

県産味噌の品質向上に向けた大豆処理方法の評価

Evaluation of soybean cooking condition for quality improvement of miso produced in Fukushima prefecture

会津若松技術支援センター 醸造・食品科 小野和広 松本大志 馬淵志奈

県産味噌の品質向上を目的に、大豆処理方法が仕込んだ味噌の品質に及ぼす影響について評価した。加圧処理条件によって糖・アミノ酸などの味にかかわる成分に有意差は得られなかったが、蒸煮大豆の性状の変化によって色調や香り成分に影響があることが分かり、蒸煮大豆の性状をコントロールすることの重要性が示唆された。

Key words: 味噌、大豆処理、官能評価

1. 緒言

福島県は全国有数の醸造処であり、古くから数多くの酒造業や、味噌製造業が営まれている。これらの食品産業は東日本大震災の風評被害によって大きな被害を受けたが、業界の熱心な取組みや当所の技術支援等により、酒造業は全国新酒鑑評会において金賞受賞数7年連続全国一位となるなど目覚ましい活躍をみせているほか、近年では、醤油製造業においても、全国醤油品評会における入賞数が増えており、「醸造王国ふくしま」として復興の大きな原動力となっている。そうした中、味噌製造業においても品質向上への気運が高まっている。

一般的に味噌醸造において、加圧の有無や換水などの大豆処理条件は味噌の色調に大きな影響があるといわれている。本研究では、これら大豆処理条件が蒸煮大豆と醸造される味噌に与える影響を明らかにするため、異なる大豆処理条件によって試験醸造を行い、出来上がった味噌の品質を評価した。なお、評価には全国味噌鑑評会の評価基準を用いた。

2. 実験方法

2. 1. 供試材料

味噌醸造に使用する米麴は2019年に福島県会津地方で栽培された「ひとめぼれ」を用いて製麴した。また、原料大豆には2019年に北海道で栽培された「ユキホマレ」を75%に脱皮研磨して使用した。食塩は並塩（株式会社日本海水）を用い、微生物は種麴メーカーから味噌用として市販されている耐塩性酵母（*Zygosaccharomyces rouxii*）及び耐塩性乳酸菌（*Tetragenococcus halophilus*）を使用した他、大豆麴も種麴メーカーの製品を粉砕して使用した。

2. 2. 製麴方法

10[°C]で16時間浸漬吸水させた精白米を、無圧で抜け掛け法により50分間蒸きょうした。製麴は、麴蓋法により45時間行った。

2. 3. 味噌の仕込と熟成方法

蒸煮処理条件は無圧煮、加圧蒸（半煮半蒸）、加圧煮及び換水の回数を変更した12試験区を設定した（表1）。

それぞれの試験区において予備試験で蒸煮大豆の水分を確認し、それらに応じて種水の量を調整することで、各試験区の仕込み割合が表2となるように仕込を行った。脱皮した大豆を20[°C]で3時間浸漬し、無圧煮試験区では軽く沸騰させた状態で1時間ごとに換水を行った。加圧条件では15分間を目安に90[°C]達温での換水を表1の設定回数行った後、0.75kPaで9分30秒の加圧処理を行った。蒸煮大豆を冷却後、各原料を混合し、味噌の仕込みを行った。仕込んだ味噌は恒温器内で20[°C]~30[°C]で80日間熟成させた。

表1 各試験区における処理条件

試験区	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
条件	無圧煮			加圧蒸			加圧煮					
換水回数	0	1	2	0	1	2	3	0	1	2	3	4

表2 仕込割合

仕込総量(kg)	4.16
麴歩合(歩)	10
目標水分(%)	47
目標塩分(%)	11
対水食塩濃度(%)	19
大豆麴(%)	2.5
酵母	$2.0 \times 10^5/g$
乳酸菌	$2.0 \times 10^6/g$

2. 4. 官能評価

試醸味噌の官能評価は、当所の職員12名（男性8名、女性4名）により、色、香り、味、組成、総合の5項目について、3段階評価 [1点(良い)～3点(悪い)] し、平均評点を求めた。

2. 5. 理化学的評価

試醸味噌の一般成分は、基準みそ分析法¹⁾ に準じて分析した。

蒸煮大豆及び試醸味噌の色調は色差計 (ZE2000、日本電色工業株式会社) により測定した。

試醸味噌の遊離アミノ酸は基準みそ分析法に準じて抽出した浸出液を高速アミノ酸分析計 (L-8900、株式会社日立ハイテクサイエンス) により測定した。

蒸煮大豆のアミノ酸は醸造に用いた蒸煮大豆を凍結乾燥機 (TFD-550、株式会社宝製作所) により凍結乾燥し、新・食品分析法²⁾ に準じて6規定塩酸で加水分解した試料を高速アミノ酸分析計により測定した。

4-Hydroxy-2(or 5)-ethyl-5(or 2)-methyl-3(2H)-furanone (HEMF) は試醸味噌をホモジネートした後、アセトニトリル (富士フィルム和光純薬、LC/MS 用) を用いて塩析を行い、抽出液を LC/MS (Ultivo、アジレント・テクノロジー社) により測定した。

それ以外の香气成分は試醸味噌をホモジネートした後、ジクロロメタン (富士フィルム和光純薬、特級) を用いて抽出、抽出液を無水硫酸ナトリウムで脱水した後、抽出液を GCMS (GC7890B/5977BMSD、アジレント・テクノロジー社) 及び加熱脱着装置 (TDU/CIS4、Gestel 社) を使用して大容量注入して測定した。また化合物の推定には n-アルカンを用いたリテンションインデックス (RI) と、ライブラリとして NIST14 (アメリカ国立標準技術研究所) 及び AromaOffice (ver. 6. 02、西川計測株式会社) を使用した。また、併せてにおい嗅ぎ装置 (ODP3、Gestel 社) を用いたにおい嗅ぎ-GCMS を行い特徴香气成分の絞り込みを行った。

3. 結果と考察

3. 1. 官能評価

試醸味噌の官能評価の結果を表3に示す。総合評価は試験区10が最も高く、次いで、試験区11、1、9の順となった。2、3、7、8、12の試験区は色の評価において褐変を指摘され、評価が低かった他、加圧蒸試験区においてはざらつきの指摘が目立ち、組成に対する評価が低かったことで加圧蒸条件の総合評価が低めとなっている。

色調においては加圧蒸の試験区が最も鮮やかな赤みを評価されており、赤みの発現は加圧蒸条件が優位であったといえる。反対に無圧蒸条件の試験区では赤み不足の指摘が多く、今回の主題となっている色調の点において、無圧蒸試験区が優れているとはいえない結果となっ

た。

表3 試醸した味噌の官能評価

No.	総合	色	香り	味	組成	
1	1.71	1.92	1.63	1.58	1.58	無圧蒸
2	2.46	2.38	1.92	2.29	2.38	
3	2.50	2.50	2.29	2.29	2.25	
4	1.79	1.38	1.88	1.75	1.79	加圧蒸
5	1.92	1.63	1.83	1.67	1.96	
6	1.75	1.58	1.71	1.58	2.13	
7	1.83	1.83	1.63	1.75	2.13	
8	2.04	1.88	1.83	1.83	2.04	加圧蒸
9	1.71	1.63	1.79	1.71	1.63	
10	1.50	1.58	1.58	1.67	1.67	
11	1.58	1.54	1.58	1.58	1.75	
12	1.96	2.00	1.83	1.88	2.04	

3. 2. 理化学的評価

3. 2. 1. 一般成分及び遊離アミノ酸

試醸味噌の一般成分の分析結果を表4に示す。

無圧蒸試験区は水分、アルコールが高く、直接還元糖及び窒素分が低い。これは遊離アミノ酸についても同様の傾向であり、無圧蒸試験区は酵母の増殖が旺盛である反面、蒸煮による成分損失が大きいといえる。

本研究においては、加圧処理試験区において有意に差のある一般成分、遊離アミノ酸は見出されなかった。

表4 試醸味噌の一般成分

No.	水分 (%)	直糖 (%)	Alc. (%)	塩分 (%)	pH	総窒素 (%)	水溶性窒素 (%)
1	48.6	12.8	1.81	11.69	5.36	1.61	0.93
2	50.6	12.7	1.84	11.82	5.35	1.56	0.89
3	50.7	12.3	1.66	11.60	5.28	1.49	0.85
4	46.5	13.5	1.54	11.80	5.41	1.75	1.09
5	46.8	13.0	1.41	11.59	5.37	1.83	1.13
6	46.5	13.1	1.48	11.71	5.36	1.82	1.11
7	46.3	13.0	1.50	11.53	5.35	1.84	1.10
8	46.6	13.4	1.46	11.48	5.40	1.79	1.10
9	46.7	12.8	1.43	11.67	5.41	1.78	1.09
10	46.2	13.0	1.38	11.34	5.37	1.87	1.10
11	46.1	12.7	1.59	11.48	5.38	1.88	1.10
12	45.9	12.6	1.55	11.37	5.40	1.89	1.11

3. 2. 2. 色調

蒸煮大豆及び試験味噌の明度(Y)を表5に示す。また、それらの相関をプロットしたものが図1である。Yが50までの範囲において蒸煮大豆と味噌の明度には相関関係があることが知られている³⁾が、本研究ではほぼすべての試験区において蒸煮大豆のYが50を超えており、それぞれの条件について異なる傾向を示した。

表6に蒸煮大豆の色調と成分を示す。すべての試験区において、蒸煮大豆の彩度(C*)は換水によって低下する傾向がある。総ポリフェノール量や蒸煮大豆の加水分解アミノ酸の減少はこれに準じており、赤みを発現する基質となる成分が換水によって少なからず流出していると推測される。また、成分溶出は無圧煮、加圧煮、加圧蒸の順で大きいことが分かる。これをふまえて、それぞれの条件における傾向は以下ようになった。

無圧煮処理条件では蒸煮大豆の明度は頭打ちとなっているが、味噌の明度は上昇する傾向がある。しかし、この試験区は官能評価で赤味不足を多く指摘されていることから、明度が高いのは赤みが発現していないためであるといえる。また、試験区2、3は褐変の指摘が多いにも関わらず、彩度(C*)の変化量は図2のように上昇している。これにより彩度の変化量は味噌の赤みだけでなく、褐変による色調の変化が関与しており、彩度の高さで味噌の鮮やかさを判別できないことが分かる。

次に、加圧蒸試験区は試験区4、5の明度の変化量から、理化学的評価において換水による色調への影響が最も大きい条件であることが分かる。加えて、試験区7を除いて褐変の指摘がないことから、赤みと褐変のバランスが良く、褐変が目立たない大豆処理方法であると推測される。

表5 蒸煮大豆と試験味噌の明度

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
条件	○ 無圧煮			● 加圧蒸				● 加圧煮				
Y (大豆)	53.9	55.7	56.4	48.5	51.7	52.7	53.3	53.9	55.0	56.4	56.7	57.2
Y (味噌)	19.2	20.8	22.5	13.7	15.1	14.8	16.1	15.1	15.2	15.1	15.4	15.7

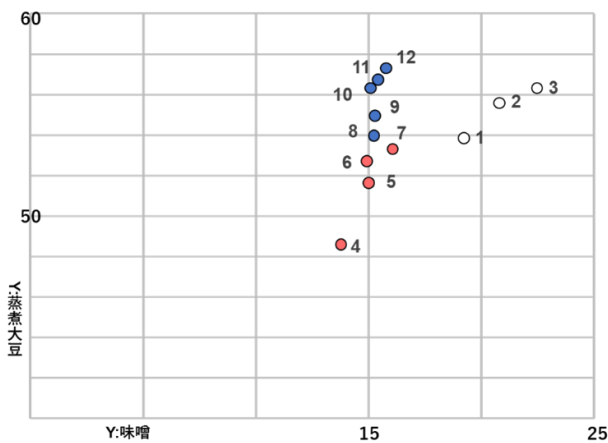


図1 蒸煮大豆と試験味噌の明度

表6 蒸煮大豆の色調と成分

No.	Y	C*	総ポリフェノール	蒸煮大豆 (totalAA)	
1	53.9	19.1	1777.0	13536	無圧煮
2	55.7	17.9	1225.7	8468	
3	56.4	17.7	861.5	6069	
4	48.5	23.5	4776.8	22931	加圧蒸
5	51.7	21.3	3156.8	19766	
6	52.7	21.0	2690.4	21604	
7	53.3	20.6	2346.6	20324	
8	53.9	20.3	2315.0	17193	加圧煮
9	55.0	20.0	2140.4	16367	
10	56.4	19.6	1889.5	16936	
11	56.7	19.3	1752.4	18617	
12	57.2	18.9	1599.3	19559	

最後に、加圧煮試験区においては蒸煮大豆のYに対して、味噌Yが上昇しておらず、換水の効果がほとんど現れていないように見える。しかし、この試験区は色調の官能評価において換水回数との相関が最も高い(換水の効果が強い)試験区である。これは加圧蒸条件と比較して蒸煮大豆の明度が高いため、醸造した味噌において赤みの鮮やかさが目立つが、換水回数が増えることによって赤みの発現量が低下し、褐変が目立つリスクも高い処理条件であるからといえる。

試験区1、4、8は換水処理が少なく、成分溶出が少ないため、それぞれの処理方法で最も赤みが発現すると予想される試験区である。蒸煮大豆と試験醸造味噌のYの変化量(ΔY)と彩度の変化量(ΔC*)の相関を示した図2において、これら試験区より彩度の変化量の大きい試験区は少なからず褐変しているといえる。色調の評価の高い5、6、9、10、11の試験区は褐変よりも赤みの発現がうまく強調され、高評価となった。

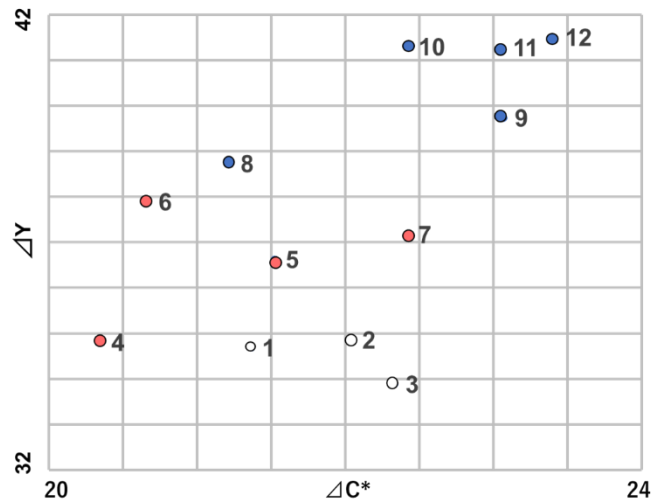


図2 試験味噌と蒸煮大豆の色調変化量

3. 2. 3 HEMF 及びその他の香気成分

試醸味噌の HEMF と加水分解蒸煮大豆の総アミノ酸量を表 7 に示した。HEMF は特徴的なカラメル様の香気を持つ醤油の特徴香気成分の一つであり、味噌においても官能評価と正の相関があるとされる⁴⁾。しかし、本研究においては、香りの官能評価に対する HEMF の相関係数は 0.5 を下回っており、正の相関を持たなかった。理由として、本年度試醸味噌では、昨年最も HEMF 濃度が高かった酵母を使用したにもかかわらず、1/3 程度の濃度の HEMF しか生成しおらず、官能評価の基準となる閾値に達しなかったためと考えられる。既報⁵⁾によれば、HEMF の生成は米麹由来のペントースを原料とした酵母の代謝によるものであり、生成の少ない原因は今年度製麹した米麹の酵素力価が昨年度より劣っていたことが推測される。官能評価と相関は得られなかったが、HEMF 濃度と蒸煮大豆のアミノ酸には高い相関がみられ、糖以外にもいずれかのアミノ酸が HEMF の生成経路に寄与するという知見が得られた。

表 7 試醸味噌の HEMF

No.	HEMF (ppm)	蒸煮大豆 (totalAA)	香り
1	1.047	13536	1.63
2	0.859	8468	1.92
3	0.698	6069	2.29
4	1.901	22931	1.88
5	1.585	19766	1.83
6	1.692	21604	1.71
7	1.476	20324	1.63
8	1.76	17193	1.83
9	1.831	16367	1.79
10	1.481	16936	1.58
11	1.526	18617	1.58
12	1.594	19559	1.83

表 8 に、におい嗅ぎ-GCMS によって検出された主な香気成分を示す。今回示したすべての香気成分と試醸味噌のアルコール量との間に高い相関が得られなかったため、これら香気成分の生成量には酵母の活性よりも大豆の処理条件による成分や組成の変化が大きく寄与すると予想される。

本研究において、におい嗅ぎによる強度と、官能評価との相関係数が最も高い成分は 3-(methylthio)-1-Propanol (Methionol) だった。Methionol は高濃度では硫黄や玉ねぎ様のにおいを呈するが、希薄濃度では醤油そのものにおいを呈する味噌、醤油の特徴香気成分として知られている。Methionol は無圧煮試験区では換水を増やすことで低下する傾向が見られた他、Methionol の前駆物質となる Methional の量も考慮すれば、加圧蒸条件が最も Methional の生成ポテンシャルの高いと予想される。他にも、バラ様の香りを持つ 2-Phenylethyl Alc

ohol や甘い香りを呈するピラン、ピロールなどの香気成分も官能評価と比較的高い相関がみられた。

これより、加圧条件や換水は色調のみならず、香気成分組成にも大きな影響を与えることが示された。

また、今回は推定できていないが、より高沸点領域に多価脂肪酸エステルや複素環化合物と思われる甘いにおいを呈する成分が溶出しており、これらの香気成分組成に対してそれぞれの大豆処理条件が与える影響については更なる検討を行う必要がある。

4. 結言

県産味噌の品質向上として鑑評会の評価基準に対応した最適な蒸煮処理方法を検討し、醸造される味噌について以下の知見が得られた。

加圧処理条件では、糖、アミノ酸など味にかかわる理化学的性質に有意な差は見られなかった。

色調については、換水工程を繰り返すことで蒸煮大豆の褐変性が高まるが、これは加圧煮条件でより顕著であった。そのため、加圧蒸条件では複数回、加圧煮条件ではそれより少ない換水で大豆処理を行うのが、色調のコントロールに有用であることが分かった。

加えて、加圧条件や換水などの大豆処理条件は味噌の特徴香気成分にも大きな影響を与えることが示唆された。

本研究では、鑑評会における色調と香りの評価に大きな影響のある大豆処理条件の特性を評価することができた。加えて、製品の設計や特徴付けを行ううえで有用な大豆処理条件の知見を得ることができた。

参考文献

- 1) 基準みそ分析法. 全国味噌技術会, 1995, p. 2-35.
- 2) 新・食品分析法. 日本食品科学工学会, 1997
- 3) 新・みそ技術ハンドブック. 全国味噌技術会, 1995, p. 38
- 4) 菅原悦子. みそ熟成中の香気成分の変化. 日本食品工業学会誌, 1991, 38, p. 23-27.
- 5) Masaoki Sasaki. J. Agric. Food Chem. 1996, 44, 3273-3275

表8 におい嗅ぎ-GCMSによる味噌特徴香气成分

RI	試験区 Name	無圧煮			加圧蒸				加圧煮				Comments	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12
1074	Acetic acid, butyl ester	5.56	6.18	4.39	6.80	6.71	5.41	7.61	6.83	4.32	5.12	6.72	5.40	果実様 生臭い、 青臭い 酢イソ 爽やか、柑 橘、ミント カブ 爽やか 麴、 甘こげ 甘こげ 油脂、 エステル 硫黄臭 バラ カラメル 甘こげ 甘
1083	Hexanal	4.30	4.87	5.17	3.85	3.30	4.08	3.35	4.34	3.19	4.23	7.04	4.40	
1120	1-Butanol, 3-methyl-, acetate	3.56	4.50	3.39	5.44	3.46	3.34	4.60	4.80	3.27	6.58	3.73	3.34	
1140	1-Butanol	7.72	7.32	4.90	6.33	6.56	7.44	8.53	6.92	6.39	8.48	7.90	7.94	
1227	Furan, 2-pentyl-	5.90	6.20	6.25	6.04	5.40	5.90	6.12	6.96	4.96	6.95	8.07	8.59	
1230	Hexanoic acid, ethyl ester	1.35	1.26	0.65	1.85	2.54	2.15	1.68	4.27	2.78	1.10	0.70	0.94	
1429	Octanoic acid, ethyl ester	3.30	1.14	0.99	3.07	0.77	2.99	0.90	2.41	3.34	1.01	1.14	1.53	
1442	1-Octen-3-ol	6.11	6.06	5.08	7.33	6.92	8.24	6.89	5.47	4.90	5.48	5.59	5.06	
1448	Methional	1.78	1.70	1.57	4.39	4.15	1.59	1.80	1.29	1.41	1.57	2.61	2.01	
1491	Decanal	1.29	2.22	2.42	2.01	2.24	2.38	3.49	3.41	5.44	2.80	2.52	3.24	
1518	Benzaldehyde	9.28	9.16	9.72	9.04	9.69	10.62	9.24	7.51	6.95	8.27	8.58	7.79	
1635	Decanoic acid, ethyl ester	4.11	3.44	3.85	3.75	2.92	3.74	3.38	5.29	6.85	4.09	4.04	4.74	
1641	Benzeneacetaldehyde	4.89	4.16	4.93	6.42	5.39	3.13	3.38	3.19	3.74	3.30	5.19	4.22	
1718	3-(methylthio)-1-Propanol (Methionol)	5.94	4.38	3.47	6.31	5.65	7.31	6.92	6.25	6.24	6.04	6.38	5.75	
1819	Acetic acid, 2-phenylethyl ester	5.69	5.87	5.93	3.74	3.65	4.03	5.89	4.82	6.11	6.91	4.76	4.65	
1844	Dodecanoic acid, ethyl ester	1.09	0.89	1.02	1.40	0.91	1.07	0.84	0.97	4.66	1.48	1.64	1.44	
1918	2-Phenylethyl Alcohol	11.68	9.60	8.50	8.69	7.93	10.33	8.72	8.43	9.91	10.00	9.58	8.77	
1971	2-Methyl-3-methoxy- 4H-pyran-4-one	5.23	3.88	3.08	3.43	2.96	4.66	3.31	4.41	6.41	3.77	5.19	3.60	
1979	Maltol	0.20	0.10	0.06	2.72	1.53	2.93	0.34	0.16	0.32	0.23	0.22	0.17	
1992	2-Acetylpyrrole	3.08	1.82	1.45	3.75	2.77	3.71	3.39	3.26	5.00	4.18	4.55	4.08	
官能評価 (香り)		1.63	1.92	2.29	1.88	1.83	1.71	1.63	1.83	1.79	1.58	1.58	1.83	

各数字は内部標準の3-OctanolでAbs.を補正した後、12試験区の標準偏差で除した値。

測定条件 使用カラム; DB-WAX UI, 60m×0.25(i.d.), 膜厚0.25μm

温度条件; 50°C(5minHold)→240°C(3°C/min)

キャリアーガス; He, 流速1.2ml/min