

雑豆発酵ペーストを活用した新規食品の開発（平成 19 年度）

研究開発課 佐々木香子、大庭 潔
共同研究 株式会社丸勝

1．研究の目的と概要

十勝で豆类などの穀類を取り扱う株式会社丸勝では、小豆、金時、手亡など、十勝産の雑豆や野菜で醸造酢を製造する技術を開発し、昨年より販売を開始している。これらの醸造酢は原料を酵素分解及びアルコール発酵した後、固液分離した上清を酢酸発酵させて製造しているが、アルコール発酵後には発酵副産物が大量に発生する。そこで本年度は、この発酵副産物を発酵ペーストとして素材化するとともに、その機能性について評価を加え、付加価値をつける検討を行った。

2．試験方法

(1) 発酵ペースト調製法

原料は秤量・洗浄した後 3 倍量の水を加えてマスコロイダーで摩砕し、3 種類の酵素を加えて 50 でインキュベートした。酵素処理開始から 2~3 時間後、酵母を添加して 4~5 日間発酵させ、遠心分離して発酵ペーストを得た。分析に用いる試料は、ペーストに 2 倍量の水またはアルカリ水を加えて洗浄し、回転蒸着釜で加熱しながらアルコールを除去した後、さらに凍結乾燥またはドラム乾燥し、超遠心粉碎機で粉碎して調整した。

(2) 物性・特性分析

レーザー回折式粒度分布測定装置（島津製作所製）で平均粒子径を測定した。ブラベンダービスコグラフ（BRABENDER 社製）を用い、開始温度 30、昇温 1.5 /分、95 到達後 10 分保持、降温 1.5 /分、40 到達後 10 分保持の条件で測定した。

(3) 成分分析

一般成分、食物繊維、無機質分析は常法で行った。遊離アミノ酸は、試料に 75%エタノールを加えて 1 時間振とうした上清を、PITC（イソチオシアン酸フェニル）で誘導体化後、高速液体クロマトグラフィーで分析した。タンパク質分子量は、試料に蒸留水を加えて 1 時間振とうした後、遠心分離した上清中のタンパク質をエタノール沈降させ、蒸留水に溶解した後にゲル濾過膜に供したものを高速液体クロマトグラフィー（LC8020、東ソー製）で分析した。また、低分子タンパク質の含量は TNBS（トリニトロベンゼンスルホン酸ナトリウム）法で分析し、分析値から遊離アミノ酸の総量を差し引きして算出した。

3．結果および考察

(1) 発酵ペースト洗浄・粉末化の検討

発酵後のペーストには発酵臭および酸味があり、また酵母・酵素等も残留しているため、洗浄・殺菌と粉末化の検討を行った。その結果、発酵臭については加水洗浄で除去することができたが、酸味は除去できなかった。そこで酵母添加時温度を検討したところ、17.5 以下で発酵させた場合、酸度の上昇が抑制されることが判った。発酵ペーストは流通を考慮し、ドラムドライおよびフリーズドライで粉末化した。

(2) 物性等品質評価

通常、餡粒子は約 80~130 μm で、約 80 μm の粒子群においては舌触りが滑らかとされている。発酵ペースト粉末の平均粒子径を分析したところ、発酵ペースト粉末は、小豆で 56.7~58.0 μm 、金時で 39.6~52.1 μm 、手亡では 55.3~68.5 μm であり、非常に小さい粒子であることが判った（表 1）。また、加熱時の粘性については糊化する傾向は全く見られず、酵素処理と発酵により、ほとんどの澱粉が分解されていると考えられた。さらに、水に対する膨潤度はドラムドライ品で若干低かったが、小麦粉と比較すると非常に高いことが判った。これらの評価を基に、今後は発酵ペーストを素材とした、ドレッシングやスープ等の製品開発について検討する。

表1 発酵ペースト粉末平均粒子径

	平均粒子径 (μm)		
	FD	DD	凍結後DD
小豆	58.0	56.7	57.9
金時	43.5	39.6	52.1
手亡	68.5	55.3	62.1

※全て水洗浄後に調製
※FD～4

FD:フリーストライ
DD:ドラムドライ

(3) 発酵ペースト成分分析

小豆、金時、手亡の発酵ペースト粉末について一般成分を測定し、乾燥豆および煮豆、大豆と比較した(表2)。その結果、発酵ペースト粉末中にはタンパク質が多く含まれており、小豆で49.6%、金時で48.5%、手亡で46.0%と、成分中のほぼ半分近くがタンパク質であることが判った。これは、雑豆成分中の炭水化物が発酵によってアルコールへと変換され、消費されていることから、相対的に含量が多くなったためと考えられる。また、各ペースト中のミネラル成分を分析した結果、乾豆・煮豆や大豆と比較すると少ない傾向であったが、小麦粉や米と比較すると、ほとんどのミネラルについて多く含まれていることが判った。これらの結果から、発酵ペーストは植物性タンパク質やミネラルが豊富で、栄養バランスの良い食品素材であることが伺える。

表2 発酵ペースト粉末成分分析値

	(g/100g)									
	乾豆			煮豆			発酵粉末			大豆
	小豆	金時	手亡	小豆	金時	手亡	小豆	金時	手亡	
蛋白質	23.8	25.7	24.1	25.2	25.0	23.6	49.6	48.5	46.0	33.8
脂質	2.4	2.7	2.8	1.3	2.2	2.5	-	-	-	22.6
灰分	3.5	4.0	4.4	1.4	2.2	1.9	2.2	2.7	2.6	5.1
炭水化物	70.3	67.7	68.6	72.1	70.5	72.0	48.2	48.9	51.4	33.5

	(mg/100g)									
	乾豆		煮豆		発酵粉末			その他穀類		
	小豆	インゲン豆	小豆	インゲン豆	小豆	金時	手亡	大豆	小麦粉	米
Na	1.2	1.2	2.8	Tr	27	34	33	1.1	2.3	1.2
K	1775	1796	1307	1317	630	484	516	2171	140	104
Ca	89	156	85	168	99	53	292	274	27	6
Mg	142	180	122	132	73	98	92	261	14	27
P	414	479	294	420	37	37	243	663	81	111
Fe	6.4	7.2	4.8	5.6	10	8.8	9.5	10.7	0.7	0.9
Zn	2.7	3.0	2.6	3.1	2.7	2.9	2.4	3.7	0.3	1.7
Cu	0.8	0.9	0.9	0.9	2.6	2.1	0.7	1.1	0.1	0.3
Mn	-	0.6	-	1.6	1.2	1.0	2.1	2.2	0.6	0.9

※発酵ペースト以外のデータは五訂食品成分表より抜粋
Tr:検出限界以下、-:四訂成分表非該当食品中未記載成分

(4) 発酵ペースト難消化性成分分析

食物繊維はコレステロール低下作用があり、雑豆中の難消化性デンプンが食物繊維として作用することが知られている。そこで発酵粉末中の食物繊維について分析し、乾豆、煮豆、大豆と比較した(表3)。食物繊維含量は乾豆で16.9~23.4%、煮豆で22.4~29.5%、大豆で16.2%であり、これらと比較すると発酵ペースト中では34.6~37.1%と非常に含量が高く、炭水化物の7割近くかそれ以上が食物繊維であることが判った。酵素分解・発酵過程を経て餡粒子内のデンプンがアルコールとして消費されたにも関わらず、食物繊維含量が非常に高かったことから、雑豆由来の難消化澱粉が発酵粉末中に残っており、且つ分解された糖類が消費されたため、相対的に食物繊維含量が高くなったためと考えられる。

表3 発酵ペースト食物繊維含量

	食物繊維含量									(g/100g)	
	乾豆			煮豆			発酵粉末				大豆
	小豆	金時	手亡	小豆	金時	手亡	小豆	金時	手亡		
炭水化物	70.3	67.7	68.6	72.1	70.5	72.0	48.2	48.9	51.4	33.5	
不溶性食物繊維	14.7	12.3	15.8	20.8	19.1	29.4	34.6	33.9	30.3	15.2	
水溶性食物繊維	2.2	5.3	7.6	1.6	4.5	0.1	2.5	2.7	4.3	1.0	
炭水化物に対する割合(%)	24.0	26.0	34.1	31.1	33.5	41.0	77.0	74.8	67.3	48.4	

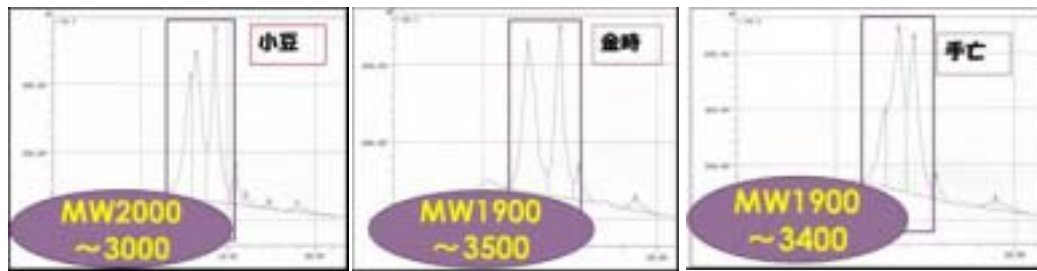
本試験での食物繊維の分析法では、酵素処理後の試料残渣重量から、分解されずに残ったタンパク質と灰分の重量を差し引いたものを食物繊維としている。発酵ペーストの分析では、酵素分解後の残渣中に残留するタンパク質が多い傾向にあった。そこで酵素処理残渣中のタンパク質について、試料 100g 当たりの重量に換算し、乾豆、煮豆、大豆と比較した(表4)。その結果、乾豆では 7.7~18.6%、煮豆では 11.7~13.8%、大豆では 16.3%であったのに対して、発酵粉末中の残留タンパク質は乾豆、煮豆、大豆の 2 倍から 3 倍の含量であり、27.7~30.1%と非常に多く含まれていた。この含量を試料中の全タンパク質に対する割合として示すと、成分中の半分以上の約 6 割が残留タンパク質であることが判った。難消化性タンパク質は食物繊維の脂質代謝改善作用を促進させると言われている。そのため、本試験での残留タンパク質も同様の効果を示す可能性が示唆された。

表4 難消化性タンパク含量

	タンパク質含量									(g/100g)	
	乾豆			煮豆			発酵粉末				大豆
	小豆	金時	手亡	小豆	金時	手亡	小豆	金時	手亡		
タンパク質	23.8	25.7	24.1	25.2	25.0	23.6	49.6	48.5	46.0	33.8	
難消化性タンパク含量	1.86	8.7	7.7	11.7	13.8	13.3	30.1	27.7	27.7	16.3	
全タンパク質に対する割合(%)	7.82	33.9	32.0	46.4	55.2	56.4	60.8	57.0	60.1	48.2	

(5) 発酵ペースト低分子タンパクの分析

乾豆・煮豆・発酵粉末の遊離アミノ酸の分析を行ったところ、乾豆・煮豆に比べ、発酵粉末中のアミノ酸量が増加しており、これは酵素処理及び発酵により、雑豆由来のタンパク質が分解されてアミノ酸となったためと考えられる。しかし遊離アミノ酸総量は大豆発酵食品の味噌と比べると 1/3 程度で、これは発酵時間が味噌より極端に短いためと考えられることから、発酵粉末中にはアミノ酸まで分解されていない低分子タンパク質が含まれていると推察された。そこで、煮豆・発酵粉末について、水抽出後に分子量 10,000 以下に分画した試料の分子量分布分析を行なった。その結果、煮豆の主な分子量が小豆で 5,500~8,000、金時で 5,500~8,500、手亡で 5,500~9,500 であったのに比べ、発酵粉末中における主な分子量は小豆で 2,000~3,000、金時で 1,900~3,500、手亡で 1,900~3,400 であった(図1)。この結果から、酵素処理および発酵により煮熟豆中のタンパク質が分解され、アミノ酸およびアミノ酸がいくつか繋がったペプチドになっていると考えられた。



* 同条件での煮豆の分子量は、小豆 5500 ~ 8000、金時 5500 ~ 8500、手亡 5500 ~ 9500

図1 発酵ペースト分子量分布

さらに、低分子タンパク質を測定した結果、乾豆では 1.3 ~ 2.4%、煮豆では 0.1 ~ 1.2%であったのに対し、発酵粉末中には小豆で 7.3%、金時で 10.0%、手亡で 9.7%の低分子タンパク質が存在することが判った(表5)。食品中のペプチドは、速やかに腸管吸収され、且つ脂肪との吸着力が高いことから血中中性脂肪を低下させるといった健康機能性が注目されている。現在では大豆ペプチドや海藻ペプチドなど、様々な食品由来のペプチドが利用されているが、雑豆のペプチドにも同様の効果が期待されることから、発酵粉末配合製品に高い付加価値を付けるとともに、健康機能性素材としても商品化の可能性が高いと考えられる。

表5 低分子タンパク質分析

	CONCENTRATION(mg/100g)								
	乾豆			煮豆			発酵粉末		
	小豆	金時	手亡	小豆	金時	手亡	小豆	金時	手亡
水溶性画分*									
タンパク含量 (A)	1861	1700	2731	127	1326	448	8250	11071	10983
遊離アミノ酸総量(B)	151	390	380	18	103	58	934	1031	1265
(A)-(B)	1710	1310	2351	109	1223	390	7316	10040	9718

4. まとめ

本試験研究は株式会社丸勝との共同研究として行った。雑豆酢醸造副産物の発酵臭は加水洗浄で除去し、低温発酵により酸度の上昇を抑制した。ペーストの物性に関する検討では、平均粒子径が 40 ~ 70 μ m で非常に小さい粒子径であることや、加熱による粘性は全く示さず、小麦粉に比べて膨潤度が高い等の性質が明らかになった。また、成分分析ではほぼ半分近くがタンパク質であり、米や小麦粉に比べてミネラルが豊富に含まれていた。機能性に関わる成分としては、食物繊維含量が非常に高く、炭水化物の7割近くかそれ以上が食物繊維であった。さらに発酵粉末中の難消化性タンパク質は乾豆、煮豆、大豆と比較して2倍から3倍含まれており、全タンパク質に対して約6割存在していた。一方、遊離アミノ酸分析では、乾豆・煮豆に比べ、発酵粉末中のアミノ酸量が多くなっており、その他に分子量 1900 ~ 3500 の低分子タンパク質が存在していることが判った。そこで低分子タンパク質含量を測定した結果、試料の7 ~ 10%で含まれていた。これらの結果から、発酵ペーストには難消化成分や低分子タンパク質による脂質代謝改善作用等の機能性を有することが示唆され、機能性素材として有効利用できる可能性も期待される。