백운콩 돌연변이 후대로 제조한 된장의 품질 특성

이경준[1,2] · 강시용[1] · 최홍일[1] · 김진백[1,*]

[1]전북 정읍시 금구길 29, 한국원자력연구원 정읍 첨단방사선과학연구소
[2]전북 전주시 완산구 농생명로 370, 농촌진흥청 농업유전자원센터

Quality Characteristics of Soybean Pasted (*Doenjang*) Manufactured with 2 Soybean Mutant Lines Derived from cv. Baekwon

Kyung Jun Lee[1,2], Si-Yong Kang[1], Hong-Il Choi[1] and Jin-Baek Kim[1,*]

[1]*Advanced Radiation Technology Institute, Korea Atomic Energy Research Institute, 29 Geumgu, Jeongeup, Jeonbuk 56212, Korea*
[2]*National Agrobiodiversity Center, NAS, RDA, 370 Nongsaengmyeong, Jeonju, Jeonbuk 54874, Korea*

Abstract - In order to identification of the possibility of manufacturing soybean paste (*doenjang*) with soybean mutant lines induced from gamma-ray mutagenesis, this study was performed to investigate the quality characteristics of *doenjang* using two soybean mutant lines, Baekwon-1 (BW-1) and Baekwon-2 (BW-2) and their original cultivar (cv. Baekwon, BW) for 8 weeks. The BW and two mutant lines (BW-1 and BW-2) were showed higher content of amino type nitrogen than control (cv. Taegwang). The pH decreased and the titratable acidity increased all the samples during aging period. The lightness, redness and yellowness of *doenjang* were the lowest in BW. Total free sugar content of *doenjang* was the highest in control (10.43%) after 4 weeks and composed mainly fructose and glucose. The order of the free amino acid content was Glutamic acid > Leucine > Lysine > Phenylalanine > Aspartic acid in control, Glutamic acid > Leucine > Arginine > Lysine > Phenylalanine in BW, Glutamic acid > Lysine > Phenylalanine > Aspartic acid > Valine in BW-1 and Glutamic acid > Arginine > Lysine > Phenylalanine > Aspartic acid in BW-2, respectively. Our results showed that it is possible to increase the quality of *doenjang* using soybean mutant lines in manufacturing soybean paste.

Key words : Mutation breeding, Quality characteristics, Soybean mutant, Soybean paste (*Doenjang*)

서 론

된장은 콩을 주 원료로 한 발효 식품으로서 단백질과 아미노산 함량이 높고 저장성이 뛰어나며, 독특한 향미를 지니고 있어 예로부터 국내에서는 자가제조를 통하여 식생활에 널리 애용되어 왔으나 최근 식생활의 향상과 생활 양식이 변화함에 따라 자가생산 장류의 양이 급격히 감소하고 공장 생산 제품의 수요가 증가하고 있는 추세이다(이 1989; 장 1989; 식품저널 2002; Lee *et al*. 2002). 건강한 삶에 대한 대중적인 관심이 증가하면서 된장의 혈전용해, 항암효과, 혈압강하, 항산화 효과 및 면역 조절 기능 등의 기능적 효과에 대한 많은 연구가 활발하게 진행되고 있으며 영양학적 측면에서도 된장의 관심도가 높아지면서 기능성을 포함하는 제품에 대한 소비 증가추세를 보이고 있다(Shin *et al*. 2010).

된장의 맛과 향 등 품질을 결정하는 주요한 요인은 된장

* Corresponding author: Jin-Baek Kim, Tel. +82-63-570-3313, Fax. +82-63-570-3813, E-mail. jbkim74@kaeri.re.kr

발효 및 숙성 과정 중 관여하는 균주 및 이들이 생성하는 효소, 제조 방법 등 여러가지 다양한 요인이 작용을 하지만 가장 중요한 요인은 콩, 소금, 물 등 된장 제조에 사용하는 원료라 할 수 있으며 따라서 된장의 품질을 향상시키기 위해 된장의 원료에 대한 연구, 특히 주 원료인 콩에 대한 연구도 이루어져 왔다(Lee *et al*. 2009). 메주 원료인 콩은 품종에 따라 물리화학적 특성이 다르고 이에 따라 장류 제품의 품질이 좌우된다고 알려져 있다(Lee *et al*. 2009). 1970년대 말에는 장류용 표준품종으로 장엽콩을 육성 보급하였으며 1980년대에는 황금콩을 비롯하여 백운콩, 새알콩, 무한콩 등이 장류용으로 보급되었고 1990년대에는 장수콩을 비롯하여 10여 종이 육성 보급되었다(Lee *et al*. 2002).

돌연변이 육종방법을 통한 품종의 개발은 교배육종 한계 극복, 유전적 다양성 집단 확보 및 육종연한 단축 등의 장점으로 인해서 최근 관심을 받고 있다(Kavithamani *et al*. 2010). 콩에서 돌연변이 육종기술은 다수확, 내탈립, 기계화 적성, 조기개화 등 바람직한 농업 형질로의 개선에서부터 비린내 저감, 저 리놀렌산, 고 오레익산, 고단백질 등의 유용성분 함량의 변화까지 그 적용범위가 다양해지고 있다(Rahman *et al*. 1994, 1995). 돌연변이 유발원에 따라 EMS, MNU 등을 처리하는 화학적 방법과 X선, γ선 등을 이용하는 물리적 방법 등으로 나누어 볼 수 있으며, 특정형질이 개선된 품종 개발 또는 품종 개발에 있어 유용한 형질을 제공하는 모본으로의 활용도도 높아지고 있다(Patil *et al*. 2004). 본 연구에서는 장류용 표준품종으로 재배가 되던 백운콩에 감마선 250 Gy를 조사하여 육성한 돌연변이 육종 계통인 백운-1과 백운-2계통을 이용하여 메주 및 된장가공용으로서의 적합성을 알아보기 위하여 콩알 된장을 제조하고 일반성분, 색도, 유리아미노산의 함량 등의 이화학적 특징을 각각 발효 0주, 2주, 4주, 6주, 8주 후로 나누어 대조군과 비교하였다.

재료 및 방법

1. 원료 대두

원재료 콩(Glycine max L.)은 황색종 대두인 백운과 백운-1, 백운-2를 사용하였으며 대조품종으로 태광콩을 사용하였다. 1988년 원품종 백운 1000립에의 종자에 감마선 250 Gy를 조사하여 파종하였고 첫해에 M2 종자를 개체당 한 꼬투리씩 수확을 하였으며 M3부터 M13까지 수량성 및 농업 특성이 우수한 계통을 선발하였으며 최종적으로 백운-1과 백운-2를 선발 이용하였다(Table 1). 콩 원료들은 2010년 정읍 소재 한국원자력연구원 첨단방사선연구소방사선육종시험장에서 재배, 수확되었다.

2. 메주의 제조, 발효 및 된장의 제조

메주의 제조와 발효는 순창장류연구소의 표준화된 콩알메주 제조법으로 만들어졌다. 콩을 상온에서 15시간 침지한 후 20분간 물을 뺀 다음 121°C에서 20분간 증자하였다. 증자한 콩을 40°C로 냉각한 다음 0.1% 황국균(*Aspergillus oryzae*)을 접종하여 상대습도 90%, 30°C에서 24시간 발효

Table 1. Change in Hunter's color value of traditional soybean paste (*Doenjang*) during aging periods

Samples	Aging period (weeks)	Hunter's color value			
		L (lightness)	a (redness)	b (yellowness)	E
TG	0	47.6	3.2	16.3	50.4
	2	47.2	3.8	17.0	50.3
	4	44.7	5.0	17.3	48.2
	6	42.3	5.6	16.8	45.9
	8	38.7	6.1	15.9	42.2
BW	0	41.5	3.9	16.3	44.7
	2	39.0	4.3	17.0	42.7
	4	37.9	5.6	17.3	42.0
	6	37.5	5.6	16.8	41.4
	8	32.0	5.7	15.9	36.2
BW-1	0	42.7	4.9	13.0	44.9
	2	41.5	5.2	12.8	43.7
	4	39.7	5.9	14.6	42.7
	6	38.6	6.2	14.8	41.8
	8	35.9	6.7	14.8	39.4
BW-2	0	42.8	4.0	14.1	45.2
	2	41.1	5.1	14.4	43.8
	4	40.8	5.8	15.5	44.0
	6	38.8	6.6	16.0	42.5
	8	36.1	6.7	15.1	39.7

하였다. 발효가 끝난 콩알메주는 60°C에서 24시간 건조하여 실험에 사용하였다. 된장의 제조 배합은 메주 3.94 : 소금 1.49 : 물 3.94의 비율로 혼합하였다. 된장을 제조한 후 0주, 2주, 4주, 6주, 8주 간격으로 시료를 채취하여 항목별로 실험에 사용하였다.

3. 이화학분석

pH는 시료 5 g에 증류수 45 ml를 가해 교반하여 균질화한 후 전위차 적정장치(Metrohm ion Analysis, H/716 DMS, Germany)를 이용하여 측정하였고, 적정 산도는 pH를 측정한 시료에 0.1 N NaOH 용액을 가하여 pH가 8.3이 될 때까지 적정한 ml 수로 표시하였다. 아미노산태질소는 Formol 적정법에 의해 전위차 적정장치(Metrohm ion Analysis, H/716 DMS, Germany)를 이용하여 분석하였다. 즉 시료 2 g을 비이커에 취하고 증류수 100 ml를 가하고 1시간 동안 교반하여 충분히 용해한 다음 0.1 N-NaOH 용액으로 pH 8.4로 적정하였다. 여기에 20 ml 중성 formalin을 가하고 다시 0.1 N-NaOH 용액으로 pH 8.4가 되도록 중화 적정하였다.

4. 유리당

유리당 분석은 된장 5 g에 증류수 450 ml을 넣고 초음파를 이용하여 10분간 추출한 후 원심분리(4,000 rpm, 5분)하여 얻은 상등액을 0.45 μm syringe filter에 통과시킨 후 HPLC에 주입하였다. 이때 사용한 HPLC는 Shiseido SI 2, Column은 carbohydrate column (250×4.6 mm), Detector는 RI-detector 210 nm이었고 이동상은 Acetonitrile/water (75 : 25, v/v), flow rate는 1.0 ml min^{-1}으로 분석하였다.

5. 유리아미노산

유리아미노산은 시료 2 g을 취하여 3차 증류수 30 ml 넣고 교반한 후 50 ml로 정용하고 초음파를 이용하여 20분간 추출하였다. 추출한 용액을 원심분리(3000 rpm, 10분)한 다음 상등액 2 ml에 5% TCA 2 ml을 넣은 후 원심분리(10,000 rpm, 10분)한 후 상등액을 취하여 0.02 N-HCL로 희석한 후 0.2 μm syringe filter에 통과시킨 후 분석에 사용하였다. 이때 사용한 장치는 Amino acid analysis (Hitachi L-8900), Column은 Hitachi 4.6×60 mm (speration)과 Hitachi 4.6×40 mm (Ammonia filtering), Detector는 UV/Vis (440 nm~570 nm)이었고 이동상은 Buffer set (PH-SET KANTO), Column 온도는 50°C, buffer flow rate는 0.40 ml min^{-1}, Ninhydrin flow rate은 0.35 ml min^{-1}으로 분석하였다.

6. 색도 측정

된장의 색도는 Hunter 체계를 이용한 색도측정기(Colorimeter TC-1, Japan)를 사용하여 측정하였다. 각 시료의 색을 측정하고 Hunter 체계의 명도(lightness), 적색도(redness) 및 황색도(yellowness)를 지시하는 L, a 및 b값으로 나타내었다. 또한 이들을 합한 종합적 색차(overall color difference)를 ΔE값으로 구하였다.

측정식: $\Delta E = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$

7. 전자공여능 측정

된장의 메탄올 추출물을 이용한 전자공여능 측정은 α, α-diphenyl-β-picryl hydrazyl (DPPH)에 대한 전자공여효과로서 추출물의 환원력을 측정하였다(Kim *et al*. 2006). 추출물 0.6 ml에 4×10^{-4} M DPPH 용액(99% ethanol 용해) 2.4 ml를 가한 후 vortex로 10분간 진탕하고 1분 후 526 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군은 추출물 대신 추출용매만을 넣을 것으로 같은 방법으로 흡광도를 측정하였으며, 전자공여능은 시험구와 대조구의 흡광도를 통해 백분율로 나타내었다.

전자공여능(%) = (1 − A/B) × 100
[A: 시험구의 흡광도, B: 대조구의 흡광도]

8. 관능검사

각 계통별 된장에 대한 관능검사는 5점 평정법(Kim and Hu 2003)을 이용하여 훈련된 관능요원 10명을 대상으로 맛, 향, 색 및 전체적인 기호도에 대해 가장 좋다(5점), 보통이다(3점), 가장 나쁘다(1점)의 점수로 표기하였다.

결 과

1. DPPH에 의한 전자공여 작용

콩 계통 간 제조된 된장의 DPPH에 의한 전자공여능을 측정한 결과는 Fig. 1A와 같다. 본 연구에서는 시료 된장을 methanol로 추출한 추출물의 전자공여 작용을 측정하였으며, 그 결과 33~51%의 분포를 보였다. 백운과 백운에서 유래된 두 돌연변이 계통의 전자공여능에는 차이를 보이지 않았으나 대조군인 태광과 비교하였을 때 백운, 백운-1, 백운-2 계통으로 제조한 된장이 전반적으로 전자공여능이 높게 나타났다.

2. 아미노산태질소

계통별 된장의 숙성 중 아미노산태질소 함량은 Fig. 1B에서 보는 바와 같다. 백운과 백운에서 유래된 두 돌연변이 계통으로 담근 된장이 숙성 동안 대조군인 태광에 비해 높은

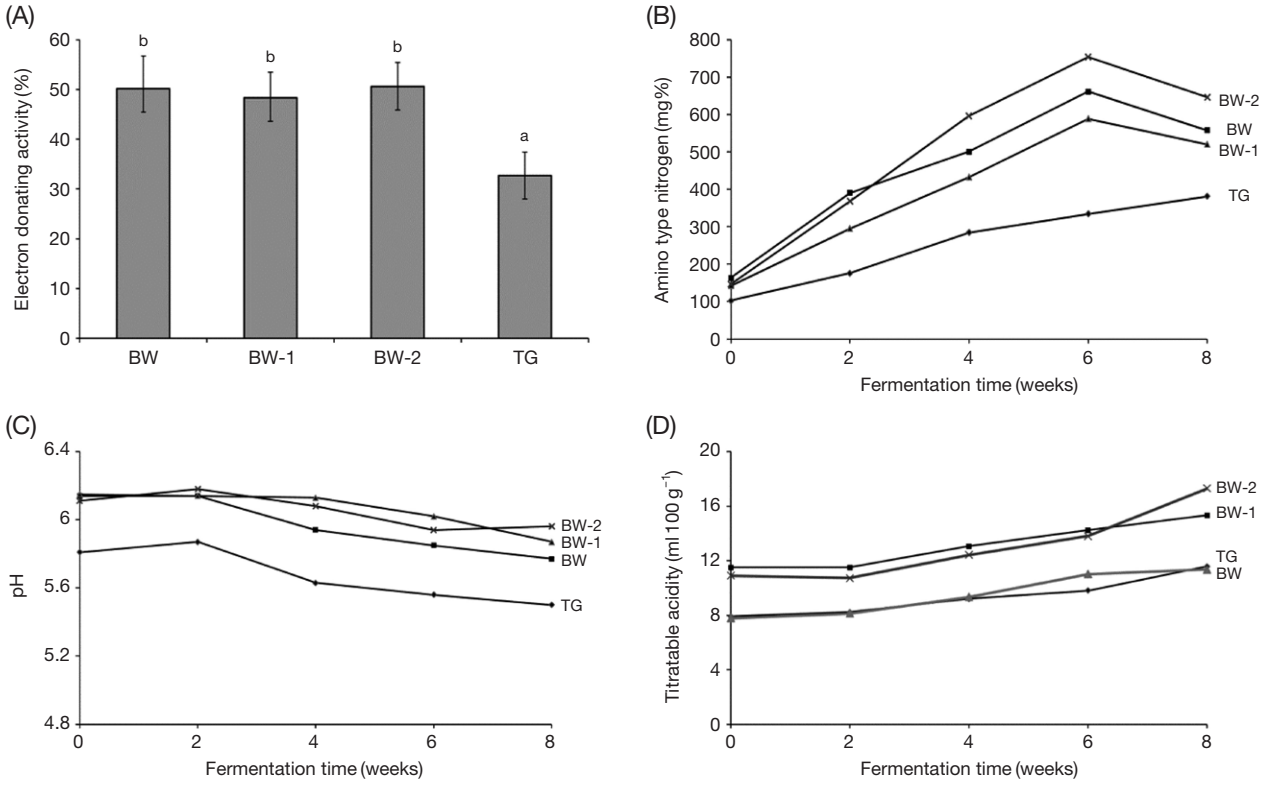

Fig. 1. Change of DPPH (A), amino type nitrogen (B), pH (C), and acidity (D) in 4 soybean lines for 8 weeks. ×, BW-2; ■, BW; ▲, BW-1; ●, TG. (A) The same letter in each column indicates no significant difference by Least significant difference, $p<0.05$.

수치를 보였다. 대조군의 경우 8주까지 완만하게 아미노산태질소 함량이 증가를 하는 데 비해 백운과 백운-1, 백운-2의 경우에는 6주까지 증가를 하다 8주차에 감소를 하는 경향을 보였다. 백운-2가 아미노산태질소의 함량이 가장 높았으며 6주차에 754.8 mg%를 보였고 8주차에 646.10 mg%를 보였다.

3. pH와 산도

각 계통으로 만든 pH와 적정 산도는 Fig. 1C와 1D와 같다. pH의 경우 발효 기간에 따라 감소하는 경향을 보였으며 숙성 8주차에는 pH 5.50 (대조군)~5.96 (백운-2)을 보였다. 적정 산도는 숙성기간이 증가할수록 증가하는 모습을 보였으며 대조군이 11.58 ml 100 g^{-1}, 백운-1이 11.34 ml 100 g^{-1}으로 비슷한 수치를 보였으며 백운이 15.33 ml 100 g^{-1}으로 다소 높은 수치를 보였고 백운-2가 17.3 ml 100 g^{-1}으로 가장 높게 나타났다. 대조군과 백운-1에 비해 백운과 백운-2가 초기 적정 산도가 높게 나타났으며 숙성기간이 지날수록 증가되어 8주차에 대조군과 백운-1보다 높은 수치를 보였다.

4. 색도

각 품종별 제조된 된장의 숙성 시기별 색도는 Table 1에 나타내었다. 백운의 경우 b값 (yellowness)만 대조군과 비슷한 결과를 보이고 L값 (lightness)과 a값 (redness), E값은 매우 낮은 것을 확인할 수 있었으며, 백운에서 유래된 두 개의 돌연변이 계통의 경우 대조군보다는 낮지만 원품종보다는 높은 값을 보였다. 된장이 숙성되면서 제조 직후에 비하여 L값과 ΔE값이 감소하는 결과를 보였다. a값의 경우 숙성기간이 증가할수록 증가하는 결과를 보였다. b값의 경우 대조군과 백운은 4주차까지 증가를 하다 6주 후부터는 감소를 하는 모습을 보인 데 비해 백운-1과 백운-2는 6주차까지 증가를 하다 8주차부터 감소하는 모습을 보였다.

5. 유리당 함량

된장 숙성 과정 중 생성되는 당분의 감미 성분도 아미노산의 구수한 맛, 소금의 짠맛과 더불어 된장의 조화미에 관여하는 주요성분으로 계통별 유리당 함량의 결과는 Table 2와 같았다. 8주차 때 총 유리당 함량은 0.15~0.99%의 범위로 백운이 가장 높았으며 된장의 주된 유리당은 fructose와 glucose이었다. 모든 된장이 4주차까지 증가를 하다가 그 후 감소하는 모습을 보였다. 특히 fructose의 경우 된장을 만든 시기보다 46.9 (백운-2)~245배 (백운-1)까지 증가하는 모습을 보였으며 4주차 대조군의 총 유리당 함량이 가장 높았으

Table 2. Free sugar contents of *Doenjang* made with the different soybean lines

	TG					BW					BW-1					BW-2				
	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8
Fructose	0.05	0.07	9.87	1.21	0.36	0.06	0.03	9.40	2.21	0.68	0.03	0.00	7.36	0.59	0.08	0.10	0.02	4.69	0.41	0.00
Glucose	0.12	0.22	0.45	0.50	0.17	0.05	0.08	0.27	1.02	0.31	0.09	0.07	0.20	0.20	0.19	0.00	0.04	0.23	0.26	0.11
Sucrose	0.05	0.06	0.11	0.09	0.01	0.08	0.17	0.06	0.12	0.00	0.04	0.06	0.04	0.07	0.03	0.07	0.04	0.04	0.05	0.04
Maltose	0.05	0.07	0.01	0.00	0.01	0.05	0.07	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.05	0.08	0.00	0.00	0.00
Total	0.27	0.42	10.43	1.80	0.54	0.24	0.36	9.74	3.35	0.99	0.22	0.18	7.60	0.86	0.29	0.22	0.18	4.97	0.72	0.15

Table 3. Total amino acid contents of *Doenjang* made with the different soybean lines (mg l^{-1})

Amino acids	TG		BW		BW-1		BW-2	
	0	8	0	8	0	8	0	8
P-ser	107	118	282	171	265	197	235	209
Asp	638	1219	1512	2666	860	1828	1554	3012
Thr	439	728	1177	1696	769	1196	1116	1738
Ser	614	991	1562	2252	1018	1743	1539	2477
Glu	1524	2749	4890	7464	3565	5946	6276	9386
Sar	–	–	–	–	–	–	301	–
a-AAA	114	243	372	592	181	392	456	683
Pro	–	644	946	1560	460	975	766	1487
Gly	250	396	598	875	422	594	635	987
Ala	768	1072	1674	2171	1251	1608	1698	2387
Cit	692	926	324	343	1241	1795	–	–
a-ABA	–	–	94	–	221	–	205	–
Val	875	1130	2003	2526	1403	1825	1710	2397
Cys	127	–	388	–	375	–	531	–
Met	200	263	809	118	608	–	760	774
Cysthi	–	–	270	937	313	753	349	78
Ile	508	922	240	127	251	118	339	194
Leu	939	1756	3170	4185	2020	1730	3289	2535
Tyr	539	885	1711	1643	1304	1482	1899	2229
Phe	735	1385	2382	2823	1694	2212	2634	3223
b-Ala	76	38	126	65	98	–	84	134
b-AiBA	154	191	491	314	336	228	483	442
g-ABA	136	145	121	142	–	–	69	–
EOHNH2	55	–	86	–	75	–	99	–
NH3	1407	1429	1997	2236	2011	2263	2381	2661
Orn	129	130	151	13	133	173	157	25
Lys	1083	1705	2775	3461	1553	2481	2532	3530
His	260	418	681	865	360	613	629	913
Ans	–	–	–	–	–	–	564	–
Arg	612	1101	3256	3952	918	1318	3338	4665
Total	12980	20583	34086	43195	23705	31467	36626	46163

며(10.43%) 8주에서는 백운이 대조군보다 두 배 정도 높은 모습을 보이며 백운-1과 백운-2의 경우는 대조군에 비해 낮은 것이 확인되었다. 유리당의 종류 중 fructose의 함량이 4주차에 큰 폭으로 증가하는 결과를 보였다.

6. 유리아미노산 분석

유리아미노산의 총량은 된장 제조 직후 12,980 (대조군)~36,626 mg l^{-1} (BW2)로 나타났으며 8주 후에는 20,583 (대조군)~46,163 mg l^{-1} (BW-2)로 증가를 하였다 (Table 3). 유리아미노산은 Glutamic acid의 함량이 계통별 숙성 시기에 관계 없이 가장 높았으며, 0주차 때는 대조군은 Glutamic acid > Lysine > Leucine > Valine > Alanine 순으로 함량이 높은데 비해 백운은 Glutamic acid > Arginine > Leucine > Lysine > Phenylalanine, 백운-1은 Glutamic acid > Lysine > Phenylalanine > Leucine > Valine, 백운 2는 Glutamic acid > Arginine > Leucine > Phenylalanine > Lysine 순으로 함량이 높았다. 숙성 8주차에는 대조군에서 Glutamic acid > Leucine >

Table 4. Sensory evaluation of 4 *Doenjangs* made from 4 soybean lines

	BW	BW-1	BW-2	TG
Color	2.5	2.7	2.6	2.9
Flavor	3.5	2.6	2.5	2.7
Taste	3.0	2.7	3.2	2.4
Overall acceptability	2.8	2.6	3.1	2.4

Lysine＞Phenylalanine＞Aspartic acid 순으로 함량이 높았고, 백운은 Glutamic acid＞Leucine＞Arginine＞Lysine＞Phenylalanine, 백운-1은 Glutamic acid＞Lysine＞Phenylalanine＞Aspartic acid＞Valine, 백운-2는 Glutamic acid＞Arginine＞Lysine＞Phenylalanine＞Aspartic acid 순으로 함량이 높았다.

7. 관능검사

백운과 백운-1, 백운-2, 대조군으로 만든 된장의 관능검사 결과는 Table 4와 같다. Table 4 결과에서 보는 바와 같이 전반적으로 시료 간 큰 차이를 보이지 않았으나 색에 대한 선호도 평가에서는 대조군이 가장 높은 점수를 받았으며, 향에서는 백운으로 만든 된장이, 맛은 백운-2로 만든 된장이 가장 높은 점수를 받았다. 전체적인 기호도에서는 백운-2로 만든 된장이 가장 좋은 점수를 받았다.

고 찰

항산화 활성을 측정하는 방법은 다양하게 개발되어 있으며 일반적으로 전자공여 작용만으로 항산화 작용을 설명할 수는 없지만, 추출물 중의 항산화물질들은 유지의 자동산화 과정 중 생성되는 ROO·, R·, RO· 등의 라디칼에 전자를 주는 능력인 전자공여능이 중요한 작용을 하는 것으로 알려져 있다(Kim *et al*. 2006). 본 연구에서 백운에서 유래된 백운-1, 백운-2는 백운과는 유의적 차이를 보이지 않는 데(백운, 50.2±6.6%; 백운-1, 48.3±4.9%; 백운-2, 50.6±4.9%; $LSD_{0.05}$=8.8) 비해 대조품종인 태광(32.7±4.7%)보다는 17% 정도 높은 항산화 활성이 나타났다. 이것은 백운-1과 백운-2의 항산화 물질들이 원품종과 큰 차이가 없는 것이라 할 수 있으며 백운이 대조품종인 태광에 비해 기본적으로 항산화 물질 함유량이 더 높기 때문에 백운-1과 백운-2 또한 높은 전자공여능을 보인 것으로 사료된다.

된장의 성분들 중 아미노산태질소는 발효 식품의 숙성도를 판단하는 성분으로 된장의 제조와 숙성 과정 중에 콩 단백질이 효소작용으로 가수분해되어 맛을 내는 아미노산을 생성하게 되고 아미노산태질소 함량이 높은 장류가 성분 면에서도 좋은 것으로 평가된다(Kim 2004). 본 연구에서는 숙성기간이 경과함에 따라 증가를 하다가 백운, 백운-1, 백운-2는 6주 이후에 감소를 하는 모습을 보였다. Park *et al*. (2004)의 보고에서는 90일까지 아미노산태질소가 증가한다고 보고를 하였는데 본 실험에서는 대조군을 제외한 세 계통으로 담근 된장의 경우 8주차에서 감소를 하는 다른 경향을 보였다. Kim (2004)은 아미노산태질소의 함량과 증감 추이의 차이가 발생하는 이유가 메주 및 된장의 제조과정에서 대두 단백질의 분해 정도, 발효에 관여한 미생물의 생육과 효소 생성 조건, 그리고 보관 및 숙성 조건 등에 따라서 나타나는 차이일 것이라고 보고하였다.

된장은 숙성 중 적정 산도는 증가를 하고 이는 염도와 미생물에 의해 지속적으로 생성되는 유기산에 의한 것이라고 보고되어 있다(Lee and Mok 2010). 또한, Kim *et al*. (2000)은 된장 숙성 중 pH가 떨어지는 것은 당 또는 단백질에 미생물이 작용하여 다양한 유기산이 생성, 산도를 증가시키기 때문이라고 보고하였다. 된장의 신맛은 된장의 품질을 저하시켜 소비자의 선호도를 떨어뜨리는 주요 요인이며 된장의 제조공정, 발효미생물의 종류, 원료의 특성 및 이들의 상호작용에 따라 된장의 품질에 크게 영향을 미친다고 보고되어 있다(Shin *et al*. 2010). 본 연구에서는 초기 된장을 제조할 시 염도를 동일 수준으로 된장을 제조하였으나 pH와 적정산도의 차이가 나타난 것은 원료 콩의 단백질 함량과 기타 성분의 변이에 의한 것이라 생각이 되며 동일 염도에서 더 높은 pH를 보인 것으로 보아 저염 된장을 제조하는 데 돌연변이 계통인 백운-1과 백운-2가 더 적합하다고 생각된다.

된장의 색도는 저장, 유통 중에 현저하게 일어나며 품질평가에 주요한 요인이다(Kwak *et al*. 2003). 된장이 갈변함에 따라 명도(L)와 노란색(b)은 감소를 하며 붉은색(a) 증가를 한다고 보고되어 있다(Kwak *et al*. 2003). 이전의 보고에 의하면 L값은 숙성기간이 증가할수록 감소한다고 보고되어 있으며(Park *et al*. 2000; Kim and Hu 2003), ΔE값 또한 감소한다고 보고되어 있어 본 실험 결과와 일치하였다(Kim 2004). L값의 경우 Rho *et al*. (2008)의 보고에 의하면 최종 숙성시료의 명도 값을 38.5~43.6으로 보고하였는데 본 실험에 사용된 대조품종은 유사한 결과를 나타낸 것에 비하여 백운-1과 백운-2는 다소 낮은 값을 보였다. Kim *et al*. (2010)은 a값은 숙성기간이 경과함에 따라 증가한다는 보고를 하였는데 본 실험과 일치하였다. Chang *et al*. (2010)은 b값은 큰 변화가 없는 것으로 보고하고 있으며, Kim (2004)과 Rho *et al*. (2008)의 보고에 의하면 숙성기간이 길어질수록 감소한다고 보고하고 있다. 또한 Kim *et al*. (2010)의 보고에 의하면 b값이 20일째 증가를 하였다가 감소를 하여 최종 숙성시료에서는 값이 처음보다 감소한다고 보고하고 있으며 본 실험과 유사한 결과임을 알 수 있었다.

Smith and Circle (1978)은 된장의 주된 유리당은 fructose였다고 보고하였으며 Kim (1992)은 된장의 주된 유리당은

glucose이었고 그 다음으로 galactose가 많이 증가하였다고 보고한 바 있으며 Kim and Kim (1999)은 균주를 달리하여 메주를 발효하였을 때의 생화학적 특성을 검토한 결과를 보면 균주에 따라 생성, 증가되는 유리당의 종류는 크게 차이가 나타났으나 이는 메주 제조 시 혼합원료의 조성 및 미생물의 종류에 따라서 유리당의 종류 및 함량이 달라질 수 있다고 하였다. 본 연구에서는 염도, 미생물 종류, 숙성조건 등을 모두 동일시하고 원료의 차이만 존재했으므로 이전 보고와 같이 혼합원료의 차이가 유리당의 함량 차이를 보인 것이라 추측된다.

된장의 숙성과정 중 효소작용으로 인해 원료 단백질에서 생성되는 아미노산의 구수한 맛은 된장 풍미 면에서 다른 여러 성분보다도 중요시하는 성분의 하나이다(Jang *et al*. 2010). 특히 Glutamic acid, Aspartic acid, Cysteine은 지미에, Threonine, Serine, Proline, Glycine, Alanine 등은 감미에, Valine, Methionine, Leucine, Isoleucine, Tryptophan, Phenylalnine, Histidine, Tyrosine 등은 고미에 관여를 한다고 보고되어 있다(Yang *et al*. 1992). 본 연구에서는 모든 된장 시료에서 지미에 관여하는 Glutamic acid 함량이 제일 높았으며 이는 Yang *et al*. (1992), Jang *et al*. (2010)의 보고와 일치하였다. 그러나 그 밖의 아미노산 함량은 기존의 연구들에서도 차이를 보이고 있는데 이는 메주 제작 시 주 성분인 원료 콩의 성분 차이가 된장의 성분 차이를 일으킨 것이라 생각된다.

결 론

방사선 돌연변이 육종기술을 이용하여 육성된 콩 계통들을 이용한 된장의 숙성 시기별 품질 비교 실험 결과 원품종인 백운에 비해 아미노산태질소, 색도, 산도, 유리당, 유리아미노산 등의 함량에 차이를 보였으며, 특히 아미노산태질소와 유리아미노산은 돌연변이 계통인 백운-2에서 가장 높게 나타났다. 또한 산도와 색도는 저장 기간에 따라 백운-2가 가장 적게 변화가 되었으며 이는 장기보존에 따른 품질 변화를 줄일 수 있으며 저염 된장을 제조하는 데 있어 적합할 것으로 생각된다. 매년 장류 적합 콩 품종이 개발되고 있으며 본 실험에서 사용된 돌연변이 육종 기술로 개발되어진 콩 품종을 이용하여 성분이 강화된 된장 또는 기능성, 저장 우수성을 보이는 된장을 개발하는 것이 가능할 것으로 사료된다. 또한 이렇게 장류 적합 콩 품종이 개발이 된다면 건강 지향적인 현대인의 소비 만족과 된장의 소비 촉진에 기여를 할 것으로 생각되므로 콩 계통의 다양한 개발을 통하여 장류 적합 기능성 된장 원료의 개발도 장류 연구에 크게 기여할 수 있을 것이다.

사 사

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단-원자력연구개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2012M2A2A6010566).

참 고 문 헌

식품저널. 2002. 장류 시장 된장시장가열 32-41.

이춘영. 1989. 장류와 문화. 식품과학과 산업 **22**:3-7.

장지현. 1989. 우리나라 전래 발효음식의 기술발달사. 우리나라 전통발효식품에 관한 세미나. 특허청.

Chang M, Kim IC and Chang HC. 2010. Effect of solar salt on the quality characteristics of *Doenjang*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **39**(1):116-124.

Kavithamani D, Kalamani A, Vanniarajan C and Uma D. 2010. Development of new vegetable soybean (*Glycine max* L. Merrill) mutants with high protein and less fibre content. *Electro. J. Plant Breed.* **1**(4):1060-1065.

Kim DH and Kim SH. 1999. Biochemical characteristics of whole soybean cereals fermented with Mucor and Rhizopus strains. *Korean J. Food Sci Technol.* **31**(1):176-182.

Kim G-Y, Moon H-K, Lee S-W, Moon J-N and Yoon W-J. 2010. Effect of mixed soybeans materials on quality characteristics of traditional soybean paste (*Doenjang*) during aging. *Korean J. Food Cookery Sci.* **26**(3):314-322.

Kim JG. 2004. Changes of components affecting organoleptic quality during the ripening of traditional Korean soybean paste - Amino nitrogen, amino acids, and color. *J. Food Hyg. Safety* **19**(1):31-37.

Kim JH, Yoo JS, Lee CH, Kim SY and Lee SK. 2006. Quality properties of soybean pastes made from meju with mold producing protease isolated from traditional meju. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* **49**(1):7-16.

Kim JK. 1992. Characteristics of the Taste in Traditional Korean Soybean Paste. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **21**(4): 443-448.

Kim SH, Kim SJ, Kim BH, Kang SK and Jung ST. 2000. Fermentation of *Doenjang* prepared with sea salts. *J. Food Sci. Technol.* **32**(6):1365-1370.

Kim UJ and Hu KH. 2003. Sensory evaluation techniques of food. pp. 62-72. Hyoil Moonhwasa Co., Seoul, Korea.

Kwak E-J, Pack W-S and Lim S-I. 2003. Color and quality properties of *Doenjang* added with citric acid and phytic acid. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **35**(3):455-460.

Lee HT, Lee MJ and Lee SS. 2009. Physicochemical characteristics of soybean pastes containing sword bean. *Food Eng. Prog.* **13**(3):176-182.

Lee JY and Mok C. 2010. Changes in physicochemical proper-

ties of Low salt soybean paste. *Food Eng. Prog.* **14**(2):153-158.

Lee KS, Lee JC, Lee JK, Hwang ES, Lee SS and Oh MJ. 2002. Quality of 4-recommended soybean cultivars for meju and *doenjang*. *Korean J. Food Preserv.* **9**(2):205-211.

Park J-S, Lee M-Y, Kim J-S and Lee T-S. 2004. Compositions of Nitrogen Compound and Amino Acid in Soybean Paste (*Doenjang*) Prepared with Different Microbial Sources. *Korean J. Food Sci Technol.* **26**(5):609-615.

Park SK, Seo KI, Shon MY, Moon JS and Lee YH. 2000. Quality characteriatics of home-made *doenjang*, a traditional Korean soybean paste. *Korean J. Food Cookery Sci.* **16**(2): 121-127.

Patil A, Taware SP and Raut VM. 2004. Induced variation in quantitative traits due to Physical (γ rays), chemical (EMS) and combined mutagen treatments in soybean {*Glycine max* (L.) Merrill}. *Soybean genet. Newslett.* **31**:1-6.

Rahman SM, Takagi V, Kubota K, Miyamoto K and Kawakita V. 1994. The high oleic acid mutant in soybean induced by X-ray irradiation. *Biosci. Biotech. Biochem.* **58**(6):1070-1072.

Rahman SM, Takagi V, Kubota K, Miyamoto K and Kawakita V. 1995. High stearic acid soybean mutant induced by X-ray irradiation. *Biosci. Biotech. Biochem.* **59**(5):922-933.

Rho JD, Choi SY and Lee SJ. 2008. Quality characteristics of soybean paste (*doenjang*) prepared using different types of microorganisms and mixing ratios. *Korean J. Food Cookery Sci.* **24**(2):243-250.

Shin DH, Kang KS, Lee JY, Jeong DY and Han GS. 2010. On Chemical characteristics of sour *doenjang* (fermented soybean paste). *J. Food Hyg. Safty* **25**(4):360-366.

Smith AK and Circle SJ. 1978. Chemical composition of the seed. pp. 5-76. *In*: Soybean: chemistry and Technology (Smith AK and Circle SJ eds.), AVI. Publishing Co., Westport, CT.

Yang SH, Choi MR, Kim JK and Chung YG. 1992. Characteristics of the taste in traditional Korean soybean paste. *J. Korean Soc. Food Nutr.* **21**(4):443-448.

Received: 3 March 2016
Revised: 14 March 2016
Revision accepted: 23 March 2016