

研究論文

小麦麴を利用したアルコール発酵調味料の開発

伊藤彰敏^{*1}、倉田久実^{*2}、三田有紀子^{*2}、續順子^{*2}

Development of Alcoholic Fermented Seasoning Using Wheat Koji

Akitoshi ITO^{*1}, Kumi KURATA^{*2}, Yukiko MITA^{*2} and Junko TSUDZUKI^{*2}Food Research Center^{*1} Sugiyama Jogakuen University^{*2}

小麦は米と比較して搗精による成分変化が緩やかで、たんぱく質を始めとする栄養価は米より高かった。小麦麴は米麴よりたんぱく質分解酵素の酵素活性が高かった。さらに、小麦焼酎麴はグルコアミラーゼ及び酸性カルボキシペプチダーゼ活性が極めて高かった。小麦麴を利用したアルコール発酵調味料は、米アルコール発酵調味料と比較して旨味成分が高かった。

1. はじめに

醤油、味噌などの調味食品は、麴菌や酵母、乳酸菌など微生物による発酵を利用し、旨味成分を多く含んだ、和食には欠かせない日本の伝統調味料である。2018 年における味噌の出荷数量は 41 万トン¹⁾、醤油の出荷量は 76 万 kL²⁾であるが、PB 商品の台頭や、加工度の高い調味料への需要シフトなどから市場が年々縮小している。味噌・醤油の主要原料は大豆で、その原料供給は輸入に頼るところが大きい。近未来における TPP 問題とそれに付随する原料供給の不透明さの中で、調味食品業界では、国内市場における需要縮小を打破するため、コストパフォーマンスの向上、高付加価値化、日本食ブームに伴う輸出拡大などの業界振興策を展開している。

近年、調味料業界では、ジュレタイプ調味料、食べる調味料など、既存商品を応用展開させた新規食品を開発し、需要拡大を図っている。本研究では、調味料原料として使用される小麦の需給が比較的安定で、栄養価も高いことを鑑み、小麦麴を利用したアルコール発酵調味料の開発について検討した。

2. 実験方法

2.1 小麦原料の特性評価

2.1.1 試料

内麦品種として「農林 61 号」、外麦品種として「ウエスタンホワイト(以下「WW」)を使用した。対照として愛知県産酒造好適米「夢吟香」を使用した。小型精米機(サタケ(株)製)を使用して、搗精歩合 90%、80%及び 70%の試料を調製した。

2.1.2 形態観察及び栄養分析

走査型電子顕微鏡により小麦及び酒米内部の形態観察

を行った。各種搗精歩合の試料の栄養分析は常法に従って行った。

2.2 小麦麴の特性評価

2.2.1 試料

2.2.1.1 の試料のうち、搗精歩合 80%試料を使用した。種麴は、(株)ビオックの清酒もろみ用(*Aspergillus oryzae*)及び焼酎用(*Aspergillus kawachii*)を使用した。

2.2.2 製麴試験

試料 50g を 15℃で 1 時間吸水させ、脱水機で 5 分間脱水後、45 分間蒸煮した。滅菌した 300mL 容広口ビーカーに、30℃まで冷却した試料麦を投入し、各種種麴(孢子)を 5×10^6 接種した。恒温恒湿器中(30℃、RH70%)で 45 時間培養し、出麴とした。

2.2.3 酵素活性の測定

麴重量に対し、5 倍容量の 0.5% NaCl を含む 10mM 酢酸緩衝液(pH5.0)を加えて、室温で 140rpm、3 時間振とう抽出し、ろ紙(No.5C)でろ過して酵素抽出液とした。 α -アミラーゼ、グルコアミラーゼ、酸性プロテアーゼ及び酸性カルボキシペプチダーゼ活性の測定は、酒類総合研究所標準分析法³⁾に準拠して行った。

2.3 発酵調味料の試作評価

2.3.1 試料

清酒もろみ用種麴及び焼酎用種麴を使用した小麦麴及び米麴(搗精歩合 80%)を使用した。酵母は協会 701 号を使用した。

2.3.2 発酵調味料仕込試験

仕込容器に麴 100g と蒸留水 120mL を加え、あらかじめ麴エキスを培地 10mL で酵母を前培養した酒母を添加し、不可飲処置のため食塩 6g を加えてアルコール発酵を行った。食塩は(公財)塩事業センターの製品を使用した。

^{*1} 食品工業技術センター 発酵バイオ技術室 ^{*2} 椋山女学園大学生生活科学部

た。1 段仕込で、15℃、15 日間アルコール発酵を行い、経時的にもろみ重量を測定し、重量減少を炭酸ガス減量として発酵度をモニタリングした。

2.3.3 成分分析

発酵 15 日目のもろみを 5000rpm、20 分(5℃)の条件で遠心分離を行い、上清の成分分析を行った。対照として市販の発酵調味料(料理酒)3 点も同様に行った。

比重、アルコール分、酸度、アミノ酸度及び吸光度(280nm、430nm)は酒類総合研究所標準分析法³⁾に準拠して行った。他に pH、食塩(モール法)、グルコース(酵素法)、全糖(フェノール硫酸法)、全窒素(ケルダール法)、ホルモール態窒素及び有機酸組成(イオン排除クロマトグラフ法)を測定した。

2.3.4 官能評価

岡山女学園大学生生活科学部管理栄養学科の女子学生 9 名をパネルとし、清酒麹・夢吟香アルコール発酵調味料、清酒麹・農林 61 号・アルコール発酵調味料及び焼酎麹・農林 61 号・アルコール発酵調味料の 3 種を試料とした。

基本 5 味である「甘味」、「塩味」、「酸味」、「苦味」及び「旨味」について、評点法による官能評価を行った。評点は-2~+2 点までとし、-2 点を「弱い」、+2 点を「強い」の 5 段階とした。試料はランダム化して提示し、左から順に口に含んでから吐き出して評価を行い次の試料を評価する前に室温の水道水で口をすすいだ。また、料理への活用法について、自由記述を求めた。

3. 実験結果及び考察

3.1 小麦原料の特性評価

3.1.1 搗精及び構造特性

小麦はたんぱく質含量が多いほど粒が硬くなり、この粒の硬さにより、「硬質小麦」、「中間質小麦」及び「軟質小麦」に分類される。本研究では、軟質小麦を原料に使用した。図 1 に玄米、玄麦及び 80%搗精品及び内部構造の比較を示す。

農林 61 号の玄麦粒は褐色、WW の玄麦粒はクリーム色を呈していた。玄麦は玄米と比較し、粒に厚みがあり、中央の溝が深く切り込んでいた。玄麦の外皮は、搗精により全て除去することができず、溝部分に残存した。なお、玄米は外皮がすべて除去され、搗精試料は白色を呈した。また、所定搗精歩合に達する時間は、小麦試料のほうが米試料より短かった。

玄麦試料は大小のデンプン粒が不規則に混在し、繊維状のたんぱく質構造が観察された。大デンプン粒は球状形を示していたが、小デンプン粒は球状のものと多角状のものが混在していた。農林 61 号及び WW の間に顕著な相違は認められなかった。玄米試料は多角状のデンプ

ン粒が規則的かつ強固に配列しており、玄麦のようなたんぱく質繊維は認められなかった。

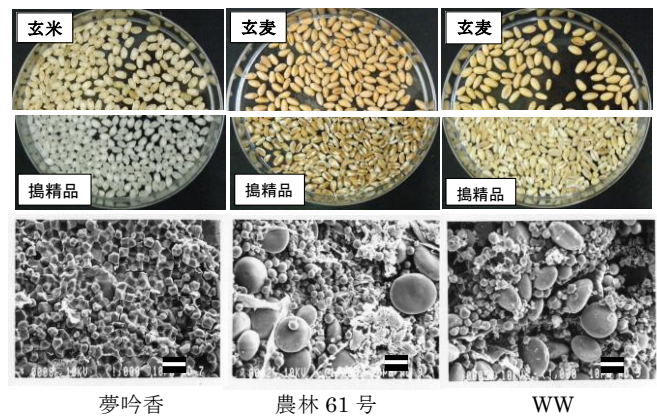


図 1 小麦試料の外観及び内部構造の比較
白線スケール：10µm

3.1.2 栄養特性

図 2 に搗精歩合による栄養成分の変化を示す。

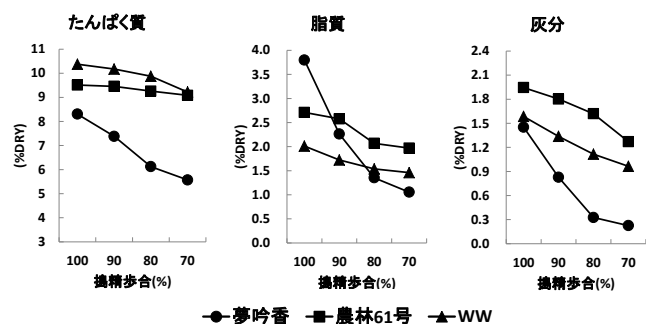


図 2 搗精歩合による栄養成分の変化

たんぱく質は製麺工程及び発酵工程において、麹菌の産生するたんぱく質分解酵素により加水分解され、ペプチドやアミノ酸といった呈味成分に変換される。よって、調味食品を製造する上で、原料のたんぱく質含量を把握することは最も重要である。農林 61 号及び WW ともに、搗精歩合によるたんぱく質含量の低下は、夢吟香と比較して緩やかであった。このことより、小麦のたんぱく質は、米のような局在性は認められず、粒全体に分布していることが示唆された。脂質及び灰分についても、搗精歩合による小麦の成分低下は、米と比較して緩やかであった。

搗精小麦は米よりたんぱく質、灰分及び脂質といった栄養成分をが多く含有するため、製麺中の麹菌の増殖や酵素生産に影響を及ぼすことが示唆された。

3.2 小麦麴の特性評価

3.2.1 製麴特性及び酵素バランス

図3に麴試料の外観を示す。小麦麴は米麴と比較し、蒸した後に粒同士の粘着が認められたものが多く、出麴試料で塊りが認められた。小麦試料の吸水時及び蒸し後の粘性は、グルテンに起因するものと考えられた。

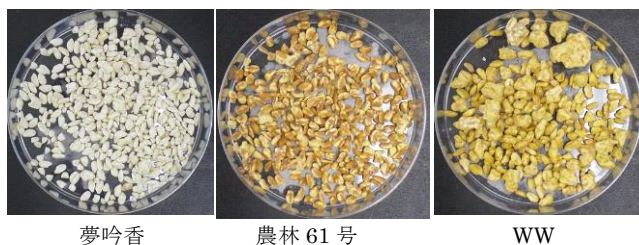


図3 出麴試料の外観

表1に麴の酵素活性を示す。小麦麴は米麴と比較し、 α -アミラーゼ及び酸性カルボキシペプチダーゼ活性が高い値を示した。また、小麦麴において、農林61号麴はWW麴よりたんぱく質分解酵素が高い値を示した。原料種によらず、焼酎麴は清酒麴と比較して、1) α -アミラーゼ活性が極めて低い、2)グルコアミラーゼ活性が極めて高い、3)酸性カルボキシペプチダーゼ活性が高いといった特徴が認められた。また、焼酎麴は麹菌が生成したクエン酸による酸味を呈するため、この特徴を活かせば、新しい風味の発酵調味料の開発が可能である。

表1 麴の酵素活性

試作区分		AAase (U/g麴)	GAase (U/g麴)	APase (U/g麴)	ACPase (U/g麴)
夢吟香	清酒麴	662	185	3487	3568
	焼酎麴	41	1038	8981	13008
農林61号	清酒麴	1395	127	6160	12170
	焼酎麴	51	1739	10763	22221
WW	清酒麴	1367	142	3784	8672
	焼酎麴	53	1727	5715	18581

AAase: α -アミラーゼ、GAase: グルコアミラーゼ、
APase: 酸性プロテアーゼ、ACPase: 酸性カルボキシペプチダーゼ

3.3 発酵調味料の試作評価

3.3.1 炭酸ガス減量による発酵性評価

図4に炭酸ガス減量の比較を示す。米麴仕込よりも小麦麴仕込のほうが、初期の発酵度が速く、急激に重量が減少した。発酵中期では、米麴仕込の発酵度が小麦麴仕込より速く、最終的に、もろみ重量の減少は小麦麴仕込より大きくなった。すべての仕込において、もろみ10日目で発酵が終了し、重量減少が認められなくなった。なお、焼酎麴仕込のほうが清酒麴仕込より、重量減少量が多かった。

歩留りについて、米麴仕込のほうが小麦麴仕込より液量が多く、粕が少なかった。また、焼酎麴仕込のほうが清酒麴仕込のものより液量が多く、粕が少なかった。

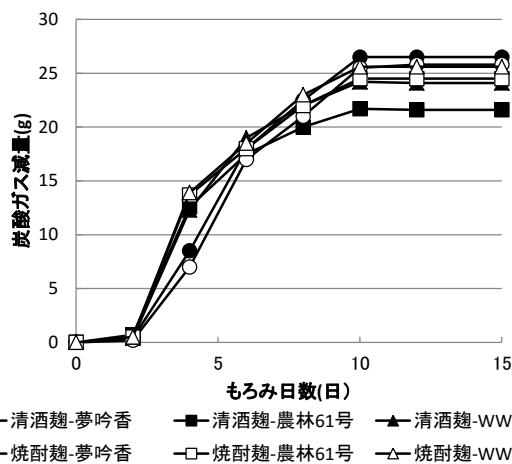


図4 炭酸ガス減量の比較

3.3.2 小麦発酵調味料の成分評価

図5に試作アルコール発酵調味料の外観、表2に試作及び市販アルコール発酵調味料の成分分析値を示す。市販品の値は3点の平均値で示した。なお、市販品の原材料は米及び米麴であるのに対し、本研究で試作したアルコール発酵調味料の原材料は麴のみである。

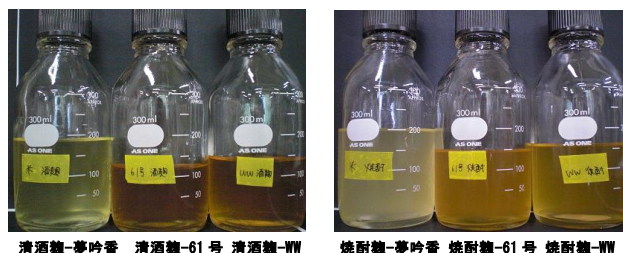


図5 試作アルコール発酵調味料の外観

試作発酵調味料は、13-14%台のアルコール分で、市販品と同等であった。アルコール分については、麴種及び原料種による顕著な相違は認められなかった。

清酒麴-小麦仕込は、清酒麴-夢吟香仕込及び市販品と比較すると酸度、アミノ酸度、OD280、OD430、各種有機酸、ホルモール態窒素及び全窒素が高い値を示した。一方、市販品と比較し、グルコース及び全糖は低い値であった。試料小麦は夢吟香と比較し、原料たんぱく質が多く、麴のたんぱく質分解酵素活性が高いため、窒素成分が高い調味料が得られたものと推察された。農林61号仕込は、WW仕込と比較し、OD280、D430、グルコース及び全糖の値は高いが、窒素成分は低かった。清酒麴のたんぱく質分解酵素活性がWWよりも農林61号の方が高い(表1)にも関わらず、WW仕込の方が窒素成分が高かった。このことは、原料のたんぱく質含量が高い(図2)ことが、アルコール発酵調味料の窒素成分の差異に反映したものと推察された。

焼酎麹・小麦仕込は、市販品と比較すると酸度が極めて高く、特にクエン酸濃度が高かった。OD280、OD430、各種有機酸及び全窒素が高い値を示した。一方、グルコース及び全糖は低い値であった。焼酎麹仕込における窒素成分の差は、農林 61 号と WW の間に顕著な相違は認められなかった。

OD280 は芳香族アミノ酸量や苦味・雑味の指標となる。小麦アルコール発酵調味料はやや高い傾向を示した。OD430 は着色度(メイラード反応)の指標となる。小麦仕込は、市販品及び夢吟香仕込より着色度合が強かった。グルコース及び全糖濃度が低く、窒素成分も顕著に高い値でないことから、搗精により残存した小麦の外皮に由来する着色であるものと考えられた。また、どちらの値も農林 61 号仕込は WW 仕込より高い値を示した。

今回試作した小麦アルコール発酵調味料は、糖成分(グルコース、全糖)に対する窒素成分(ホルモール窒素、全窒素)の割合が高く、旨味調味料に位置付けられる。また、アルコール分を含むが、味噌や醤油と比較し、極めて塩分濃度の低い調味料である。

表 2 試作及び市販アルコール発酵調味料の成分分析値

試作区分	清酒麹			焼酎麹			市販品
	夢吟香	農林61号	WW	夢吟香	農林61号	WW	
液量 (ml)	209	138	158	218	166	176	-
固形分率 (%)	15.2	41.1	35.8	12.8	31.9	28.9	-
pH	4.33	4.81	4.79	3.3	3.56	3.52	4.47
比重	1.002	1.017	1.009	1.002	1.016	1.010	1.008
アルコール (%v/v)	14.5	13.0	13.6	14.2	13.4	14.3	13.4
食塩 (%w/v)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.2
酸度 (ml)	2.8	4.5	3.6	13.7	21.6	18.9	2.0
アミノ酸度	2.6	3.0	4.9	1.6	2.9	2.8	2.8
吸光度	OD280	0.406	0.684	0.554	0.358	0.696	0.602
	OD430	0.399	0.664	0.599	0.305	0.833	0.585
グルコース (mg/mL)	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	2.6
全糖	0.8	3.9	2.5	0.7	3.0	2.4	14.7
有機酸 (mg/100mL)	クエン酸	3	18	11	756	1271	1110
	リンゴ酸	33	47	45	35	tr.	27
	コハク酸	63	80	95	66	150	133
	乳酸	25	25	25	30	tr.	tr.
	酢酸	15	24	10	16	17	tr.
ホルモール態窒素 (%w/v)	0.04	0.04	0.07	0.02	0.04	0.04	0.03
全窒素 (%w/v)	0.13	0.27	0.30	0.15	0.30	0.29	0.11

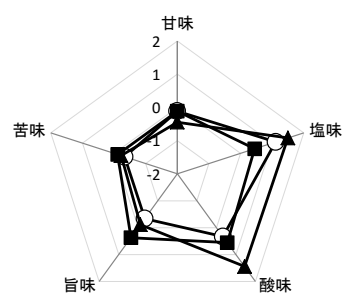
市販品は米、米麹及び塩を原料とする発酵調味料で、表中の数値は3点の平均値で示した。

3.3.3 小麦アルコール発酵調味料の官能評価

図 6 に試作アルコール発酵調味料の官能評価値のレーダーチャート比較を示す。各得点は 9 名のパネリストの平均値である。市販品と同様米原料を使用する清酒麹・夢吟香仕込を対照とした。清酒麹・農林 61 号仕込は旨味や甘味を強く、塩味を弱く感じる結果を示した。焼酎麹・農林 61 号仕込は酸味及び塩味を強く、甘味を弱く感じる結果を示した。苦味については、3 試験区に顕著な相違は認められなかった。

成分分析において、アミノ酸度やホルモール態窒素、全窒素が小麦仕込において対照より高い値を示しており、旨味官能評価に反映された。クエン酸濃度及び酸度が高い焼酎麹・農林 61 号仕込は、酸味官能評価においてその特徴が反映された。

自由記述において、清酒麹・農林 61 号仕込では、「クセがなく、汁物など他の食材を引き立てる料理に合いそうである」、「甘味と旨味のバランスがよく、煮物やお浸しに合いそうである」といった意見が得られた。また、焼酎麹・農林 61 号仕込では、「酸味を感じるため、酢の代替として酢の物に利用できそうである」、「煮物への利用で、酸味がアクセントとなり新しい呈味が付加できそうである」といった意見が得られた。



○—清酒麹・夢吟香(対照) ■—清酒麹・農林61号 ▲—焼酎麹・農林61号

図 6 試作アルコール発酵調味料の官能評価値のレーダーチャート比較

4. 結び

本研究の結果は、以下のとおりである。

- (1) 小麦は米と比較し、搗精による栄養成分の変化が緩やかであることが分かった。
- (2) 小麦麹は米麹と比較して、たんぱく質分解酵素活性が高い傾向を示した。
- (3) 小麦アルコール発酵調味料は窒素成分が多く、旨味、低塩調味料に位置付けられる。

謝辞

本研究の実施に当たって、小麦原料を提供していただいた日東醸造株式会社の伊東盛明様にお礼申し上げます。

文献

- 1) 全国味噌工業協同組合連合会：種類別出荷数量，<http://zenmi.jp/data/seisansyukka/2000-2018syuruibetusyukkaHp.pdf> (2018)
- 2) しょうゆ情報センター：統計資料ダウンロード，[https://www.soysauce.or.jp/statistical-data\(2018\)](https://www.soysauce.or.jp/statistical-data(2018))
- 3) 独立行政法人酒類総合研究所編：酒類総合研究所標準分析法(平成 29 年 4 月 6 日)