

研究論文

愛知県産小麦の白醤油醸造特性

間野博信*1、鵜飼智穂*1、小野奈津子*1、近藤徹弥*2

Shiro-shoyu Brewing Characteristics of Wheat Produced in Aichi Prefecture

Hironobu MANO*1, Chiho UKAI*1, Natsuko ONO*1 and Tetsuya KONDO*2

Food Research Center*1*2

愛知県産小麦新品種「きぬあかり」および「ゆめあかり」の白醤油醸造特性を評価した。麴の全プロテアーゼおよび α -アミラーゼ活性は、従来使用されてきた品種「ウェスタンホワイト」よりも低かった。しかし、白醤油の全窒素および直接還元糖は麴の酵素活性の多寡によらず、それぞれ諸味のたんぱく質、炭水化物含量に比例した。軟質から中間質小麦である「きぬあかり」や、硬質小麦である「ゆめあかり」を使用すると、軟質小麦である「ウェスタンホワイト」に比べ、全窒素が高く、直接還元糖が低い白醤油ができた。愛知県産小麦新品種の利用により、従来とは異なる特徴を有した白醤油を醸造できた。

1. はじめに

醤油は日本農林規格(JAS)により、濃口、淡口、溜、再仕込み、白の5つに分類されている。白醤油は愛知県産とされており、琥珀色で甘みが強く、独特の麴香や甘酒香を有している。色をつけたくない吸い物や茶碗蒸しなどに利用されている。醤油の原料は大豆(脱脂加工大豆)、小麦、食塩である。全国的に普及している濃口醤油をはじめ、淡口醤油や再仕込み醤油は大豆と小麦を1:1で使用するのにに対し、白醤油は小麦を9割以上使用するのが特徴である。

従来、白醤油醸造には外国産小麦「ウェスタンホワイト」が用いられてきたが、近年、一部の愛知県内のメーカーでは愛知県産小麦の利用を進めてきた。国産小麦を使用することで消費者の安全・安心志向を満たし、付加価値を高め、さらに、愛知県産小麦を使用することで、輸送費を抑え、地産地消を謳うことができるためである。一方、愛知県は小麦の一大産地であり、生産量は全国第4位である。近年、愛知県では育てやすく高収量の日本麺用「きぬあかり」や、パン・中華麺用「ゆめあかり」の開発に成功し、「イワイノダイチ」や「農林61号」といった従来品種からの移行を進めてきた。しかし、これら新品種の白醤油醸造特性は明らかにされていない。そこで、本研究では従来使用されてきた品種「ウェスタンホワイト」での醸造と同等以上の品質を有する白醤油の醸造を可能にするため、新品種「きぬあかり」および「ゆめあかり」の醸造特性の明確化に取り組んだ。

2. 実験方法

2.1 実験材料と栄養成分分析

供試した小麦3品種(表1)と炒り大豆の栄養成分を日本食品標準成分表2015年版(七訂)分析マニュアル¹⁾に従い、分析した。水分は常圧加熱乾燥法、たんぱく質はマクロ改良ケルダール法、脂質は小麦については酸分解法、炒り大豆についてはクロロホルム-メタノール混液抽出法、灰分は直接灰化法により分析し、差引き法により炭水化物を算出した。

表1 供試した小麦

品種	硬さ	用途	産地
ウェスタンホワイト	軟質	菓子	アメリカ
きぬあかり	軟質～中間質	日本麺	愛知県
ゆめあかり	硬質	パン・中華麺	愛知県

※すべて2018年産、精麦歩合=93%

2.2 成分が一定で酵素活性が異なる諸味の調製と試験

2.2.1 酵素活性が異なる麴の作製

製麴時間を変えることで、酵素活性が異なる麴を作製した。はじめに、ステンレス製の角型ザル(135×135×46mm、12メッシュ)に小麦190gと炒り大豆10gを量り採った。これを6つ用意し、水に浸漬し、重量が1.4倍になるまで吸水させた。1時間水切りして均質化した後、オートクレーブを用いて110℃で20分間、煮沸した。以降の操作は雑菌汚染に注意して行った。35℃以下になるまで冷却した後、種麴(ビオック、白醬

*1 食品工業技術センター 発酵バイオ技術室 *2 食品工業技術センター 発酵バイオ技術室 (現保蔵包装技術室)

油用)38mgを混合した。これを2つずつ、3つの乾熱滅菌したステンレス製大型バット(330×195×85mm、蓋つき、太線アミ入り)に入れた。通気のため、蓋とバットの間には滅菌した割箸を挟み、30℃の自然対流式恒温器(いすゞ製作所、FR-15BS)に移し、製麴を開始した。麴菌の分散、酸素供給、放冷を行うため、18時間後と24時間後に麴を混合した。37、42、47時間後に1つずつ大型バットを取り出し、2つの角型ザルに入った麴をそれぞれポリ袋に移した。一方を麴の分析に、他方を試醸に用いた。各小麦品種について、同様に麴を作製した。

2.2.2 麴の分析

麴 3gを量り採り、赤外線水分計(ケット科学研究所、FD-600)を用いて、105℃、60分の条件で水分を測定した。しょうゆ試験法²⁾に準じpHを、常法に従い生菌数を測定した。また、測定キット(キッコーマンバイオケミファ)を用いてα-アミラーゼ活性を測定した。さらに、以下の方法で全プロテアーゼ活性を測定した。200mL容三角フラスコに麴 10gと蒸留水 50mLを量り採り、20℃、140rpmの条件で2時間振とうし、酵素を抽出した。これをろ紙(ADVANTEC、No.2)でろ過し、酵素抽出液を得た。測定法はしょうゆ試験法²⁾に準じた。ただし、反応時間は30分とした。

2.2.3 試醸

測定した麴の水分値から、諸味の食塩濃度が14%、麴固形分が26%、水分が60%となるように仕込み配合を算出した。気体遮断袋(生産日本社、ラミジップBY-14)に麴と食塩水を量り採って諸味を調製し、25℃で12週間、醸造した。醸造後、諸味残渣をザルで漉し、回収した液をろ紙(ADVANTEC、No.2)でろ過して白醤油を得た。

2.3 酵素量が一定で成分が異なる諸味の調製と試醸

小麦を200gずつ、4つの角型ザルに量り採り、2.2.1と同様に42時間、製麴した。また、炒り大豆を小麦と同時間、吸水させ、蒸煮した。蒸煮後、大豆重量は1.9倍になった。各試験区の酵素量を一定とするため、作製した麴はすべて合わせてよく混合した後、200gずつ3つ量り採った。このうち2つに蒸煮大豆を19g(炒り大豆10g相当)、または38g(炒り大豆20g相当)を混合した。試醸は2.2.3と同様に諸味を調製して醸造し、白醤油を得た。ただし、蒸煮大豆の水分は、あらかじめ常圧加熱乾燥法¹⁾(130℃、2時間)で炒り大豆の乾燥重量を測定し、蒸煮大豆の重量から差し引くことで算出した。

2.4 白醤油の分析

醤油の旨みの指標である全窒素をマクロ改良ケルダール法¹⁾で、甘みの指標である直接還元糖をフェーリング・レーマン・ショール法²⁾で測定した。また、色調を

分光色差計(日本電色工業、SE6000)を用いて測定した。

3. 実験結果及び考察

3.1 小麦3品種の栄養成分

小麦3品種の栄養成分の分析結果を表2に示す。軟質小麦であるウェスタンホワイトは比較的、たんぱく質が少なく、炭水化物が多かった。硬質小麦であるゆめあかりはウェスタンホワイトとは反対に、たんぱく質が多く、炭水化物が少なかった。また、軟質~中間質小麦であるきぬあかりのたんぱく質および炭水化物はウェスタンホワイトとゆめあかりの中間程度であった。

表2 小麦3品種および炒り大豆の栄養成分(%)

栄養成分	ウェスタン ホワイト	きぬ あかり	ゆめ あかり	炒り 大豆
水分	8.2	11.2	11.7	6.7
たんぱく質	9.2	9.9	12.4	37.0
脂質	1.7	2.1	1.6	20.7
炭水化物	79.6	75.5	73.0	31.0
灰分	1.3	1.3	1.3	4.6

3.2 麴の酵素活性と醸成した白醤油の成分の関係

各小麦品種を用い、製麴時間を変えて作製した麴の酵素活性を評価し、白醤油成分との関係を調査した。作製した麴の水分、pH、生菌数と仕込み配合を表3に示す。小麦3品種および炒り大豆のたんぱく質含量(表2)から、各小麦品種を用いて調製した諸味のたんぱく質含量を算出すると、ウェスタンホワイトが3.0%、きぬあかりが3.3%、ゆめあかりが4.0%であった。また、同様に諸味の炭水化物含量を算出すると、ウェスタンホワイトが21.9%、きぬあかりが21.4%、ゆめあかりが20.9%であった。

表3 麴の分析結果と仕込み配合

品種	製麴 時間	水分 (%)	pH	生菌数 (cfu/g)	仕込み配合(g)		
					麴	食塩	水
ウェスタン ホワイト	37 h	32.4	5.78	30未満	249	91	308
	42 h	31.0	5.79	30未満	238	88	305
	47 h	27.6	5.80	30未満	227	88	316
きぬあかり	37 h	35.4	5.62	30未満	254	88	289
	42 h	33.0	5.56	30未満	236	85	287
	47 h	30.5	5.71	30未満	221	83	286
ゆめあかり	37 h	34.8	5.75	30未満	245	86	283
	42 h	30.6	5.75	30未満	232	87	300
	47 h	28.7	5.74	30未満	219	84	297

各小麦品種で作製した麴の全プロテアーゼ活性と醸成した白醤油の全窒素を図1に示す。いずれの品種も製麴時間が長いほど、全プロテアーゼ活性は増加し、全窒素も増加する傾向があった。全プロテアーゼ活性はウェス

タンホワイト、きぬあかり、ゆめあかりの順で高かった。きぬあかりやゆめあかりはウェスタンホワイトと比べ、粒が硬く、大きさにばらつきがあった。そのため、うまく精麦ができず、外皮が残ってしまい、麹菌が生育しにくかったことが原因と考えられる。一方、醸成した白醤油の全窒素はゆめあかり、きぬあかり、ウェスタンホワイトの順で高く、全プロテアーゼ活性とは逆であった。諸味のたんぱく質含量はゆめあかり、きぬあかり、ウェスタンホワイトの順で高かったことから、白醤油の全窒素は麴の全プロテアーゼ活性の多寡によらず、諸味のたんぱく質含量に伴い変化することが示唆された。

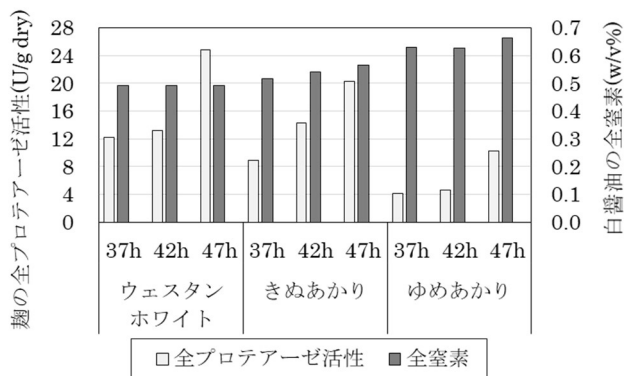


図1 製麴時間と全プロテアーゼ活性、全窒素の関係

各小麦品種で作製した麴の α -アミラーゼ活性と醸成した白醤油の直接還元糖を図2に示す。いずれの品種も製麴時間が長いほど、 α -アミラーゼ活性は増加したが、直接還元糖は製麴 37 時間で頭打ちとなった。 α -アミラーゼ活性がいずれの試験区でも必要十分量であることが示唆された。 α -アミラーゼ活性はウェスタンホワイト、きぬあかり、ゆめあかりの順で高かった。全プロテアーゼ活性と同様、精麦状態の良否が麹菌の生育に影響したことが原因と考えられる。直接還元糖はゆめあかりの 37h を除き、 α -アミラーゼ活性と同様、ウェスタンホワイト、きぬあかり、ゆめあかりの順で高かった。諸味の

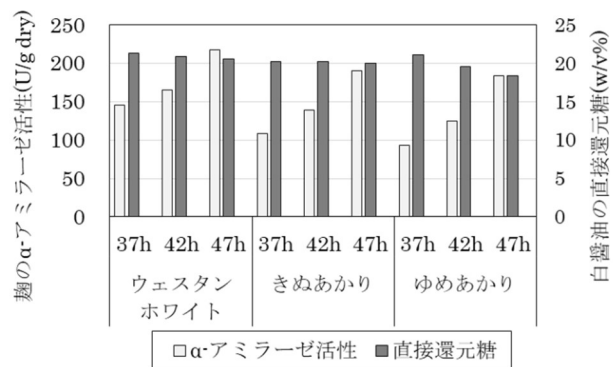


図2 製麴時間と α -アミラーゼ活性、直接還元糖の関係

炭水化物含量はウェスタンホワイト、きぬあかり、ゆめあかりの順に高かったことから、今回の試験では α -アミラーゼ活性は 100~150U/g 程度あれば生成する直接還元糖は上限に達し、その上限値は諸味の炭水化物含量に伴い変化することが示唆された。

3.3 諸味成分が及ぼす白醤油成分への影響

3.2 で、諸味成分が一定で酵素活性が異なる諸味での試験について、白醤油の全窒素及び直接還元糖は、麴の酵素活性の多寡によらず、諸味のたんぱく質及び炭水化物含量に伴い変化することが示唆された。そこで、諸味のたんぱく質及び炭水化物含量が白醤油の全窒素及び直接還元糖へ及ぼす影響を明確にするため、小麦のみで麴を作成して酵素量を一定とし、蒸煮大豆の追加によりたんぱく質及び炭水化物含量が異なる諸味を調製し、試験を行った。麴の水分、pH、生菌数と仕込み配合を表4に示す。

表4 小麦のみで作製した麴の分析結果と仕込み配合

品種	麴の分析結果			仕込み配合(g)			
	水分 (%)	pH	生菌数 (cfu/g)	麴	蒸煮大豆	食塩	水
ウェスタンホワイト	29.7	5.67	30 未満	200	0	76	265
				200	19	81	277
				200	38	86	289
きぬあかり	31.7	5.72	30 未満	200	0	74	252
				200	19	79	263
				200	38	84	275
ゆめあかり	39.0	5.50	30 未満	200	0	66	204
				200	10	71	216
				200	20	76	227

各試験区の諸味のたんぱく質及び炭水化物含量と醸成した白醤油の全窒素及び直接還元糖を表5に示す。諸味のたんぱく質および炭水化物含量は小麦3品種と炒り大豆のたんぱく質および炭水化物含量(表2)から算出した。表5には諸味のたんぱく質、または炭水化物含量を説明変数、醸成した白醤油の全窒素、または直接還元糖を目的変数としてプロットしたときの決定係数(R^2)をMicrosoft Office Excel 2013を用いて算出し、併記した。いずれの R^2 も 1 に近く、高い相関があることがわかった。また、きぬあかりやゆめあかりを使用すると、ウェスタンホワイトと比較して、全窒素が高く、直接還元糖が低い白醤油ができ、その差はゆめあかりの方が顕著であることが確認できた。

一般的に醸造期間が長い醤油醸造において、麴の酵素活性は醤油の風味形成に影響するため、重要視される。しかし、短期間で醸造される白醤油醸造においては麴の酵素活性よりも諸味成分の影響が大きいことが示唆された。上述したように、白醤油醸造において、きぬあかりやゆめあかりを使用すると、ウェスタンホワイトと比べ

て麴の酵素活性は低下すると予想される。しかし、仕込み配合を調整することでウェスタンホワイトと同等以上の全窒素や直接還元糖を有する白醤油の醸造が可能であると考えられる。

表5 諸味成分と白醤油成分の相関 (R^2)

小麦品種	炒り大豆使用量(g)	①と②の相関			③と④の相関		
		諸味のたんぱく質含量(①)	白醤油の全窒素(②)	決定係数(R^2)	諸味の炭水化物含量(③)	白醤油の直接還元糖(④)	決定係数(R^2)
ウェスタンホワイト	0	2.3%	0.40%		20.3%	21.9%	
	10	2.8%	0.48%	0.982	19.6%	20.5%	1.000
	20	3.3%	0.53%		18.9%	19.4%	
きぬあかり	0	2.6%	0.43%		19.9%	21.5%	
	10	3.1%	0.48%	0.997	19.2%	20.5%	0.991
	20	3.5%	0.53%		18.5%	19.2%	
ゆめあかり	0	3.6%	0.56%		19.0%	20.0%	
	10	4.1%	0.61%	0.965	18.3%	19.0%	0.984
	20	4.5%	0.69%		17.6%	17.7%	

3.4 小麦品種が及ぼす白醤油の色調への影響

3.2で醸造した白醤油(製麴42時間)の外観を図3に、色差計による色調の測定結果を表6に示す。白醤油は琥珀色であることが求められる。つまり、明るく(L^* が大きく)、赤みや黄みが小さい(a^* や b^* が小さい)ことが望ましい。目視では検体間にほとんど違いは感じられなかった(図3)。しかし、色差計による測定の結果ではウェ

ウェスタンホワイト きぬあかり ゆめあかり



図3 白醤油(製麴42時間)の外観

表6 色差計による白醤油(製麴42時間)の測定結果

品種	L^*	a^*	b^*
ウェスタンホワイト	85.74	-2.51	49.91
きぬあかり	83.77	-1.64	51.79
ゆめあかり	83.14	-0.97	53.80

スタンホワイトが最も良好な色調を有していた。これは、きぬあかりやゆめあかりを使用して醸造した白醤油は比較的、全窒素が多く(図1)、メイラード反応により褐色物質が生成したためと考えられる。

4. 結び

従来小麦品種「ウェスタンホワイト」で醸造した白醤油と同等以上の品質を有する白醤油の醸造を可能にするため、愛知県産小麦新品種「きぬあかり」および「ゆめあかり」の醸造特性を評価した。各小麦品種で作製した麴の酵素活性は、ウェスタンホワイト、きぬあかり、ゆめあかりの順に高かった。しかし、白醤油の全窒素および直接還元糖は麴の酵素活性の多寡によらず、それぞれ諸味のたんぱく質、炭水化物含量に比例した。軟質~中間質小麦であるきぬあかりや、硬質小麦であるゆめあかりを使用すると、それらよりタンパク質が少なく炭水化物が多い軟質小麦であるウェスタンホワイトと比較して、全窒素が高く、直接還元糖が低い白醤油ができ、その差はゆめあかりの方が顕著であった。愛知県産小麦新品種を利用することで従来品種とは異なる特徴を有した白醤油の醸造が可能であることがわかった。今後は官能評価を行うとともに、アミノ態窒素やアミノ酸組成などの分析を行い、小麦品種が及ぼす白醤油品質への影響を、さらに詳しく調査していきたい。

白醤油醸造は各製造条件が及ぼす品質への影響など、基礎的なデータが不足しているのが現状である。本研究によって、小麦品種や麴の酵素活性、諸味成分が及ぼす品質への影響について知見を深めることができた。本研究をきっかけに白醤油醸造の基礎データの収集が進めば、「愛知の白醤油」の特徴の明確化や品質向上、コストダウンが可能になり、認知度向上や消費拡大が期待できる。

文献

- 1) 文部科学省 科学技術・学術政策局政策課資源室 監修, 安井明美, 中里孝史, 湊上賢一, 渡邊智子編: 日本食品標準成分表 2015年版(七訂)分析マニュアル・解説(2016), 建帛社
- 2) 財団法人日本醤油研究所: しょうゆ試験法(1985), 日本醤油研究所