

おからを利用した味噌製造法の確立（R2）

公益財団法人とかち財団 ものづくり支援部
食品加工技術センターグループ 四宮 紀之

1 研究の背景と目的

我が国では2019年10月1日に「食品ロスの削減の推進に関する法律」が施行され、国連が2015年に定めた「持続可能な開発目標（SDGs）」の目標「12：つくる責任 使う責任」において、2030年までに食品廃棄物を半減させる取組みを後押ししており、サプライチェーンの川上にある食品メーカーも経営規模の大小を問わず、食品ロス削減への対応が必要となってきた。

一方、豆腐製造業においては、豆腐の製造に伴いおからや規格外豆腐が排出され、その量は原料乾豆とほぼ等量と言われている（1t→1t）。現状、これらのほとんどは産業廃棄物として捨てられ、その処理費用はトン当たり1～3万円程度と高額で事業者の負担となっている。

しかし、おからや規格外豆腐には依然多くのたんぱく質、脂質、炭水化物などの栄養成分が残存しており、産業廃棄物ではなく未利用資源として活用することが望ましく、肥料やエコフィードあるいは他の加工食品へ活用する取組みがなされている。

このような背景のもと、現状では十分に食用となるが廃棄せざるを得ない、おからや規格外豆腐を主原料として利用した味噌を製造する方法を確立し、地域の小規模豆腐製造業の食品ロス削減の一助とすることを目的とする。

2 試験研究の方法

(1) 試作味噌の原料

- (ア) おから：有限会社中田食品から提供されたものを使用した。
- (イ) 規格外豆腐：有限会社中田食品から提供された木綿豆腐を使用した。
- (ウ) 米麹：市販米麹（渋谷醸造株式会社：製品名あまいこうじ）を用いた。
- (エ) 味噌用酵母：*Zygosaccharomyces rouxii* （株式会社秋田今野商店：味噌用酵母1号）を用いた。
- (オ) 食塩：市販精製塩（公益財団法人塩事業センター：製品名食塩）を用いた。

(2) 試作味噌の種類

試作味噌は、下記のA～C、3種類を調製し、対象として一般に量販されている米麹味噌Xと比較評価した。

- ・試作品A：大豆の代わりにおからだけで仕込んだもの
- ・試作品B：おからのほかに規格外豆腐を混合して仕込んだもの
- ・試作品C：試作品Bに味噌用酵母を添加して仕込んだもの

(3) 配合および熟成条件

試作味噌の配合は一般的な味噌製造に用いられる配合を参考とし、原料となるおから及び規格外豆腐の各成分分析結果とその他副原料の成分値から、3種類の試作味噌の水分量とたんぱく質量ができるだけ同じになるように設計した。また、熟成は25°Cの恒温機中で行った。

(4) 成分分析

(ア) たんぱく溶解率とたんぱく分解率は味噌の発酵状態を判断する重要な指標として用いられる。全窒素、水溶性窒素量はそれぞれみそ、みそ浸出液をケルダール法により定量した。ホルモール窒素（たんぱく質が分解されて生じたアミノ態窒素）は後藤¹⁾が報告した1/5スケール法により定量し、下記の式によりたんぱく溶解率、たんぱく分解率を求め発酵の進み具合の指標とした。

$$\text{たんぱく溶解率 (\%)} = \text{水溶性窒素}/\text{全窒素} \times 100$$

$$\text{たんぱく分解率 (\%)} = \text{ホルモール窒素}/\text{全窒素} \times 100$$

(イ) 遊離アミノ酸量はHPLC法（プレカラム PITC 誘導体化法）により定量し、味噌の味（特にうま味）の指標とした。

(ウ) 一般成分（水分、たんぱく質、脂質、炭水化物、灰分、ナトリウム、食塩相当量）は公定法によった。

(5) 官能評価

試作した味噌の風味の確認は3名のパネルにより、色、香り、味、舌触りを順位法にて評価した。色、香りは味噌そのものを用い、味、舌触りは20%懸濁液を調製して行った。

3 結果および考察

(1) 主原料のおからと規格外豆腐の一般成分分析

提供されたおから及び規格外豆腐の一般成分分析結果を表1に示した。

表1 主原料の一般成分

	水分 (g/100g)	たんぱく質 (g/100g)	脂質 (g/100g)	炭水化物 (g/100g)	灰分 (g/100g)	ナトリウム (mg/100g)	食塩相当量 (g/100g)
おから	71.1	6.9	3.8	17.3	0.9	1	0
規格外豆腐	86.1	6.8	4.1	2.4	0.6	13	0.03

味噌の醸造においては、うま味のもととなるたんぱく質や発酵基質となる炭水化物の量が重要となる。おから及び規格外豆腐を比較すると、たんぱく質含量は同程度であったが炭水化物はおからの方が多かった。しかし、このうち11.5g/100gは食物繊維であり、発酵基質となり得る成分量としては大きな差は無いと考えられた。そこで、排出量が多いおからを基本原料と設定し、おからを主原料とした試作品A、おからに規

格外豆腐を加えた試作品 B、試作品 B に酵母を添加した試作品 C を調製することとした。

(2) 試作味噌の配合の決定

主原料となるおから及び規格外豆腐の一般成分分析結果をもとに、淡色中辛口味噌となる 3 種類の試作品の配合を決定し、調製した（表 2）。試作品 C に使用した酵母液は味噌用酵母 *Zygosaccharomyces rouxii* を予め 10^8 cfu/ml になるように培養し、その培養液を全体量に対して終濃度 10^5 cfu/g となるように添加した。また、調製した試作品 A～C の成分分析値と市販品 X の一般成分値を確認した（表 3）。

表 2 試作品 3 種類の各配合

	試作品 A		試作品 B		試作品 C	
	重量(g)	配合比(%)	重量(g)	配合比(%)	重量(g)	配合比(%)
おから	337	64.8	160	29.5	160	29.5
規格外豆腐	-	-	160	29.5	160	29.5
米麹	133	25.6	160	29.5	160	29.5
食塩	50	9.6	62	11.4	62	11.4
酵母液	-	-	-	-	1	0.002
合計	520	100	542	100	543	100

表 3 一般成分値の比較

	水分 (%)	たんぱく質 (%)	炭水化物 (%)
試作品 A	50.1	6.1	30.7
試作品 B	50.3	6.0	28.7
試作品 C	50.3	6.0	28.7
市販品 X	51.0	11.5	23.5

この結果、3 種類の試作品は市販品 X と比較してたんぱく質が 6% と低く、熟成後に市販品よりうまい成分の生成が少ない可能性があると考えられ、アミノ酸生成量を主な指標として取り組むこととした。

(3) 発酵試験におけるたんぱく溶解率とたんぱく分解率

調製した3種類の味噌を25°Cで発酵した際のたんぱく溶解率とたんぱく分解率の推移を示した(図1)。

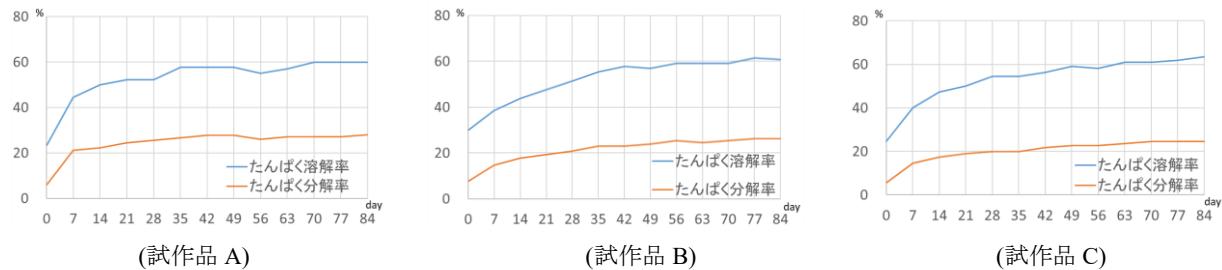


図1 試作品のたんぱく溶解率および分解率の推移

たんぱく溶解率・たんぱく分解率は味噌の熟成度合いを判断する指標であり、本試験の配合味噌ではたんぱく溶解率60%、たんぱく分解率22%に達し、それらの増加がほぼ平衡状態になった時点を熟成終期の目安とすることとした。本試験での推移をみると試作品A,B,Cいずれも、25°Cで70日目には発酵終期になっており、通常の味噌と同様の発酵過程を経ていると考えられた。また試作品Cのたんぱく溶解率は70日後も緩やかな増加傾向にあった。これは酵母の働きによりたんぱく質の分解が継続しているものと推察された。

(4)発酵試験における遊離アミノ酸量

味噌のたんぱく質は発酵中に水溶性ペプチドを経て遊離アミノ酸に分解される。その推移を知るため、発酵中の総遊離アミノ酸量についても分析を行い、その中から味噌の風味に関与する指標成分としてうま味系アミノ酸のグルタミン酸、甘味系アミノ酸のアラニン量の推移を示した(図2)。

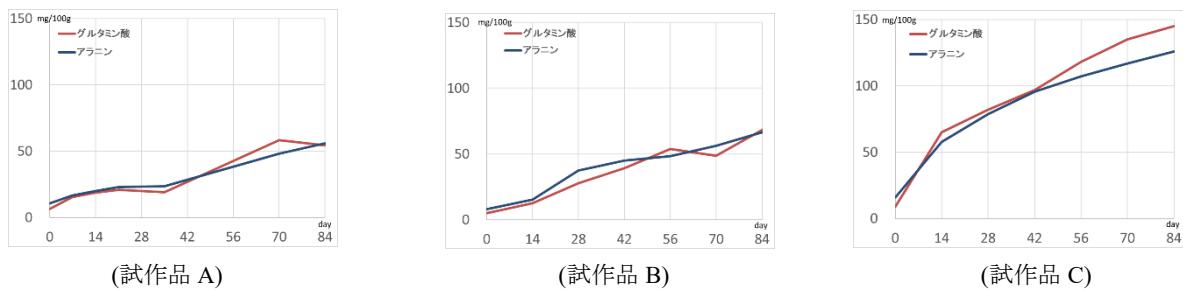


図2 試作品のグルタミン酸およびアラニン含量の推移

たんぱく溶解率・分解率とは異なり、各遊離アミノ酸量は発酵開始70日を経過しても平衡に達しておらず、たんぱく質が分解され遊離アミノ酸の生成が続いていると考えられた。このことから、70日経過後も熟成を継続することによりアミノ酸由来の味噌の風味を増強できる可能性が示唆された。試作品の中では特に酵母を添加した試作品CはA,Bと比較して、アミノ酸生成量が高く推移することがわかった。

また、これら 3 種類の試作品について、発酵開始 84 日の遊離アミノ酸量を市販品 X と比較した（表 4）。その結果、試作品 A、B は市販品 X より全体的にアミノ酸含量が

表4 市販味噌および試作品の遊離アミノ酸含量 (mg/100g)

	市販X	試作A	試作B	試作C
・アスパラギン酸	66	40	40	92
・グルタミン酸	125	54	69	145
・セリン	68	28	38	58
・グルタミン	57	15	35	76
・グリシン	39	15	18	28
ヒスチジン	42	23	24	48
アルギニン	222	97	109	215
・スレオニン	55	30	31	68
・アラニン	137	56	67	126
・プロリン	126	30	47	143
・ギャバ	11	7	7	18
チロシン	147	62	92	180
・バリン	133	79	71	153
メチオニン	38	17	19	35
イソロイシン	132	83	75	133
ロイシン	261	122	125	226
フェニルアラニン	136	71	82	144
オルニチン	7	1	8	15
リジン	144	63	56	81
合計	1944	894	1011	1984

※付点はうま味・甘味系のアミノ酸を示す

低い傾向があった。なお、試作品 A と B を比較すると、試作品 B のグルタミン酸、アラニン含量は試作品 A の 1.2 倍量であった。これは試作品 B が規格外豆腐を加えたものであることから、豆腐由来のたんぱく質が遊離アミノ酸まで分解しやすかったことが要因として推察された。

一方、試作品 B と試作品 C を比較すると、酵母添加の有無の違いにより遊離アミノ酸量が大きく異なり、味噌用酵母を添加した試作品 C では、試作品 B の約 2 倍の含量となり、市販品 X と同等の結果となった。このことは味噌用酵母により味噌中のたんぱく質がさらに分解されたことを示唆しており、味噌用酵母の添加がおから及び規格外豆腐を主原料とした味噌の風味醸成においても有用であることが確認された。

これらの結果から、おからを主原料とした味噌の製造は規格外豆腐を補助材料として用い、味噌用酵母を添加することにより、市販品と近い風味の味噌が製造可能であると考えられた。

(5) 風味の確認

試作した熟成開始 84 日後の 3 種類の味噌について、各々 20%懸濁液を作成し、風味を確認した結果、試作品 B、C は市販品に大きく劣るところはなく、味噌として十分な風味と思われた。表 5 に示したように試作品の中では試作品 C が舌ざわりも良く、最

表5 順位法による官能評価

	色	味	香り	舌触り
A	3	3	3	3
B	1	2	2	2
C	1	1	1	1

も味噌としての完成度が高かった。

4まとめ

現状、様々な理由により廃棄処理せざるを得ないおからや規格外豆腐を有効に活用し、食品ロスを削減する方法の一つとして、食用可能なこれらを用いて味噌を製造する方法を検討した。

試作した3種類の味噌は25°C、70日の熟成で味噌として食せる範囲に発酵が進み、特に試作品Cは熟成84日で市販品に近い風味の味噌となった。

以上の研究の結果、豆腐製造により排出されるおからや規格外豆腐を主たる原料とした味噌は十分に製造可能であり、食品ロス削減の一助となる可能性が示された。但し、本研究での発酵試験はラボレベルでの試作のため、実規模の製造に落とし込むためにはもう何段階かの試験が必要と考えられる。これらの研究成果を管内の豆腐製造業等に広く情報提供し、製品化に向けた技術移転のための支援を引き続きしていく予定である。

5参考文献

- 1) 後藤奈美、Tips for B.F.D. ワイン醸造の基礎 第2回 一窒素と酸素の話、きた産業株式会社、www.kitasangyou.com/pdf/e-academy/tips-for-bfd/BFD_20.pdf 2021,04,27