

醤油乳酸菌製造のコスト削減に関する検討 ーミオイノシトール及び生揚醤油の添加効果ー

岡崎 賢志, 立住 千賀香

発酵食品研究所における配布乳酸菌の製造コストを抑えるため、培地へのミオイノシトール及び生揚醤油の添加効果について検討した。ミオイノシトールは乳酸菌の培養において増殖促進効果が示唆された。また生揚醤油については、従来の培地に加えている酵母エキスと同程度の増殖効果が認められ、培養コストの低減化につながることを示唆された。

1 緒言

発酵食品研究所では、月に一度醤油乳酸菌を培養し、醤油企業に有償で配布している。近年、原材料費、電気料金や燃料費などの高騰による製造コストの上昇により、乳酸菌の売却単価も高くなる傾向がある。乳酸菌製造コストを抑えるためには、乳酸菌の生菌数を高め、原材料費を下げることで効果的である。

昨年度、配布酵母の培養における生揚醤油の添加効果について検討した¹⁾。このことが生揚醤油に含まれるミオイノシトールの影響であることが報告されており²⁾、乳酸菌培養においても効果が期待できる。また生揚醤油の添加効果についても併せて検討を加えたので報告する。

2 実験方法

2. 1 ミオイノシトールの添加効果

ミオイノシトールの効果を確認するために、食塩 15%、ぶどう糖 2%、酵母エキス 0.3%、ポリペプトン 0.5%、リン酸水素二カリウム 0.5%、酵母エキス 0.3%の培地（培地Ⅰ）、及びこれにミオイノシトールを 10 ppm 及び 20 ppm 添加した培地（それぞれ培地Ⅱ及び培地Ⅲ）で 5 日間培養した液の 660 nm における吸光度（O.D. 660 nm）を測定した。

2. 2 生揚醤油の添加効果

生揚醤油の添加効果を確認するために、食塩 15%、ぶどう糖 2%、リン酸水素二カリウム 0.5%、酵母エキス 4.8%、ミオイノシトール 10 ppm 及び 20 ppm 添加した培地（培地Ⅳ及びⅤの培地）と食塩 12%、生揚醤油 20%、ぶどう糖 2%、リン酸水素二カリウム 0.5% 培地（培地Ⅵ）で乳酸菌を 5 日間培養し、その O.D. 660 nm を測定した。

2. 3 酵母エキス、ミオイノシトール無添加での培養

酵母エキスを添加しない食塩 2%、生揚醤油 20%、ぶどう糖 2%、リン酸水素二カリウム 0.5% 培地で乳酸菌の培養を検討した。

3 実験結果及び考察

図 1 にミオイノシトールの添加効果を示した。ミオイノシトール無添加区と比べ、ミオイノシトールを添加したものは、O.D. 660 nm が高くなる傾向が認められ、ミオイノシトールの添加効果が確認できた。

また、図 2 に示したように、ミオイノシトールを添加した場合及び酵母エキスの添加に比べ、O.D. 660 nm が生揚

醤油を添加した場合は O.D. 660 nm が 8 倍以上高く、醤油乳酸菌の培養において、生揚醤油の添加効果が最も高いことが認められた。

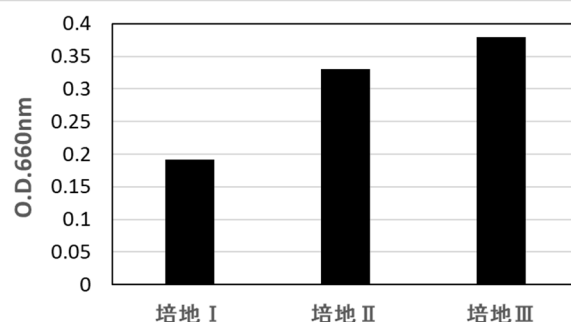


図1 ミオイノシトールの添加効果

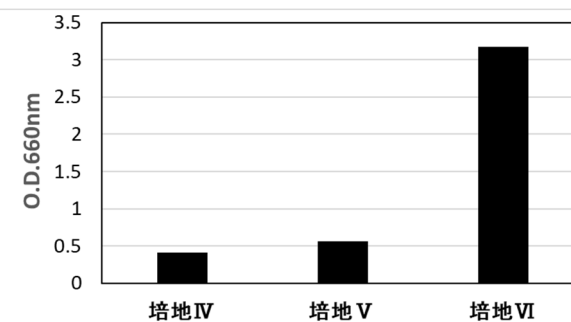


図2 生揚醤油の添加効果

現在、配布乳酸菌の培養は、食塩 12%、生揚醤油 20%、ぶどう糖 2%、リン酸水素二カリウム 0.5% 及び酵母エキス 0.3% の培地で行っており、その培養液出荷時の生菌数は 10^8 乗後半である。一方、2. 3 で検討した結果、その生菌数は 1.8×10^9 であり、酵母エキスを添加した培地と同等以上の生菌数の培養液が得られた。

酵母エキスは業務用で 10 kg が最小購入単位であり、賞味期限が 10 ヶ月程度であるため期限内の使用が難しい。酵母エキスを原材料から除くことは、醤油乳酸菌の製造コスト削減に効果があると考えられる。

4 結言

醤油乳酸菌の製造コストを削減するため培地成分に関

する検討を行った。培地にミオイノシトールを添加した場合、乳酸菌の生菌数が高まる傾向が認められたが、生揚醤油を添加した方がかなり効果が高かった。酵母エキスを添加していない培地においても、同等の生菌数が得られており、原材料から酵母エキスを除いた場合、乳酸菌の製造コスト削減に寄与できると考えられた。

参考文献

1) 岡崎賢志, 藤井 浩子: 醤油酵母培養における生揚醤油の添加効果 (第1報), 香川県産業技術センター研究報告, 24, pp73-74 (2023)

2) 加藤 照: 醤油中の耐塩性酵母の増殖促進物質に関する研究 (4), 愛知県食品工業技術センター年報, pp34, 22-28 (1994)

脱脂大豆を醤油粕に代替した醤油醸造の可能性検証

富本 和也

醤油粕を脱脂大豆の代替とした醤油醸造の可能性を検証した。その結果、麴の酵素活性測定では醤油粕代替により、対照となる通常（脱脂大豆非代替）の醤油と比べて酸性カルボキシペプチダーゼ活性の上昇とグルタミナーゼ活性の低下が確認された。醸造した醤油の成分分析では、通常醤油と比べて全窒素・グルタミン酸・直接還元糖・酢酸の低下を認めた。一方官能評価試験では、通常醤油と醤油粕代替醤油との間に有意な品質の差は認められなかった。以上の結果より、醤油粕を脱脂大豆に代替した醤油醸造が可能であることが示唆された。

1 緒言

香川県は 2023 年都道府県別「しょうゆ出荷数量合計」で第 5 位（36,253 kL・国内シェア 5.31%）¹⁾であり、醤油は本県を代表する特産品である。さらに県産醤油の半分以上は小豆島において生産されており²⁾、醤油製造業は経済的・歴史的に同島における重要な産業であることから、その生産性向上は小豆島・香川県の産業振興に資するものである。

醤油諸味は圧搾によって固液分離が行われ、生揚醤油と醤油粕となる。醤油粕は醤油の 8% (w/v) 程度生じるとされており³⁾、先述の香川県における醤油出荷量を生産量とみなして単純計算すると、2023 年にはおよそ 2,900 t が発生したことになる。

醤油粕は、かつてはほとんどが焼却・海洋投棄等により廃棄処分されてきたが、2000 年に食品リサイクル法が施行されて以降全国的に再利用が進んでいる⁴⁾。その用途としては、家畜飼料・肥料としての利用が主であるが、最近では機能性成分（例：セラミド⁵⁾）の抽出にも用いられている。しかし、家畜飼料としての利用は輸入飼料の価格が高い時には需要が高まるが、安い時は低くなるため需給が安定せず、肥料としては塩害が問題となるため大量施肥は難しい（塩害を避けるため醤油粕の洗浄を行えば、水溶性養分の喪失・廃液の発生といった問題が発生し、かつ余計なコストがかかる）。機能性成分抽出の用途は、まだまだ限定的である。また醤油粕をそのまま食品とすることは、粕中に大量に含まれる水に不溶なアミノ酸・チロシンによる強い苦味があるため困難であり、また異物混入も問題になる（醤油においては圧搾の過程で大半の異物は除去されるが、逆に醤油粕にはそれらが濃縮されている）。特に、中小メーカーでは醤油の原料である小麦の焙煎に砂を使用することがあり、この場合醤油粕を飼料またはそのまま食品として利用することは不可能である。このように、安定的かつある程度まとまった量を活用できる醤油粕再利用方法が求められている。

醤油粕を「醤油醸造における未消化の大豆・小麦、および絞り切れなかった醤油の混合物」とみなした場合、食品製造への利用法として合理的なのは醤油醸造への再利用である。そこで、本研究では脱脂大豆の一部を醤油粕に代替して醤油醸造が可能であるかどうかを検証した。

2 実験材料および方法

2. 1 醤油小仕込み材料

主なものを表 1 に示した。

表 1 醤油小仕込みの主な材料およびその名称（供給元）

材料	名称
脱脂大豆	なし（互明商事）
麴麦	こいくち用 B（こうじ麦製造）
醤油粕	なし（金大醤油）
種麴	旨味（醤油作り用）（粧屋三左衛門）
食塩	ナイカイ食塩（ナイカイ塩業）
醤油乳酸菌	<i>Tetragenococcus halophilus</i> NBRC 12172（製品評価技術基盤機構）
醤油酵母	<i>Zygosaccharomyces rouxii</i> NBRC 110957（同上）

供給元の法人種別は省略。互明商事は製造元ではなく、販売代理店である。

2. 2 醤油の試作方法

伝統的な本醸造濃口醤油の配合、すなわち大豆：小麦：23% (w/v) 食塩水を体積比 5：5：12 とした。これを重量換算した具体的な配合比は表 2 のとおりで、脱脂大豆の 10～50% 醤油粕に代替した。散水脱脂大豆・散水醤油粕を 135℃・5 分間オートクレーブで蒸煮し、低温室で放置して室温まで冷却した。

蒸煮脱脂大豆・蒸煮醤油粕・麴麦・種麴をフードプロセッサーで混合し、不織布を敷いた約 20×30 cm の長方形のかごに厚さ数 cm に盛り込んだ。相対湿度ほぼ 100% を維持し、30℃ で 24 時間、その後 25℃ で 21 時間静置した（手入れは行わなかった）。

出来上がった麴を酵素活性測定用（後述）に少量サンプリングし、その残余を 2 等分してそれぞれ 450 mL 容ガラスビン（蓋にピンホールを開けたもの）に移した。ここに 23% 食塩水を注ぎ、乳酸菌用醤油培地（20% 生揚醤油・12% 塩化ナトリウム・2% グルコース・0.5% リン酸水素二カリウム・0.3% 酵母エキス・水酸化ナトリウム溶液にて pH 7.2 とする）で 30℃・1 週間静置培養した乳酸菌培養液 0.5 mL を加え、15℃・20 日間発酵させた（仕込み 7 日後・14 日後に攪拌）。さらに、28℃・7 日間発酵させた後、諸味 pH を確認して pH 5.0～5.1

となるように、10 M 水酸化ナトリウム溶液（食添）を加えて調節した。その後、酵母用醤油培地（5.72%生揚醤油・14%塩化ナトリウム・2%グルコース・0.1%リン酸水素二カリウム）で 30℃・3 日間振盪培養した醤油酵母培養液 0.5 mL を加え、28℃で約 4 カ月間発酵させた（原則週 2 回攪拌して産膜の発生を予防した）。その後、2 つのビンの諸味を合併して遠心分離・その上清のろ過により固液分離を行い、液汁を生揚醤油とした。

表 2 醤油小仕込み配合

醤油粕代替率 (%)	原料 (g)				
	140% 散水 脱脂大豆	47% 散水 醤油粕	麴麦	種麴	23% 食塩水
0	120	0	62.5	0.25	230
10	108	12			
20	96	24			
30	84	36			
40	72	48			
50	60	60			

脱脂大豆・醤油粕の水分は実測値でそれぞれ 10%・45%であった。これを考慮し、散水後の含水率が同一となるように醤油粕の散水率を決定した。実際の仕込みでは醤油粕中の塩分も考慮し、食塩水濃度を調節した。この表の値は 1 仕込み分であり、実際の製麴は 3 仕込み分の量で行った。

2. 3 酵素活性測定

各醤油麴に 5 mL/g の酵素抽出バッファー（10 mM リン酸・0.5% NaCl・pH 7.0）を加え、15℃で 3 時間振盪して抽出液を得、それらを遠心分離した上清を試料とした。グルタミナーゼ以外の酵素は、醸造分析キットで活性測定を行った。具体的には、 α -アミラーゼ・酸性カルボキシペプチダーゼはキッコーマン製、酸性プロテアーゼはペプチド研究所製のものを使用した。グルタミナーゼは、伊藤の方法⁶⁾を一部改変した方法で基質（L-グルタミン）と試料を反応させ、反応の結果生じたグルタミン酸をヤマサ醤油製 L-グルタミン酸測定キット「ヤマサ」NEO で活性測定を行った。

2. 4 醤油の分析

各生揚醤油の pH・色度・塩分・無塩可溶性固形分・全窒素・グルタミン酸・エタノール・直接還元糖について、グルタミン酸以外は定法により、グルタミン酸は L-グルタミン酸測定キット「ヤマサ」NEO により分析した。

有機酸は、0.55% (v/v) 過塩素酸水溶液で 10 倍希釈した生揚醤油を試料とし、BTB-ポストカラム法（内部標準なし）で分析した。カラムはレゾナック製 Shodex Rspak KC-811 (8 mm i.d. × 300) を 2 本接続したものを、移動相は 3 mM 過塩素酸を、反応液は 0.2 mM BTB・15 mM リン酸水素二ナトリウム・2 mM 水酸化ナトリウムを使用した。移動相の流速 0.8 mL/分、同反応液 0.4 mL/分、カラム温度 60℃、希釈試料量 10 μ L、検出波長 445 nm の各条件で有機酸の分離・検出を行った。定量は、各有機酸標準液の分析結果に基づいて行った。

2. 5 官能評価

香川県産業技術センター発酵食品研究所および同センター食品研究所の職員 18 名（男性 9 名・女性 9 名）の他、県内外の食品製造事業者・大学職員等（男性 7 名・女性 5 名）の計 30 名（男性 16 名・女性 14 名、20～60 歳代）のパネリストに対し、脱脂大豆醤油粕代替率 0%（醤油粕不使用）の生揚醤油を対照区として、代替率 10～50% の生揚醤油を試験区として香気・味に差異があるか否かを、「ある」「ない」の 2 択で質問した。また、対照区醤油の香気・味をそれぞれ 3 点とした際の、試験区醤油のそれらについて 1～5 点の 5 段階相対評価で質問した（値が小さいほど高評価）。

なお、試験区醤油中に対象区醤油 1 点を試験区という名目で混入させ、この対照区に対し「香気・味の評価点で 3 点以外を付けたパネリスト」はその回答を無効とした。ただし、香気・味の評価はそれぞれ独立したものとみなし、「片方の評価のみ有効」とすることを是とした。

3 結果および考察

3. 1 醤油粕代替麴の酵素活性

醤油粕代替麴の各酵素活性は、表 3 に示した。 α -アミラーゼ活性は醤油粕添加により段階的に低下したが、一般に醤油醸造では同酵素活性は十分である⁷⁾とされているので、この程度の低下は問題にならないと思われる。一方、酸性カルボキシペプチダーゼ活性は醤油粕添加によって段階的に活性が上昇した。醤油粕添加量が増えるに従い、麴菌の破精回りが明らかに悪くなっていた（菌体量が少なくなっていた）ので、意外な結果である。

グルタミナーゼは α -アミラーゼと同様に、脱脂大豆の醤油粕代替によって段階的に活性が低下した上、低下幅も大きかった（50%代替区では対照区の半分以下）。

表 3 醤油粕代替麴の各酵素活性

醤油粕代替率 (%)	AA	AP	ACP	GA
0	1900	4940	18000	0.648
10	1810 (0.95)	4950 (1.00)	20000 (1.11)	0.526 (0.81)
20	1850 (0.97)	3840 (0.78)	20000 (1.11)	0.440 (0.68)
30	1680 (0.89)	5970 (1.21)	22700 (1.26)	0.418 (0.64)
40	1620 (0.85)	5770 (1.17)	24600 (1.37)	0.356 (0.55)
50	1430 (0.75)	5160 (1.04)	24500 (1.36)	0.284 (0.44)

各酵素名は略称で表記（AA： α -アミラーゼ・AP：酸性プロテアーゼ・ACP：酸性カルボキシペプチダーゼ・GA：グルタミナーゼ）。単位はいずれも「Unit/g 麴」。カッコ内の値は、対照区である醤油粕代替率 0% の麴に対する相対活性。1 Unit の定義は、グルタミナーゼ以外は国税庁所定分析法、グルタミナーゼは「本分析条件において、L-グルタミンを基質として 1 分あたり 1 μ mol の L-グルタミン酸を生じさせる酵素活性」。

酸性プロテアーゼ活性には、醤油粕代替による明確な用量依存的効果は見られず、変動幅も比較的小さかった（用量依存的効果とは、投与・添加されるモノの量・濃度に相関または逆相関して、実験対象のある指標が変動することであり、ここでは、「醤油粕の代替率を高めるにつれ、酵素活性が段階的に低下または上昇する傾向」を指す）。

菌体量が少なくなると基本的に酵素生産量も減少してゆくはずであるが、酸性プロテアーゼはあまりその影響を受けず、酸性カルボキシペプチダーゼは逆に生産量が増加した。これらの酵素は、酵素生産を増加させる他の要因（例えば醤油粕に含まれる塩分による浸透圧の上昇）により、菌体量減少と拮抗して、あるいはそれを上回って、生産される量が増加したものと思われる。

3. 2 醤油粕代替醤油の色調・成分

醤油粕代替醤油の pH・色調・成分は、表 4-1～3 に示した。

表 4-1 醤油粕代替醤油の pH・色調・成分

醤油粕代替率 (%)	pH	色度	塩分 % (wt/v)	無塩可溶性固形分 % (wt/v)
0	4.75	19	15.2	19.3
10	4.78	19	15.2	19.1 (0.99)
20	4.77	19	15.2	18.2 (0.94)
30	4.74	20	15.2	18.0 (0.93)
40	4.79	19	15.2	17.5 (0.91)
50	4.74	20	15.1	16.9 (0.88)

カッコ内の値は、対照区である醤油粕代替率 0%の醤油に対する相対値（表 4-2・3 も同様）

表 4-2 醤油粕代替醤油の成分

醤油粕代替率 (%)	全窒素 % (wt/v)	グルタミン酸 % (wt/v)	直接還元糖 % (wt/v)	エタノール % (v/v)
0	1.65	0.861	2.04	1.30
10	1.63 (0.99)	0.867 (1.01)	1.94 (0.95)	1.35 (1.04)
20	1.56 (0.95)	0.780 (0.91)	1.77 (0.87)	1.36 (1.05)
30	1.52 (0.92)	0.754 (0.88)	1.70 (0.83)	1.53 (1.18)
40	1.46 (0.88)	0.727 (0.84)	1.58 (0.77)	1.43 (1.10)
50	1.39 (0.84)	0.657 (0.76)	1.45 (0.71)	1.44 (1.11)

表 4-3 醤油粕代替醤油の有機酸

醤油粕代替率 (%)	乳酸 % (wt/v)	酢酸 (mg/L)	クエン酸 (mg/L)	リンゴ酸 (mg/L)
0	1.74	1940	118	1410
10	1.88 (1.08)	1460 (0.75)	122 (1.03)	718 (0.51)
20	1.57 (0.90)	1030 (0.53)	93.7 (0.79)	645 (0.46)
30	1.58 (0.90)	1150 (0.59)	110 (0.93)	631 (0.45)
40	1.52 (0.87)	787 (0.41)	101 (0.86)	671 (0.48)
50	1.48 (0.85)	661 (0.34)	113 (0.95)	573 (0.41)

pH・色度・塩分はいずれの醤油でもほとんど違いはなかった（表 4-1）。

無塩可溶性固形分・全窒素・グルタミン酸・直接還元糖では、脱脂大豆の醤油粕代替による用量依存的効果が見られた（表 4-1・2）。醤油粕代替率 0%の醤油に対する相対値において、無塩可溶性固形分・全窒素はほぼ同値となったことから、これらは単純に利用可能窒素分の減少を反映していると考えられる。一方、醤油の主要な旨味成分であるグルタミン酸の低下幅はそれよりも大きかったが、これは醤油粕代替麹における顕著なグルタミナーゼ活性低下（表 3）を反映しているものと思われる。しかし、無塩可溶性固形分・全窒素は醤油粕代替で低下したものの、50%代替区でも対照区の 85%程度の値を維持しており、その影響は予想よりも小さかった。これは、醤油粕中には麹の酵素で分解可能なタンパク質がまだ相当量含有されていることを示唆する。また、醤油粕には絞り切れなかった醤油が相当量含まれている。本研究で用いた醤油粕の水分は 45%であったので、この醤油粕に含まれる醤油の可溶性固形分を 37%、密度を 1.17 g/mL と仮定すると、この醤油粕 41 g（代替率 50%における 1 仕込み当たりの使用量）には約 23 mL の醤油が含まれている計算になり、これは仕込み水の約 12%に相当する。醤油粕を仕込みに使用することで「再仕込み醤油造り」に近い効果が生まれ、限定的ではあろうがこれも脱脂大豆の不足を一定程度補ったものと考えられる。しかし、醤油粕代替醤油の味は大豆タンパク質の不足により、悪化していることが予想された。

直接還元糖の低下幅はグルタミン酸のそれよりも大きかった。醤油諸味の糖は一般に小麦に由来すると考えられているが、脱脂大豆もある程度の役割は果たしていると考えられた。

エタノールは、醤油粕代替によってわずかであるが増加する傾向が見られた。醤油粕（に含まれる醤油）に元々含まれていたエタノールは微量であり、また製麹前の蒸煮・冷却の過程でほとんど揮散してしまったものと思われるため、この理由は明確でないが、醤油粕中に酵母の発酵を促進する何らかの成分が含まれている可能性も考えられた。なお、前述の直接還元糖の減

少は酵母が糖をエタノールに分解したためであると考えられるが、それだけでは説明できない減少量であった。

各有機酸について、乳酸は醤油粕代替によってほぼ用量依存的に減少したが、その幅は比較的小さかった（表 4-3）。醤油中の乳酸はそのほとんどが乳酸菌によって生産されたものであることから、醤油粕代替が同菌に与える影響は小さいことが伺える。クエン酸はそもそも量が少なく、醤油粕代替による影響も小さかった。脱脂大豆には約 1.5% (w/w) と著量のクエン酸が含まれている⁸⁾ が、これらは乳酸菌により分解されて酢酸となることが知られている⁹⁾。諸味初期ではクエン酸濃度には差があった（高代替率のものほど濃度が低かった）ものの、乳酸菌がほとんど酢酸に分解した結果、醤油では差がなくなったものと思われる。同じ理由により、酢酸は醤油粕代替によってほぼ用量依存的かつ大幅に減少したものと考えられる。なお、醤油において酢酸はオフフレーバー（不快な酸臭）と捉えられ、これが低い醤油は官能評価が高い傾向にあることが報告されている¹⁰⁾。一方、リンゴ酸はわずか 10% の醤油粕代替で大幅に減少するものの、代替率がそれ以上に高まってもあまり影響は受けなかった。原料中のリンゴ酸はクエン酸に比べて少ないが、含まれていない訳ではない（脱脂大豆・小麦でいずれも約 0.15% (w/w)⁸⁾）ため、醤油粕の用量依存的に減少すること自体は納得できるが、前述のような極端な減少パターンを示す理由は分らなかった。

3. 3 醤油粕代替醤油の官能評価

醤油粕代替醤油の官能評価結果を、表 5-1・2 に示した。まず対照区とした通常醤油と醤油粕代替醤油の香り・味に差異があるか（両者が識別可能かどうか）、各パネリストに尋ねたところ（表 5-1）、いずれの醤油粕代替醤油も香り・味において、有意水準 5% では通常醤油との間に「差異があるとは言えない」という結果であった。ただし、統計的有意こそ認められなかったが、味の方が香りよりも統計量の値が比較的低くなっており、かつその値もほとんどが 20% 未満であった（また回答の過半数は差異が「ある」であった）ことから、各パネリストはわずかながら何らかの差異を感じ取っていた可能性は否定できない。一方点数による相対評価（表 5-2）も同様に、香り・味いずれにおいても（対照区の標準偏差を 0 と定めてもなお）有意水準 5% では「差異があるとは言えない」という結果であった。各醤油粕代替醤油の平均評価点に醤油粕の用量依存的効果も確認できないことから、両者に差異があったとしても、醤油官能評価では一般的な 5 段階評価系では検出できない程度であると考えられた。

前述のとおり醤油粕代替醤油の品質は、味においては大豆タンパク質の不足による旨味の低下が予想され（表 4-1・2）、また香りにおいては酢酸の減少による高評価が期待されたが（表 4-3）、いずれも官能評価結果に影響があるとは言えなかった。

表 5-1 醤油粕代替醤油の官能評価（2 点識別）

醤油粕代替率 (%)	対照区との差異					
	香り			味		
	ある	ない	P ^x	ある	ない	P ^x
10	7	9	77.3	7	4	16.1
20	9	7	40.2	8	3	11.3
30	5	11	96.2	7	4	16.1
40	7	9	77.3	7	4	16.1
50	10	6	22.7	6	5	22.6

対照区は醤油粕代替率 0% の醤油。「ある」「ない」はどのように回答したパネリストの人数。P^x 値はカイ二乗検定統計量（片側。単位は%）。なお、本解析は「P 値が高くなる（有意差が付かない）こと」を期待するものであるため、多重比較解析による P 値の上方補正はあえて行わなかった。

表 5-2 醤油粕代替醤油の官能評価（評価点）

醤油粕代替率 (%)	評価点					
	香り			味		
	平均	標準偏差	P ^t	平均	標準偏差	P ^t
0	3.00	0.00	—	3.00	0.00	—
10	3.13	0.66	49.7	2.83	0.67	44.1
20	3.00	0.70	100.0	2.92	0.74	72.4
30	3.12	0.39	33.3	2.92	0.60	67.6
40	3.12	0.53	43.2	3.17	0.62	44.1
50	2.76	0.70	26.1	2.92	0.74	72.4

対照区を 3 点とした場合の相対評価（値が低いほど高評価）。よって、対照区は無条件で 3 点・標準偏差 0 とした。P^t 値はウェルチの t 検定統計量（両側。単位は%）。多重比較解析に対する姿勢は、表 5-1 と同様。

4 結言

脱脂大豆の代替として醤油粕を用いて醤油醸造を行うことは、その代替率が少なくとも 50% までは可能であることが、麴酵素活性・醤油成分分析・官能評価から示唆された。これは新たな醤油粕活用方法として期待されるものであるが、一般小売り向け商品としては原材料表示により消費者に対し悪印象を持たれる可能性がある。一方、業務用品であれば品質と価格次第で十分販売を見込めるものと思われる。

当然のことであるが、醤油粕代替醤油からも副産物として醤油粕は発生する。この醤油粕の利用可能性について本研究では検証していないが、再利用を繰り返すとその品質が段階的に劣化してゆくことは自明である。よって、「醤油粕代替醤油粕」のさらなる利用は行わずに、一般的な再利用・処分法に従って処理するのが適当であろうと思われる。

また、今回の実験では圧搾直後の新鮮な醤油粕を使用した。得られてから常温で長期間放置された醤油

粕は耐塩性の産膜酵母・雑菌等の繁殖により異臭を放つようになる。そうなると官能的に問題があるに止まらず、(製麹前に蒸煮するにしても)食品としての安全性に不安を生じる。醤油粕を醤油製造に用いるに際しては、圧搾直後のものを使用する、冷蔵保管する等の適切な管理が必要になると考えられる。

謝辞

本研究において、製成した醤油の pH・色度・一般成分(グルタミン酸・有機酸以外)の分析を実施して下さった香川県産業技術センター発酵食品研究所の大谷尚美会計年度任用職員、有機酸分析・同センター食品研究所における官能評価試験を実施して下さった同所の藤川護主席研究員、同じく官能評価試験を実施して下さった食品研究所の松岡博美主任研究員、およびパネリストとして官能評価試験にご協力いただいた食品研究所・発酵食品研究所・県内外の食品製造事業者・大学職員等 30 名の方々に、深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) しょうゆ情報センター：「統計資料ダウンロード」のウェブページ，
<https://www.soyssauce.or.jp/statistical-data>
(検索日：2025. 3. 14)

- 2) 香川県商工労働部経営支援課：平成 24 年香川県特定地場産品調査結果報告書 (2012)。
- 3) 新潟県醤油共同組合連合会：醤油工場が排出する産業廃棄物の適正処理に関するビジョン (1999)。
- 4) しょうゆ情報センター：「廃棄物対策」のウェブページ，
<https://www.soyssauce.or.jp/environment/disposal> (検索日：2025. 3. 14)
- 5) 福岡県リサイクル総合研究事業化センター：醤油粕からの天然ヒト型セラミド生産の実証研究，平成 26 年度研究成果発表会 (2014)，
https://www.recycle-ken.or.jp/files/public/SeminarDetail/0/SeminarDetail_352_file.pdf
- 6) 伊藤考太郎：しょうゆのうま味成分であるグルタミン酸生成に寄与する黄麹菌由来のグルタミナーゼに関する研究，東京大学博士論文 (2016)。
- 7) 枥倉辰太郎 (編著)：新增補 醤油の科学と技術，p. 183 (2012)。
- 8) 枥倉辰太郎 (編著)：新增補 醤油の科学と技術，p. 284 (2012)。
- 9) 水沼武二：醤油醸造微生物学の進歩(3)，日本醸造協会誌，Vol. 80, No. 1, pp. 29-36 (1985)。
- 10) 北海道立総合研究機構 第 1 期成果集，pp. 24-25 (2015)。

食品製造工場で発生する出汁がらの利用について

尾路 一幸

食品製造工場において発生する出汁がらについては、保存性の悪さや有用な特徴の乏しさから利用が進んでいない。そこで、保存性向上のための乾燥条件の検討、具体的にはマイクロ波照射の併用による有効性を検討した。併せて鰹節出汁がらの有用な特性として、長命草等の苦味を有する素材に対して苦味抑制効果を有することを、味覚センサーを用いて確認した。

1 緒言

食品製造において出汁は重要な素材の一つであるが、自社で鰹節や昆布から出汁を取った場合、副生物として出汁がらが発生する。生じた出汁がらについては、一部が肥飼料として利用されるものの、多くは食品素材として利用されことなく廃棄されており、廃棄コストを要するだけでなくSDGsの観点からも好ましくない。

旨味成分は出汁に移行しているが、出汁がらには、タンパク質、無機成分等が相当量残存しており食品素材としての利用について多くの報告がなされている^{1, 2)}。しかしながら食品素材としての利用については、一般家庭向けでは調味料を加えて佃煮・ふりかけ等にする方法が広く紹介されている³⁾が、工場レベルでは出汁がらの保存性が悪く、出汁がらの発生量と素材としての必要量のギャップが生じるため利用困難とされている。

そこで今回、出汁がらの簡便な保存性向上について検討した。

更に出汁がらに何らかの特性があれば利用可能性は拡大すると考えられるが、鰹節出汁がらにゴーヤの苦味低減効果があることが報告されており、ゴーヤの苦味成分(モモルディシン等)が出汁がらに吸着することで苦味が抑制されるとしている⁴⁾。

また小豆郡内の食品産業が活用を検討してきた素材の一つとして長命草がある。長命草は様々な有用性を持つとされるが^{5, 6)}、苦味を有することが欠点とされている。もし出汁がらにより長命草の苦味を抑制できれば、長命草の利用拡大に繋がるだけでなく、出汁がらの有用な特性として利用可能性の向上が期待できる。

今回は、長命草に対して、若しくはその他苦味を有する幾つかの食品に対して、鰹節出汁がらの効果を検討したので、合わせて報告する。

2 実験方法

2. 1 試料

鰹節出汁がらは、小豆郡内の食品企業より入手した。昆布出汁がらは、市販乾燥昆布を水に30分間浸漬した後沸騰直前まで加熱したものをを用いた。

長命草は市販品(長命草粉末：(株)高橋商店)を購入し試験に供した。その他苦味を有する素材としてゴーヤ、ピーマンは市販の生鮮品を、茶は市販の粉末茶を購入し試験に供した。

2. 2 保存性の向上について

鰹節出汁がら 15 g 又は昆布出汁がら 10 g をガラスシ

ャーレに取り 60℃または 115℃での熱風乾燥を行った。これに加え 60℃熱風乾燥に家庭用電子レンジによる 30 分毎 15 秒間のマイクロ波(以下MW)照射を併用したMW照射区も設けた。

試料重量を経時的に測定し、重量減少を試料中の水分減少とみなした。

2. 2 苦味抑制効果の検討

水に対して 2%、5%及び 10%の長命草粉末を懸濁し、1 時間後、遠心分離及びろ過したものを 2%、5%及び 10% 長命草抽出液とした。これに鰹節出汁がらを 115℃で 120 分加熱乾燥後に粉碎したものを所定量加え懸濁、30 分後上清をろ過したものについて、味覚センサーを用いて苦味への影響を評価した。同様にゴーヤ、ピーマンは生鮮のものをを用い可食部を3倍量の水を加えミキサーで懸濁、遠心分離及びろ過したものをゴーヤ抽出液、ピーマン抽出液とし、粉末茶は水に 2%を懸濁、ろ過したものを茶抽出液とし、同様に評価した。

2. 3 味覚センサー測定

味覚センサー(味認識装置 SA402B、(株)インテリジェントセンサーテクノロジー)を用いて抽出液の味覚特性を測定した。センサーは「C00(苦味)」と「AE1(渋味)」を使用した。味覚センサーにおいては、試料液にセンサーを浸漬し、食品を口に含んだ瞬間の「先味」と飲み込んだ後の「後味」を評価した。試料液と基準液(30 mM KCl, 0.3 mM 酒石酸)との電位差が「先味」、その後センサーを基準液で軽く洗浄し、基準液に浸漬して再度測定したときの電位差を後味とした。得られた電位データを装置に付属したソフトウェアで処理して各味の強度(ヒトは呈味物質に 1.2 倍の濃度差がないと識別できない為、1.2 倍の濃度差を味の 1 単位とする⁷⁾)として表し評価した。

3 結果及び考察

3. 1 保存性の向上について

出汁がらの簡便な保存性向上方法として熱風乾燥を行った結果を図 1、図 2 に示す。処理温度により乾燥速度は異なり、115℃処理では鰹節は 120 分、昆布は 90 分で重量減少は僅かとなり水分量 0%と推定されたが、60℃処理では 180 分時点でも重量減少は続いていた。

保存性を考慮し元の鰹節や乾燥昆布の水分量を目標値と考え、一般的な鰹節の水分量は 15%、乾燥昆布の水分量は 10~13%である⁸⁾から、115℃処理の場合、鰹節出汁がらでは約 60 分、昆布出汁がらでは約 45 分を要し、また 60℃処理の場合、鰹節出汁がらは約 165 分、昆布出

汁がらは約 135 分と 115℃処理の 3 倍程度の時間を要した。

また鰹節出汁がらは副生時に塊状となりやすく、また昆布出汁がらは厚みがあるため、60℃加熱では乾燥ムラ（肉眼観察による）が見られ、保存性向上を目的とした場合、更に時間を要すると思われた。

これに対してMW照射を併用（30 分ごとに 15 秒）したところ、乾燥速度の向上が見られ、さらに塊内部の乾燥ムラも見られず、MW併用が乾燥速度向上に有効であることが示された。

本検討においてMW照射は極めて短時間（例えば全体で 120 分ならMW照射は 4 回で照射時間は計 1 分）であり、照射条件（照射頻度・照射時間）の検討により更なる効率化が期待された。

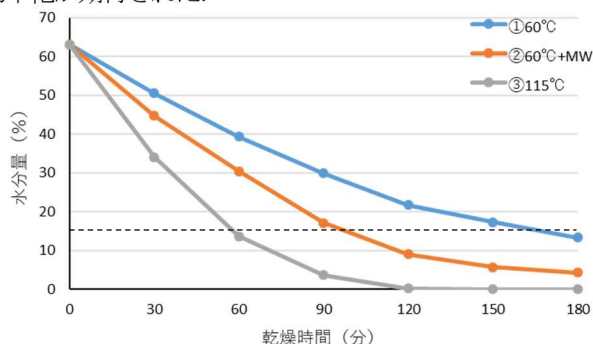


図 1 乾燥条件と水分量（鰹節出汁がら）

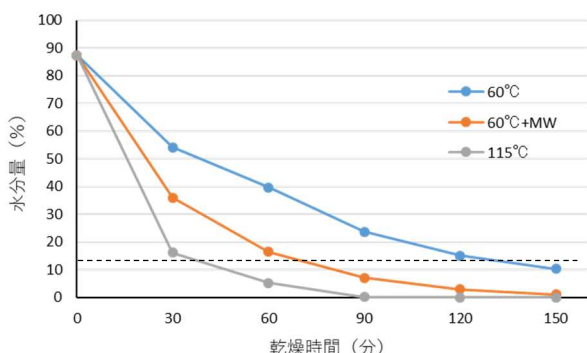


図 2 乾燥条件と水分量（昆布出汁がら）

3. 2 苦味抑制効果の検討

まず長命草の濃度が味に及ぼす影響として、長命草粉末 2%, 5%, 10%懸濁液から調整した長命草抽出液の味覚センサーによる味覚強度を図 3 に示す。

長命草の場合、苦味(先味)、渋味(先味)ともに高い値を示し、また濃度が高くなるほど味の強度も高くなる(よ

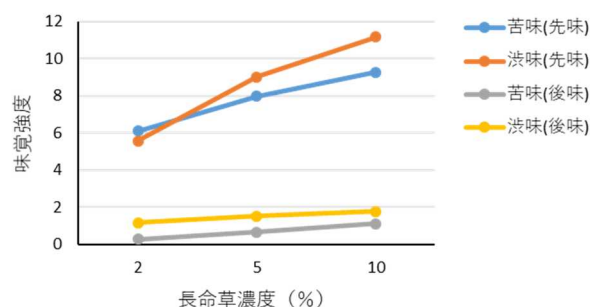


図 3 長命草濃度と味覚強度の関係（基準液を 0 とした相対値）

り苦い、より渋い)との結果となった。また苦味(後味)、渋味(後味)についても先味と比較して味強度の値は低いものの同様の傾向を示した。

次に、鰹節出汁がらによる苦味抑制効果として、10%長命草抽出液に、鰹節出汁がら粉碎物を 1%または 5%加えたものの味覚センサーによる味強度を図 4 に示す。

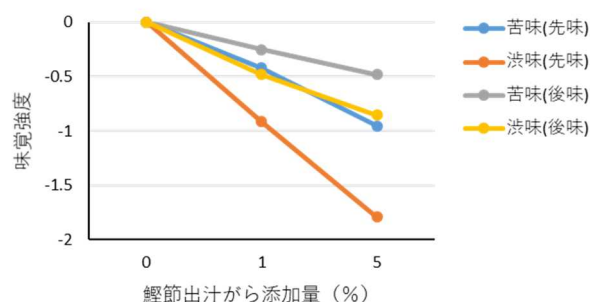


図 4 鰹節出汁がら添加量と味覚強度の関係（無添加のものを 0 とした相対値）

鰹節出汁がらの添加により、苦味・渋味ともに味強度が低下した。1%の添加で苦味 0.5、渋味 1 の低下、5%の添加では苦味 1、渋味 2 の低下であり、味強度に 1 単位差があればヒトは識別可能とされるため、鰹節出汁がらの添加により苦味及び渋味の抑制効果が期待できることが示唆された。

その他の苦味(或いは渋味)を有する野菜等（ゴーヤ、ピーマン、茶）に対しての苦味抑制効果についても検討した。それぞれの抽出液に鰹節出汁がら粉碎物を 5%加えたものの味覚センサーによる味強度を図 5、図 6 に示す。

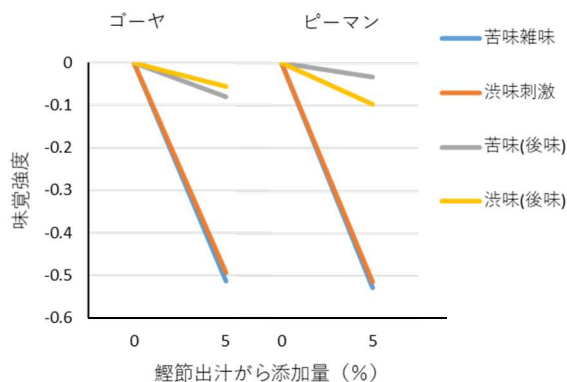


図 5 ゴーヤ及びピーマンでの効果（無添加のものを 0 とした相対値）

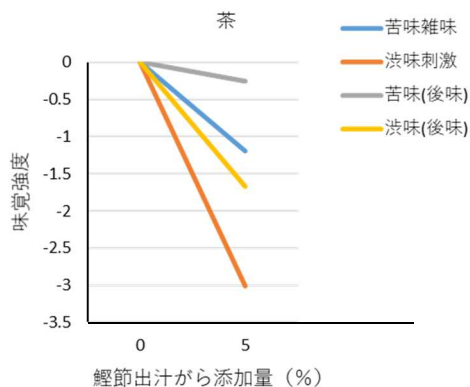


図 6 茶での効果（無添加のものを 0 とした相対値）

鰹節無添加の場合（野菜等の抽出液のみの場合）の苦味・渋味の強度はそれぞれ異なる（ピーマンは苦味が大きく、茶は渋味が大きい）ものの、何れも鰹節出汁がらの添加により、苦味・渋味ともに味強度が低下した。今回の条件ではゴーヤ及びピーマンは0.5程度の低下に止まりやや効果は小さいものの、例えばゴーヤの場合、品種により苦味・渋味は大きく異なるとされ⁹⁾ 官能的にも強い苦みを感じなかったことから試料の選択や抽出液の調整に検討が必要と考えられたが、他の野菜類に対しても同様の効果が期待できることが示唆された。

今回の検討については、苦味抑制として「苦味」「渋味」に着目し検討を行った。しかし味覚は総合的なものであり、他の条件（旨味・塩味、温度、臭い等）の影響についても検討する必要があると考えられた。特に官能評価との相関等を検討する必要があると考えられた。

4 結言

鰹節や昆布の出汁がらの利用拡大について検討した。

出汁がらを食品素材として利用する際に課題となる保存性については、高温での加熱乾燥が有効であるが、比較的低温であってもマイクロ波の併用により乾燥効率の向上が可能であった。

味覚センサーを用いた評価により、鰹節出汁がらは、苦味の抑制効果を有する可能性があり、長命草などの苦味を有する素材と併せて利用することの可能性が考えられた。

苦味に影響する様々な条件の検討や、官能評価との相関等について検討が必要と考えられた。

参考文献

- 1) 梶野美紀ら：スエヒロタケの発酵能による昆布および鰹節だしがらを用いた調味料素材の開発，日本きのこ学会誌，Vol. 22, No. 2, pp. 69-73 (2014)。
- 2) 横山定治ら：鰹節出汁粕を焼酎用白麹菌で分解して得られる調味料，醸造協会誌，Vol. 108, No. 4, pp. 253-258 (2011)。
- 3) Cookpad：https://cookpad.com/jp（検索日：2025. 3. 10）。
- 4) 前橋健二ら：かつお節によるゴーヤの苦味低減，日本食品科学工学会誌，Vol. 55, No. 4, pp. 186-190 (2008)。
- 5) 須田郁夫ら：沖縄県産果実類・野菜類のポリフェノール含量とラジカル消去活性，日本食品科学工学会誌，Vol. 52, No. 10, pp. 462-471 (2005)。
- 6) 則松亜紀子ら：与那国島産ボタンボウフウを含有する飲料摂取による下肢むくみ改善効果，日本食品科学工学会誌，Vol. 59, No. 10, pp. 509-514 (2012)。
- 7) 池崎秀和ら：味が見える味覚センサー，食品と開発，Vol. 45, No. 4, pp. 35-37 (2010)。
- 8) 日本食品標準成分表（八訂）増補2023年：文部科学省：
https://www.mext.go.jp/a_menu/syokuhinseibun/mext_00001.html（検索日：2025. 3. 10）。
- 9) 山野善正ら：沖縄県産ゴーヤのおいしさの比較，南方資源利用技術研究会誌，Vol. 28, No. 1, pp. 17-21 (2012)。

茹で麺の「なめらかさ」測定方法の検討

石井 宏志, 大谷 尚美, 立住 千賀香, 藤井 浩子, 吉岡 直美

茹で麺の「なめらかさ」について、機器測定を用いた客観的評価方法開発のため、摩擦試験による検討を行った。茹で麺は、茹で後の経過時間が長くなるほど平均摩擦係数が上昇し、測定値のばらつきも大きくなったが、測定直前に麺表面へ水をまとわせることで、平均摩擦係数の上昇とばらつきを抑えた測定が可能となった。

1 緒言

食品の食感、消費者の嗜好性や製品の品質を決定する重要な要素である。麺の場合にも、「コシがある」「もちもちしている」といった食感評価が重要な項目となっている。うどん適性評価法¹⁾における茹でうどんの官能評価では、食感に関する項目は「かたさ」「粘弾性」「なめらかさ」の3つが評価対象となっており、それぞれ10点、25点、10点と、100点満点中45点を占めている。これらの評価項目の中で麺の「かたさ」や「粘弾性」は機器測定による評価方法がある程度確立されている^{2~4)}。しかし、麺の「なめらかさ」を機器測定する方法は、検討されているものの⁵⁾、明確に確立された方法はない。

小豆島の特産品の一つに、手延べ素麺が挙げられる。手延べ製法では延ばす長さを変更することで、素麺、冷や麦、うどんをそれぞれ製麺することが可能である。島内の生産者からも、麺のなめらかさは手延べ麺の長所の一つであるという声があり、その機器測定方法を確立することができれば品質や特徴の見える化、販促の補強に貢献できると考えられる。

そこで本研究では、機器測定による客観的な麺のなめらかさ評価方法の確立に向け、県内で製造された製法の異なる2種類のうどんを対象として、クリープメータを用いた測定条件の検討及び評価を行った。

2 実験方法

2.1 試料

市販の、手打ち製法と手延べ製法のうどん（乾麺）（以下「手打ち麺」「手延べ麺」と記載）をそれぞれ用いた。手延べ麺については小豆島内の製麺所で製造されたものを選定した。

2.2 試料の調製

乾麺製品に記載の「ざるうどん」の調理方法に従って（手打ち麺：茹で時間15分、手延べ麺：茹で時間5分）茹で、ボウルに溜めた冷水で15秒の水洗い後、ザルにあげ水切りを行い、バットに1本ずつ並べ静置した。

2.3 茹で麺の物性評価

茹で麺の物性評価は、摩擦試験機クリープメータ2軸物性試験システム RE-33005B[XZ]（山電株式会社

製）を用いた摩擦試験により行った。サンドペーパー（#120）を貼付した台座に調製した試料を載せ、XZ2の治具を用い、垂直荷重0.2 N、速度5 mm/s、摺動距離30 mm、データ取込速度0.05 sとして荷重を測定し、摩擦係数を算出した。また摺動距離50 mmのうち10 mm～40 mmの区間における摩擦係数を平均化したものを平均摩擦係数とし、データは4回の測定値の平均値で表した。

2.4 統計処理

測定により得られた平均摩擦係数について、多重比較検定（Bonferroni-Dunn）は統計解析ソフト Statcel 4（有限会社オーエムエス出版製）を用い、*t*検定と*F*検定はMicrosoft Excel 2016の分析ツール（日本マイクロソフト社製）を用いて、有意差検定を行った。

3 結果と考察

3.1 時間経過による摩擦係数の変化

茹で麺の平均摩擦係数について、水洗い後の経過時間毎の測定結果を図1に示した。両麺種とも時間の経過とともに平均摩擦係数の上昇がみられ、多重比較検定を行った結果、水洗い直後と10分経過後との間で有意な差が認められた。また経過時間が長くなることで測定値のばらつきが大きくなる傾向が確認された。

このことから、茹で麺の摩擦を測定する際は厳密な時間管理と水洗い後の早急な測定が必要となることが示唆された。

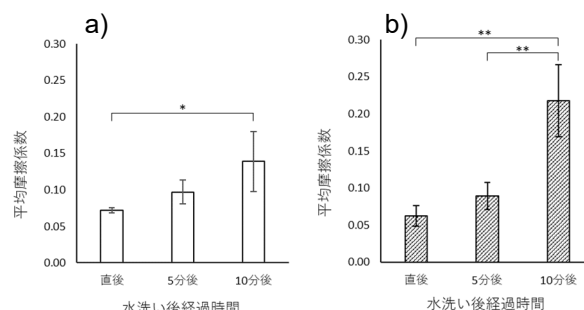


図1 時間経過による摩擦係数の変動

a: 手打ち麺, b: 手延べ麺

(**, $p < 0.01$; *, $p < 0.05$, $n=4$)

3. 2 麺表面の水分変化による平均摩擦係数の変化

時間経過による平均摩擦係数の上昇は、茹で麺を一定時間静置した際に、表面の水分が麺に吸収される、蒸発する等の要因で麺表面の水分量が減少することに由来すると推測された。そこで、一定時間経過した麺の表面に水 50 μL を滴下することで、摺動距離 15 mm 付近以降は麺表面に水分が存在している状態とし、それが麺の摩擦係数に与える影響について検討した。水洗い後 20 分経過した麺を用いて測定途中に水を滴下した測定結果の一例を図 2 に示した。比較として水洗い直後の麺を用いた測定結果も破線で示した。両麺種とも水を滴下したことによる摩擦係数の低下が確認された。

このことから、麺表面に水をまとわせた状態で測定することで、水洗い後の時間経過の影響を受けにくくなることが示唆された。

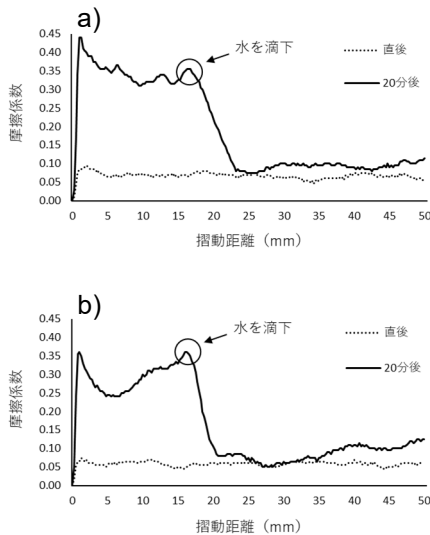


図 2 麺表面への水の滴下による摩擦係数の変化
a: 手打ち麺, b: 手延べ麺

3. 3 水通し処理による平均摩擦係数の変化

麺表面に水分が存在することで、時間経過による平均摩擦係数の上昇を抑制できる可能性が示唆されたことから、茹で麺を水中に浸して引き上げた直後に測定に供する（以下「水通し」と記載）こととした。水通しを実施した場合と実施しない場合の平均摩擦係数を表 1 に示した。手打ち麺では 5 分経過後と 10 分経過後の両方で、手延べ麺においては 10 分経過後で、水通しの実施により t 検定、 F 検定ともに有意な差が認められ、水通しによる平均摩擦係数の低下とばらつき低減効果が確認できた。

表 1 水通し処理による平均摩擦係数への影響

麺の種類	水洗い後経過時間	水通しなし		水通しあり		t 検定 F 検定	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差		
手打ちうどん	直後	0.0721 $\pm$ 0.0037		0.0657 $\pm$ 0.0103			
	5分後	0.0973 $\pm$ 0.0162		0.0653 $\pm$ 0.0051		*	*
	10分後	0.1390 $\pm$ 0.0414		0.0628 $\pm$ 0.0013		*	**
手延べうどん	直後	0.0624 $\pm$ 0.0139		0.0544 $\pm$ 0.0132			
	5分後	0.0889 $\pm$ 0.0183		0.0563 $\pm$ 0.0082			
	10分後	0.2177 $\pm$ 0.0490		0.0630 $\pm$ 0.0081		**	**

(**, $p < 0.01$; *, $p < 0.05$, $n=4$)

次に、測定直前に茹で麺を水通しすることで、時間経過が平均摩擦係数へ与える影響をどの程度抑制可能か確認するため、水通しした茹で麺の平均摩擦係数について、水洗い後の経過時間毎の測定結果を図 3 に示した。両麺種とも水洗い直後、5 分経過後、10 分経過後の間に有意な差は認められなかった。

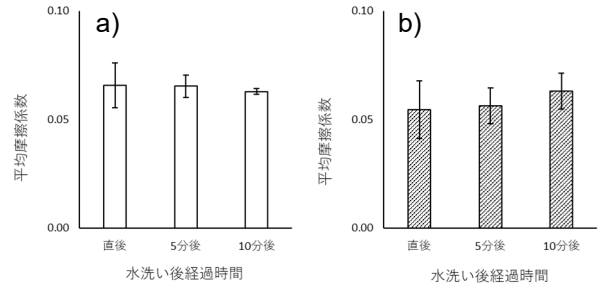


図 3 水通し処理後の平均摩擦係数
a: 手打ち, b: 手延べ

以上の結果から、測定の直前に麺を水通しすることにより、経過時間の増加による平均摩擦係数の上昇を抑制し、さらに測定値のばらつきを小さくできることが判明した。またこの方法を用いた場合、水洗い後 10 分までは時間の影響を考慮せずに測定することができる可能性が示唆された。

3. 4 手打ち麺と手延べ麺の比較

手打ち麺と手延べ麺の差を明確にするため、図 3 を整理し直し図 4 に示した。

その結果、水洗い直後、5 分経過後で手延べ麺の平均摩擦係数が低い傾向があるものの、いずれの時間で比較しても、手打ち麺と手延べ麺の平均摩擦係数に有意な差は認められなかった。

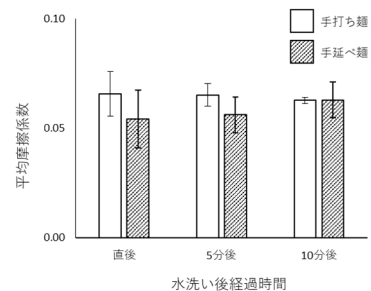


図 4 手打ち麺と手延べ麺の平均摩擦係数の比較

一方で、今回の測定に使用した両麺種の簡易な官能評価では、手延べ麺の方が手打ち麺よりなめらかであると評価した人が多かった（8人中7人）。したがって、測定の直前に水通しをすることは測定を簡便化するためには有効であるものの、それだけでは麺のなめらかさを十分に評価することができないことが判明した。

4 結言

本研究では、茹で麺表面の摩擦測定について、必ずしも厳密な時間管理を必要としない測定方法の一例を提示できた。しかし、「なめらかさ」の測定方

法を確立するためには、さらなる検討が必要であることが示唆された。今後は官能評価と相関性の高い測定方法の確立に向け、測定回数を増やした評価の実施や、麺表面のみの単一的な測定のみでなく麺の形状やかたさ、粘弾性も考慮した複合的な評価方法の検討等が必要であると考えられた。

謝辞

本研究を実施するにあたり、ご助言いただきました製麺技術研究会会員の皆様、並びに株式会社山電渡邊洋一氏に深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 食糧庁：「国産小麦のめん適性評価法」(1997)
- 2) 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)，Vol. 20, No. 2, pp. 32-39 (2006)
- 3) 島田浩基，渡邊亜沙子，喜田直孝：うどん食感の客観的評価法，日本食品工学会誌，Vol. 12, No. 4, pp. 169-172 (2011)
- 4) 佐藤幸子，多賀友子，四宮陽子：クリープ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，Vol. 61, No. 3, pp. 108-116 (2014)
- 5) 大日方洋，足立昌洋：そばの「なめらかさ」の測定・評価技術の開発，長野県工業技術総合センター研究報告，No.3，p.F9-F12 (2008).
- 6) 木下製粉株式会社：#605 手打ちうどんはなぜ捻れるのか，
<https://www.flour.co.jp/news/article/605/>
(検索日：2025.3.11)
- 7) 小田聞多：第3節 手延べと手打ちの相違，めんの本，pp. 50-51 (2013)

佃煮中の塩分と糖分の水分活性への寄与 -塩分と糖分の濃度を使用した水分活性予測式の構築-

芝山 美月, 大谷 尚美, 立住 千賀香, 藤井 浩子, 吉岡 直美

佃煮の保存性の決定に深く関わる水分活性の値を予測できる数式モデルを構築することを目的として、モデル系として海苔佃煮を様々な濃度で調製しデータを取得、重回帰分析を行い予測式を得た。予測式を使って得られた予測値と実測値との差には糖・塩分濃度ごとに傾向が見られ、 $A_w=0.8$ 付近で高い精度を持つ式であることが示唆された。実際の市販の佃煮について予測値と実測値を照らし合わせた結果、ソルビン酸の有無は予測に影響を及ぼさないことが明らかとなった。

1 緒言

近年の物価上昇の勢いは凄まじく、食品製造業者にとっても原料高騰という形で無視できない問題としてあらわれており、コスト削減の取り組みは喫緊の課題である。

佃煮製造におけるコストダウンの方法の一つとして、使用する材料の配合の見直しが挙げられる¹⁾。配合の変更を行う際に問題となるのが、佃煮の保存性に深く関わる水分活性の値である²⁾。原料費削減のために塩分・糖分濃度を低くしすぎると、水分活性の値が大きくなってしまい製品の保存性が悪化、日持ちしない商品になってしまう可能性がある²⁾。

本研究では、佃煮製造業への物価高騰対策支援として、商品設計の段階で佃煮の原材料コストと保存性(水分活性)の関係を容易にすり合わせられるようにすることを目的として、糖及び塩分の濃度から水分活性を予測可能なモデルの作成を検討した。

2 実験方法

2.1 佃煮の調製濃度の決定

水分活性測定の際のサンプリングの均一性を考慮し、モデルとして海苔佃煮を選択した。

佃煮製造時の配合例³⁾より、海苔佃煮中の塩分濃度と糖濃度を重量比から算出した。算出した値を基に、25種類の糖・塩分濃度の異なる海苔佃煮の配合比を決定した。

2.2 佃煮の調製方法

海苔佃煮は、乾燥板海苔、醤油、異性化糖、水を用いて調製した。

乾燥板海苔については、2.1で参照した配合例³⁾を基に、10 gを量り使用した。

醤油と異性化糖は、海苔の使用量10 gを算定する際に最終重量を150 gとしたことを踏まえ、同様に最終重量が150 gのとき塩分濃度と糖濃度が想定した値となるように計量した。

全ての材料をアルミ製片手鍋に量り取り、総重量が180 gになるよう水を加えガスコンロで重量が150 gになるまで加熱調理した。

2.3 水分活性の測定

水分活性については、水分活性測定器(EZ-200, フロ

イント産業株式会社)を用い、25℃で測定を行った。

2.4 重回帰分析による解析

得られた水分活性の値は、塩分の濃度と糖の濃度を説明変数、水分活性値(以下、 A_w 値)を目的変数とし、重回帰分析をExcelにより行った。危険率は5%と設定した。

3 結果と考察

調製した佃煮の糖・塩分濃度と、その水分活性の測定結果を表1に示す。塩分を0%に固定して糖濃度のみを増加させたときの水分活性の値と、糖濃度を0%に固定して塩分濃度のみを増加させたときの水分活性の値の変動を比較すると、塩分濃度を増加させた場合に、より水分活性は低下することが分かった。よって、水分活性を低下させる力は塩と糖では塩の方が強いことが示唆された。

表1 調製した佃煮の濃度と水分活性測定結果

	塩分濃度(%)				
	0	2.5	5	7.5	10
0	-	0.97	0.95	0.91	0.87
9	0.97	0.95	0.92	0.89	0.86
18	0.96	0.93	0.91	0.86	0.80
27	0.95	0.91	0.87	0.82	0.73
36	0.92	0.88	0.83	0.75	0.67

表1の水分活性測定結果の値の重回帰分析により、以下の予測式が得られた。

$$\text{予測値} = -0.01787 \times (\text{塩分濃度}) - 0.00376 \times (\text{糖濃度}) + 1.042 \quad \cdots \text{式1}$$

式1により得られた予測値を表2に示す。また、予

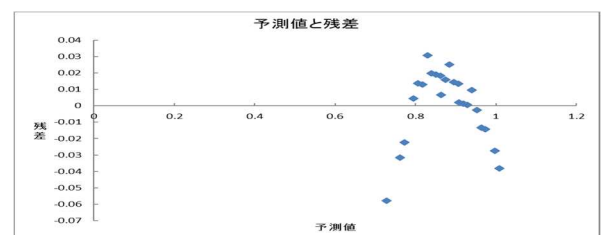


図1 予測値と残差のプロット

測値と実測値の差である残差を予測値に対してプロットしたものが図1である。

表2 Aw 値の予測結果

実測値	予測値	残差(実測値-予測値)
0.97	1.01	-0.04
0.96	0.97	-0.01
0.95	0.94	0.01
0.92	0.91	0.01
0.97	1.00	-0.03
0.95	0.96	-0.01
0.93	0.93	0.00
0.91	0.90	0.01
0.88	0.86	0.02
0.95	0.95	-0.00
0.92	0.92	0.00
0.91	0.88	0.03
0.87	0.85	0.02
0.83	0.82	0.01
0.91	0.91	0.00
0.89	0.87	0.02
0.86	0.84	0.02
0.82	0.81	0.01
0.75	0.77	-0.02
0.87	0.86	0.01
0.86	0.83	0.03
0.80	0.80	0.00
0.73	0.76	-0.03
0.67	0.73	-0.06

図1に示すとおり、Aw 値の範囲によって実測値と予測値にずれが生じることが分かった(表3)。

表3 Aw 値の範囲による実測値と予測値のずれの傾向

Aw 値の範囲	傾向
Aw≤0.8	実測値<予測値
0.8≤Aw≤0.95	実測値>予測値
0.95≤Aw	実測値<予測値
Aw=0.8, Aw=0.95	実測値≒予測値

この4区間ごとの傾向が正しいか検証するため、調味配合の異なる佃煮を追加で調製した。調製したそれぞれの佃煮の水分活性について、実測値と、式1から予測値を求めた(表4)。その結果、追加調製した4佃煮のAw値は表3に示した実測値と予測値のずれの傾向と一致しており、Aw=0.8付近ではずれの小さい、比較的正確な予測値が得られることが確認できた。

表4 ずれの傾向との一致

名前	塩濃度 (%)	糖濃度 (%)	水分活性 (実測値)	水分活性 (予測値)	残差
A	12	30	0.67	0.71	-0.04
B	9	20	0.81	0.81	0.00
C	7	15	0.88	0.86	0.02
D	2	5	0.96	0.99	-0.03

佃煮の保存性に関して、水分活性の値は重要な意味を持っている⁴⁾。水分活性の値が0.8付近のとき、大部分の細菌、酵母、カビの発生を抑制できることが分かっており⁵⁾、食品の変敗に関わる微生物抑制の観点から、Aw=0.8付近の値を正確に予測することは重要であると言える。

また、今回はモデルとして単純な配合で調製した佃煮を測定したデータを使用しているが、一般に市販されている商品には様々な成分が配合されている。加えて実際の製造現場では、炊き上がりの目安には、本実験のような重量パーセント濃度ではなくBrix値を用いている。今回モデル佃煮に使用した食塩と糖と比較して、Brixの値が外れた数値を示すような物質が佃煮に配合されているものの中に含まれていた場合、モデル佃煮のデータから得た予測式を利用したのでは実際の水分活性値に近い値が得られない可能性がある。Brixの値をぶれさせるような物質がないか、またもし含まれていれば予測式の成分に加えるため、市販品の佃煮に含まれていると予想される物質について、重量パーセント濃度を10%に揃えた溶液のBrixを測定し、モデル佃煮に使用した成分との比較を行った。その結果を表5に示す。

表5 各調味成分10%(w/v)のBrix測定結果

成分名	Brix(%)
塩化ナトリウム	11.6
ソルビン酸カリウム	14.5
グルタミン酸ナトリウム	11.3
異性化糖	10.0
スクロース	10.0
グルコース	10.0
フルクトース	10.0
マルトースー水和物	9.6
ソルビトール	10.0

網掛け部分が今回のモデル佃煮に使用した成分である。表5によると、成分ごとに大きな差はなく、また糖の種類によってBrixの値は変動しないことが明らかとなった。他の糖に比べると低い値の出たマルトースー水和物についても、水和していることを踏まえマルトースのみで重量パーセント濃度が10%になるよう調製した溶液では他と同じくBrixの値は10%を示し

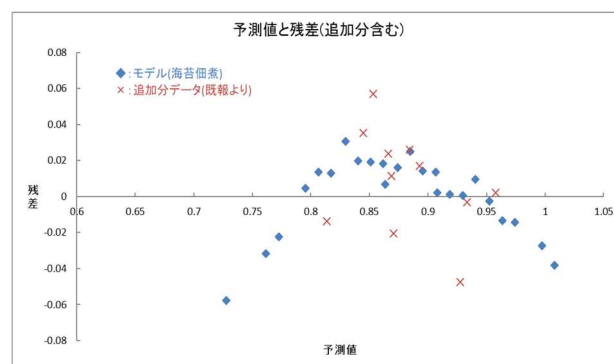


図2 予測値と残差のプロット(追加分含む)

表6 海苔以外の佃煮の予測値と実測値の比較

サンプル No.	原料	塩濃度 (%)	糖濃度 (%)	Aw 実測値	Aw 予測値	残差	ソルビン酸
1	海藻	2.2	18.5	0.93	0.93	-0.00	+
2	海藻	1.7	14.3	0.96	0.96	0.00	-
3	海藻	5.7	19.0	0.88	0.87	0.01	+
4	海藻	7.0	12.3	0.85	0.87	-0.02	+
5	鶏肉	3.1	15.7	0.88	0.93	-0.05	-
6	海藻	5.5	20.6	0.89	0.87	0.02	+
7	蒟	8.1	14.0	0.88	0.84	0.04	+
8	海藻	5.1	26.0	0.91	0.85	0.06	+
9	海藻	4.5	20.6	0.91	0.88	0.03	+
10	海藻	8.4	20.8	0.80	0.81	-0.01	+
11	海藻	5.5	13.5	0.91	0.89	0.02	-

た。この結果を踏まえ、本研究では予測式に使用する要素を塩分濃度と糖濃度の2種で確定することとした。

今回得られた予測式は海苔の佃煮のデータを基にしているが、その他の原料を煮た佃煮でもこの予測式を適用できるか調べるため、島内産の佃煮を用いて測定を行っている既報⁶⁾を用い、予測値と実測値を比較した。表6に比較結果を示す。また図2は、図1に市販品の予測値と残差を追加でプロットしたものである。

表6と図2によると、11個のサンプルのうち残差が大きいのは5番・8番であった。5番の商品については、今回唯一動物性原料であり、食品成分によって水の結合状態には熱力学的な差異があるため⁷⁾、このような結果になったと考えられた。しかし、8番の商品の原料は海藻であり、原料由来の誤差であるとは考えにくい。ここで、8番の水分活性の実測値であるAw=0.91という値について考えたい。8番の塩分濃度と糖濃度は、それぞれ5.1%と26%である。今回試作したモデル佃煮のなかで最もこれに近い濃度のものは、塩分濃度と糖濃度が5%と27%のもので、この佃煮の水分活性の実測値はAw=0.87であった。塩分濃度は5%のまま、糖濃度を18%に変更したもので、実測値はAw=0.91であった。このように、8番の商品の水分活性は実測値そのものがモデルと一致しておらず、成分の中に予測式には含まれていない、水分活性に寄与する何らかの要因の存在が示唆された。また、ソルビン酸の配合の有無はAw予測値に影響を及ぼさないことが本実験の条件下では明らかとなった。その他の商品に関しては、残差も大きくないことから比較的良好な予測結果を得られており、今回糖および塩分濃度から水分活性を予測するために作成した予測式の妥当性が確認できた。

4 結言

本研究では、糖・塩分濃度だけで商品設計の段階からある程度の水分活性の予測ができる予測式を立てることを目的とした。佃煮に用いられる主要な原料について、原料濃度がBrix値に誤差を生じさせるようなものは見当たらず、また市販品佃煮の実測値との比較からある程度精度よく評価できることが分かった。また、動物性由来の原料では誤差が大きくなることや、本研究では究明に至らなかった水分活性に影響を与える成分を含んだ商品があることも明らかとなった。今後は、今回究明できなかった、予測に影響を及ぼす要因についてさらに検討していく予定である。

参考文献

- 1) 食品需給研究センター：平成22年度調査「食品製造業における原料調達の課題と対応策」。
- 2) 三瀬勝利：水分活性と食品衛生，Science of Cookery 25 (4)，pp.327-333，(1992)。
- 3) 太田静行：食品調味・配合例集，工学図書株式会社 (1979)。
- 4) 青山康司，岡崎尚，米田達雄：「昆布佃煮の変敗に及ぼす水分活性，初発酵母菌数及び貯蔵温度の影響」，広島県立食品工業技術センター研究報告，22，pp.7-12，(2000)。
- 5) 日本食品分析センター：水分活性について，JFRLNEWS，No.38，(2003)。
- 6) 石井宏志，三好美玖，立住千賀香，藤井浩子，大谷尚美，吉岡直美：香川県産業技術センター研究報告，22，pp.79-80，(2021)。
- 7) 堤忠一：技術用語解説，日本食品工業学会誌，33 (8)，pp.628-629，(1986)。

オリーブ採油残渣の有効利用法の検討

柴崎 博行, 藤川 護, 大谷 尚美, 立住 千賀香

オリーブ採油残渣の利活用手段として、石臼式磨砕機によるペースト化を試みた。磨砕処理したペーストは、採油残渣に含まれる硬質な種子片が微粒子化されており、食品素材として利用し得るものになった。

1 緒言

本県の特産品のひとつであるオリーブオイルの製造において、原料果実に対して得られるオリーブオイルの歩留まりは数%から多くても10%程度であり、あとは採油残渣（採油滓ともいう）（果汁を含む）として排出される。採油残渣は果肉と種子から構成されるが、オリーブの種子は種皮が非常に硬く、採油残渣には採油装置で粉砕された種皮がフレーク状になって含まれている。採油残渣の有効利用はこれまで種々の取り組みが行われてきた。なかにはオリーブ牛の飼料としての活用¹⁾など実用化されている例もあるが、非常に硬質な種子が混在しているため、食品素材としての利活用には至っていない。

今回、オリーブ採油残渣を利活用する手法として、種子及び採油残渣の特性を評価するとともに、石臼式磨砕機により微粒子化する方法について検討を行ったので報告する。

2 実験方法

2.1 オリーブ採油残渣

小豆郡小豆島町内のオリーブ採油事業者において、10月の採油時に副生された採油残渣をサンプリングし、以下の試験に供した。

2.2 種子の特性評価

種子の硬さは、産業技術センターが保有する万能材料試験機（AG-50kND、（株）島津製作所）を用いて評価した。種子の胚・胚乳と種皮の重量比は、重量を測定した種子をハンマーで静かに砕き、胚・胚乳の重量を測定することにより算出した（n=10）。

2.3 採油残渣の磨砕試験

石臼式磨砕機（MKCA6-3、増幸産業（株））を用いて採油残渣の磨砕試験を行った。グラインダーとして軟質原料用標準グラインダー（MKE、増幸産業（株））を装着し、上下のグラインダーが接触する最小のクリアランスに設定し、回転数1500 rpmで採油残渣を磨砕処理した。磨砕処理は1回と3回繰り返したものの二通り実施し、採油残渣ペースト試作品とした。採油残渣ペースト試作品は、保存性及び取り扱いを考慮して凍結乾燥を行い、以下の試験に供した（以下、ドライペーストと記載）。

2.4 試作品の評価

ドライペーストの観察は、卓上型電子顕微鏡（TM4000Plus、日立ハイテク（株））を用いて行った。栄養成分分析は公定法²⁾に基づいて実施した。総ポ

リフェノール含量の分析は既報³⁾に準じて行った。

2.5 焼き菓子の試作

試作した採油残渣ペーストの食品への活用例として焼き菓子（クッキー）を試作した。既報⁴⁾に準じて表1の配合を対照区の基本レシピとし、サンプル区は薄力粉の量の5%（w/w）をドライペーストで代替した。調製した生地を約8gずつ丸く成形し、オーブンで170℃、20分焼成してクッキー試作品とした。

表1 クッキーの試作レシピ

薄力粉	240g (228g)
無塩バター	90g
砂糖	90g
卵	30g
（採油残渣ドライペースト）	（12g）

クッキー試作品については官能評価を実施した。官能評価は文献⁵⁾を参考にして、硬さ（やわらかいーかたい）、もろさ（もろさに欠けるーもろい）、舌ざわり（わるいーよい）、風味（わるいーよい）、総合評価（わるいーよい）について、7点評価法で対照区を4とした場合の相対評価で採点を行った。パネルは、2025年3月7日に開催された瀬戸内オリーブ研究会においてその参加者とした（n=28）。

それぞれ測定結果については、t-検定により5%の危険率における有意差検定を行った。

3 実験結果及び考察

3.1 種子の特性評価

種子を砕いて種皮と胚・胚乳に分けた写真を図1に示した。種子のうち胚及び胚乳はわずかでありほとんどが分厚い種皮で構成されていた。種皮と胚・胚乳の重量比を比較したところ、種子の全重量のうち90%前後が種皮であった（表2）。

図2にオリーブの種子の硬さを測定した結果を示した。比較対象として、小豆、銀杏、梅干しの種の硬さを測定した。オリーブの種子は小豆の7～8倍、銀杏の4.5～5倍、梅干しの種の1.3～1.5倍の硬度を持つことが示唆された。このようにオリーブ種子は非常に硬質であり、その破砕物がフレーク状に混じった採油残渣はそのままでは食品素材として利用することは困難である。



図1 種子の種皮と胚・胚乳の写真

表2 種子中の種皮の含有量

種子のうちの種皮の割合 (%(w/w))	
ミッシヨン	89.7±0.9
香オリ3号	91.5±1.4

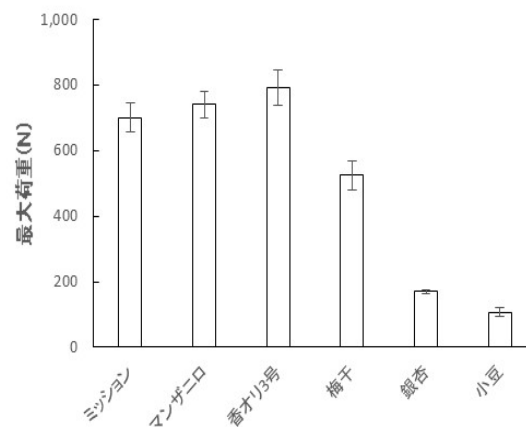


図2 種子の硬さ測定の結果



図3 採油残渣ペースト（湿物）及びドライペーストの写真

左上：未処理採油残渣（湿物），右上：未処理採油残渣（乾燥物）
 左中央：1回処理採油残渣ペースト，右中央：1回処理ドライペースト
 左下：3回処理採油残渣ペースト，右下：3回処理ドライペースト

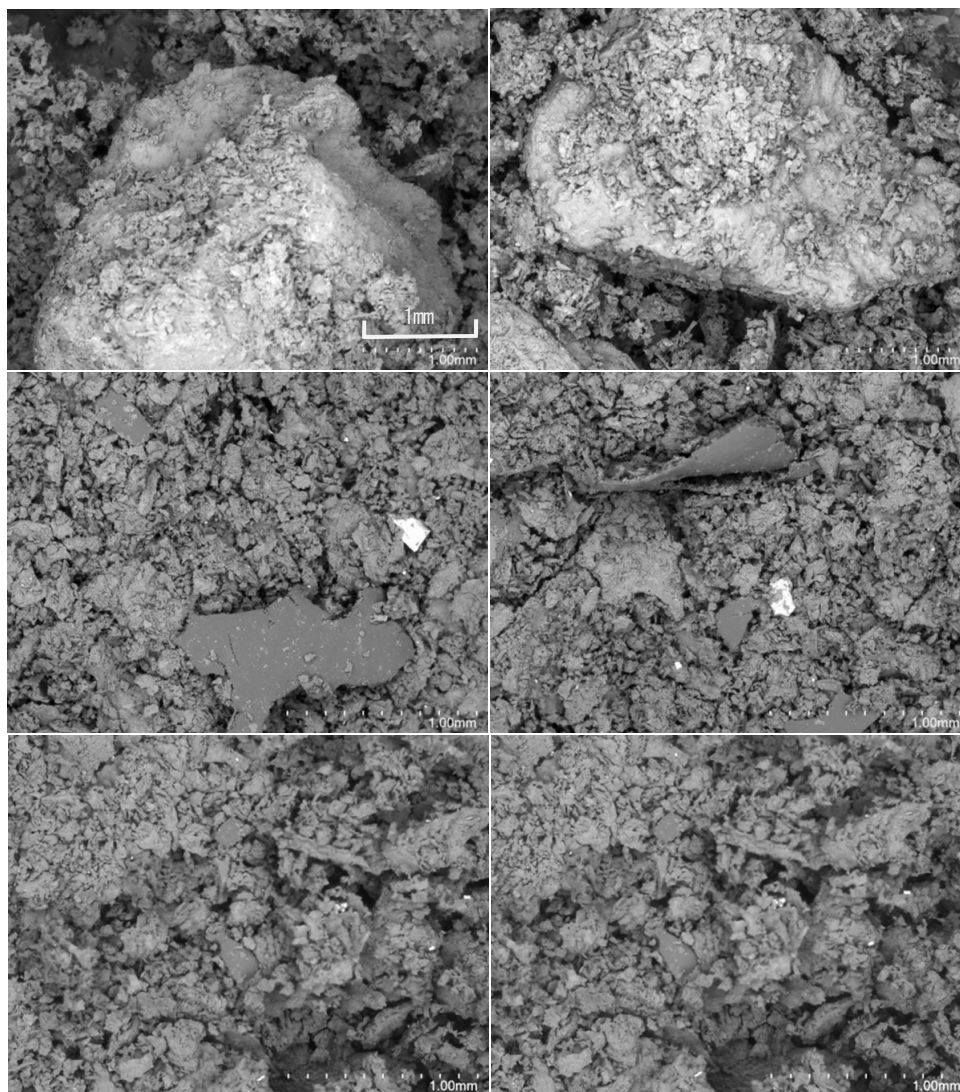


図4 ドライペーストの顕微鏡写真

上 : 未処理採油残渣
中央 : 1回処理ドライペースト
下 : 3回処理ドライペースト

3. 2 採油残渣の磨砕試験

未処理の採油残渣、石臼式磨砕機で磨砕処理した採油残渣ペースト（湿物）及びドライペーストの実体写真を図3に、ドライペーストの電子顕微鏡写真を図4に示した。未処理の採油残渣には採油工程で生じた直径数 mm 以上の種子の破片が含まれており、肉眼でも容易に確認できた。磨砕処理を1回行ったペーストでは種子粉碎物は大きいものでも直径1~2 mm 程度にまで砕かれており、磨砕処理を3回行ったペーストでは、種子粉碎物は直径1 mm 以下にまで磨砕されていることが電子顕微鏡により観察された。

採油残渣ペースト（湿物）の栄養成分分析の結果を表3に示した。果実のペーストとして特徴的な点として食物繊維が多いことが示唆された。採油残渣ペーストは採油残渣に含まれる、採油工程で破碎された種子ごと磨砕している。オリーブの種子にはセルロース、ヘミセルロース、リグニンなどが多く含まれているこ

とが報告されている⁶⁾。このことから上記分析結果の食物繊維の多くは種皮由来であると推測された。

表3 採油残渣ペーストの栄養成分

エネルギー	121	(kcal/100g)
たんぱく質	1.8	
脂質	6.4	
炭水化物	7.8	
糖質	12.4	
食物繊維	70.4	
水分	1.2	
灰分	0.002	
ナトリウム	0.01	(g/100g)
(食塩相当量)		

3. 3 試作品の評価

採油残渣ペーストの利活用法の評価として、ドライペーストを用いて試作したクッキーの写真を図5に示

した。色、表面のひび割れなど、外観上の差異はほとんど認められなかった。

クッキーの官能評価の結果を表4に示した。対照区に対してドライペーストを入れた試験区（以下、添加区）は磨砕処理1回（N1）、磨砕処理3回（N3）ともに有意に硬さに欠け、もろいという評価であった。また舌ざわりについてはN3添加区のみ有意によく、風味についてはいずれも有意差は認められなかった。総合評価はN3添加区が有意により、という評価であった。

今回試作したクッキーの基本レシピはベーキングパウダーを入れないものであり、生地がしっかりした、ややかための食感になるものであった。ドライペースト添加による官能評価結果の違いについては、食物繊維や脂質を含むドライペーストを入れることにより、生地形成時に小麦粉のグルテン構造の生成を妨げるような効果が得られ、結果として軟らかめの食感になった可能性が考えられた。

4 結言

今回、オリーブ採油残渣を石臼式磨砕機でペースト化処理することにより、種子破砕物ごと微細化が可能であり、食品素材として十分活用可能であることが示唆された。

参考文献

- 1) 一般社団法人讃岐牛・オリーブ牛振興会：オリーブ牛公式サイト, <https://olivefedwagyuu.jp/> (検索日：2025年3月12日)
- 2) 食品表示基準について 別添 栄養成分等の分析方法等, 平成27年3月30日 消食表第139号, 消費者庁次長通知（2016）。
- 3) 柴崎 博行, 藤川 護, 吉岡 直美, 大谷 尚美, 立住 千賀香, 豊嶋 貴司：オリーブ新品種「香オリ5号」から採油されたオリーブオイルの特性, 香川県産業技術センター研究報告, Vol. 21, pp. 75-76（2020）。
- 4) 柴崎 博行, 藤井 浩子, 八木 利枝, 松原 保仁：オリーブ葉の食品加工における成分及び抗酸化性の変化 ―焙焼処理の検討―：香川県産業技術センター研究報告, Vol. 15, pp. 90-91（2014）。
- 5) 高澤まき子, 保井明子：米糠を添加したクッキーの物性と官能評価, 仙台白百合女子大学紀要, Vol. 4, pp. 87-95（2000）。
- 6) Guillermo Rodriguez, Antonio Lama, Rocio

Rodriguez, Ana Jimenez, Rafael Guillen, Juan Fernandez-Bolanos : Olive stone an attractive source of bioactive and valuable compounds, Bioresource Technology , Vol. 99(13) , pp. 5261-5269（2008）



図5 試作したクッキーの写真

上：対照区
中央：N1（1回処理ドライペースト添加）
下：N3（3回処理ドライペースト添加）

表4 試作クッキーの官能評価結果

	かたさ	もろさ	舌ざわり	風味	総合評価
対照区	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
N1	3.46 ^a	4.50 ^a	3.96	4.11	4.26
N3	3.39 ^a	4.43 ^a	4.57 ^a	4.42	4.84 ^a

N1：磨砕処理1回，N3：磨砕処理3回

数値は各項目の官能評価の平均値を示す。

aを付した数値は、5%の危険率で対照区と有意差があることを示す。