

納豆製造合理化技術に関する研究(第2報)

——納豆製造における発酵技術——

食品発酵部 長谷川裕正 鈴木 英子

永井 孝史 郡司 章

市川 重和 田谷 直俊*

島田 昇*

1. 緒 言

納豆は、他の醸造食品と異なり、製造日数が極めて短いため、原料大豆の品質、原料処理方法や発酵条件等の違いが製品の品質を直接決定づけてしまう重要な要因であり、製造途中での条件の変更は非常に難しい。

本年度は、普通納豆用として極小大豆を4種、小粒大豆を3種、挽き割り納豆用として4種を実際納豆用原料大豆として使用される比率の高い輸入大豆中心に選んだ。これらについて、原料大豆、浸漬大豆、蒸煮大豆および製品の各製造工程中の成分等の変化を調査し、製品の官能審査を考慮しながら、納豆の品質向上および納豆製造の最適な製造方法を確立する目的で試験を行った。

2. 試験方法

2.1 原料大豆

本試験の原料大豆としては、昭和59年度産大豆のなかから表1のものを選定した。これらは、納豆製造用として商社経由で入手したため正確な品種名はほとんど不明である。そこで、各産地で生産された一品種ということで産地名および大豆の大きさで原料大豆名とした。

表1 原料大豆

No.	原 料 大 豆	備 考
1	中国極小	普通納豆用
2	カナダ極小（昭和57年度産旧穀）	
3	カナダ極小	
4	茨城産納豆小粒	
5	カナダ小粒	
6	アメリカ小粒	
7	中国小粒	
8	秋田大潟村産大豆	挽き割り納豆用
9	北海道産豊鈴	
10	アメリカ中粒	
11	中国中粒	

* タカノフーズ(株)

普通納豆用としては、茨城産納豆小粒以外の6点は外国産(納豆用として輸入)であり、挽き割り用としては、国内産大豆、外国産大豆がそれぞれ2点、計4点である。

カナダ極小旧穀は、あまり良い製品ができないが、品質の優劣と大豆成分の間に関係があるかどうか試験する目的で選定した。原料大豆は5 で冷蔵し実験の都度取り出し使用した。

2.2 納豆製造方法

納豆は図1のとおり製造した。

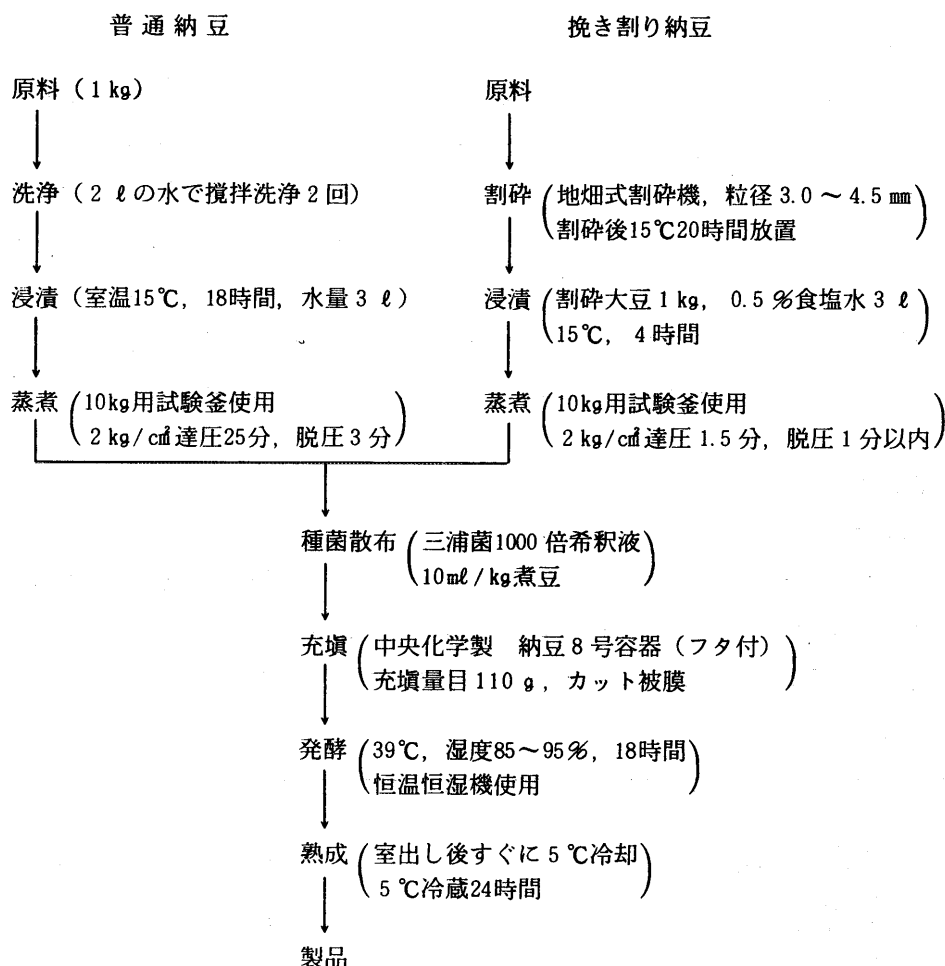


図1 納豆製造工程

2.3 分析用試料調製法

各工程の大豆をビニール袋に入れ、-25 で凍結後、日本精機製 ZM-1 型粉碎機により回転数 20,000rpm、スクリーン 0.5mm でドライアイスでスクリーン等を冷却しつつ粉碎した。試料は冷凍保存し必要に応じ解凍して使用した。

2.4. 一般成分分析

水分,全糖,可溶性糖,粗蛋白質,粗脂肪等の一般成分分析は前報 1)同様行った。水分以外の項目は無水物換算で表わした。

2.5 硬さの測定

不動工業製レオメーターNRM2ω2J により,蒸煮大豆および製品について測定した。蒸煮大豆は,蒸煮後 20 まで放冷後,また製品については 5 で熟成後,品温を 20 にもどしてから測定した。測定条件はレンジ 200g,テスト速度 5cm/mm,丸サンプル径 5.0mm とし,強度ピークを切断強度(g)として表わした。なお標準アダプターを図 3 のように改良して用いた。

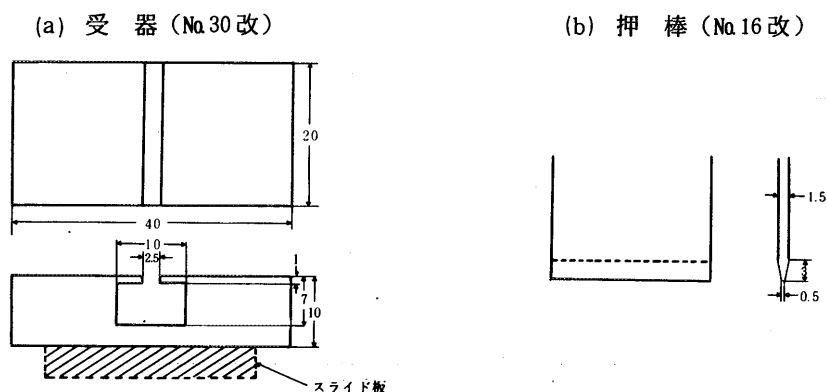


図 3 改良アダプター図

2.6 表面色測定法

日本電色製色差計 ND-100DP を使用し, L, a, b で表わした。

2.7 有機酸の分析

分析は日本分光(株)製高速液体クロマトグラフ BIP-I 型システムで行った。試料は次のような前処理を行った。凍結粉碎試料 5 g に 0.1 N 塩酸 10d を加え,マグネティックスターラーにより 30 分間

カラム	Shodex Ionpak C-811
カラム温度	60°C
移動相	3mM HClO ₄
流量	10ml/min
反応液	0.2mM BTB, 15mM Na ₂ HPO ₄
流量	1.5ml/min
検出波長	445nm

撹拌する。これを 3000 回転で 10 分間遠心し,残漬については 0.1N 塩酸で 3 回洗浄し,上清と洗浄液をあわせて: 20%スルホサリチル酸溶液 0.5m2 を添加後,メスフラスコで 25h11 に定容する。その後,38 分放置し,0.45 μm メンブランフィルターで濾過し高速液体クロマトグラフにかけた。分析条件は左記のとおりであった。

2.8 アミノ酸の分析

分析は有機酸同様高速液体クロマトグラフで行い,試料は次のような前処理を行った。凍結粉碎試料 1g に 70%エタノール 10m2 を加え 3 時間撹拌した後 3800 回転 10 分間遠心し,残漬については 70%エタ

3. 試験結果および考察

3.1 原料大豆の性状

本試験に使用した大豆の性状を表 3 に示した。

表 3 原料大豆の性状

大豆名	百粒重 (g)	吸水率	発芽率 (%)	皮浮き (%)
中国極小	9.0	2.33	94.5	5.0
カナダ極小 (旧穀)	6.5	2.28	5.0	8.0
カナダ極小	7.3	2.15	97.5	7.5
茨城産納豆小粒	10.0	2.21	100.0	3.5
カナダ小粒	10.0	2.28	95.5	18.0
アメリカ小粒	10.5	2.30	80.0	27.0
中国小粒	15.0	2.33	96.5	7.0
秋田大潟村産	36.5	2.27	99.0	8.0
北海道産豊鈴	30.0	2.22	95.5	4.0
アメリカ中粒	16.8	2.24	74.0	27.0
中国中粒	23.3	2.29	84.0	18.5

発芽率については、カナダ極小の旧穀は 5.0% と極端に悪かった。アメリカ中粒も 74% とやや悪かった。皮浮きについては、アメリカ小粒とアメリカ中粒が 27.0% になり多く、次にカナダ小粒と中国中粒が多かった。

発芽率、皮浮きともに納豆の品質に与える影響が大きい項目であり、原料大豆の品質の指標として使用できると思われる。

茨城産納豆小粒の百粒重が 10.0 g と極小よりは小粒に近かったが、当年度のみの値かも知れないので以後の実験結果の考察については、一般に考えられているように極小として扱った。

吸水率については、カナダ極小が 2.15 と他のものに比べてやや悪かった。

3.2 一般成分

イ) 水分

図 4-1 ~ 4-3 に製造工程中の水分の変化を示す。

生大豆では、水分の平均が 13.72% となり、最高がアメリカ小粒の 16.68%、最低が中国極小の 10.91% であった。

製造工程中の水分の変化をみると、極小大豆使用納豆は、浸漬大豆が約 61.2 ~ 63.4%、蒸煮大豆約 58.9 ~ 60.1%、製品になると約 58.3 ~ 59.2% となり 4 種とも同じように変化していた。小粒大豆使用納豆は、

浸漬大豆で約 61.9 ~ 65.0%, 蒸煮大豆で約 59.5 ~ 61.0%, 製品では約 57.9 ~ 62.0% となり極小大豆の場合よりも水分が多く含まれる傾向にあった。中国小粒については蒸煮時より製品で水分が多くなっており再試験を要する。

挽き割り納豆では, 浸漬大豆で約 63.1 ~ 65.3%, 蒸煮大豆で約 61.4 ~ 62.7%, 製品では約 58.0 ~ 61.8% となっており, 普通の丸大豆の場合と比べて, 浸漬大豆と蒸煮大豆の水分が多くなっていた。中国中粒は蒸煮から製品への水分の減少は少なかった。

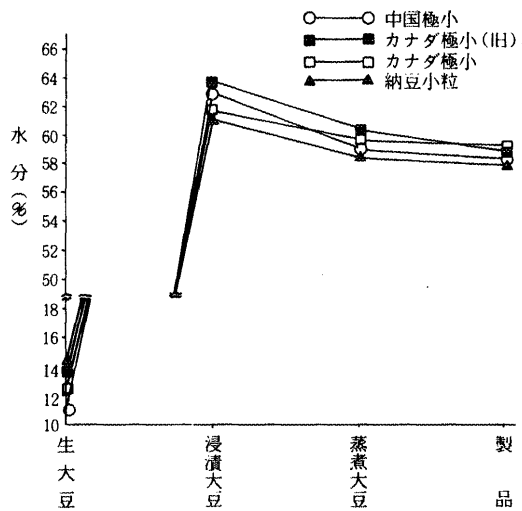


図 4 - 1 極小普通納豆の水分変化

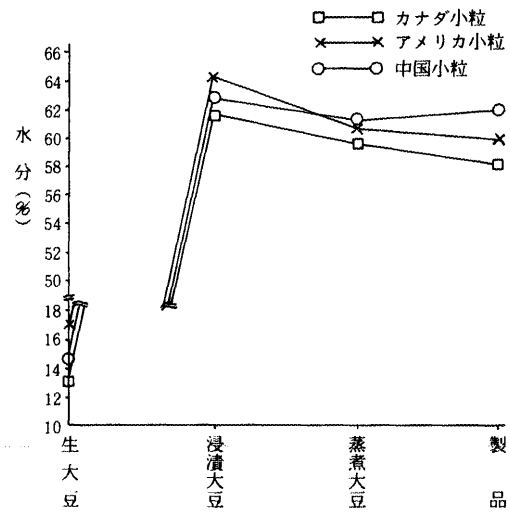


図 4 - 2 小粒普通納豆の水分変化

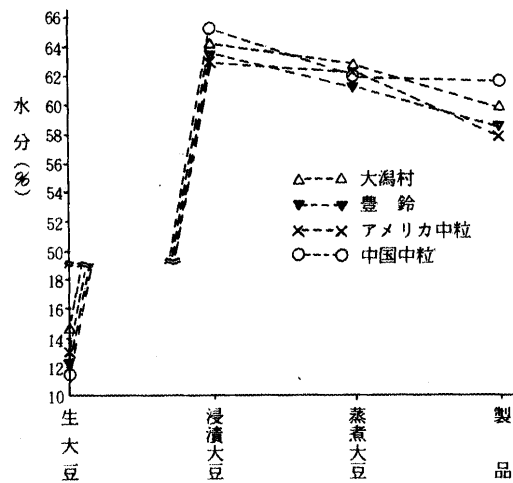


図 4 - 3 挽き割り納豆の水分変化

ロ)全 糖

図 5-1 ~ 5-3 に製造工程中の全糖の変化を示す。

生大豆では,全糖の平均値が 21.45%,最高が中国中粒の 23.83%,最低が北海道産豊鈴の 19.76%であった。

製造中の全糖の変化をみると,極小大豆使用納豆は,浸漬大豆で約 20.5 ~ 21.0%,蒸煮大豆で約 18.6 ~ 20.0%,製品になると約 14.5 ~ 16.3%となり,発酵中に約 4%消費されていたが,納豆小粒は減少が約 2%と少なかった。小粒大豆使用納豆は,浸漬大豆で約 19.2 ~ 21.3%,蒸煮大豆で約 18.1 ~ 20.0%,製品で約 15.4 ~ 16.3%となり,極小大豆と同じ傾向にあった。アメリカ小粒は納豆小粒と同様約 2%の減少であった。

挽き割り納豆については,浸漬大豆で約 17.1 ~ 20.1%,蒸煮大豆で 17.0 ~ 17.3%,製品になると約 13.0 ~ 13.3%となっており,九大豆使用納豆よりも減少幅が大きく,挽き割ることにより発酵が進みやすくなることがわかった。

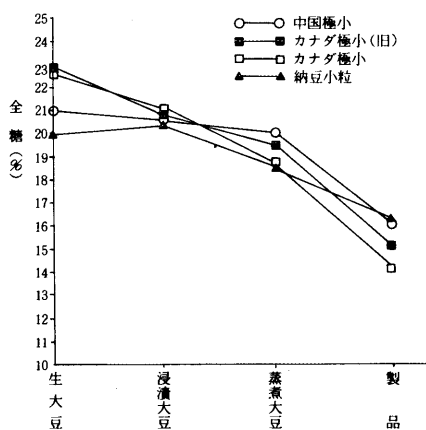


図 5 - 1 極小普通納豆の全糖の変化

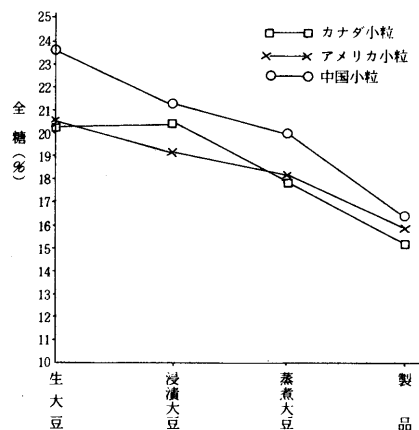


図 5 - 2 小粒普通納豆の全糖の変化

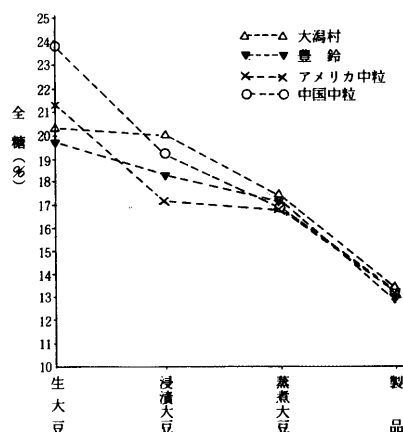


図 5 - 3 挽き割り納豆の全糖の変化

八)可溶性糖

図6-1～6-3に製造工程中の可溶性糖の変化を示した。

生大豆の平均値は17.68%であり,最高は中国極小の18.89%,最低は大潟村産の16.52%であった。製造工程中の可溶性糖の変化は,極小大豆使用納豆については,浸漬大豆が約16.7～18.4%,蒸煮大豆が約15.8～16.9%,製品では約12.4～13.2%と減少していた。全糖同様,納豆小粒の減少が少なかった。小粒大豆使用納豆については,浸漬大豆では約16.2～19.5%,蒸煮大豆では約15.1～18.5%,製品になると約12.2～15.0%と減少していた。アメリカ小粒の可溶性糖が,浸漬,蒸煮,製品で多かった。

挽き割り納豆では,浸漬大豆が約14.7～16.2%,蒸煮大豆が約14.1～15.7%,製品になると約10.5～11.8%となっており, 九大豆と比べて可溶性糖が少なくなっており, これは挽き割りにより細くなり, 発酵され易い状態にあるためである。

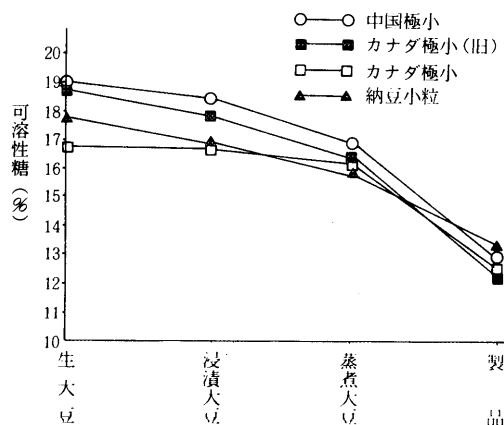


図6-1 極小普通納豆の可溶性糖の変化

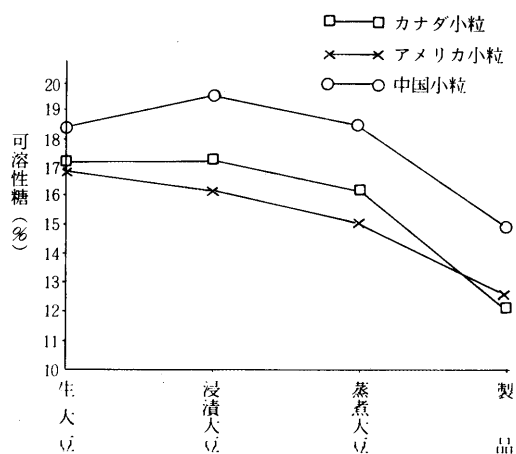


図6-2 小粒普通納豆の可溶性糖の変化

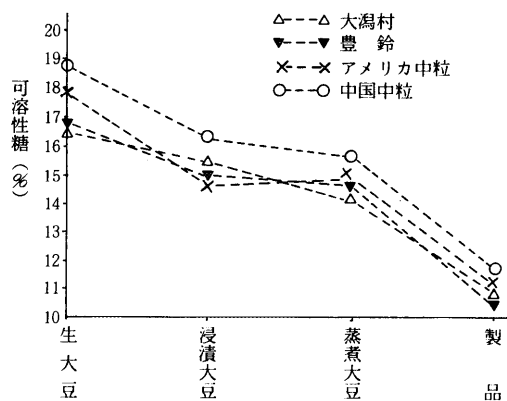


図6-3 挽き割り納豆の可溶性糖の変化

二)粗蛋白質

図 7-1 ~ 7-3 に粗蛋白質の変化を示した。

生大豆では,粗蛋白質の平均が 36.48%,最高が北海道産豊鈴の 38.28%,最低がカナダ極小(旧穀)の 34.53%であった。

製造工程中に粗蛋白質は増加しているが,このことは一般に考えられないことであり,他の成分の減少により見かけ上増加しているように見えているものと思われる。

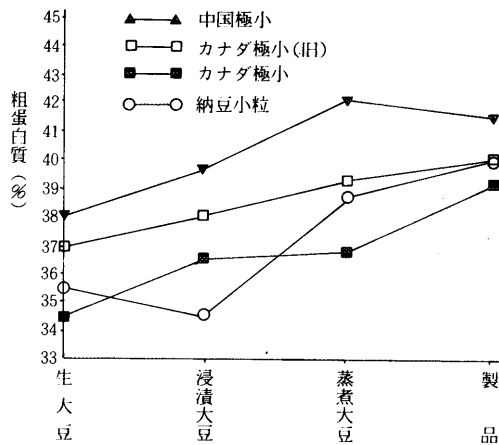


図 7 - 1 極小普通納豆の粗蛋白質の変化

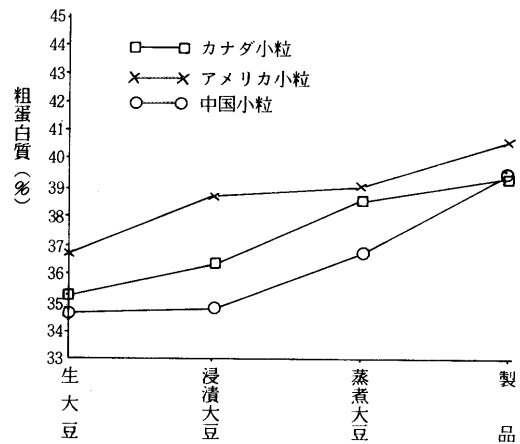


図 7 - 2 小粒普通納豆の粗蛋白質の変化

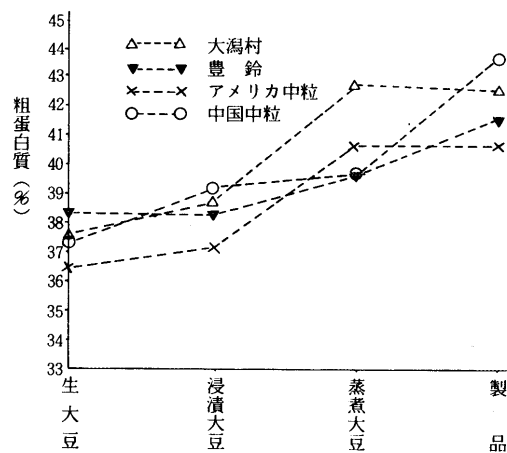


図 7 - 3 挽き割り納豆の粗蛋白質の変化

ホ)粗脂肪

図 8-1 ~ 8-3 に粗脂肪の変化を示した。

生大豆の粗脂肪の平均が 20.51%, 最高がカナダ小粒の 22.88%, 最低が中国極小の 19.19% であった。

極小大豆は他と比べて粗脂肪の量が少なかった。どの粒度の場合も製造工程中に増加しているがこれは、粗蛋白質の場合と同様に、相対的な増加と思われ、絶対量の変化は少ないものと思われる。

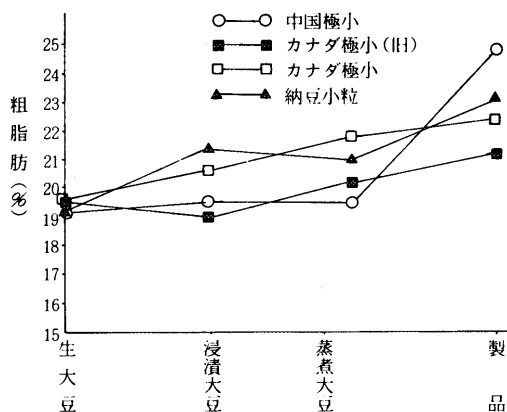


図 8 - 1 極小普通納豆の粗脂肪の変化

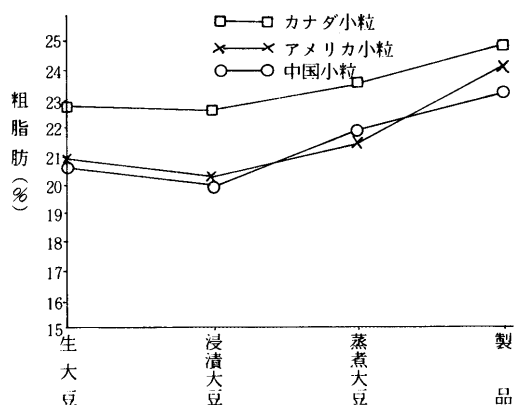


図 8 - 2 小粒普通納豆の粗脂肪の変化

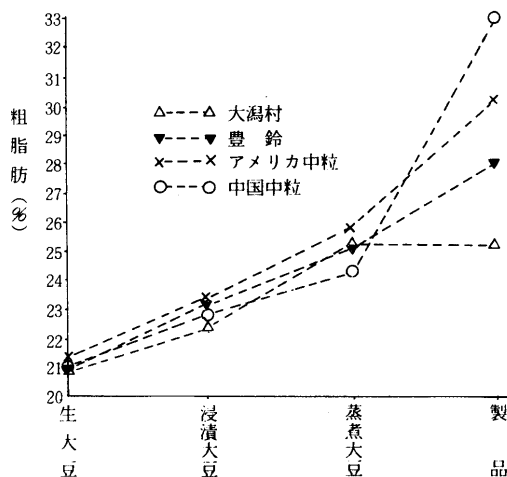


図 8 - 3 挽き割り納豆の粗脂肪の変化

3.3 蒸煮大豆および製品の硬さ

レオメーターにより蒸煮大豆および製品の硬さを測定した結果を図9に示した。なお、挽き割りについては粒径が小さく、測定不能のため除外した。挽き割りについては別の測定方法の検討が必要である。

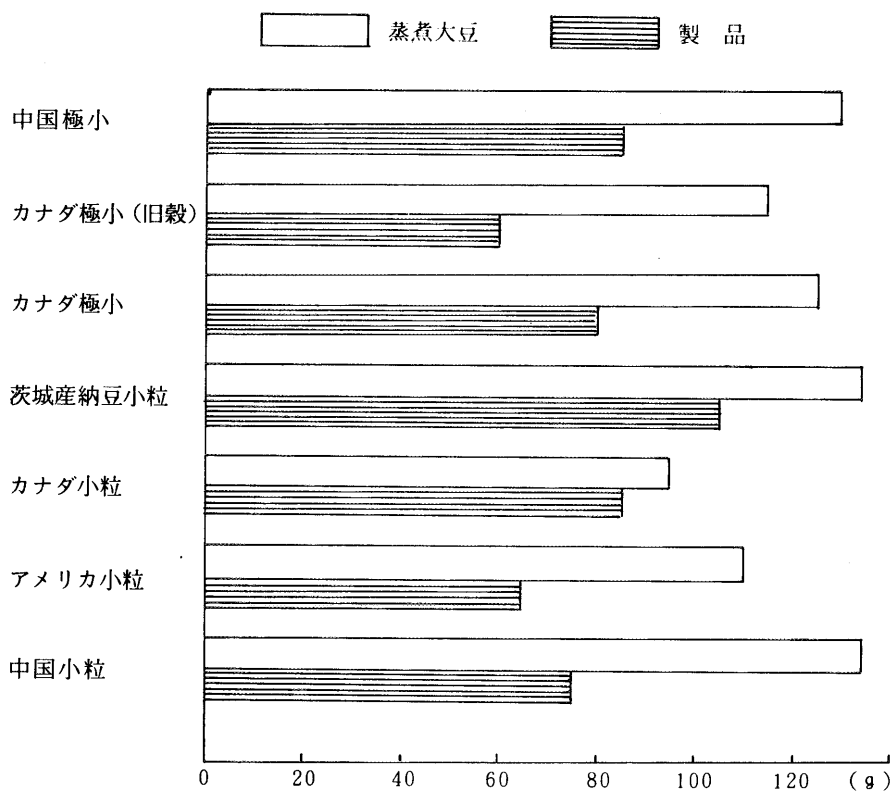


図9 蒸煮大豆および製品の硬さ

蒸煮大豆の硬さの範囲は、96～136 g にあり、中国極小、カナダ極小、納豆小粒、中国小粒は硬くカナダ小粒は軟らかかった。

製品の硬さの範囲は 61～105 g になっており、納豆小粒は 100 g 以上で硬かった。

カナダ小粒は、蒸煮大豆は軟らかいが、製品になっても変化が少なかった。逆に中国小粒は、蒸煮大豆はかなり硬いが、製品ではかなり軟らかくなっていた。

3.4 表面色の測定結果

表面色を測定した結果を表4に示す。

表 4 表面色測定結果

原 料 大 豆	蒸 煮 大 豆			製 品		
	L	a	b	L	a	b
中国極小	50.7	7.8	19.3	43.1	7.1	19.5
カナダ極小（旧穀）	54.6	6.8	19.4	43.1	8.5	17.3
カナダ極小	50.8	7.8	18.6	47.1	8.2	18.3
茨城産納豆小粒	52.1	7.3	19.9	47.1	8.3	19.9
カナダ小粒	49.0	8.0	19.9	44.4	7.8	19.1
アメリカ小粒	51.1	7.4	18.9	46.6	7.1	18.9
中国小粒	51.1	7.6	19.4	46.4	7.9	19.1
秋田大潟村産	69.5	1.8	20.5	53.2	5.3	20.3
北海道産豊鈴	69.3	1.6	19.8	54.5	5.5	19.3
アメリカ中粒	68.5	1.1	21.7	52.3	4.6	19.9
中国中粒	69.7	0.0	22.5	52.0	4.3	21.6

丸大豆については、蒸煮大豆の L 値は 49.0～54.6%、製品の L 値は 43.1～47.1%の範囲にあり、挽き割り大豆の蒸煮後の L 値が 68.5～69.7%、製品の L 値が 52.0～54.5%であり、丸大豆の方が色が濃くなっていた。これは、大豆中の成分および発酵状態に関係すると思われる。

カナダ極小の旧穀については、蒸煮後は他と比べて明かったが、製品になると濃くなり、その差が大きかった。

アメリカ中粒の蒸煮後は、挽き割りの他の大豆と比較して明度が暗いが、これは大豆が黒目であり皮部がとれにくかったため黒目部分が残ったためと思われる。

3.5 有機酸の分析結果

原料大豆、浸漬大豆、蒸煮大豆、製品それぞれについて検出された有機酸は表 5 の 12 種類であり含有量については乾物中の mg%で表わした。

表5 有機酸分析値

(対乾物mg%)

有機酸名	製品で減少															
	クエン酸				乳酸				ピログルタミン酸				ギ酸			
原料 \ 工程	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品
中国極小	1198	1011	1312	0	11	42	42	0	0	0	86	0	0	0	27	0
カナダ極小(旧穀)	1425	890	640	0	7	27	20	0	5	0	15	0	0	7	18	0
カナダ極小	1360	1161	1062	0	6	13	20	0	0	0	24	0	0	0	10	0
茨城産納豆小粒	1259	1294	1400	0	6	19	25	0	0	0	41	0	1	0	14	0
カナダ小粒	1832	1491	1440	127	8	64	16	0	0	0	32	0	0	0	12	0
アメリカ小粒	1586	1270	1365	0	10	50	33	0	0	0	55	0	1	0	21	0
中国小粒	1071	1523	1471	0	0	26	23	0	0	0	41	0	0	0	19	0
秋田大潟村産	1653	1636	1419	0	0	17	17	0	0	5	14	0	0	0	7	0
北海道産豊鈴	1868	1305	1359	0	6	25	19	0	0	0	16	0	0	0	0	0
アメリカ中粒	1414	1370	1052	0	0	16	15	0	0	0	20	0	0	4	4	6
中国中粒	1637	1550	1218	0	0	0	57	104	0	0	11	0	0	5	0	0

有機酸名	製品で増加															
	酢酸				イソ-吉草酸				イソ-酪酸				プロピオン酸			
原料 \ 工程	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品
中国極小	15	36	98	188	5	7	0	68	3	5	28	84	0	3	22	7
カナダ極小(旧穀)	13	33	105	122	0	5	6	6	3	5	12	91	2	7	0	12
カナダ極小	20	19	8	94	0	13	6	42	3	8	14	59	0	0	0	4
茨城産納豆小粒	16	19	69	163	5	0	0	59	4	0	0	80	2	5	0	8
カナダ小粒	23	23	66	201	0	0	0	74	6	5	23	72	0	0	0	7
アメリカ小粒	27	40	84	162	5	0	0	74	9	17	24	100	0	0	0	5
中国小粒	13	23	70	189	0	0	18	69	4	10	6	73	0	0	2	4
秋田大潟村産	18	19	23	321	3	3	0	201	5	21	2	203	2	3	0	54
北海道産豊鈴	18	26	25	267	0	12	78	179	5	8	14	138	1	5	0	8
アメリカ中粒	22	30	23	246	0	3	0	242	3	0	3	189	2	0	0	9
中国中粒	18	31	24	229	0	0	6	235	6	5	3	154	0	4	0	9

	そ の 他																			
有 機 酸 名	リンゴ 酸				コ ハ ク 酸				吉 草 酸				酪 酸				合 計			
原料 ─ 工程	原料 浸漬 蒸煮 製品				原料 浸漬 蒸煮 製品				原料 浸漬 蒸煮 製品				原料 浸漬 蒸煮 製品				原料 浸漬 蒸煮 製品			
中国極小	53	76	189	124	2	24	31	56	3	19	0	0	2	0	51	0	1294	1223	1887	527
カナダ極小(旧穀)	136	114	160	224	3	19	9	0	0	3	7	0	0	0	5	14	1571	1112	1018	526
カナダ極小	88	114	159	107	2	16	6	6	0	2	0	0	0	0	0	0	1478	1346	1309	313
茨城産納豆小粒	56	103	186	145	4	14	14	41	5	8	5	6	0	1	0	0	1358	1464	1761	504
カナダ小粒	195	193	209	138	5	21	13	53	0	6	0	5	0	1	0	6	2069	1805	1807	686
アメリカ小粒	127	137	233	131	5	24	19	35	2	4	0	4	7	0	0	6	1779	1542	1835	517
中国小粒	79	16	252	89	27	23	16	8	3	0	0	0	0	0	0	5	1198	1620	1919	438
秋田大潟村産	30	81	110	166	2	11	12	76	17	14	0	9	0	5	0	0	1731	1818	1605	1029
北海道産豊鈴	0	103	82	156	4	9	4	55	0	0	12	0	1	0	16	0	1905	1492	1627	803
アメリカ中粒	112	143	116	134	9	11	14	53	0	0	0	0	2	5	0	0	1579	1588	1247	880
中国中粒	103	163	130	119	13	12	15	19	0	4	0	10	0	6	6	0	1777	1813	1472	880

検出された有機酸を製品で減少するもの、増加するものおよびその他に分類してみた。製品で減少するものとしては、クエン酸、乳酸、ピログルタミン酸、ギ酸があり、それぞれ製品中の含有量は 0 である。これは、納豆菌によって資化されたものと考えられる。特にクエン酸については蒸煮段階で平均 1.3% 含まれており、納豆菌の主な炭素源と思われる全糖の原料から製品への変化量が約 6.7% であるのと比較しても約 1/5 に相当し重要な炭素源の一つであろう。製品で増加するものとしては、酢酸、イソ-吉草酸、イソ-酪酸、プロピオン酸の 4 種であり、原料～蒸煮の段階では、それ程大きな変化はないが発酵によって増加する。酢酸、イソ-吉草酸、イソ酪酸については含有量が多く、特に挽き割り納豆では表面積が大きく納豆菌の増殖が旺盛であり、小粒、極小に比べて多く含まれている。これらの酸は有臭であるため、製品の香りや味に他の成分とともに影響を及ぼすものと考えられる。

3.6 アミノ酸の分析結果

原料大豆、浸漬大豆、蒸煮大豆および製品それぞれのアミノ酸の分析結果は表 6 のとおりであった。アミノ酸はその呈味性 2) から苦味、甘味、旨味およびその他として表に示した。分析値については対乾物 mg% で表わした。

どのアミノ酸についても、原料、浸漬、蒸煮の各段階では大きな変化はなく、あっても浸漬による大豆種子の代謝活性の増大に伴う増減程度と見られる。納豆菌を接種し、発酵が終了した製品段階では、各アミノ酸とも大きく増加している。分析値を極小、小粒、挽き割りと納豆の種類ごとに平均をとり比較してみると、原料～蒸煮の段階までは増減傾向にそれ程違いはないが、製品では、小粒、挽き割りが同程度の含有量であり、小粒より同重量あたりの表面積が大きく、納豆菌の発酵作用が活発であろうと思われる極小では、全アミノ酸の合計値でみてもアミノ酸含量は小粒の約半分である。また旨味アミノ酸であるグルタミン酸についても同様に約半分である。このことは、納豆用として極小大豆が好まれる理由として旨味以外の大きさ等の要因が重要である事を示唆している。しかし極小大豆のなかでは、納豆小粒を原料とした製品のアミノ酸含量が他に比べ 5 割程多くこのことは発酵も良く行われていることも示し、納豆小粒が納豆用として適した品種とされる理由の一つかも知れない。

表6 アミノ酸分析値

呈味性	苦味															
アミノ酸名	バリン				ロイシン				イソロイシン				メチオニン			
刺激閾 (mg%)	150				380				90				30			
原料	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品
工程	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品
中国極小	26.9	32.6	17.1	76.5	9.1	28.5	17.6	162.7	8.6	24.2	18.0	68.8	0.6	1.6	1.5	37.8
カナダ極小(旧穀)	29.9	29.3	15.3	80.1	10.8	28.7	19.6	177.9	10.0	25.4	18.1	76.7	1.6	3.3	3.0	47.7
カナダ極小	32.5	34.3	19.7	90.5	10.7	27.7	16.0	184.6	10.1	23.5	14.0	74.1	1.7	2.6	3.2	64.2
納豆小粒	28.0	31.2	18.3	186.6	11.1	26.8	18.8	241.7	10.6	24.5	19.2	164.6	0.7	1.5	2.2	93.7
カナダ小粒	25.8	32.3	17.5	230.8	9.9	31.5	20.5	249.5	9.2	29.1	19.0	190.1	1.0	3.1	2.2	117.6
アメリカ小粒	27.0	30.2	17.7	236.4	11.0	28.5	19.4	267.8	11.9	24.8	17.1	190.4	1.1	3.1	2.6	123.7
中国小粒	21.2	29.3	19.0	198.7	10.8	28.5	20.5	274.4	10.9	23.9	17.9	181.3	0.6	2.4	2.1	104.6
大潟村産	21.1	23.8	15.5	255.9	12.2	26.0	18.8	272.3	10.0	20.7	15.8	203.0	0.9	1.9	2.7	146.0
豊鈴	24.6	18.2	20.5	231.2	11.6	21.2	18.9	267.6	9.7	19.3	17.6	187.9	0.6	1.9	2.3	109.8
アメリカ中粒	25.9	17.9	28.7	287.8	10.5	19.8	18.5	269.0	10.4	18.4	18.5	205.0	0.8	1.9	2.1	148.4
中国中粒	21.8	21.3	19.3	254.2	11.2	24.2	18.0	258.3	10.2	25.6	16.7	195.2	1.0	2.0	2.1	127.0
呈味性	甘味															
アミノ酸名	アルギニン				ヒスチジン				グリシン				アラニン			
刺激閾 (mg%)	10				20				110				60			
原料	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品
工程	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品
中国極小	26.6	33.6	54.9	13.2	2.4	4.6	5.6	63.3	2.6	6.2	4.1	18.8	14.1	35.3	34.4	36.3
カナダ極小(旧穀)	81.4	81.2	85.5	13.6	6.2	7.7	7.0	70.7	5.7	7.9	6.0	9.7	22.2	43.2	31.4	30.5
カナダ極小	100.6	114.6	141.2	16.7	6.3	8.4	8.7	114.0	3.8	6.5	6.0	22.3	20.2	53.6	40.0	36.0
納豆小粒	49.6	61.0	67.9	51.0	3.6	8.5	6.3	106.4	2.8	5.1	4.6	79.3	16.7	45.8	39.2	137.0
カナダ小粒	27.6	44.9	41.5	115.3	3.7	7.3	4.9	142.1	3.6	8.7	4.0	91.3	17.5	38.3	28.2	181.8
アメリカ小粒	76.8	96.3	93.1	121.7	10.1	14.0	11.3	158.0	4.7	7.5	6.1	75.9	21.8	51.9	43.2	167.7
中国小粒	51.6	78.7	73.3	97.8	5.4	8.3	7.2	113.0	2.6	6.4	4.6	58.6	15.3	37.1	28.7	143.0
大潟村産	47.8	59.1	48.3	38.6	5.9	9.7	6.4	211.1	4.4	6.1	4.0	97.1	18.7	23.8	19.8	86.4
豊鈴	25.0	38.9	47.8	26.9	3.3	6.6	4.7	166.1	3.6	4.4	4.1	66.5	18.3	7.2	19.2	63.8
アメリカ中粒	37.7	65.1	91.6	35.4	4.9	6.5	7.2	240.0	3.7	5.7	3.5	134.6	20.7	17.4	21.2	124.6
中国中粒	85.4	155.0	140.5	32.1	8.0	11.2	9.8	213.1	2.9	6.6	4.0	101.3	17.7	18.2	22.0	84.7
呈味性	旨味															
アミノ酸名	スレオニン				グルタミン酸				アスパラギン酸				システイン			
刺激閾 (mg%)	260				30 (MSGとして)				100 (MSAとして)							
原料	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品
工程	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品
中国極小	1.2	5.4	3.2	19.3	32.6	18.3	44.2	160.0	38.7	4.8	14.9	12.0	0	5.9	3.4	46.7
カナダ極小(旧穀)	2.0	6.8	3.8	13.3	49.0	15.9	14.3	117.6	25.8	4.6	15.3	9.0	0	11.2	3.5	0
カナダ極小	19.2	6.3	2.2	23.5	34.3	17.0	22.2	180.5	33.4	7.9	19.0	16.7	0	4.2	0	0
納豆小粒	1.6	6.4	3.4	105.9	30.3	23.7	37.0	237.9	47.2	4.9	20.2	52.7	0	9.0	7.1	0
カナダ小粒	1.8	10.8	3.7	156.6	35.2	7.1	45.7	311.8	42.2	11.5	23.2	73.7	0	11.5	6.7	0
アメリカ小粒	2.2	7.3	4.6	131.9	57.6	15.6	39.7	302.6	39.8	8.7	24.3	76.4	0	15.4	5.9	0
中国小粒	2.1	7.8	4.9	105.4	48.1	15.6	51.8	323.5	41.3	9.9	31.5	63.1	0	18.8	9.7	0
大潟村産	1.6	3.9	2.9	77.3	33.1	15.5	21.4	314.3	14.5	5.3	5.9	71.9	0	4.1	10.2	0
豊鈴	1.5	3.9	2.6	58.5	40.6	29.8	25.9	257.1	27.9	5.5	6.5	48.4	0	14.9	0	25.0
アメリカ中粒	1.8	5.7	2.7	100.1	45.9	24.4	28.9	310.6	36.0	14.9	10.4	99.9	0	5.7	0	40.4
中国中粒	2.5	6.3	3.4	73.0	49.5	19.0	36.8	326.3	46.9	6.6	11.4	80.4	0	10.7	0	40.9
呈味性	その他の															
アミノ酸名	チロシン				オルニチン				リジン				グルタミン			
刺激閾 (mg%)																
原料	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品
工程	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品
中国極小	8.0	33.6	30.5	155.0	0	4.0	4.4	13.0	1.3	4.0	3.2	73.9	0	11.0	0	0
カナダ極小(旧穀)	13.6	40.2	35.9	171.6	0	0.5	1.3	8.5	3.7	6.0	6.5	73.6	0	10.4	0	0
カナダ極小	11.2	41.1	31.0	217.3	0	1.6	4.2	23.5	2.4	6.3	8.7	156.0	0	6.5	0	0
納豆小粒	9.6	38.9	34.1	302.6	0	3.9	0.1	39.1	1.7	5.4	4.6	125.8	0	4.1	0	0
カナダ小粒	13.4	42.2	35.3	361.5	1.6	0.5	0	50.9	2.5	9.7	4.0	193.7	0	11.3	0	0
アメリカ小粒	15.4	41.6	33.8	375.1	0	2.2	1.3	39.6	2.9	8.1	6.9	203.8	0	10.9	0	0
中国小粒	18.7	38.2	31.5	341.1	0.4	5.1	0.5	25.2	1.9	7.0	4.4	148.8	0.9	5.6	0	0
大潟村産	17.8	34.0	22.5	419.3	0	1.9	3.2	106.2	3.2	6.6	4.0	327.3	0	0	0	0
豊鈴	16.2	30.3	24.1	377.0	0	3.9	2.6	49.4	1.6	5.2	3.6	271.8	0	0	0	0
アメリカ中粒	17.6	26.6	22.8	332.0	0.5	0.3	0.3	92.0	2.2	6.0	4.6	353.4	0.5	6.0	0	0
中国中粒	8.8	33.4	21.2	361.5	0.2	1.7	1.9	60.9	1.7	6.9	5.8	283.5	0	0	0	0
呈味性	合計															
アミノ酸名	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品
刺激閾 (mg%)	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品	原料	浸漬	蒸煮	製品
中国極小	8.0	33.6	30.5	155.0	0	4.0	4.4	13.0	1.3	4.0	3.2	73.9	0	11.0	0	0
カナダ極小(旧穀)	13.6	40.2	35.9	171.6	0	0.5	1.3	8.5	3.7	6.0	6.5	73.6	0	10.4	0	0
カナダ極小	11.2	41.1	31.0	217.3	0	1.6	4.2	23.5	2.4	6.3	8.7	156.0	0	6.5	0	0
納豆小粒	9.6	38.9	34.1	302.6	0	3.9	0.1	39.1	1.7	5.4	4.6	125.8	0	4.1	0	0
カナダ小粒	13.4	42.2	35.3	361.5	1.6	0.5	0	50.9	2.5	9.7	4.0	193.7	0	11.3	0	0
アメリカ小粒	15.4	41.6	33.8	375.1	0	2.2	1.3	39.6	2.9	8.1	6.9	203.8	0	10.9	0	0
中国小粒	18.7	38.2	31.5	341.1	0.4	5.1	0.5	25.2	1.9	7.0	4.4	148.8	0.9	5.6	0	0
大潟村産	17.8	34.0	22.5	419.3	0	1.9	3.2	106.2	3.2	6.6	4.0	327.3	0	0	0	0
豊鈴	16.2	30.3	24.1	377.0	0	3.9	2.6	49.4	1.6	5.2	3.6	271.8	0	0	0	0
アメリカ中粒	17.6	26.6	22.8	332.0	0.5	0.3	0.3	92.0	2.2	6.0	4.6	353.4	0.5	6.0	0	0
中国中粒	8.8	33.4	21.2	361.5	0.2	1.7	1.9	60.9	1.7	6.9	5.8	283.5	0	0	0	0

* 食の科学 No.13, 106, (1973) より

3.7 官能審査結果

製品について官能審査した結果を表 7 に示す。

表 7 官能審査結果（平均値）

項目 原料	菌の 豆の 豆の 被り 外観 色			香 り					硬さ	味					糸引き	総合 評価
	甘味臭	焦げ臭	アンモ ニア臭	異臭	香り 評価	甘味	苦味	酸味		異味	味の 評価					
中国極小	3.5	4.0	3.5	2.3	4.0	4.0	4.0	3.2	2.7	2.3	3.2	3.7	3.3	2.8	3.7	3.2
カナダ極小(旧穀)	2.7	3.3	2.5	1.7	3.2	4.0	3.2	2.2	2.5	1.5	1.3	3.7	3.2	1.5	3.7	1.8
カナダ極小	3.3	3.7	3.5	1.7	3.5	2.8	3.0	2.5	3.3	1.3	1.8	3.5	2.8	2.2	3.8	2.0
茨城産納豆小粒	3.3	3.7	3.2	2.5	3.7	4.0	4.0	3.2	2.0	2.8	3.5	3.0	4.0	3.2	3.8	3.2
カナダ小粒	2.3	1.5	2.8	2.2	4.0	4.0	3.8	2.8	2.7	2.2	3.3	4.0	3.5	3.0	3.3	2.7
アメリカ小粒	2.8	3.2	2.2	2.3	4.0	4.0	3.3	2.7	2.0	1.8	2.7	4.0	3.2	2.3	3.3	2.5
中国小粒	3.8	3.8	3.2	2.8	3.0	4.0	3.5	2.8	2.8	2.3	2.8	3.7	3.5	2.7	3.5	3.2
秋田大潟村産	2.0	4.0	2.8	2.0	4.0	3.5	2.7	2.3	2.0	2.5	3.0	3.7	3.5	2.8	3.7	3.0
北海道産豊鈴	2.3	4.0	3.7	2.2	3.7	3.3	2.7	2.7	2.2	1.8	2.7	3.3	3.3	2.8	3.5	2.8
アメリカ中粒	1.8	2.8	1.8	1.5	4.0	3.3	2.0	2.0	2.8	2.0	2.3	3.3	2.7	2.2	3.5	2.0
中国中粒	2.3	2.0	2.7	1.5	4.0	3.3	2.8	2.3	2.5	2.5	2.8	3.7	3.3	3.0	3.7	2.7

原料大豆の性状と硬さおよび製品の官能審査結果から、各大豆の性質をみてみると次のような結果が得られた。カナダ極小の旧穀については、発芽率が非常に悪く、製品の官能審査結果では、豆の色が悪く、甘味をほとんど感ぜず苦味の強いものであった。

納豆小粒は、発芽率が高く、皮浮きも少なく、製品の官能審査でも良い評価を受けたが、豆の硬さがやや硬い欠点があった。

カナダ小粒は、皮浮きはさほど悪くないが、煮上がると極端に割れ、皮むけが増加し、製品においては外観が悪く、菌の被りが悪くなる。また蒸煮後は最も軟らかく、甘味が強いが、製品になってもわずかに軟らかくならず、甘味についても他のものよりも感じ方が低くなっていた。

アメリカ小粒とアメリカ中粒は、黒目であり、もともとアメリカ産のなかでは納豆に不適な品種ではあるが、発芽率が低く、皮浮きが多く、煮豆および製品の色が悪く、苦味を生じていた。

中国小粒は、製品の甘味がやや少ないが、外観や色は良かった。また、蒸煮後は硬いが、製品になるとかなり軟らかくなるので、製造過程中的割れやつぶれが少なくなり、機械適性の面からも良い大豆であると思われる。

秋田大潟村産と北海道産豊鈴の国産大豆は蒸煮後は甘味を強く感じたが、製品ではあまり感じないで消失していた。

以上のことから、共通の傾向として次のようなことが言える。

発芽率が低く、皮浮きが多いものは、煮豆や製品とすると甘味が少なく、苦味が強かった。

煮豆において、割れ、皮むけが多いもの、色が悪いものはあまり良い製品にならない。

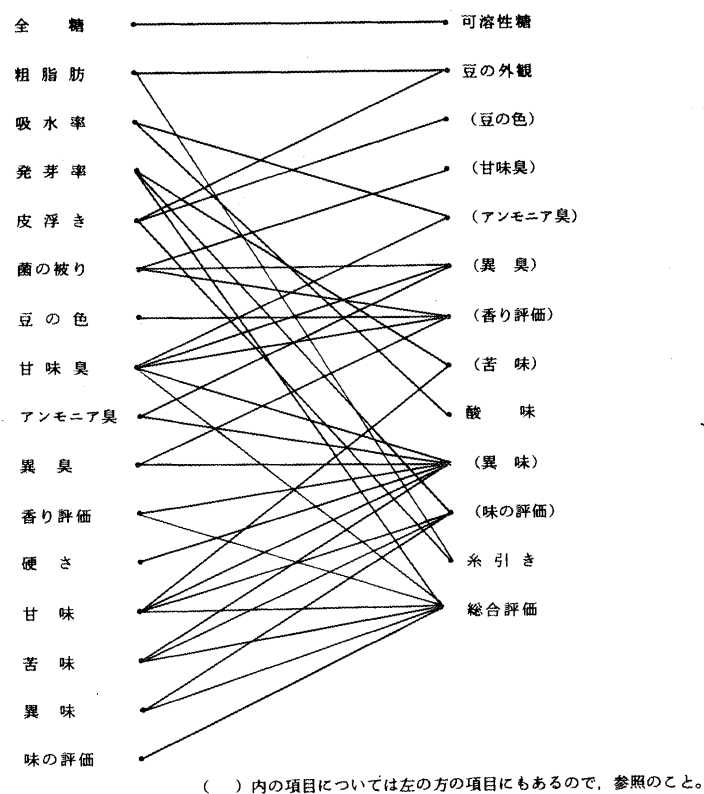


図10 各項目間の相関関係

これとは別に、表7の官能審査結果の項目中、香りと味について、製品中に比較的多く検出された7種の有機酸との相関係数を求めたものが表9である。

表9 有機酸と味、香りの相関表

	酢酸	イソ-吉草酸	イソ-酪酸	プロピオン酸	リンゴ酸	コハク酸	吉草酸	合計
甘味臭	-0.03579	-0.43688	-0.47368	-0.13395	-0.29670	0.11774	-0.11884	-0.39116
焦げ臭	0.47852	0.53936	0.48195	0.25358	-0.06138	0.73382*	0.50703	0.57468
アンモニア臭	-0.13897	-0.49664	-0.37069	-0.09984	0.20967	0.04449	0.01460	-0.23930
異臭	-0.45757	-0.74083*	-0.77733**	-0.29237	-0.11408	-0.09839	0.01307	-0.60072
香りの評価	-0.23210	-0.50072	-0.62907*	-0.32515	-0.32265	0.15209	-0.06599	-0.49261
甘味	0.49606	0.32564	0.24786	0.30117	-0.20818	0.45012	0.63835*	0.38336
苦味	0.44283	0.19606	0.03242	0.11841	-0.39002	0.62732*	0.48567	0.23356
酸味	-0.05566	-0.19226	-0.14979	0.07158	-0.04566	-0.08585	0.16019	-0.02560
異味	0.14513	-0.21752	-0.20690	0.18894	0.08589	0.20251	0.47931	-0.00684
評価	0.45132	0.30175	0.05158	0.09456	-0.46032	0.49709	0.54529	0.26994
総合評価	0.39319	0.05882	-0.05641	0.17052	-0.37621	0.42379	0.33572	0.08591

* 95%有意, ** 99%有意

香りととの相関ではいくつか有意性の認められる関係があるが、このうちコハク酸については、それ自身無臭のため無意味である。異臭については、イソ-吉草酸、イソ-酪酸について有意性のある負の相関(表2より異臭についての官能評価は強1~弱4となっているため、含有量が増加して異臭が強くなれば負の相関となる。)を示しており、また、他の有臭の有機酸についても負の相関であり含有量が増加すれば異臭として感じられるようになると思われる。香りの評価との相関についても同様に負の相関を示し、有臭の有機酸が増加すれば評価が悪くなることを示している。味との関係については、有意性のあるものとしては、吉草酸について量が多いと甘味を感じ、コハク酸については、含量が多い程苦味は少ないという関係を示している。しかし、酸味について最も多く含まれる酢酸との間にも相関は認められず、他の酸についても量的に少ないこともあり、味と有機酸との関連は薄いと考えられる。

次にアミノ酸分析値と官能審査結果について相関関係をみてみると表10,11のようになる。

表10 アミノ酸と味の評価との相関表

	バリン	ロイシン	イソロイシン	メチオニン	フェニルアラニン	アルギニン	ヒスチジン	グリシン	アラニン
甘味	0.40845	0.39148	0.47332	0.34067	0.28679	0.17785	0.19907	0.48678	0.39793
苦味	0.39493	0.39063	0.46823	0.31580	0.30178	0.40529	0.11469	0.41604	0.53285
酸味	-0.01420	-0.02321	0.00392	0.04123	-0.07551	0.51183	-0.05577	-0.12473	0.21481
異味	0.06736	0.20237	0.22183	0.00338	0.09101	0.29859	-0.27217	0.03243	0.34102
味の評価	0.39191	0.39551	0.45935	0.30767	0.36618	0.23800	0.18381	0.40509	0.37992
総合評価	0.15958	0.27501	0.27783	0.08598	0.18447	0.25183	-0.11474	0.10794	0.27267

	セリン	スレオニン	グルタミン酸	アスパラギン酸	アスパラギン	チロシン	オルニチン	リジン	合計
甘味	0.25394	0.41324	0.47740	0.42687	0.16947	0.38072	0.36704	0.15677	0.38215
苦味	0.48204	0.56277	0.49818	0.38679	0.17863	0.44122	0.26153	0.11160	0.43294
酸味	0.46239	0.21570	0.17184	0.06378	0.38474	0.08703	-0.11380	-0.09846	0.12130
異味	0.30732	0.33620	0.14417	0.01676	-0.16966	0.23503	-0.07299	-0.28071	0.10012
味の評価	0.34750	0.43657	0.50621	0.34638	0.15433	0.46757	0.27363	0.18868	0.40635
総合評価	0.26520	0.27549	0.32767	0.11641	-0.00987	0.29492	0.04255	-0.08693	0.18936

グルタミン酸-ナトリウム、アスパラギン酸-ナトリウムの刺激閾はそれぞれ100mg/, 30mg%である。含有物で考えても両者のうちグルタミン酸については十分納豆の旨味に貢献しているものと思われる。また苦味アミノ酸の含有量についても刺激閾をこえて含まれているものもあり、納豆の苦味に何らかの影響があると思われたが、味の評価とアミノ酸分析値の相関係数をみるとすべての組み合わせで有意性がみられなかった。そこで各呈味性について分析値を合計し同様に相関関係をみたところ表11のようになった。

表11 各呈味性アミノ酸と味の評価との相関表

	苦 味	甘 味	旨 味	そ の 他
甘 味	0.35944	0.41567	0.46910	0.30331
苦 味	0.36869	0.54610	0.47224	0.28904
酸 味	0.02913	0.22657	0.14239	-0.01159
異 味	0.08340	0.29051	0.10864	-0.08289
味の評価	0.37446	0.42416	0.46612	0.33757
総合評価	0.17089	0.25781	0.26998	0.09107

表から明らかなように、いずれの組み合わせでも有意性のある関係はみられなかった。味に関係するものとしてはアミノ酸ばかりでなくペプチド等についても検討する必要がある。

4. まとめ

本試験において使用した輸入大豆、国産大豆について得た結果と以前から指摘されていた事項とを合わせて納豆製造用大豆として満たすべき要件として次の4点があげられる。

- i) 皮浮きが少なく、発芽率为新穀で80～90%以上で吸水率が高いもの
- ii) 蒸煮大豆に割れが少なく苦味、異味を感じないもの
- iii) 蒸煮大豆は硬くても発酵させ納豆になると軟らかくなるもの
- iv) 蒸煮大豆と納豆で色の変化が少なく明るい色に煮上がるもの

また、発酵条件の設定にあたっては、香り、味と総合評価の間の関係が強いことから

- i) 異臭の原因の一つと考えられる有臭の有機酸の発生を少なくする
- ii) 旨味成分であるグルタミン酸の生成量を増やし、苦味の原因と思われるペプチド、アミノ酸等の生成をおさえる。

といったことが考えられる[°]、しかし実際の条件については今後の課題である。

参考文献

- 1)橋本ら、品種別大豆の納豆加工適性、茨城県食品試験所報告 28号, 1, (1985)
- 2)小原、食の科学 No.113,106, (1973)