に含まれる機能性成分に着目し検討を行った。その結果、あめこうじ甘酒には通常の麴甘酒に比べて約1.8倍のエルゴチオネインが含まれていることを明らかにした。また、安定的に高品質な甘酒を製造するためのポイントを探るべく、麴の種類、配合、糖化温度、殺菌・冷蔵保存が甘酒品質に与える影響を検討した。その結果、甘酒明度が低下するため50℃糖化は避けたほうがよいこと、甘酒の甘味に関わるグルコースや旨味などに関わるアミノ酸度は冷蔵保存による影響はほぼないこと、酸度は製造条件により変動し、酸味が変化する可能性があることを明らかにした。味以外の甘酒品質低下に最も影響するのは、チロシナーゼ活性以外の要因で起こる冷蔵中の着色であり、「色の変化」を適切に追うことが甘酒品質を維持する上で重要であると考えられた。

さらに、本研究で見出されたエルゴチオネインを甘酒中に安定的に含有させる方法を検討した。その結果、糖化温度55℃で最も高い含有量となり、殺菌工程の影響はなかったものの、冷蔵保存により低下することを明らかにした。このことから、エルゴチオネインを甘酒中に安定的に含有させるには、糖化温度55℃で初発の含有量を高め、冷蔵保存による低下を考慮すればよいことが明らかとなった。

【緒言】

2015年から2017年にかけて起こった発酵食品ブームを追い風に、全国で様々な甘酒が開発され、上市されている。2015年以前の水準からみると、市場規模はほぼ10倍に拡大しており、特にストレートタイプの甘酒はブームで終わることなく、飲料市場において1カテゴリーとして定着してきている¹⁾。甘酒には大きく分けて酒粕を使った酒粕甘酒と、麴のみを使った麴甘酒の2種類あり、近年の甘酒市場急成長のけん引役となっているのは後者の麴甘酒である。特に、麴甘酒はノンアルコールという特長を持つことからファミリー層の支持も集めている。麴甘酒製造では、米の主成分であるデンプンに、麴菌が作るアミラーゼが作用することで大量のグルコース（ブドウ糖）ができ、これが麴甘酒の甘さの主成分となる。そのほか、米に含まれるタンパク質が麴菌由来のタンパク質分解酵素（プロテアーゼ）の作用により分解して生じるペプチド、アミノ酸や、麴菌由来のビタミンB群、米由来の食物繊維、ミネラルなどの糖代謝に必要な栄養素も含まれていることから、麴甘酒は疲労回復に即効性の高い飲料であると言える²⁾。また、近年では甘酒の機能性研究も進み、米由来のレジスタントプロテインに着目した甘酒³⁾や、麴由来のグルコシルセラミドと麴菌菌体を機能性関与成分とする甘酒初の機能性表示食品が上市されるなど、古来より「飲む点滴」として親しまれてきた甘酒に更なる付加価値が生まれてきている^{4) 5)}。

こうした甘酒を取り巻く環境が変化する中、当センターでも“麴”に着目した麴菌研究をスタートし、平成26年に秋田オリジナル麴「あめこうじ」を開発している^{6) 7)}。あめこうじは、「色が白く、味がすっきり、甘い」という従来の麴では得られなかった特徴を持っており、その特徴を最大限活かせる麴甘酒の製造に主に利用されているほか、味噌などの発酵食品や、菓子、調味料、総菜等の加工食品、化粧品への利用など、これまで多岐にわたって活用されている。さらに、近年ではあめこうじの利用拡大を目的とした新たな麴菌開発も行っており^{8) 9) 10)}、当センターはあめこうじを軸とした秋田オリジナル甘酒の開発を通して甘酒市場における県産麴甘酒の差別化に貢献してきた。

上述のように、あめこうじ開発により「色が白く、味がすっきり、甘い」という従来の麴にはない特徴を甘酒に付与することが可能となったが、日本全国に1,000以上あるとも言われる甘酒との差別化を図るには、更なる特徴・アピールポイントの明確化が必要であると考えられる。特に、近年見られる消費者の健康意識の高まりは、科学的根拠に基づいた機能性甘酒の需要を後押しすると考えられる。また、県産甘酒の市場拡大を目指すには、差別化の他、県内外に関わらず多くの消費者にリピートしてもらえるような高品質な甘酒の安定的な製造を可能にする必要がある。

そこで本研究では、あめこうじ甘酒に含まれる機能性成分を分析し、新たな特徴を探索するとともに、麴甘酒の製造条件が色、グルコース濃度、アミノ酸度などの甘酒品質に与える影響を調べることで高品質な甘酒製造を可能とする条件を明らかにすることとした。

【実験方法】

1. 甘酒に含まれるエルゴチオネイン、フェルラ酸含有量の測定

甘酒をろ紙ろ過後、4°C、15,000rpm の条件で 5 分遠心分離を行った。上清 400 μ L を回収し、2 種類の内部標準（ポジティブモード用：1.8mM DL-methionine sulfone、ネガティブモード用：1.8mM (+)-10-camphorsulfonic acid）を 25 μ L ずつ添加した（終濃度 100 μ M）。全量を 3 kDa cutoff の限外ろ過フィルターに供し、4°C、15,000rpm の条件で 120~150 分遠心分離を行った。ろ液 100 μ L に LC/MS グレードの超純水 900 μ L 加え、分析サンプルとした。含有量の測定は、Xevo G2-XS QTOF（Waters）を用いて行い、エルゴチオネイン、フェルラ酸を含むスタンダードを用いた内部標準添加法で実施した。甘酒の Brix はポケット糖度計（PAL-1、アタゴ）を用いて測定し、エルゴチオネイン含有量、フェルラ酸含有量を除することで Brix=1 あたりの含有量を算出した。

2. 米麴の糖化酵素活性の測定

米麴の α -アミラーゼ活性は、 α -アミラーゼ測定キット（キッコーマンバイオケミファ社製）を用いて測定し、説明書記載の係数をかけることで国税庁所定分析法に準じて表現した。グルコアミラーゼ活性は、糖化力測定キット（キッコーマンバイオケミファ社製）を用いて糖化力を測定し、説明書記載の係数をかけることで国税庁所定分析法に準じて表現した。

3. 甘酒サンプルの調製

麴の違い（あめこうじ、味噌用麴）、配合違い（麴：水=1：2 配合、1：1 配合）、糖化温度の違い（50°C、55°C、60°C）、殺菌・冷蔵保存の違い（85°C、30 分殺菌なし・4°C、6 ヶ月保存なし、殺菌あり・保存なし、殺菌あり・保存あり）の条件を組み合わせ甘酒を調製した（2×2×3×3=36 条件）。各麴の α -アミラーゼ活性、グルコアミラーゼ活性は、醸造分析キット（キッコーマンバイオケミファ社製）を用いてマニュアルに従いそれぞれ測定し、係数をかけることで国税庁所定分析法に準じて表現した。各麴のチロシナーゼ活性は、麴 0.5g にジルコニア／シリカビーズ（ ϕ 0.5）0.5g および 0.5%NaCl を含む 20mM 酢酸ナトリウム緩衝液（pH5.0）1.5ml を加え、ミニビードビーター（BioSpec Products 社製）を用いて Max スピードで 3 分間破碎後、4°C、15,000rpm の条件で 10 分間遠心分離を行い、粗酵素液として上清を回収した。粗酵素液 100 μ L に 0.2M 酢酸ナトリウム緩衝液（pH3.0）を 50 μ L 加え、よく攪拌し、氷中にて 30 分間活性化処理を行った。酵素反応液（80mM リン酸緩衝液、5mM L-DOPA, pH6.0）を 1.35ml 加え、40°C で 30 分間酵素反応を行った後、475nm の吸光度（OD₄₇₅）を測定した。乾燥麴 1g あたりの値に変換し、活性値とした（酵素反応液 OD₄₇₅/g 乾燥麴）。

4. 甘酒の色彩測定、グルコース濃度測定、酸度・アミノ酸度測定、

色彩測定は、分光式色差計 (SA4000, 日本電色工業株式会社)を用いて反射法にて CIE 表色系の 明度 L *値を測定した。光源は D65 を使用し、視野角は 10° で測定を行った。グルコース濃度は、グルコース CII-テストワコー (和光純薬工業) を用い、マニュアルに従って測定した。酸度・アミノ酸度は、甘酒を遠心分離 (3,500rpm, 15 分) して回収した上清 10mL を用いて総酸・アミノ酸計 (AT-710, 京都電子) により国税庁所定分析法に基づいて測定した。

【結果と考察】

1. あめこうじ甘酒に含まれる機能性成分

甘酒に含まれると報告されている機能性成分としては、エルゴチオネイン、フェルラ酸、フェルラ酸エチルが知られている¹¹⁾。そこで、市販されているあめこうじ甘酒にもこれら機能性成分が含まれているのか測定したところ、エルゴチオネイン、フェルラ酸は検出されたが、フェルラ酸エチルは検出されなかった。フェルラ酸エチルは“酒粕と米麴”及び“酒粕のみ”を含む甘酒にその存在が確認されており、“米麴のみ”の甘酒には検出されなかったと報告されていることから¹¹⁾、今回の結果は妥当な結果と言える。あめこうじ甘酒と通常在市販米麴甘酒に含まれるエルゴチオネイン含有量を測定した結果、それぞれ 24.9 ± 3.1 ppm、 13.7 ± 7.1 ppm であり、あめこうじ甘酒の方が約 1.8 倍高かった (t-test, $p < 0.01$) (図 1)。その結果は、Brix 補正值でも約 2 倍となり、同様のものであった。一方、フェルラ酸はあめこうじ甘酒の方が低い傾向 (あめこうじ甘酒 : 3.4 ± 1.2 ppm、市販米麴甘酒 : 4.9 ± 3.4 ppm) が見られたが、統計的な有意差はなかった (t-test, $p > 0.05$) (図 1)。エルゴチオネインを多く含む食品の代表例としては、ヤドリタケ (ポルチーニ茸)、ヒラタケなどのキノコ類で、 $100 \sim 500$ mg/kg ほど含有されている¹²⁾。それに次いで、鶏肉や豚の肝臓や、オーツ麦ふすま、黒インゲン豆などあるが、いずれも含有量は 15 mg/kg 以下であることから、あめこうじ甘酒はエルゴチオネインを高含有した食品であることが明らかとなった。また、エルゴチオネインに関しては、1 日あたり 5 mg 含有した食品の摂取により認知機能の改善効果を有することが報告されている¹³⁾。仮にあめこうじ甘酒のエルゴチオネイン含有量を 25 ppm とし、1 日あたりの摂取量として問題ないとされる 118 g¹⁴⁾を摂取すると仮定すると、約 3 mg となる。認知機能改善効果が期待される 5 mg には及ばないが、製麴条件や甘酒製造条件を検討することで達成できる可能性は十分あると考えている。

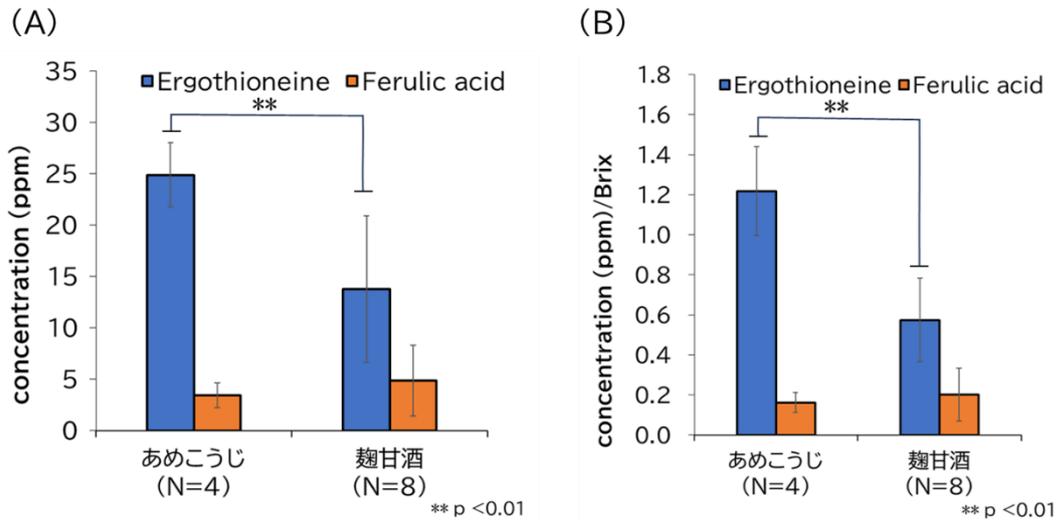


図 1. あめこうじ甘酒に含まれる機能性成分含有量
(A)含有量 [ppm]、(B) Brix=1 あたりの含有量 [ppm/Brix]

2. 甘酒製造条件の違いが甘酒品質に与える影響

全国に 1,000 以上ある甘酒商品の中から、県産甘酒を消費者の手に取ってもらうには、飲んでみたいと思わせる特徴があることが重要である。その点、あめこうじ甘酒は、「色が白く、味がすっきり、甘い」という他の麴甘酒にはない特徴があるほか、エルゴチオネインを比較的多く含むなどの新たな特徴も見出されている。県産甘酒の市場拡大を後押しするもう一つの課題として、多くの消費者にリピートしてもらえるような高品質な甘酒の“安定的な”製造を可能にすることである。この高品質な甘酒の安定製造を達成するには、品質低下が起こる要因を特定する必要があるため、様々な条件を変えて甘酒を調製し、その成分値から重要なコントロールポイントを探ることにした。麴の違い、配合の違い、糖化温度の違い、殺菌・冷蔵保存の違いの 5 要因について、それぞれ 2~3 水準の試験区を表 1 のとおり設定した。

尚、麴にはあめこうじと味噌用麴の 2 種類を用いるが、麴の特徴を予め確認するため、各種酵素力価を測定した。その結果、あめこうじの方が糖化酵素活性（グルコアミラーゼ活性、 α -アミラーゼ活性）が高く、褐変に関わるチロシナーゼ活性は低いという想定通りの特徴を有していたことから（表 2）、これら 2 種類の麴を用いて甘酒製造試験を行った。まず、試験サンプルの明度 L^* を測定した結果、チロシナーゼ活性の高低に関わらず、殺菌による色への影響は小さいと考えられた（図 2B）。

表 1. 甘酒製造の試験区

	麴の違い		配合違い		糖化温度の違い		
	あめこうじ	味噌用麴	1:1配合	1:2配合	糖化50℃	糖化55℃	糖化60℃
A/B/C1	○			○	○		
A/B/C2	○			○		○	
A/B/C3	○			○			○
A/B/C4	○		○		○		
A/B/C5	○		○			○	
A/B/C6	○		○				○
A/B/C7		○		○	○		
A/B/C8		○		○		○	
A/B/C9		○		○			○
A/B/C10		○	○		○		
A/B/C11		○	○			○	
A/B/C12		○	○				○

A:殺菌なし・保存なし | B:殺菌あり・保存なし | C:殺菌あり・保存あり

表 2. 甘酒製造試験に用いる麴の酵素力価

麴サンプル	水分 (%)	グルコアミラーゼ活性 (U/g乾燥麴)	α -アミラーゼ活性 (U/g乾燥麴)	グルコアミラーゼ活性/ α -アミラーゼ活性比	チロシナーゼ活性 (OD ₄₇₅ /g乾燥麴)
あめこうじ	27.9	685	1763	0.39	0.05
味噌用麴	24.7	546	1639	0.33	0.71

影響度が最も大きいのは糖化温度で、チロシナーゼ活性の高い味噌用麴菌株を用いた場合、50℃糖化で明度 L*が大きく低下した (図 2A)。一方、55℃糖化と 60℃糖化では大きな差は無かったことから、色の観点からすると糖化は 55℃以上が望ましいと考えられた。次に、冷蔵保存 (4℃、6 か月) の影響を調べたところ、全体的に色調は暗くなっていたが (図 3B)、その低下度合いは糖化温度が低いほど大きい傾向にあった (図 3A)。したがって、保存期間での色変化から見ても、50℃での糖化は避けた方がよいという結論となった。

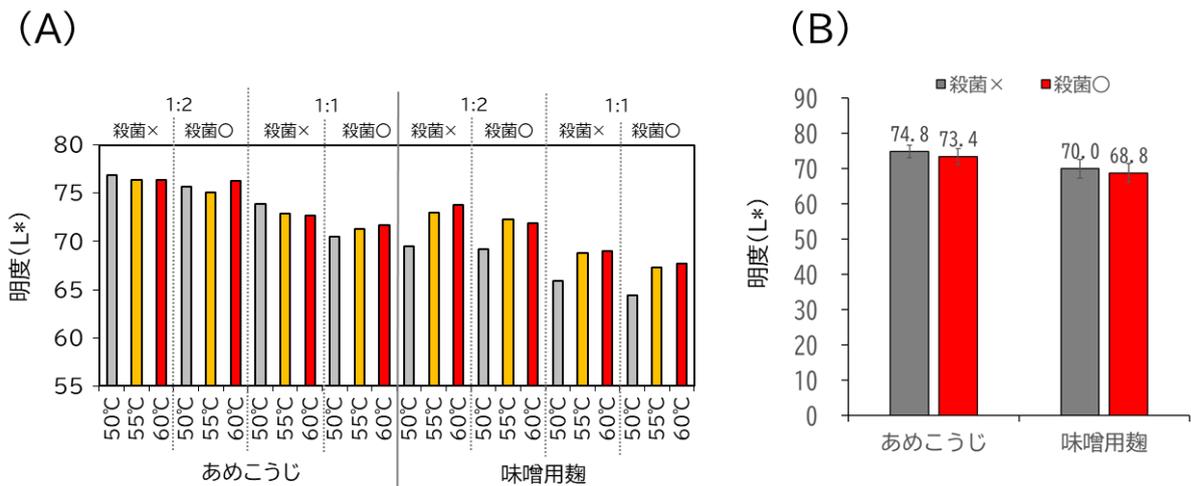


図 2. 麹、糖化温度、配合、殺菌工程が甘酒の明度 L* に与える影響
(A) 全条件比較、(B) 麹ごとに比較

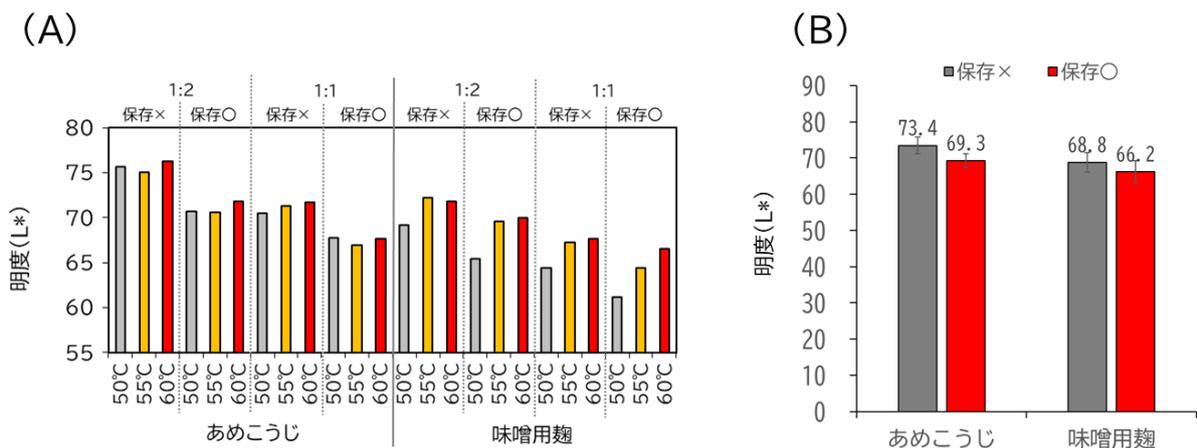


図 3. 麹、糖化温度、配合、冷蔵保存工程が甘酒の明度 L* に与える影響
(A) 全条件比較、(B) 麹ごとに比較

麹褐変以外の影響、特に味に影響する変化を調べるため、甘酒の酸度・アミノ酸度を測定した。その結果、殺菌工程までの検討では、アミノ酸度（≒ホルモール窒素）はどの条件でもほぼ一定であった(図 4)。糖化温度や殺菌工程がプロテアーゼ活性やタンパク質の溶出に影響し、アミノ酸度を上昇させる可能性もあったが、実際には影響せず、安定であった。一方、酸度は糖化温度が上がるにつれ上昇したため(図 4)、酸味に影響している可能性が示唆された。

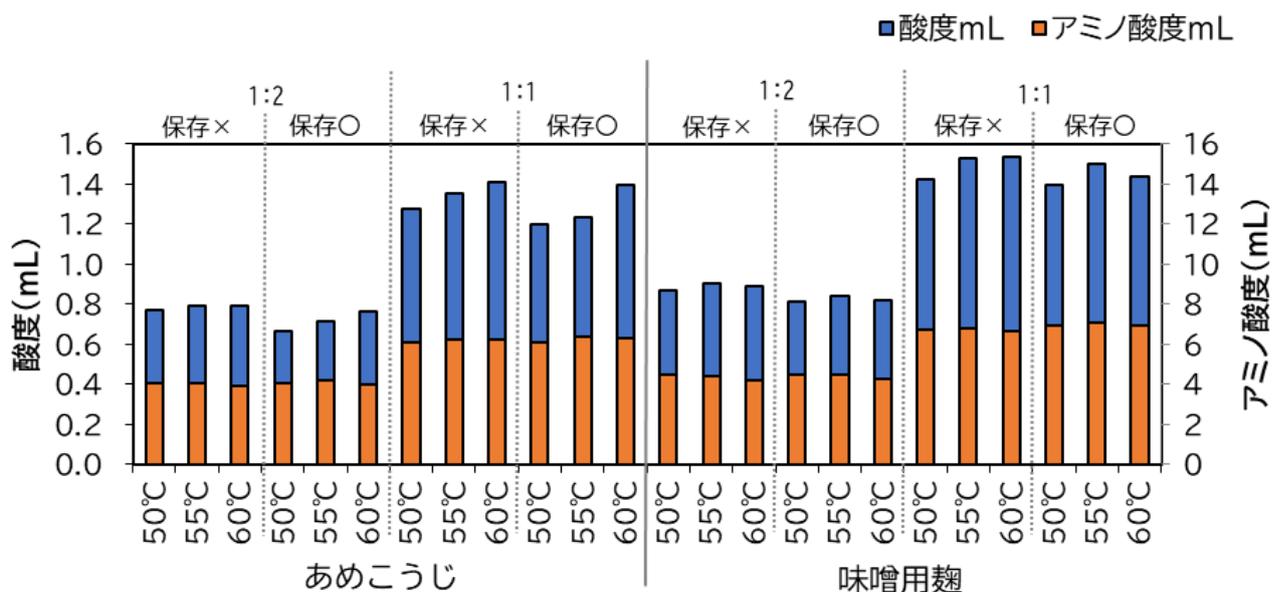


図 4. 麹、糖化温度、配合、殺菌工程が甘酒の酸度・アミノ酸度に与える影響

冷蔵保存による影響を検討したところ、保存前と比較してアミノ酸度にはほぼ変わり
は無かったが、酸度は保管により若干減少する傾向が見られた (図 5)。

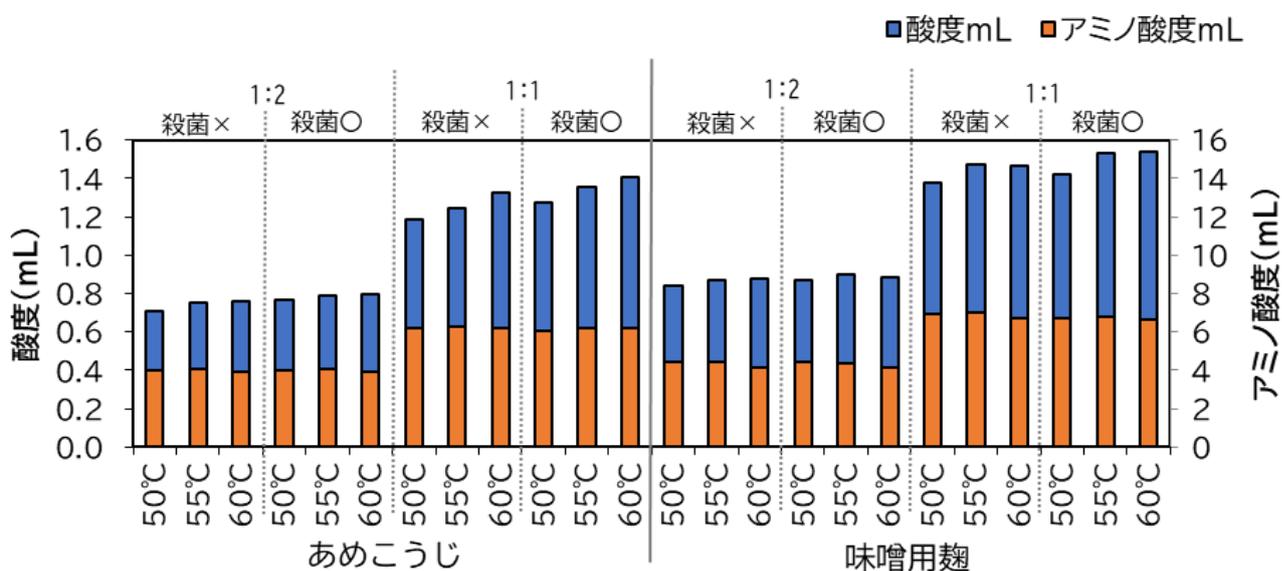


図 5. 麹、糖化温度、配合、冷蔵保存が甘酒の酸度・アミノ酸度に与える影響

これまでの結果から、糖化温度の違いや冷蔵保存により酸味が変化する可能性が示唆
された。甘酒の味を形成する主なものはグルコース由来の甘味であるため、各甘酒サ
ンプルのグルコース濃度も測定した。その結果、配合 1 : 2 では糖化温度 55°C で最も
高くなったが、配合 1 : 1 の濃厚仕込みでは、一部を除いて糖化温度 60°C で最も高
くなった (図 6)。

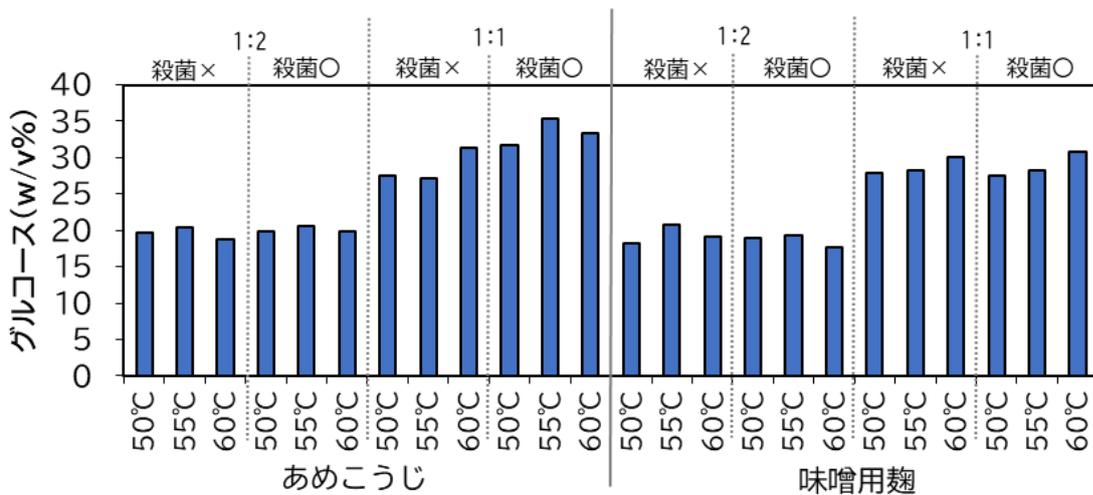


図 6. 麹、糖化温度、配合、殺菌工程が甘酒のグルコース濃度に与える影響

Brix は全条件で 60°Cにおいて最高値を示したことから（データ未掲載）、配合比 1 : 2 の条件ではグルコース生成としては 55°Cが最適で、それ以上だとグルコース以外の溶出も進むものと考えられる。一方、配合比 1 : 1 では 60°Cが最適であったが、これは甘酒製造時のグルコアミラーゼ活性の最適温度である 58°Cに近い条件であった。これらの結果から、甘酒の配合によりグルコース生成の最適温度が異なる可能性が示唆された。

さらに、保存の影響も確認したところ、「あめこうじ、配合 1 : 1」の条件以外は、保存による影響はほぼ見られなかった（図 7）。「あめこうじ、配合 1 : 1」条件のみ、1.8~3.8%低下していた。このことから、あめこうじのような高糖化酵素活性を有する麹を用いて濃い（例えば、1 : 1 配合）甘酒を製造する場合は、甘味の変化にも注意する必要があると考えられる。

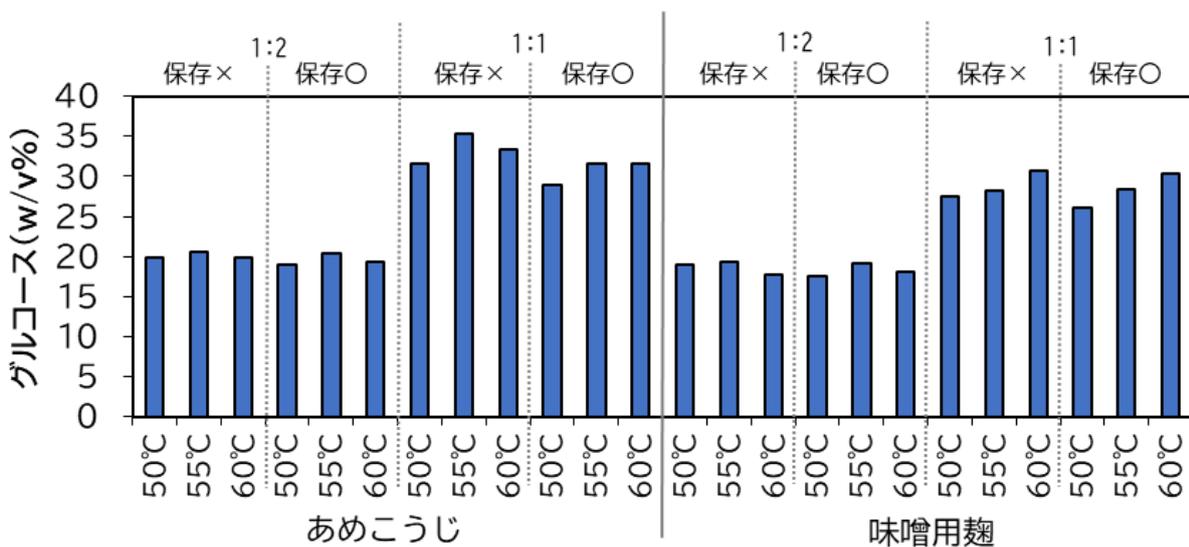


図 7. 麹、糖化温度、配合、冷蔵保存が甘酒のグルコース濃度に与える影響

3. 甘酒製造条件の違いが機能性成分含有量に与える影響

これまでの検討から、あめこうじ甘酒には機能性成分エルゴチオネインが比較的多く含まれることを明らかにした。このエルゴチオネインを甘酒中に安定的に含有させる方法を検討するため、あめこうじ甘酒製造時の糖化温度の違いや、殺菌工程、冷蔵保存の有無がエルゴチオネイン含有量に及ぼす影響を調べることにした。甘酒サンプルは、「2. 甘酒製造条件の違いが甘酒品質に与える影響」においてあめこうじを用いて調製したものをを用いた。エルゴチオネイン含有量（及びフェルラ酸含有量）を測定した結果、糖化温度 55℃で最も高い含有量となり、殺菌工程の影響はなかったものの、6カ月の冷蔵保存により 15~18%程度低下することが明らかとなった（図 8）。このことから、エルゴチオネインを甘酒中に安定的に含有させるには、糖化温度 55℃で初発の含有量を高めたうえで、冷蔵保存による低下を考慮すればよいことが明らかとなった。尚、図 1 の結果とエルゴチオネイン含有量が異なる理由としては、エルゴチオネインは麹菌が生成すると考えられており、生育の程度（いわゆる“破精廻り”）の違いにより変動するためであると考えられる。そのほか、市販あめこうじ甘酒とは糖化条件が異なることも含有量に影響している可能性が考えられる。

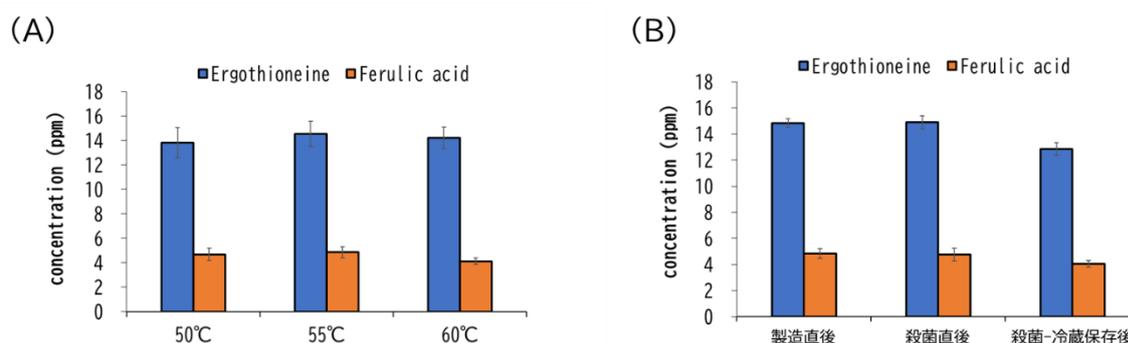


図 8. 甘酒製造条件の違いが機能性成分含有量に与える影響
(A) 糖化温度の違い、(B) 殺菌、冷蔵保存による違い

4. まとめ

1.~3.の検討から、麴：水=1：2 配合の場合、糖化温度 55℃で甘酒中のグルコース濃度およびエルゴチオネイン含有量を高めることができるが、それら品質を維持するためにはチロシナーゼ活性以外の要因で起こる冷蔵保存中の明度低下やエルゴチオネイン含有量の低下を考慮する必要があると考えられた。そのほか、麹菌の種類によっては甘酒明度が低下するため 50℃糖化は避けたほうがよいこと、甘酒の甘味に関わるグルコースや旨味などに関わるアミノ酸度は冷蔵保存による影響はほぼないこと、酸度は製造条件により変動し、酸味が変化する可能性があることが明らかとなった。また、グルコース濃度に関しては、麴割合が多い配合では冷蔵保存前後で変化す

る可能性があるため、製造、商品化の際にはその点を留意する必要があると考えられる。

【引用文献・ウェブサイト】

- 1) 株式会社日刊経済通信社 (2021) 甘酒市場は急成長から安定期へ, 酒類食品統計月報, 8月号, 49-53.
- 2) 農林水産省 大臣官房 新事業・食品産業部 外食・食文化課 食文化室, にっぽんの発酵食品, 2023-03-07, 閲覧日 2025-05-11
https://www.maff.go.jp/j/keikaku/syokubunka/traditional-foods/files/user/pdf/japanese_hakko.pdf
- 3) 尾関 健二 (2022) 甘酒中のレジスタントプロテインの機能性解析について, 日本醸造協会誌, **117** (9), 627-634, <https://doi.org/10.6013/jbrewsocjapan.117.627>
- 4) Kurahashi A, Enomoto T, Oguro Y, Kojima-Nakamura A, Kodaira K, Watanabe K, Ozaki N, Goto H, Hirayama M (2021) Intake of *Koji Amazake* Improves Defecation Frequency in Healthy Adults. *J. Fungi* (Basel), **7** (9), 782. DOI: 10.3390/jof7090782
- 5) Enomoto T, Kojima-Nakamura A, Kodaira K, Oguro Y, Kurahashi A. *Koji amazake* Maintains Water Content in the Left Cheek Skin of Healthy Adults: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled, Parallel-Group, Comparative Trial. *Clin. Cosmet. Investig. Dermatol.*, (2022), **15**, 1283-1291. DOI: 10.2147/CCID.S366979
- 6) 小笠原博信、高橋仁、今野宏、佐藤勉, 新規麹菌, 特許第 5803009 号, 2015-11-04
- 7) 秋田県総合食品研究センター編 (2018) あめこうじ, ARIF Letter, Vol.23, 秋田県総合食品研究センター
- 8) 上原健二、佐藤勉、中村勇之介、小笠原博信、渡辺隆幸 (2023) 種麹生産性を向上させたあめこうじ向け新規麹菌の開発, 秋田県総合食品研究センター報告, **24**, 14-27.
- 9) 上原健二、渡辺隆幸、中村勇之介、小笠原博信、今野宏、佐藤勉, 高糖化力、低チロシナーゼ活性、且つ種麹生産に適した新規麹菌, 特許第 7623651 号, 2025-1-29、
- 10) 秋田県総合食品研究センター編 (2025) あめこうじ, ARIF Letter, Vol.29, 秋田県総

- 11) 森永製菓株式会社, ニュースリリース (独立行政法人酒類総合研究所との共同研究により “酒粕と米麴” を使用した甘酒に ストレスを和らげる作用が期待される成分が含まれる 新たな特長を見出しました) , 2019-11-18, 閲覧日 2025-05-11, <https://www.morinaga.co.jp/public/newsrelease/web/fix/file5dd1e0d039039.pdf>
- 12) Ey J, Schömig E, and Taubert D (2007) Dietary sources and antioxidant effects of ergothioneine., *J. Agric. Food Chem.*, **55**(16), 6466-74. DOI: 10.1021/jf071328f
- 13) 渡邊憲和、松本聡、鈴木真、深谷泰亮、加藤将夫、橋弥尚孝 (2020) 健常者および軽度認知障害者に対するエルゴチオネイン含有食品の認知機能改善効果—ランダム化プラセボ対照二重盲検並行群間比較試験—, *薬理と治療*, **48**(4), 685-697.
- 14) 倉橋 敦、中村 彩奈、小黒 芳史、米井 嘉一 (2020) 麴甘酒の長期摂取による安全性検証試験, *日本醸造協会誌*, **115**(3), 159-172.
<https://doi.org/10.6013/jbrewsocjapan.115.159>

ダリアを用いたエディブルプリザーブドフラワーの開発

画像解析による花頭の色彩と形状変化の

定量評価および保存性に優れた品種の選抜

木村貴一、小山愛美

(秋田県総合食品研究センター 食品加工研究所)

Kiichi KIMURA, Manami OYAMA

【要約】

有望な食資源として、秋田県内に根付く独自の花食文化に注目している。中でも、本県の花弁栽培における重点品目であり食用可能なダリアは多彩な色彩と形状を持ち、観賞用としての価値に加えて、加工食品素材としての可能性を秘めていると考える。

しかし、現在の食用花の利用は生花や押し花に限られ、加工食品としての応用は依然として限定的である。そこで本研究では、長期間にわたり生花のような質感を保持する食品素材「エディブルプリザーブドフラワー」の開発に着手した。

本素材は土産品としての活用も視野に入れ、店頭で3ヶ月以上の品質保持を実現しつつ、最終的には6ヶ月の長期保存を目標としている。ただし、花の色彩や形状を客観的かつ定量的に評価する手法が未整備であった。

そこで、画像解析技術を用いて花頭全体の色彩および形状を定量的に評価する手法の開発を行った。さらに、画像解析を応用して花頭の経時的変化を定量化し、これに基づく保存性評価手法を構築した。開発した評価手法を用いて、一部のNAMAHAGEダリア品種を対象に検討を行い、画像解析による色彩・形状の定量化手法を確立した。

開発した画像解析技術を応用し、花頭の色彩および形状の経時的変化を ΔE_{00} および ΔA により定量化し、これに基づく保存性評価手法を開発した。

一部のNAMAHAGEダリア品種を対象に、色の保存性に優れた品種の選抜を行った結果、エディブルプリザーブドフラワーとして加工後、研究室内の開放環境において6ヶ月以上にわたり花色の保持が確認された、黒色（濃赤）の「NAMAHAGE ノール」、淡桃色の「NAMAHAGE レディー」、橙色の「NAMAHAGE キャロット」、および黄色の「NAMAHAGE ムーン」の4品種を、特に加工適性に優れた品種として選定した。

本研究により、生花に近い質感を保持しつつ、店頭で3ヶ月以上、最長で6ヶ月の長期保存が可能な食品素材「エディブルプリザーブドフラワー」の実用化に向けた技術的基盤が確立された。

【緒言】

秋田県においては、地域産業の振興および急速に進行する人口減少の克服が喫緊の課題であり、これに資する有望な食品素材となりうる資源の探索が進められてきた。

秋田県には、花卉を食用とする「食用菊」をはじめとした独自の花食文化が根付いている^{1,2)}。しかしながら、日本における花食文化は、東北地方および新潟県、石川県など一部地域に限られており、全国的に見ると極めて稀有な食文化である^{3,4,5)}。

近年、Instagramなどの画像系 SNS では、食用花を用いた料理や製菓の投稿が増加している。たとえば、Instagram で「#edibleflowers」のハッシュタグ検索を行うと、2020年2月20日時点で約49.9万件の、2022年9月27日時点で92.4万件の投稿が確認され、2025年3月末時点においては108万件を超える投稿が確認できる。しかし、その多くは生花の利用にとどまり、加工食品としての花卉利用は限定的である。現在、食用花素材として加工されているものはドライフラワーが主流であり、とくに焼き菓子への装飾的用途が一般的である。中でも「押し花」形式が中心であり、これは花卉が非常に繊細かつ脆弱であること、乾燥や加熱によって著しい変色や変形が生じるため、加熱加工に不向きであることが一因と考えられた。

こうした中、秋田県では観賞用花卉の栽培に注力しており、重点品目としてダリア、シンテッポウユリ、リンドウ、トルコギキョウ、キク類を選定し、生産拡大に取り組んでいる⁶⁾。特に、リンドウおよびダリアにおいては、民間育種家との連携のもとオリジナル品種の開発・普及が進められており、ダリアについては「NAMAHAJE ダリア」の名称で2024年までに43品種がラインアップされている⁷⁾。

ダリアの花は、白・黄・ピンク・赤・紫・黒（濃赤）など多彩な色を持ち、花卉には美しいグラデーションを描くものもある。また、花卉の形状や質感も幅広く、柔らかく繊細なものから厚く丈夫なもの、針状から扁平で長大な形状まで多様性に富んでいる⁸⁾。

ダリアは、硬くて丈夫な茎を除き、全草が食用可能とされており⁸⁾、特に脇芽が美味であると評価されている。現在、秋田県では球根を原料とした焼酎が製造・販売されているが、その他の部位の食利用は進んでおらず、多くは観賞用として流通しているのが現状である。

このような状況を踏まえ、花食文化は世界的にも関心を集めつつあり、今後さらなる広がりが期待される。花食文化が根付く秋田県において、重点栽培品目であるダリアの花卉を中心に食品素材化を推進することは、新たな加工食品の創出と、秋田発の花食文化の世界発信につながる可能性を秘めている。しかしながら、前述のとおり、食品素材としての加工花卉の実例は少なく、依然として生花の利用に依存しているのが実情である。

そこで本研究では、生花のような質感を6ヶ月以上保持し、パティシエなどプロフェッショナルの使用にも耐え得る、高品質な新たな食品素材「エディブルプリザーブドフラワー」の開発に着手した。

本素材は土産品としての活用も視野に入れ、店頭で3ヶ月以上の品質保持を実現しつつ、最終的には6ヶ月の長期保存を目標としている。ただし、開発にあたっては、

花の色彩や形状を客観的かつ定量的に評価する手法が未整備であり、特に花頭の色彩および形状の経時的変化を定量化し、それに基づいて保存性を評価する方法が確立されていなかった。

本研究においては、花卉 1 枚の微細なグラデーションを詳細に評価する必要はなく、花卉あるいは花頭全体を1つの塊として捉え、保存期間中におけるその色彩および形状の変化を評価することが求められた。

そこで本研究では、画像解析技術を用いて花頭全体の色彩および形状を定量的に評価する手法の開発を行った。さらに、画像解析を応用して花頭の経時的変化を定量化し、これに基づく保存性評価手法の構築を試みた。開発した評価手法を用いて、一部の NAMAHAGE ダリア品種を対象に検討を行い、色の保存性に優れた品種のスクリーニングを実施した。その結果について報告する。

【実験方法】

1) 撮影機材

デジタル一眼レフカメラ E-5(オリンパス社製)にマクロレンズ ズイコーデジタル ED 50mm F2.0 Macro (オリンパス社製)を接続してカメラとした。

2) 撮影方法

カメラの設定は表 1 に示した。

光量と色温度を一定に保つため、標本撮影台 MPS-8・LD (株式会社杉浦研究所製)にカメラを取り付け、直上より俯瞰的に花頭を撮影した。

白色のアクリル板を使用してホワイトバランスを調整した。

3) 解析に用いた機材とソフトウェア

解析用コンピューターには CPU に M1 を搭載した Mac mini (CPU M1, RAM 16GB,SSD 1TB, Apple コンピュータ社製)を用いた。

RAW 画像は、PixelmatorPro(Pixelmator Team Ltd.社製)を用いて TIFF 画像へ変換した。

画像解析用ソフトウェアは、ImageJ 1.53k (National Institutes of Health, <https://imagej.net/ij/index.html>)を用いた。

統計解析にはオープンソースの統計解析ソフトウェア R(<https://www.r-project.org>)およびその統合開発環境 (IDE)である RStudio(Posit 社製、<https://posit.co>)を用いた。

表1 カメラ設定

項目	設定値
ISO 感度	ISO 100
画像解像度	4032 x 3024ピクセル
カラー設定	RAW保存のため影響なし
測光	スポット測光(中央一点)
ピント	中央一点オートフォーカス
セルフタイマー	2秒
保存フォーマット	オリンパスRAW

4) 画像解析による花頭の形状と色の定量化

花頭を設置面となる板の上に置き、直上より俯瞰的に花頭を撮影した。

オリンパス RAW 形式で保存された画像を、PixelmatorPro を用いてカラープロファイル Display P3 にて TIFF 画像に変換した。

ImageJ に TIFF 画像を読み込み、白黒二値化処理を実施し輪郭を取得した。輪郭内側の面積を取得し、輪郭内の $L^*a^*b^*$ 値、RGB 値、HSV 値を取得した。

また、今回は、面積の変化を形状の変化とした。

陰影による誤差を減らすため、花頭を設置面となる板の上に置き、直上より俯瞰的に花頭を撮影した。分析サンプルは 1 サンプルあたり水平方向に 72 度ずつ回転させて撮影した 5 枚 1 組の画像を試料とした。

5) エディブルプリザーブドフラワーの製造方法

新鮮な生花花頭をマイナス 20℃以下で 24 時間以上凍結し、凍結乾燥機 FDU-1110(東京理化器械株式会社製)および角形ドライチャンバー DRC-1000(東京理化器械株式会社製) から構成される凍結乾燥システムにて 5 日間乾燥した。

角形ドライチャンバーは、開始から 1 日はマイナス 40℃に、1 日目から 4 日目はマイナス 10℃で 3 日間乾燥し、4 日目から 5 日目は 10℃で 1 日乾燥して乾燥物を得た。

今回は、この乾燥物をエディブルプリザーブドフラワーとして、試験に供した。

6) エディブルプリザーブドフラワーの保存方法と経時変化の観測

試験中のエディブルプリザーブドフラワーサンプルは室内開放環境(フタなし、エアコンなし、明るい日陰)にて保存した。1~2 週間ごとに保存サンプルを撮影し画像解析を行い、定量化を実施した。これを約 1 年間実施した。

【結果と考察】

1. 撮影条件の検討

ダリアの花頭は、直径 3cm 程度の小輪から 30cm 程度の大輪まで多種多様であるため、高い解像度を維持したまま花頭全体を詳細に撮影できる撮影距離設定が重要になる。また、比較的平らに広がるものから球形に花開くものまで多様であり、高さの違いは被写界深度に影響を及ぼす。さらに、花卉の色も白から黒に近い色合いまで多彩で、明るさが撮影条件に与える影響が大きい。花色の評価は同一撮影条件下での比較が重要であるため、いずれの花色も同一の撮影条件で撮影できることが重要である。そこで、これらの条件を解決できるカメラ設定を検討した。

ダリアのエディブルプリザーブドフラワーを作成するにあたり、当センターの所有する機器で処理できるダリア花頭の直径は 20cm 未満であったことから、本撮影機材を使用して 20cm 未満を賦活的に撮影できる距離として、撮像面から設置面までの距離を 80cm に固定した。

最初に絞り値の決定を行なった。様々な品種のダリア花頭を撮影し、立体物を平面に捉えられる被写界深度を得るために、絞り値は F 8.0 以上が必要であり、F 8.0 が最適と判断された。

続いてシャッター速度の決定を行なった。白から黒の花弁を白飛びおよび黒つぶれなく撮影できる条件として、F 8.0 の時はシャッター速度 1/20 秒が最適と決定した。

以上の撮影条件を表 2 に示した。本撮影機材を用いる場合、この設定で撮影することで、直径 20cm 未満の花頭を同一条件下で良好に撮影できる。

表 2 撮影条件

項目	設定値
シャッター速度	1/20
絞り	F 8.0
撮像面から設置台の距離	80cm
ISO 感度	ISO 100
画像解像度	4032 x 3024ピクセル
カラー設定	RAW保存のため影響なし
測光	スポット測光(中央一点)
ピント	中央一点オートフォーカス
セルフタイマー	2秒
保存フォーマット	オリンパスRAW

2. 画像解析による花頭の形状と色の定量化方法

(ダリア花頭画像の均一化)

ダリア花頭を直上より俯瞰的に撮影した。花頭は立体物で、非常の多くの舌状花が複雑に重なり合っているため、標本撮影台を使用してもどうしても陰影が生まれてしまう。この問題を解決するために、同一花頭を水平方向に 72 度回転して撮影した写真を 5 枚 1 組として解析に用いた。

(RAW 画像の TIFF 変換)

オリンパス RAW 形式で保存された画像を解析用 PC に読み込み、PixelmatorPro を用いてカラープロファイル Display P3 にて TIFF 画像に変換した。

(白黒二値化と背景処理)

続いて ImageJ に TIFF 画像を読み込み、otsu の手法を用いて白黒二値化処理を実施し輪郭(選択範囲内)を取得した。この時、花頭部分を除いた背景の処理が必要で、多大な時間を要した。そこで、背景となる設置面の色を検討した。ダリアには青色の色素の存在が知られておらず、青色を背景にすると白黒二値化時に背景処理が不要になると想定された。様々な素材の青色背景を試験した結果、青色の亚克力版を設置台に用いることで、背景処理が不要となった。

(数値の取得)

この様にして、輪郭内(選択範囲内)の画像を Lab 変換、RGB 変換、HSV 変換し、それぞれの数値を面積値とともに取得した。取得した数値は CSV 形式で保存した。

(自動化による処理の高速化)

ImageJ のマクロを活用し、画像ファイルの選択から一連の解析手法の自動処理を実現した。自動処理により 150 枚の画像を 32 分で数値化し、数値を CSV 形式で保存できた。

3. 花色における色彩定量化手法の決定

ImageJ による画像解析を用いてダリアの花弁および花頭の色彩と形状を、面積、 $L^*a^*b^*$ 値、RGB 値、HSV 値の各数値として取得できる。

色彩の定量化にあたっては、色空間として一般的に用いられる RGB (Red Green Blue)、HSV (Hue Saturation Value)、および CIE LAB (Commission Internationale de l'Éclairage Lab*) の三種について、人の視覚に最も近く、経時的変化を表現する色空間について検討した。

RGB 色空間は、赤・緑・青の光の三原色の強度によって色を表現する加法混色モデルであり、デジタルカメラやディスプレイなど、発光型のデバイスで広く用いられている。しかしながら、色の違いが人間の視覚的な感覚と必ずしも一致しないという課題がある⁹⁾。

HSV 色空間は、色相 (Hue)、彩度 (Saturation)、明度 (Value) の 3 要素から成り立ち、人間の直感的な色の捉え方に近い特徴を持つ。特に、色の分類や色相環における類似性の判断には有効であるが、明度や彩度の変化において均等性が保たれにくく、定量的な色差の評価には適さない面がある⁹⁾。

一方、CIE LAB 色空間は、国際照明委員会 (CIE) によって 1976 年に策定された色空間であり、 L^* が明度、 a^* が緑から赤、 b^* が青から黄の軸で色を表現する。LAB 色空間の最大の特長は、視覚的な色差 (ΔE) を計算可能であり、人間の色彩知覚に基づいて色の距離を定量的に算出できる点にある。 ΔE により、同一サンプルの経時変化を数値化できる^{10,11)}。

今回の検討では、保存開始時から 6 ヶ月間経過後の色彩が、人間の知覚と近いことが重要である。以上の検討を踏まえ、本研究では、人間の視覚特性に最も近いとさ

れる CIE LAB 色空間を用いて、花頭の色分析を行った。これにより、主観的な色印象を客観的かつ定量的に評価することを可能とし、食品素材としての色の再現性と品質の標準化に寄与することを目的とした。

4. 色差定量化指標 ΔE の算出手法とその特徴

色の差異（色差）を数値的に評価する指標として、CIE LAB 色空間に基づく ΔE (Delta E) が広く用いられている。 ΔE は、人間の視覚によって認識される色の違いを数値化するために設けられた指標であり、CIE によっていくつかの改良版が提案されてきた。それらは、1976 年提案の ΔE_{76} 、1994 年提案の ΔE_{94} 、2000 年に提案された最新の ΔE_{00} である¹¹⁾。

ΔE_{00} は、従来の ΔE_{76} や ΔE_{94} が抱えていた色差評価における視覚的非均一性の課題を解決するため、2000 年に CIE（国際照明委員会）によって提案された色差指標である。

本手法は、CIE L*a*b*色空間における色差の評価において、より人間の知覚に即した補正を加えることで、色相・彩度・明度の各成分のバランスと相互作用を高精度に評価できる点に特長がある。

本報においては、最新の ΔE_{00} に準じることとした。各撮影時点と保存開始時の数値を用いて ΔE_{00} の計算を行った。図 1 に色差の変化量 (ΔE_{00}) を求める計算式の概要を示す^{12,13)}。

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \cdot \left(\frac{\Delta C'}{k_C S_C}\right) \cdot \left(\frac{\Delta H'}{k_H S_H}\right)}$$

※スケール係数は常法に従い $k_L=1, k_C=1, k_H=1$ に設定した。

図 1 ΔE_{2000} の計算式の概要

5. 面積変化量 ΔA の算出手法

保存開始時の面積を A_0 、保存後 n 日経過時点の面積を A_n とし、両者の単純な差を以下の式により算出した。単位は cm^2 とした。

$$\Delta A = A_n - A_0$$

6. ΔA 値および ΔE_{00} 値の視覚化

分析サンプルは、保存開始時から撮影を開始し、1~2 週間間隔で 1 年間撮影を行い、画像解析を実施した。

画像解析により、面積と CIE Lab 色空間の L*値、a*値、b*値を取得した。

面積の変化量 ΔA および色彩の変化量 ΔE_{00} は、 R を用いて算出した。得られた各サンプルの ΔA 値および ΔE_{00} 値については、折れ線グラフにより経時的な変化を視覚的に表現した。

7. エディブルプリザーブドフラワーの経時的変化の評価

NAMAHAGE レッドベリーおよび NAMAHAGE ノアール、NAMAHAGE ラブをエディブルプリザーブドフラワーに加工した。保存開始時を0日目とし、研究室室内開放環境(フタなし、エアコンなし、明るい日陰)で保存した。1~2週間ごとに撮影を行い、1年間撮影を続けた。各撮影時点における数値と保存開始時の値を基に ΔA および ΔE_{00} を算出し、それらの経時的変化を折れ線グラフにより視覚的に示したものを図2~図4に示す。

図2は NAMAHAGE レッドベリーの保存期間中の経時的変化を示す。保存開始時は2022年11月で、比較的低温かつ乾燥した状態であった。3月まで続く冬季間は ΔA および ΔE_{00} ともに変化量が小さく、安定していた。4月以降、気温が上昇するにつれて、 ΔE_{00} は増加し、 ΔA は減少し始めた。2023年6月20日(保存186日目)の測定以降、 ΔA および ΔE_{00} の両者が急激に変化し、その後、気温上昇に伴い ΔE_{00} の増加は止まらなかった。この時期は秋田市内で記録的な大雨による水害が発生した時期に相当し、室内でも高湿度が観測された。明確な色の変化が認識できるようになったのは、 ΔE_{00} の変化量5に達した時点であった。

これら結果に基づき、 ΔE_{00} の変化量は5以内であれば保存性は良好とし、10以内であれば許容範囲と設定した。また、NAMAHAGE レッドベリーは6ヶ月間にわたり色彩を保持できたことから、エディブルプリザーブドフラワーとして一定の保存性を有する適性品種と評価した。

図3は、NAMAHAGE ノアールの保存期間中における経時的変化を示す。NAMAHAGE レッドベリーと同条件で保存されたにもかかわらず、視覚的にはほとんど変化が認められなかった。 ΔE_{00} による分析結果においても、変化はほとんど観察されなかった。

これらの結果から、NAMAHAGE ノアールは保存性に優れたエディブルプリザーブドフラワーとして、非常に高い適性を持つ品種であると評価された。

図4は、NAMAHAGE ラブの保存期間中の経時的変化を示す。NAMAHAGE レッドベリーと同条件で保存されたが、NAMAHAGE ラブでは ΔE_{00} の数値に変化が早期に現れ、視覚的にも変色が確認された。

この結果から、NAMAHAGE ラブは保存性が低く、エディブルプリザーブドフラワーとしての適性が低い品種であると判断された。

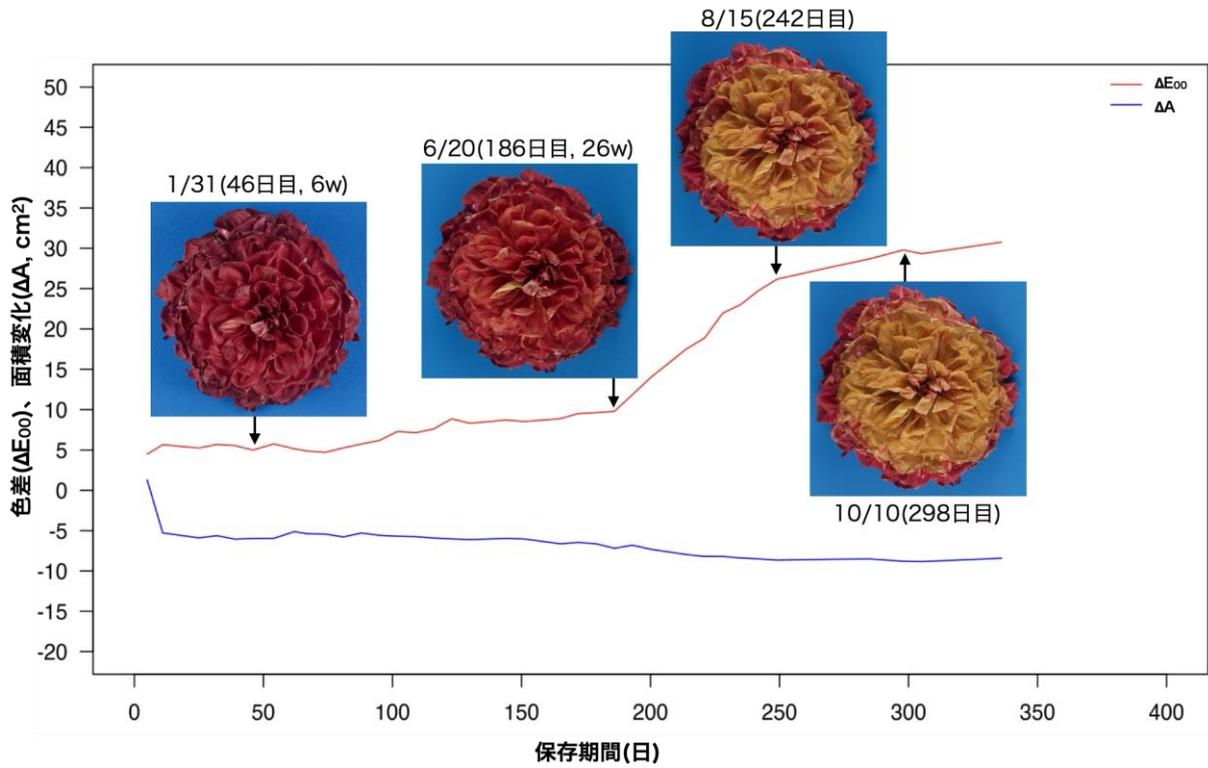


図 2. NAMAHAJE レッドベリー保存期間中の経時的変化

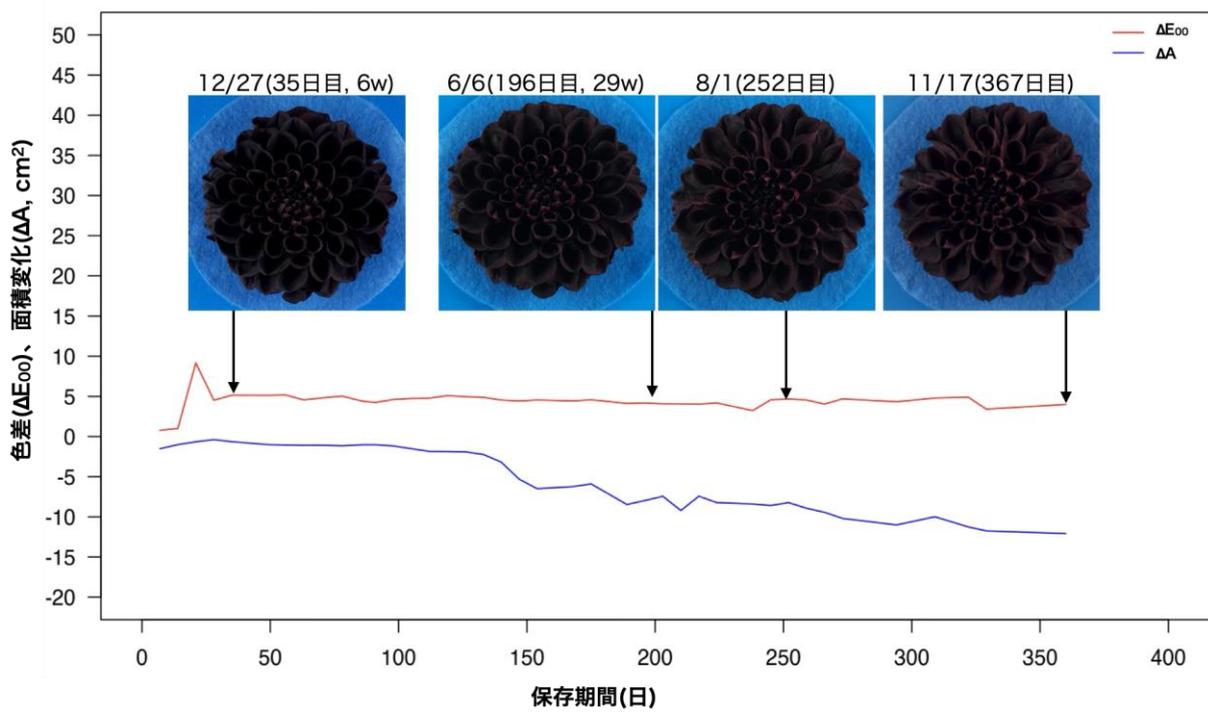


図 3. NAMAHAJE ノアール保存期間中の経時的変化

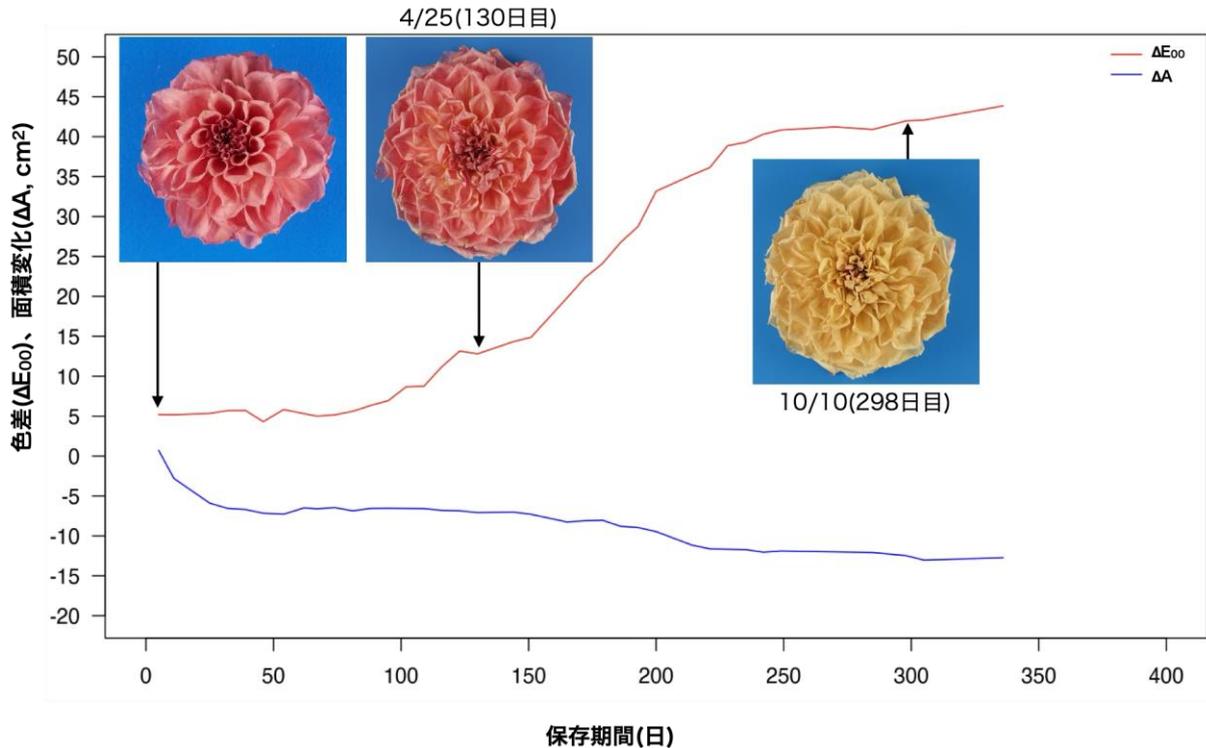


図 4. NAMAHAJE ラブ保存期間中の経時的変化

これらの結果は、湿度の影響が大きいことを示唆していると考えられる。今後は、乾燥剤を使用するなど、湿度管理に配慮した保存試験を実施することが望ましい。湿度の影響による保存性の違いを踏まえ、各品種のエディブルプリザーブドフラワーとしての適性を、以下の三つのタイプに分類することとした。すなわち、優れた保存性と加工適性を有する NAMAHAJE ノアールタイプ、湿度対策により適性が向上する可能性のある NAMAHAJE レッドベリータイプ、湿度の影響を受けやすく保存性が低い NAMAHAJE ラブタイプである。

8. 色彩の保存性の高い NAMAHAJE ダリアのスクリーニング

7と同じ環境下で保存された NAMAHAJE ダリアの一部の品種について、開放環境で6ヶ月間（180日間）の保存試験を行い、色彩の保持を観察した結果、エディブルプリザーブドフラワーとしての適性を検討した。

淡桃色の NAMAHAJE レディーは、優れた保存性を有し加工適性の高い NAMAHAJE ノアールと類似した推移を示し、色の保存性が極めて優れていることが確認された。また、紫色の NAMAHAJE REIWA および小豆色のグラデーションが特徴的な NAMAHAJE オーブは、湿度対策で適性向上の可能性のある NAMAHAJE レッドベリーと同様の変化を示した。図 5 には、NAMAHAJE REIWA の保存期間中の経時的変化を示す。

オレンジ色の NAMAHA GE キャロットおよび黄色の NAMAHA GE ムーンは、NAMAHA GE ノアールとレッドベリーの中間的な推移を示した。図 6 には、NAMAHA GE キャロットの保存期間中の経時的変化を示す。

これらの結果に基づき、NAMAHA GE ノアール、淡桃色の NAMAHA GE レディー、オレンジ色の NAMAHA GE キャロット、黄色の NAMAHA GE ムーンは、いずれも 6 ヶ月以上の花色保持を実現したことから、エディブルプリザーブドフラワーとして特に優れた加工適性を有する品種として選出された。

一方、湿度の影響を受けやすく、保存性が低いと考えられる NAMAHA GE ラブと同様の推移を示した品種は、試験において確認されなかった。

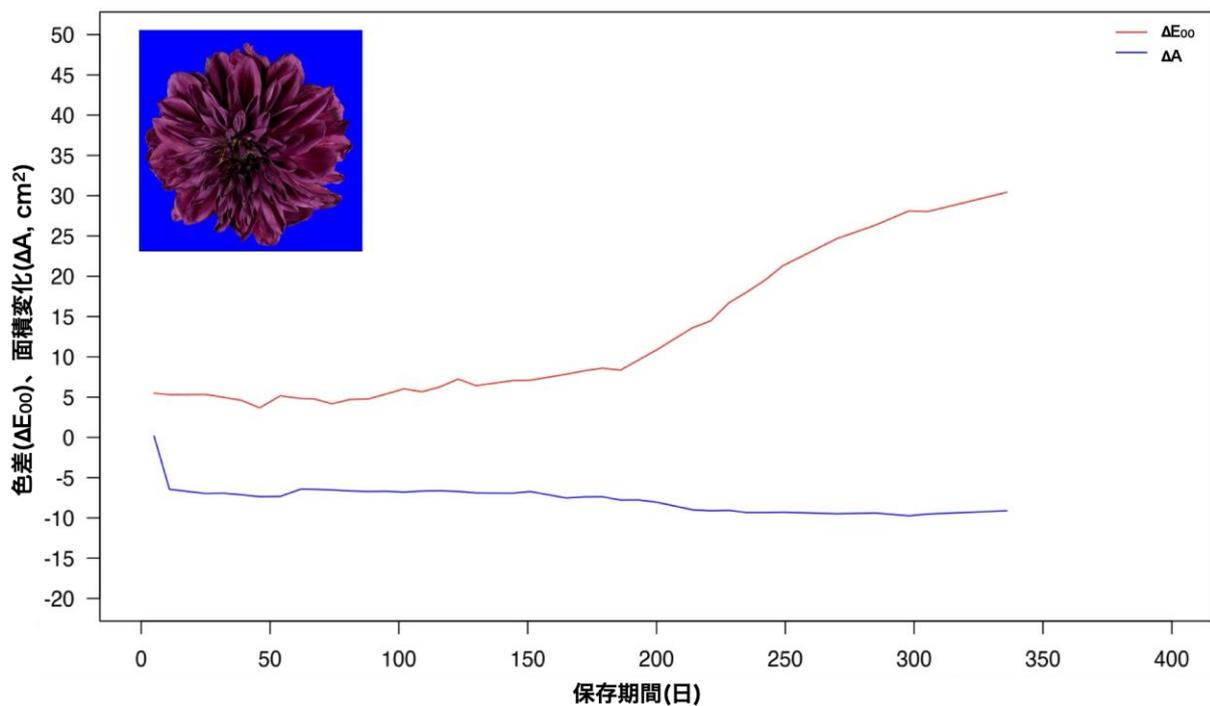


図 5. NAMAHA GE REIWA 保存期間中の経時的変化

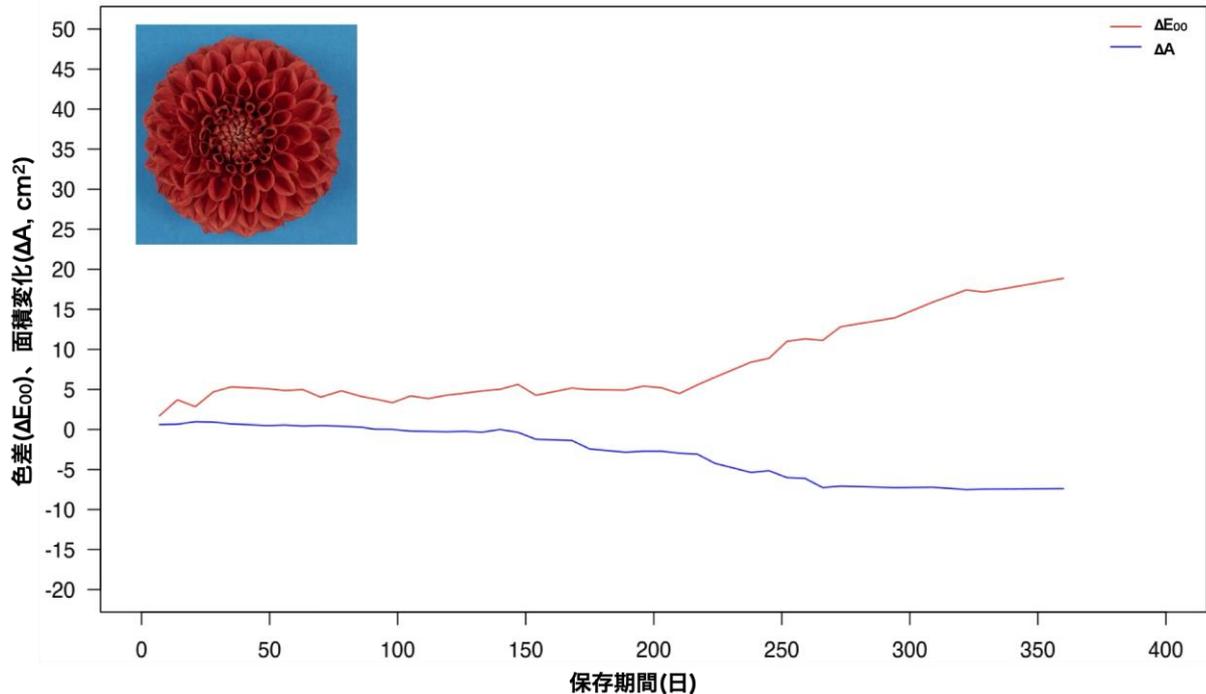


図 6. NAMAHAJE キャロット保存期間中の経時的変化

【成果のまとめ】

以上の結果を総括すると、撮影条件を一定に固定し、ダリアにおいては青色の亚克力板を設置台として背景に使用することで、ImageJを活用し、花卉および花頭の色彩と形状を面積、L*a*b*値、RGB 値、HSV 値の各数値として迅速に定量化する技術が確立された。

画像解析技術を用いることで、CIE LAB 色空間における数値を取得し、保存開始時の測定値と各時点の測定値との差分から、最新の色差変化量 ΔE_{00} を算出することが可能となった。

3 品種に対する検証の結果、得られた ΔE_{00} の数値は人間の視覚的印象と良好な相関を示し、色差の評価指標として有効であると考えられた。今回の測定結果に基づき、 ΔE_{00} の変化量が 5 以内であれば保存性は良好、10 以内であれば許容範囲と判定基準を設定した。

その結果、NAMAHAJE ノアールおよび NAMAHAJE レッドベリーは、保存開始から 6 ヶ月後においても色彩を良好に保持しており、エディブルプリザーブドフラワーとして高い加工適性を有する品種であると判断された。

NAMAHAJE ノアールおよび NAMAHAJE レッドベリーと同様な、または中間的な色差の変化量を推移した品種は、保存性に優れた品種と判断した。その結果、エディブルプリザーブドフラワーとして加工後、研究室内の開放環境において 6 ヶ月以上にわたり花色の保持が確認された、黒色（濃赤）の「NAMAHAJE ノアール」、淡桃色の「NAMAHAJE レディー」、橙色の「NAMAHAJE キャロット」、および黄色の「NAMAHAJE ムーン」の 4 品種を、特に加工適性に優れた品種として選定した。

本研究により、生花に近い質感を保持しつつ、店頭で3ヶ月以上、最長で6ヶ月の長期保存が可能な食品素材「エディブルプリザーブドフラワー」の実用化に向けた技術的基盤が確立された。

今後の課題として、現在の製法によるエディブルプリザーブドフラワーの保存性は、湿度の影響を受けた可能性が高い。今後、乾燥剤の併用などを行い、エディブルプリザーブドフラワー適性の高い品種のスクリーニングを試みる。将来的に、エディブルプリザーブドフラワーを長期間保存可能な食品素材として提供できる様に務める。

【謝辞】

本研究の遂行にあたり、NAMAHAGE ダリアのサンプルは、秋田国際ダリア園 鷲沢康二園長から提供を受けました。また、秋田県農業試験場 山形敦子氏ならびに秋田県農林水産部園芸振興課 太田智氏からは実験に関する助言を受けました。ここに深く感謝の意を表します。

【参考文献】

(1) Web サイト あきたの伝統野菜について

<https://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/9964##yuzawagiku>

(2) Web サイト 農林水産省 うちの郷土料理

https://www.maff.go.jp/j/keikaku/syokubunka/k_ryouri/search_menu/menu/29_19_akita.html

(3) Web サイト 山形大学 食用ぎくの歴史

<https://www.tr.yamagata-u.ac.jp/~shokuyougiku/rekisi.htm>

(4) 本間伸夫、新宮璋一、石原和夫、佐藤恵美(1991) 東西食文化の日本海側の接点に関する研究 (IV) 菊の花の食用 県立新潟女子短期大学研究紀要 **第28集**, 29-41.

(5) 近田文弘(1991) 食品としての花と花食文化 日本食品工業会誌 **第38巻** 第9号, 874-880.

(6) Web サイト 秋田県花き振興計画(令和2年3月)

https://www.pref.akita.lg.jp/uploads/public/archive_0000010390_00/R2.3花き振興計画.pdf

(7) Web サイト 「NAMAHAGE ダリア」特設ページ

<https://www.pref.akita.lg.jp/pages/archive/61145>

(8) 日本ダリア会編(2009) ダリア百科 ダリアは毒なのか 誠文堂新光社 147-149.

(9) Web サイト Color Spaces

<https://hiweller.github.io/colordistance/color-spaces.html>

(10) Web サイト コニカミノルタ 色色雑学 02 測色計で色を数値化

<https://www.konicaminolta.jp/instruments/knowledge/color/>

(11) Web サイト Wikipedia 色差

<https://ja.wikipedia.org/wiki/色差>

(12) Sharma, G., Wu, W., & Dalal, E. N. (2005). The CIEDE2000 color-difference formula: Implementation notes, supplementary test data, and mathematical observations. *Color Research & Application*, **30**(1), 21–30.

(13) コニカミノルタ 色色雑学 CIE DE2000 色差式

<https://www.konicaminolta.jp/instruments/knowledge/color/section5/5-12/>

清酒の香りがヒトの脳波に及ぼす影響

佐藤友紀

(秋田県総合食品研究センター醸造試験場)

Tomonori Sato

【緒言】

古くから、様々な香りが心身に及ぼす影響については注目されており、日常生活や医療・介護の現場などで活用されている。特に、植物性香料は広く活用されており、生理状態に及ぼす影響も多く検討されている^{1,2,3)}。最近では、食品の香りによる脳への影響も研究が進められており、コーヒーやビール、ウイスキーの香りを嗅いだ時に脳波が変動することが報告されている^{3,4)}。コーヒーやアルコール飲料などのいわゆる嗜好飲料では、しばしばその香りが注目され、味だけではなく香りも楽しむものとして扱われている。そのため、こうした嗜好飲料の香りが心理状態に及ぼす影響については興味をもたれるところである。また、清酒に係る香りがヒトの生理状態に及ぼす影響も最近になって検討が始まっており、鈴木ら⁵⁾は、清酒の代表的な香気成分であるカプロン酸エチルや酢酸イソアミルの香りを嗅ぐことで、「抑うつ・不安」といった心理状態が緩和されることを報告している。一方で、「清酒そのもの」の香りを嗅いだ時にヒトの脳にどのような影響を及ぼすかについてはこれまで検討がなされていない。心理状態や脳への影響を調査する方法はいくつかあり、脳波を測定する方法がよく採用されている^{2,4,6,7)}。脳波は、大まかには、 α 波(8.0~13.0 Hz)、 β 波(13.0 Hz以上)に分けられる。そのうち、 α 波は、脳機能の安定度ないし円滑度を表し、心理的には安静度を反映するため、リラックス度の指標としてよく用いられる⁸⁾。そこで本研究では、脳波計を用いたヒト臨床試験を行い、清酒の香りによるリラックス度に対する影響を検証した。

【実験方法】

1. 試料の準備・調製

試料として、清酒(Sake、アルコール15%)、希釈清酒(Sake low)、15%エタノール(15% Alc.)を準備した。清酒は、冷蔵管理されている市

販清酒を購入した。希釈清酒は、清酒を 15%エタノールで 2 倍希釈して調製した。各試料は 250 mL 容のメディウム瓶に 200 mL 入れ、使用時まで密封し、4°C で保管した。使用時には、20°C にした。

2. 香気成分の分析

代表的な吟醸香であるカプロン酸エチルと酢酸イソアミルは、ヘッドスペースガスクロマトグラフ法⁹⁾により、下記の条件で分析した。

- ・装置：Agilent Technologies 7890A GC System
Agilent Technologies G1888 Network Headspace Sampler
- ・カラム：HP-INNOWAX φ 0.32mm×30 m、0.5 μm
- ・カラム温度：80°C、・注入口温度：200°C、・FID 温度：230°C
- ・キャリアガス：N₂、・スプリット比：15

10 mL 容のガラスバイアルに試料 900 μL を加え、内部標準（n-アミルアルコール）を 100 μL を添加した。キャップ及びセプタム（Agilent Technologies、20 mm HS AL Crimp, PTFE/S）でシールし、オートサンプラーにセットした。オートサンプラー内で 50°C にて 30 分間混和・加温した後、ガスクロマトグラフに注入して分析した。

3. 脳波の測定とデータ解析

秋田県総合食品研究センター倫理審査委員会に倫理審査申請書及び試験計画書を提出し、承認を得た（試験番号：R2-04、承認日：2020 年 11 月 25 日）。

被験者は、実験の主旨に賛同して参加したボランティアで、健康状態に異常を認めず、除外基準（1：妊娠中または妊娠の可能性がある方、2：著しい精神症状を有する方、3：明らかな嗅覚障害を認める方、4：重篤な身体疾患を持つ方、5：アルコールに敏感な体質及びアレルギー体質持つ方、6：その他責任研究者または研究担当者が不相当と認めた方）に該当しない 20 歳以上 70 歳未満の計 41 名とした。男女の比率は、男性 29 名、女性 12 名であった。被験者には、試験開始前に説明同意文書に則り、概要や方法、自由意思による参加、プライバシー保護等の説明を行った。同意が得られた場合には、被験者による同意書の提出後、試験を行った。

被験者は、座位で脳波計（Brain Pro FM-939、フューテックエレクトロニクス株式会社、神奈川）に接続したセンサーバンド（SE-BLT、フューテ

ックエレクトロニクス株式会社)を規定の位置に装着し、感度に問題がないことを確認した上で試験を進めた。始めに、何も嗅がない状態で180秒間脳波を測定した(Control)。その後、ブラインドかつランダムに3種の試料の匂いを嗅ぎながらそれぞれ180秒間脳波を測定した(1秒ごとに2.5~30.0Hzまでの範囲を0.5Hz間隔で測定)。測定した脳波は、脳波解析ソフト(パルラックスF、フューテックエレクトロニクス株式会社)で数値化した。 α 波は、8~13 Hz帯域を指し、リラックス時に出現・増加する⁸⁾。また、 β 波は、13~30 Hz帯域を指し、覚醒時や集中時に出現・増加する。そのため、 α 波帯域と β 波帯域における180秒間の平均値を算出した。

4. 統計解析

統計解析はIBM SPSS Statistics (ver. 28.0)を用いた。Friedman検定により有意差の検定を行い、ポストテストとしてBonferroni法によって各群の有意差を算出した。

【結果と考察】

1. 試料の香気成分

各試料のカプロン酸エチルと酢酸イソアミルの濃度をFig. 1に示した。清酒のカプロン酸エチル濃度は5.5 ppmであり、酢酸イソアミル濃度は1.5 ppmであった。2倍希釈した清酒の各香気成分は清酒の2分の1であり、15%エタノールからは香気成分は検出されなかった。鈴木ら⁵⁾は、8.0 ppmのカプロン酸エチルまたは酢酸イソアミルの香りを嗅いだ時に「抑うつ・不安」といった心理状態が緩和されることを報告している。本研究で用いた試料の香気成分はいずれも鈴木らの報告よりも低値であった。

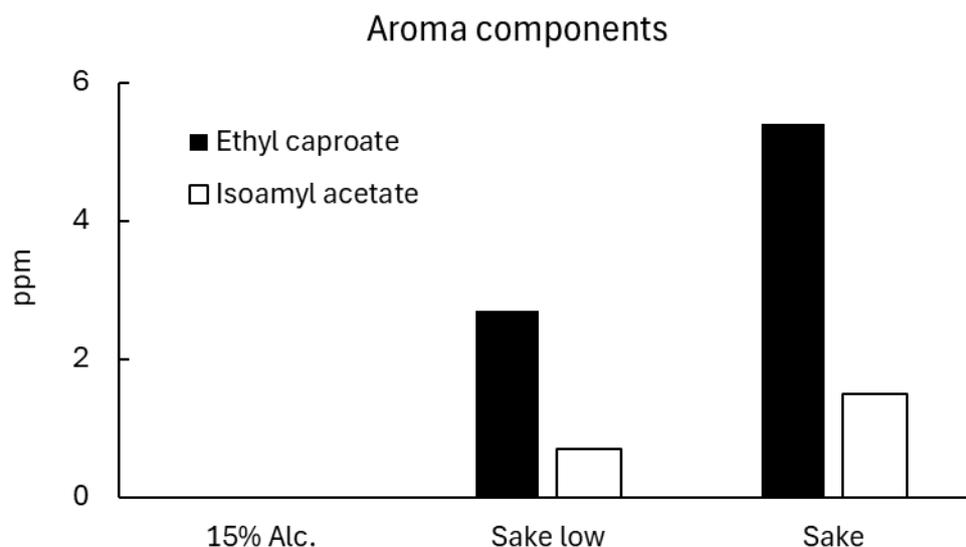


Fig. 1 The concentrations of aroma components in samples.

The concentrations of ethyl caproate and isoamyl acetate in Sake were determined with head-space gas chromatography.

2. 清酒の香りが脳波に及ぼす影響

脳波について論じる場合、 α 波のみや β 波のみでは個人差が大きく、適切な評価が難しい。そのため、ストレスや集中状態を評価する場合には β/α 、リラックス度を評価する場合には α/β が用いられる^{6,10)}。本研究では、 α/β を算出し、清酒の香りによるリラックス度への影響を評価した (Fig. 2)。何も嗅がない場合や15%エタノールを嗅いだ時に比べて、清酒の香りを嗅ぐことによって、 α/β は有意に上昇した。一方、希釈した清酒では、15%エタノールを嗅いだ時に比べて α/β の有意な増加は認められなかった。したがって、清酒の香気成分の強度は脳波の状態に影響すると考えられた。今回の試験では、香気成分の異なる複数の清酒は設けていない。そのため、本研究に用いた清酒よりも香気成分が高い香りを嗅ぐことで一層 α/β が増加するのかについては、今後検討の余地があると考えている。

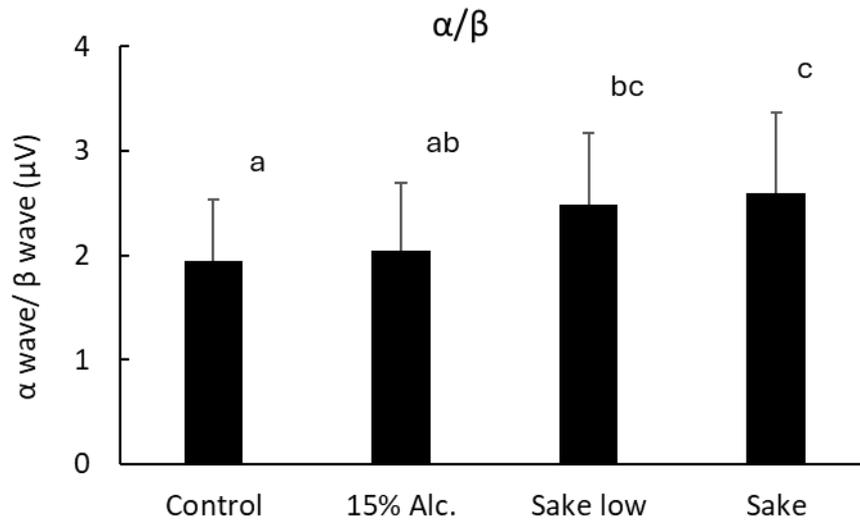


Fig. 2 Effect of Sake aroma on the brain waves (α/β) in human.

The brain waves were measured with electroencephalograph. Values are means with SD ($n = 41$). Different letters indicate significant differences among the groups ($p < 0.05$).

また、 α 波単独と β 波単独に対する影響についても確認したところ、清酒の香りを嗅いでも β 波には有意な影響はなかったが、 α 波は増加することが示唆された (Fig. 3)。したがって、本研究に用いた清酒の香りを嗅いだ場合には、 β 波を下げることで α/β を増加させるのではなく、 α 波を上昇させることで α/β を増加させると推察された。今回着目したカプロン酸エチルと酢酸イソアミルは、それぞれ果実様の香りと形容され、カプロン酸エチルは「青リンゴ」、酢酸イソアミルは「バナナ」に例えられることがある¹¹⁾。これらの香気成分は、あくまでそれぞれの果実を想起させる化合物であって、実際に青リンゴの代表的な香気成分がカプロン酸エチルというわけではなく、バナナの代表的な香気成分が酢酸イソアミルというわけでもない。しかし、実際のバナナの香りも脳波に影響することも報告されており¹²⁾、一部の果実様の香りがリラックス効果に寄与する可能性は十分に考えられる。

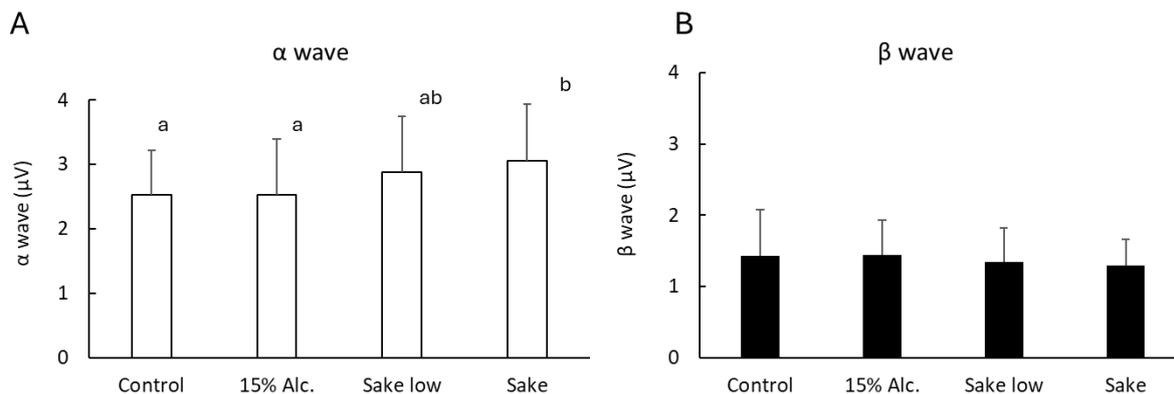


Fig. 3 Effect of Sake aroma on the brain waves (α wave and β wave) in human.

A : α wave

B : β wave

The brain waves were measured with electroencephalograph.

Values are means with SD (n = 41). Different letters indicate significant differences among the groups ($p < 0.05$).

また、清酒にはカプロン酸エチルや酢酸イソアミル以外の香り成分も数多く含まれており、エステル類やアルコール、カルボニル化合物等が一般的に含まれる¹³⁾。このうち、バラ様の香り成分である β -フェネチルアルコールの香りは、脳機能に影響することが報告されている¹⁴⁾。また、特定の条件下で生成されるオフフレーバーと呼ばれる香りも存在する。例えば、燻製様の香りである4-ビニルグアイアコールや、ヨーグルト様の香りであるジアセチル、カビ様の香りであるトリクロロアニソールなど多彩である^{15,16,17)}。オフフレーバーは、一般的に好ましくないとされる香りであり、個人差はあると推察されるが不快なものとして捉えられる可能性は高い。そのため、本研究では清酒の香りによる α/β 値の上昇が認められたが、仮にオフフレーバーを有する清酒で同様の結果が得られるとは限らない。そのため、各オフフレーバーが清酒に加わった際に脳波にどのように影響するかという点も興味深い事項である。今後検討を進めたい。

本研究では、脳波計を用いたヒト臨床試験を行い、清酒の香りによるリラックス効果を示唆した。今後は、様々なバリエーションの清酒による効果の検証やオフフレーバーの脳波への影響など、清酒の香りが脳機能に及ぼす影響をより詳細に検討していきたいと考えている。

【引用文献】

- 1) 櫻井和俊 (2010) 香りの分析と香りの効果効能について 日本食生活学会誌 **21**, 179-184.
- 2) 由留木裕子、鈴木俊明 (2012) ラベンダーの香りと神経機能に関する文献的研究関西医療大学紀要 **6**, 109-115.
- 3) 金田弘挙、小島英敏、高塩仁愛、吉田倫幸 (2005) ビールをはじめとする酒類の香り研究について AROMA RESEARCH **22**, 164-170.
- 4) 小長井ちづる (2017) 食品の香りが脳機能に与える効果 におい・かおり環境学会誌 **48**, 364-372.
- 5) 鈴木佐知子、矢田幸博、竹内美穂、石田博樹 (2020) 日本農芸化学会 2020 年度大会
- 6) 進藤昌 (2019) 秋田スギから製造したバイオエタノールの殺菌効果と香りによる癒し効果 秋田県総合食品研究センター報告 **21**, 8-14.
- 7) 小長井ちづる、古賀良彦 (2007) ラベンダー精油が脳機能に与える影響の濃度による差異の検討 *Japanese Journal of Aromatherapy* **7**, 9-14.
- 8) 兒玉隆之 (2020) 「匂い」を脳波から捉える 感性工学 **18**, 181-186.
- 9) 山田修、磯谷敦子、藤田晃子、岸本徹、赤松史一、ボルジギンソリナ、西本真樹、神田涼子、寺本聡子、大串憲祐、福田央 (2023) 令和3酒造年度全国新酒鑑評会出品酒の分析について 独立行政法人酒類総合研究所報告 **195**, 1-18.
- 10) 平井章康、吉田幸二、宮地功 (2013) 簡易脳波計による学習時の思考と記憶の比較分析マルチメディア、分散、協調とモバイルシンポジウム 1441-1446
- 11) 澤田和敬、鶴田裕美、吉村臣史 (2014) 佐賀県工業技術センター研究報告書 **2**, 5-9.
- 12) R. Saengwong-Ngam, P. Koomhin, S. Songsamoe, N. Matan, N. Matan (2022) *J. Food. Sci. Technol.* **59**, 968-978.
- 13) 小川治雄 (2015) におい・かおり環境学会誌 **46**, 330-339.
- 14) 廣瀬有香、原恵子、太田克也、松浦雅人 (2014) 臨床神経生理学 **42**, 71-77.
- 15) 磯谷敦子、神田涼子、飯塚幸子、藤井力 (2016) 日本醸造協会誌 **111**, 483-492.
- 16) K. Kobayashi, K. Kusaka, T. Takahashi, K. Sato (2005) *J. Biosci. Bioeng.* **99**, 502-507.

17) 岩田博、三木淳史、磯谷敦子、宇都宮仁 (2007) 日本醸造協会誌 102, 90-97.

粗粉碎後に炊飯したペースト状米加工品の特徴

高橋徹、小山愛美、小泉英誉
(秋田県総合食品研究センター)

Toru TAKAHASHI, Manami OYAMA, and Hideyo KOIZUMI

【緒言】

米の更なる消費拡大のために、素材となる米の加工方法が検討されてきた。中でも米粉に関する技術開発は多く、その品質は製粉方法によって異なることも知られている¹⁾。一方、ペーストやゲル状に加工した米は加工特性が高いとされているが、加熱（炊飯）後に粉碎する方式が一般的である²⁾。また、粉末化やペースト化には専用装置が必要とされている現状である。そこで、本研究では、比較的簡便なペースト状米加工品の調製方法として、米を水と共に粗粉碎後に炊飯する方法に着目し、得られた米ペーストの特性について評価した。

【実験方法】

原料米は「あきたこまち」および「きぬのはだ」玄米（いずれも2021年秋田県産）を用いた。玄米は洗米後直ちにミキサー（MX-X62、パナソニック㈱）で、玄米と水の比率が約1:2となるように粗粉碎した。粉碎時間は10、20および30秒間とした。粗粉碎した米懸濁液は炊飯器（NP-HT10、象印マホービン㈱）を用いて炊飯した。なお、加水量は米の固形分が20%（乾重量）となるように調整した。

粉碎時間が異なる米粒の粉碎度合いをろ布および篩いを用いて評価した。粗粉碎後の懸濁液を漉し袋（極細目、ポリエステル製、吉田織物㈱）に入れ、脱水機を用いて小粒径の米粉砕物を含む懸濁液を分離した。さらに、この懸濁液を4℃で15分間の遠心分離（12 000 ×g）により固液分離した。これらの固形分を乾燥して試験用篩い（目開き：710、1 180、1 400および1 800 μm）にて分別し、篩い別構成割合を求めた。

米粉および米ペースト粉末を1.0 g秤量し、80% (v/v)エタノールにて加熱還流抽出した³⁾。得られた抽出液をエバポレーターにて濃縮乾固し、超純水10 mLに定容、1 500 rpm、20分間の遠心分離後に上清を目開き0.20 μmのフィルターにてろ過し、これを分析試料とした。糖分析は、イ

オンクロマトグラフ（Dionex ICS-6000、サーモフィッシャーサイエンティフィック(株)）を用いた。

米ペーストのレオロジー特性は、動的粘弾性測定装置（MCR302、アントンパール・ジャパン(株)）を用いた角周波数依存性測定から評価した。治具は直径 25 mm の平行円板型、測定温度は 25 °C、角周波数範囲は 0.05 ~ 50 (rad/s) とした。なお、事前に測定した応力-ひずみ線形範囲であるひずみ (0.02 %) を印加した。

データの統計処理および解析には統計解析ソフトウェア（JMP14.0、SAS Institute Japan(株)）を用いた。

【結果と考察】

米粒をミキサーで粗粉碎後に炊飯したところ、ペースト状となった（図 1）。粉碎時間が長くなると、外観上は部分的な凝集が確認されたが、流動性は増し、あきたこまちでその傾向が顕著であった。



図 1 玄米ペーストの外観

粉碎時間が異なるきぬのはだ玄米粗粉碎物の分別について表 1 に示した。粉碎時間が 10 s の場合、目開き 1 700 μm 上の画分が約 66 % を占めたが、粉碎時間が長くなるにつれてこの画分は顕著に減少し、小粒子の構成割合が増加した。なお、ろ布を通過した米粗粉碎物の粒度分布を測定したところ、体積平均粒子径は約 6 μm であった。粉碎時間が長くなるとペースト中や底部に凝集（塊）が観察されたが、小粒子となった米粗粉碎物の影響が考えられた。したがって、本方法による米ペーストの調製においては、粗粉碎時間を 20 s 程度にすることが適切であると判断された。粉碎時間の延長によって粒子径は小さくなるが、炊飯が困難となるため、大粒子の存在が必要となる。

表 1 玄米粗粉碎物の篩い別構成割合

粉碎時間	構成割合 (%)		
	10 s	20 s	30 s
ろ布通過	1.6	4.2	6.6
710 μm 下	3.8	9.2	14.5
710 μm 上	9.3	19.0	29.3
1180 μm 上	6.7	11.4	16.1
1400 μm 上	12.3	21.3	20.5
1700 μm 上	66.3	34.9	13.0

表 2 および 3 に米粉および米ペースト中の糖質含量を示した。各試料の遊離糖含量は先行研究と同様にスクロース、グルコース、フルクトース

表 2 米粉および米ペースト中の遊離糖含量

		Glc (mg/100g)	Fru (mg/100g)	Suc (mg/100g)
米粉	あきたこまち玄米	18.3 ± 1.6 ^d	15.3 ± 0.4 ^c	754.5 ± 34.7 ^b
	あきたこまち精米	16.5 ± 2.0 ^d	8.7 ± 0.6 ^{de}	59.1 ± 5.9 ^d
	きぬのはだ玄米	13.3 ± 2.9 ^d	7.8 ± 1.4 ^{de}	878.1 ± 80.4 ^b
	きぬのはだ精米	13.9 ± 1.7 ^d	5.6 ± 0.8 ^e	252.6 ± 33.9 ^c
ペースト	あきたこまち玄米	80.0 ± 5.1 ^c	35.4 ± 1.8 ^a	782.4 ± 18.6 ^b
	あきたこまち精米	127.2 ± 6.6 ^b	9.8 ± 0.2 ^d	180.1 ± 4.2 ^{cd}
	きぬのはだ玄米	226.8 ± 39.2 ^a	24.8 ± 2.2 ^b	1036.1 ± 98.8 ^a
	きぬのはだ精米	247.0 ± 10.3 ^a	14.8 ± 1.5 ^c	242.0 ± 17.1 ^c

Glc: グルコース, Fru: フルクトース, Suc: スクロース. 平均±標準偏差 (n=3). 異なるアルファベット間に有意差あり (p<0.05).

表 3 米ペースト中の遊離オリゴ糖含量

	G2 (mg/100g)	G3 (mg/100g)	G4 (mg/100g)	G5 (mg/100g)	G6 (mg/100g)	G7 (mg/100g)
あきたこまち玄米	1.4 ± 0.8 ^c	0.7 ± 0.7 ^c	4.6 ± 1.0 ^b	6.0 ± 1.3 ^b	4.0 ± 0.6 ^{bc}	3.6 ± 0.8 ^b
あきたこまち精米	2.2 ± 0.7 ^c	2.5 ± 0.2 ^{bc}	6.0 ± 0.9 ^{ab}	7.5 ± 0.4 ^b	7.6 ± 0.7 ^b	9.1 ± 0.7 ^b
きぬのはだ玄米	6.5 ± 0.8 ^b	4.3 ± 1.9 ^{ab}	8.7 ± 1.8 ^a	12.3 ± 1.5 ^a	30.9 ± 15.1 ^a	25.8 ± 3.3 ^a
きぬのはだ精米	9.5 ± 0.6 ^a	5.6 ± 0.8 ^a	8.7 ± 0.6 ^a	13.0 ± 1.2 ^a	22.9 ± 3.7 ^{ab}	24.8 ± 2.5 ^a

G2:マルトース, G3:マルトトリオース, G4: マルトテトラオース, G5: マルトペンタオース, G6: マルトヘキサオース, G7: マルトヘプタオース. 平均±標準偏差 (n=3). 異なるアルファベット間に有意差あり (p<0.05).

の順に多かった³⁾。ペーストについても同様の傾向であったが、グルコース含量が顕著に増加しており、炊飯時のアミラーゼ系酵素の作用が示唆された。一方、遊離オリゴ糖はペーストにのみ含まれていた。いずれの遊離オリゴ糖もきぬのはだの含量が多かったが、糯種澱粉がアミラーゼ系酵素の作用を受けやすいことに起因すると考えられる⁴⁾。

図 2 に玄米ペーストの角周

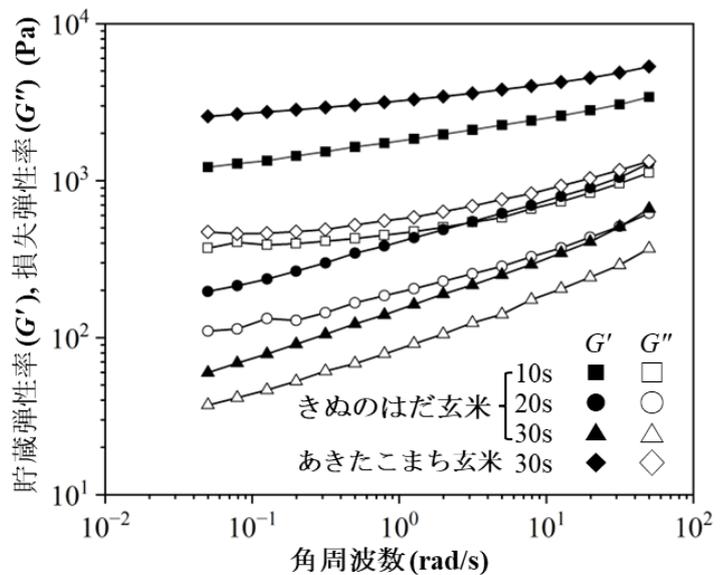


図 2 玄米ペーストの角周波数依存性

波数依存性を示した。玄米ペーストの貯蔵弾性率 (G') および損失弾性率 (G'') は、粉碎時間が長くなるにしたがいそれぞれ低下した。また、粉碎時間の延長によって角周波数依存性が大きく (傾きが大) なることから、粘性的性質が支配的になることを示した。粉碎時間 30 s のあきたこまち玄米ペーストの G' は、粉碎時間 10 s のきぬのはだ玄米よりも高かった。糯種米澱粉ゲルは、澱粉粒が粳種よりも膨潤や崩壊が生じやすいことに起因すると考えられる⁵⁾。以上のことから、粗粉碎した米粒を加熱 (炊飯) することでペースト状加工品が得られ、粉碎条件で粘弾性の制御が可能となることを示唆した。

【引用文献】

- 1) 奥西智哉 (2015) 米粉パン研究について 日本食品科学工学会 **62**, 303-306. doi: 10.3136/nskkk.62.303.
- 2) 杉山純一、蔦瑞樹、柴田真理朗、藤田かおり (2015) 米加工素材の製造法 特許第 5840904 号.
- 3) 吉井洋一、有坂将美 (1992) 米菓製造工程における糖、アミノ酸の成分量変化 新潟食品研究所・研究報告 **27**, 7-14.
- 4) 松倉潮、鈴木保宏、岩井陽子、門間美千子、青木法明、金子成延 (2004) α -アミラーゼ活性の粳米と糯米の比較および糊化粘度への影響 日本食品科学工学会 **51**, 554-558. doi: 10.3136/nskkk.51.554
- 5) Takahashi T., and Fujita N. (2017). Thermal and rheological characteristics of mutant rice starches with widespread variation of amylose content and amylopectin structure. *Food Hydrocolloids*, **62**, 83-93. doi: org/10.1016/j.foodhyd.2016.06.022

4. 学会発表実績

- 1) 発表学会: 令和5年度 産業技術連携推進会議 東北地域部会 食品・バイオ分科会 秋季分科会

発表日と場所: 令和5年9月27日、山形県工業技術センター(山形市)

演題名: 乳酸菌発酵スターターを添加して製造したしょっつるの品質について

発表者: 高橋 徹¹、塚本 研一²、渡辺 隆幸¹、佐々木 康子¹、上原 健二¹、須藤 あさみ¹、
小林 侑太郎³、船津 保浩³(¹秋田県総食研、²塚本技術士事務所、³酪農学園大)

- 2) 発表学会: 令和5年 日本醸造学会大会

発表日と場所: 令和5年10月4日、北とびあ(東京都北区)

演題名: 細胞及び実験動物におけるD-アラニンによる抗脂肪肝効果の検証

発表者: 佐藤 友紀、佐々木 玲、畠 恵司、進藤 昌

- 3) 発表学会: 令和5年 日本醸造学会大会

発表日と場所: 令和5年10月5日、北とびあ(東京都北区)

演題名: 味噌・醤油酵母 *Zygosaccharomyces rouxii* における HEMF 生合成酵素遺伝子の解析

発表者: 上原 健二

- 4) 発表学会: 第96回 日本生化学会大会

発表日と場所: 令和5年10月31日、福岡国際会議場・マリンメッセ福岡 B 館(福岡市)

演題名: 褐色脂肪細胞の BATokine 産生を指標としたスクリーニング系の構築

発表者: 佐々木 玲、黒崎 文華、増田 祥子、畠 恵司

- 5) 発表学会: 第36回 日本動物実験代替法学会

発表日と場所: 令和5年11月27日、千葉大学(千葉市)

演題名: PXB-cells LA:NAFLD モデル肝細胞としての特徴

発表者: 高橋 真生¹、畠 恵司²、戸松 さやか²、稲松 睦¹、吉川 奈美¹、加國 雅和¹ (¹株式会社フェニックスバイオ、²秋田県総食研)

- 6) 発表学会: 第1回例会 九州酒造研究会

発表日と場所: 令和6年5月8日、博多サンヒルズホテル(福岡市)

演題名: 麹室の衛生環境の改善について～秋田県の事例紹介～

発表者: 上原 智美

- 7) 発表学会: 第 54 回 食品微生物学会学術セミナー
発表日と場所: 令和 6 年 5 月 31 日、秋田県総合保健センター(秋田市)
演題名: 秋田県の清酒酵母開発
発表者: 上原 智美
- 8) 発表学会: 令和 6 年度 日本調理学会東北・北海道支部 講演会
発表日と場所: 令和 6 年 6 月 22 日、秋田キャッスルホテル(秋田市)
演題名: 秋田県の取り組み事例から見る食品の機能性と食品開発
発表者: 佐々木 玲
- 9) 発表学会: 令和 6 年 日本醸造学会大会
発表日と場所: 令和 6 年 10 月 9 日、北とびあ(東京北区)
演題名: 乳酸菌 *Lactobacillus brevis* IFO12005 を用いた酒粕での γ -アミノ酪酸高生産条件
の検討
発表者: 佐々木 玲¹、市橋 杏里²、大友 宣理²、畠 恵司¹(¹秋田県総食研、²秋田銘醸株式
会社)
- 10) 発表学会: 令和 6 年度 産業技術連携推進会議 東北地域部会 食品・秋季バイオ分科会
発表日と場所: 令和 6 年 10 月 18 日、産業技術総合研究所東北センター(仙台市)
演題名: 清酒の香りがヒトの脳波に及ぼす影響
発表者: 佐藤 友紀
- 11) 発表学会: あきた産学官連携フォーラム
発表日と場所: 令和 6 年 12 月 5 日、秋田拠点センターアルヴェ(秋田市)
演題名: ダリアの食品利用と食用菊の健康機能～秋田の食文化を彩り豊かなお土産に
発表者: 木村 貴一、小山 愛美
- 12) 発表学会: 日本農芸化学会 2025 年度札幌大会
発表日と場所: 令和 7 年 3 月 7 日、札幌コンベンションセンター(北海道札幌)
演題名: バキュロウイルス感染に関与する宿主タンパク質の同定と機能解析
発表者: 横田 早希¹、岡本 園子²、佐藤 凧紗²、鈴木 健裕³、堂前 直³、後藤 猛⁴(¹秋田県
総食研、²秋田大院理工、³理研 CSRS、⁴秋田大)

5. 外部発表論文実績

- 1) 論文題名:研究会支援のためのアカモクの特長探し
著者名:戸松 誠
雑誌名:食品と容器, **64**, 344-349 (2023)
発行日:2023年6月1日

- 2) 論文題名:アカモクとキクイモの特徴探しによる研究会支援
著者名:戸松 誠
雑誌名:日本食品科学工学会誌, **70**, 335-341 (2023)
発行日:2023年8月15日

- 3) 論文題名:秋田スギの葉テルペンの利用技術開発
著者名 :進藤 昌
雑誌名 :化学工学, **87**, 377-379 (2023)
発行日 :2023年9月5日

- 4) 論文題名:A Convergence of Gene and Metabolite Expression at the Thermogenic Spadix during its Development in the Asian Skunk Cabbage, *Symplocarpus renifolius*.
著者名:Haruka Tanimoto ¹, Yui Umekawa ², Hideyuki Takahashi ³, Kota Goto ⁴, Kikukatsu Ito ^{1,4} (¹ United Graduate School of Agricultural Science, Iwate University, ² Akita Research Institute of Food and Brewing, ³ Tokai University, ⁴ Faculty of Agriculture, Iwate University, Iwate University)
雑誌名: *Plant Physiology*, **195**, 1561-1585 (2024)
発行日:2024年2月6日

- 5) 論文題名:The evaluation of lipid analysis for PXB-cells LA as a human non-alcoholic fatty liver disease model.
著者名:Masaki Takahashi ¹, Sayaka Tomatsu ², Mutsumi Inamatsu ¹, Nami Yoshikawa ³, Keishi Hata ², Masakazu Kakuni ⁴ (¹ Department of PXB-Mouse Production, PhoenixBio Co., Ltd., ² Akita Research Institute of Food and Brewing, ³ Department of Study Service, PhoenixBio Co., Ltd., ⁴ KMT Hepatech Inc.)
雑誌名: *BPB Reports*, **7**, 147-156 (2024)
発行日:2024年8月5日

6) 論文題名: 酒粕を用いた *Lactobacillus brevis* IFO12005 によるフェドバッチ培養での γ -アミノ酪酸の高生産

著者名: 佐々木 玲¹, 市橋 杏理², 黒崎 文華¹, 増田 祥子¹, 石川 俊春², 本庄 谷徹², 小野 真紀子², 大友 理宣², 畠 恵司¹(¹秋田県総食研、²秋田銘醸株式会社)

雑誌名: *日本醸造学会誌*, **119**, 887-895 (2024)

発行日: 2024 年 10 月 21 日

7) 論文題名: 秋田県における保健機能食品開発: 県内企業の素材を機能性食品開発へ

著者名: 畠 恵司、須藤 あさみ、児玉 雅、戸松 さやか

雑誌名: *New Food Industry*, **67**, 83-85 (2025)

発行日: 2025 年 2 月 1 日

秋田県総合食品研究センター報告 第25号 (2025)

発行日 令和 7年 8月 12日

発行者 秋田県総合食品研究センター報告 編集委員会

〒010-1623 秋田市新屋町字砂奴寄 4-26

電話 : 018-888-2000 (代)

FAX : 018-888-2008

<http://www.arif.pref.akita.jp/>

【無断複製を禁ず】