

平成 29 年度豆類振興事業調査研究(雑豆需要促進研究)成果概要

1. 課題名 小豆を用いた新規な無塩醤油様調味料の開発
2. 研究者 山形大学 農学部 食品創製科学 教授 永井 毅
3. 成果概要

【研究目的】

ユネスコ無形文化遺産に登録された和食は、世界中から注目されている。主な原材料は、丸大豆、小麦、食塩、種麴であり、食塩水と麴を混合し、発酵・熟成させたもろみを圧搾して製造する。丸大豆の約 9 割は輸入に依存しており、国産のそれはおよそ 2%に過ぎない。日本人の食事摂取基準(2015 年版七訂)の改定点として、生活習慣病の発症と重症化の予防を重視している。特に高血圧予防の観点から、食塩摂取量の目標値を更に低く設定した。日本農林規格では、醤油は濃口、淡口、白、たまり、再仕込みに分類されるが、いずれも塩分濃度は約 16-19%と高い。日本人の食生活に欠かせない醤油であるが、健康の保持・増進、生活習慣病予防のためにも、美味な低塩(減塩)醤油の開発が早急な課題である。一方、食料自給率の低いわが国では、国産原料が制限されるが、消費者の安全・安心に対するニーズはますます高まる傾向にあり、国産原料を活用した高品質かつ優れた機能性を有する醤油(または醤油様調味料)が求められている。本研究では、丸大豆の代替原料として国産普通小豆を選定し、新規かつ機能性に優れた無塩醤油様調味料の開発ならびに実用化を目指すことを目的とした。

【研究方法および成果】

1. 麴の調製

原材料として、普通小豆(北海道産)、玄麦(岩手県産ゆきちから)および醤油用種こうじ菌(秋田今野商店醤油 1 号菌)を用いた。蒸煮小豆と炒ごう・割砕小麦に種麴を播種し製麴したところ、良質な麴の製造が可能であった(図 1)。



図 1. 麴(左:小豆;右:小豆+小麦)

2. 麴の各種酵素活性

醤油製造に重要な役割を果たす各種酵素の力価を調査すべく、改訂国税庁所定分析法注解に基づき、麴の α -アミラーゼ、グルコアミラーゼ、 α -グルコシダーゼ、酸性カルボキシペプチダーゼ活性を測定した。その結果、小豆麴では α -アミラーゼおよびグルコアミラーゼ活性が、小豆+小麦麴では α -グルコシダーゼおよび酸性カルボキシペプチダーゼ活性が高かった(表 1)。

表 1. 麴の各種酵素活性の比較(U/g 麴) (n=3)

	小豆麴	小豆+小麦麴
α -アミラーゼ	4,327.2	2,971.9
グルコアミラーゼ	96.0	76.7
α -グルコシダーゼ	0.0068	0.0120
酸性カルボキシペプチダーゼ	453.4	1,232.1

3. 無塩醤油様調味料の開発

生産量の多い「濃口醤油」と「たまり醤油」の製法を基に、2 種類の無塩醤油様調味料を小仕込みした。

濃口醤油様調味料には普通小豆と小麦を、たまり醤油様調味料では普通小豆のみを用いた。もろみは食塩水の代わりに、5、10 および 20%エタノールで仕込み、毎日混合（攪入れ）した。発酵・熟成条件は室温（20℃）6 ヶ月とした。もろみの pH は、仕込み時いずれも 6.25 であったが、64 日後ではそれぞれ 6.05、6.01 に、102 日後では 5.96、5.92 へ低下した。さらに 6 ヶ月後では、それぞれ 5.23-5.57、5.09-5.92 となり、順調な発酵を示唆した。6 ヶ月後、濾布でろ過し、生醤油様調味料を得た。湯煎で 80℃-10 分間火入れ後、静置・おり引きし、無塩醤油様調味料とした（図 2）。

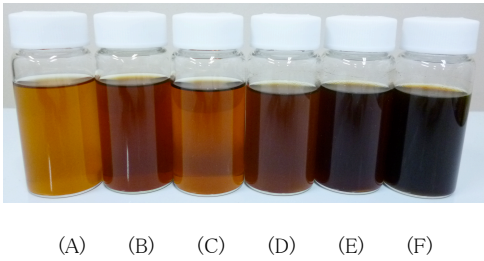


図 2. 無塩醤油様調味料 (A-C:小豆;D-F:小豆+小麦)
(A,D)エタノール 5%, (B,E)同 10%, (C,F)同 20%

4. 成分分析

成分分析を行った結果、市販醤油 (A および B:濃口醤油;C:たまり醤油)と比較し、全窒素およびホルモール窒素含量が低かった (表 2)。無塩可溶性固形分 (エキス分)は、小豆のみではいずれも低いですが、小豆+小麦では同等または多い傾向がみられた。糖用屈折示度 (Brix%)はいずれも低く、特に小豆のみでは市販醤油の半分程度であった。食塩含量は 0.1%未満であり、ほとんど検出されなかった。ア

表 2. 無塩醤油様調味料の成分値 (n=3)

	小豆-5%	小豆-10%	小豆-20%	小豆+小麦-5%	小豆+小麦-10%	小豆+小麦-20%	A	B	C
全窒素(%)	0.85	0.81	0.92	1.15	1.10	0.99	1.65	1.59	1.63
ホルモール窒素(%)	0.45	0.37	0.44	0.51	0.48	0.41	0.87	0.78	0.92
無塩可溶性固形分(%)	15.9	18.6	18.0	23.7	25.7	27.7	19.5	17.6	24.0
糖用屈折示度(%)	16.0	18.7	18.1	23.8	25.8	27.8	34.8	33.1	39.4
食塩(%)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	15.3	15.5	15.4
アルコール(%)	3.01	6.59	10.13	2.97	6.48	10.82	3.21	2.93	3.03
全糖(%)	6.18	8.20	6.65	13.12	13.85	17.14	4.69	2.94	7.17
直接還元糖(%)	3.85	4.36	3.32	8.37	8.13	8.42	2.09	1.00	3.86
グルタミン酸(mg/100g)	1,904.6	1,960.2	1,915.7	2,113.5	1,969.3	1,783.6	3,052.8	2,923.8	3,026.8
酸度 I(ml)	7.0	3.5	4.0	7.0	5.5	5.0	11.0	10.5	13.5
酸度 II(ml)	4.5	5.5	4.5	6.5	7.0	7.5	11.5	9.5	12.0
比重(20℃)	1.035	1.025	1.040	1.072	1.068	1.052	1.142	1.145	1.179
密度(g/cm³)	1.035	1.025	1.040	1.072	1.068	1.052	1.142	1.145	1.179
pH	5.09	5.92	5.58	5.23	5.37	5.57	4.65	4.54	4.52
官能評価 (5段階評価)	2	3	2	2	1	1	4	5	4

ルコール含量は、仕込みエタノール濃度に比例し、残存量として高く検出された。全糖量および直接還元糖量ともに、市販醤油より顕著に高かった。グルタミン酸量は、市販醤油と比較し低かった。pH は 5

以上と高く、更に発酵が進行するものと示唆した。5 段階評価による官能評価では、小豆のみでは、特に 10%エタノール仕込みの場合、甘く芳醇な芳香と醤油様のコクのある味を呈した。一方、小豆＋小麦では、エタノール含量が高くなるに従い苦味が強くなり、醤油の味にはほど遠いものとなった。なお、いずれも甘酸っぱい味を呈した。

5. 機能性成分含量と機能性解析

機能性成分含量を測定した結果、小豆では、総ポリフェノール含量ならびに総フラボノイド含量いずれにおいても、10%エタノール区で最も高く、小豆＋小麦では、どの試験区でも高く、エタノール濃度上昇とともに高くなった(表 3)。抗酸化性試験では、すべての無塩醤油様調味料でリノール酸自動酸化を完全に抑制した。DPPH ラジカル消去活性は、小豆のみでは 62.8-73.6%、小豆＋小麦では 78.7-88.0%といずれも顕著に高かった。スーパーオキシドアニオンラジカルに対して、小豆-5%エタノールおよび 20%エタノール区、小豆＋小麦-5%エタノール区は 84.7-98.9%消去し、それ以外では完全に消去した。ヒドロキシルラジカル消去活性は、小豆のみならびに小豆＋小麦-10%エタノール区で最も高い活性を示した。ACE 阻害活性は、市販醤油と比較し、いずれも高かった(53.8-71.5%)。さらに、抗アレルギー活性は、小豆＋小麦区のみ認められ、エタノール濃度上昇とともに高くなった(表 3)。特に、20%区では顕著に高い活性を示した(89.1%)。これらの機能性には、小豆に含有するフェノール類ならびに原材料由来ペプチドの寄与が示唆された。

表 3. 無塩醤油様調味料の機能性成分含量と機能性解析 (n=3)

	小豆-5%	小豆-10%	小豆-20%	小豆+小麦-5%	小豆+小麦-10%	小豆+小麦-20%	A	B	C
総ポリフェノール(mg/100g)	192.6	222.8	182.5	279.3	323.7	365.1	337.2	357.2	459.6
総フラボノイド(mg/100g)	10.1	14.8	12.6	16.6	38.2	39.1	13.3	12.5	84.4
抗酸化性(%)	100	100	100	100	100	100	100	100	98.3
DPPH 消去活性(%)	65.7	62.8	73.6	88.0	82.4	78.7	85.3	86.6	88.5
SOD 様活性(%)	84.7	>100	86.1	98.9	>100	>100	96.7	96.4	>100
・OH 消去活性(%)	48.5	68.7	59.6	56.0	65.4	50.1	55.8	67.4	62.9
ACE 阻害活性(%)	55.1	53.8	62.0	67.1	70.2	71.5	35.1	28.7	29.5
抗アレルギー活性(%)	0	0	0	21.8	44.4	89.1	56.0	39.3	76.7

【まとめ】

本研究では、小豆と小麦を用いた無塩醤油様調味料の開発を試みた。もろみの仕込みに食塩を一切使用しないため、腐敗の可能性があったが、発酵・熟成は順調に進行した。試醸した調味料は、呈味の改良余地はあるが、豊富な機能性成分と、高い抗酸化性、活性酸素種捕捉効果ならびに血圧上昇抑制効果、抗アレルギー効果等、種々の優れた機能性を併せもつことが明らかとなった。和食文化継承に最も重要な調味料である醤油の、生活習慣病、特に高血圧予防の観点から、食塩を含まない新たな無塩醤油様調味料は、食生活の質向上とともに、豆類(小豆)の新規需要開拓への発展が期待される。