

식물자원 발효액의 품질과 기능성에 미치는 발효기간의 영향

김나미*[†] · 이종원* · 도재호* · 박채규* · 양재원*

*KT&G 중앙연구원 인삼연구소

Effects of the Fermentation Periods on the Qualities and Functionality of the Vegetable Fermentation Broths

Na-Mi Kim*[†], Jong-Won Lee*, Jae-Ho Do*, Chae-Kyu Park*, and Jae-Won Yang*

*KT&G Central Research Institute, Ginseng Research Group, Daejeon 305-345, Korea.

ABSTRACT : To determine optimal fermentation period of vegetables mixed with black sugar without inoculation of microorganisms, changes in chemical components, quality characteristics of the fermented broth and physiological functionality during the fermentation period were investigated. pH and °Bx of the fermented broths were decreased gradually during the fermentation period. Except for radish, L and a color values of fermented broths were increased but b values were decreased during fermentation period. Viscosity of fermented broths of vegetables were decreased after 3 months of fermentation. α -Amylase activity in fermentation broth of broccoli, eggplant, cabbage, chicory, aralia, radish were increased to 460, 430, 180, 420, 560, 260 after six months fermentation period. In radish and tomato fermentation broth, invertase activity were increased to 200 and 460 units and cellulase activity were increased to 280 and 140 after six months fermentation period. The content of total phenolic compounds and electron donating ability were the highest after 2 to 4 months fermentation period and decreased thereafter. No significant level of tyrosinase inhibitory activity and SOD-like activity were observed. In the sensory evaluation test of aralia fermentation broth of droop, sweet and sour flavor and bitter, astringent taste were decreased during the fermentation period and droop tastes were highest in 3 months. In radish fermentation broth, radish flavor and pungent taste were decreased and sweet taste was increased during fermentation period. Acceptability in overall was the greatest after three months. Based on the results stated above, optimal fermentation period was appropriated 3 or 4 months.

Key words : fermentation, vegetables, qualities, functionalities.

서 언

과학과 의학이 발전되고 사회적 환경이 개선됨에 따라 동·서양을 막론하고 건강에 대한 관심이 높아지고 있으며 평균수명도 크게 높아져서 고령화 인구가 증가되고 있다. 수명이 연장 되므로서 식습관에 의한 뇌졸중, 동맥경화증, 고혈압, 암, 당뇨병, 만성 간질환, 만성위장병 등의 만성질환이 중대한 관심사가 되고 있다. 이들 질병은 육류에 의한 열량과 지방의 과다섭취, 정제 가공식품, 식품첨가물의 과다섭취 등 식생활에 의해 크게 영향을 받게 되므로 최근에는 식물성 식품을 선호하는 경향이 점점 높아지고 있으며, 식물성 소재로 부터 여러 가지 생리기능 성분을 찾아내고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 연구에 의하여 식품의 유효성분에 의한 건강증진 효과 및 질병예방 효과 등이 증명되면서 소비자들은

식품에서부터 생체방어나 생체리듬에 대한 조절능력 등 소위 건강기능성을 요구하고 있으며, 식품산업은 건강기능성 식품 분야로 집중되고 있다. 이러한 추세에 따라 건강기능성 식품의 기능성과 안전성을 확보하고 품질을 향상시키며 국민의 건강증진에 이바지하기 위하여 식약청에서는 2004년 1월 건강기능식품에 관한 법률을 제정하였다. 식물추출물 발효제품은 건강기능식품 32개 품목 중의 한가지 제품 유형으로서 건강기능식품공전에 등재되어 있으며 (Korea Food & Drug Administration, 2004), 일반적으로 여러 가지 식물성 원료에 당을 첨가하거나 유산균 등의 미생물을 첨가하여 발효시킨다. 식물체에는 여러 가지의 효소가 함유되어 있으며 식물추출액을 발효시키면 많은 효소들이 활성화되어 여러 가지 생화학반응을 일으킴으로써 식물체의 영양성분이 소화, 흡수되기 쉬운 형태로 변환될 수 있으며, 효소작용으로 생성된 성분들에 의해 새로

[†]Corresponding author: (Phone) +82-42-866-5424 (E-mail) nmkim@ktng.com
Received August 2, 2005 / Accepted December 30, 2005

운 생리조절기능을 발현할 수 있을 것으로 기대되어 현재 몇 가지 제품이 제조, 시판되고 있으나 적절한 발효기간에 대한 근거가 미약한 실정이다. 저자 등은 식물추출물 발효 식품을 제조하기 위한 적절한 발효기간을 설정하기 위하여 몇 가지 산야채와 버섯을 원료로 발효기간의 경과에 따른 발효액의 성분과 품질특성, 효소활성과 여러 가지 생리기능성의 변화를 조사한 바 있다 (Kim *et al.*, 2003; Kim & Lee, 2003).

본 연구에서는 몇 가지 식물자원을 이용하여 식물추출물 발효식품을 제조하는데 있어서 적합한 발효기간을 설정하기 위하여 발효기간의 경과에 따른 발효액의 성분과 품질특성, 효소활성과 여러 가지 생리기능성의 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

당근 (*Daucus carota var. sativa* D. C.), 브로콜리(*Brassica oleracea var. botrytis* L.), 가지 (*Solanum melongena* L.), 양배추 (*Brassica oleracea var. capitata* L.), 치커리 (*Cichrorium intybus*), 두릅 (*Alaria elata* Seemann), 무 (*Raphanus sativus* L.), 토마토 (*Lycopersicon esculentum* L.) 등의 식물자원은 농협에서 판매되는 유기농 재배품을 구입하여 시료로 사용하였고, 흑설탕은 시판되고 있는 S사 제품 (15 kg/포)을 사용하였다.

2. 식물자원 원료의 발효 및 숙성

식물자원 원료들을 세척하고 물기를 제거한 후 waring blender (CM-3000, Charming-Art Ltd., Korea)로 파쇄(medium, 5분)하여 수분함량을 측정하였다. 각 원료의 수분함량에 따라서 전체 수분함량이 40%를 유지하도록 흑설탕을 첨가하여 유리용기에 담았다. 20 ± 2°C로 유지된 항온실에서 주 3회씩 뒤섞어주어 호기적 상태를 유지하면서 6개월 동안 자연 발효시켰다.

이와 같이 6개월 발효시킨 발효액을 5,000×g에서 20분간 원심분리 한 후 얻은 상정액을 유리용기에 담아 20 ± 2°C에서 1~2개월 동안 숙성시켰다.

3. 물리화학적 특성 조사

식물자원 추출물 발효액을 원심분리하여 얻은 상정액을 시료로 사용하였으며 pH는 pH meter (Metrohm, 691 pH meter, Metrohm, Switzerland)로 측정하였고 °Bx와 점도는 각각 굴절당도계 (Atago N-3)와 점도계 (Brookfield, spindle No. 5, 25°C, 100 rpm)로 측정하였다. 색도는 식물자원 추출물 발효액을 50%v/v 에탄올 2배량으로 희석하여 원심분리한 후 그 상정액을 시료로 하여 색도계 (Minolta CT-20, Japan)로 L, a, b값을 측정하였다.

4. 효소활성 및 생균수

식물자원 추출물 발효액을 원심분리하여 얻은 상정액 2 mL에 차가운 메탄올 8 mL을 가하여 다시 원심분리 하였다. 침전물에 10 mL의 증류수를 가하여 침전물을 용해시킨 다음 원심분리 하여 얻은 상정액을 효소활성 측정용 시료로 사용하였다. α-Amylase는 기질로서 1% soluble starch를 사용하여 40°C에서 3분간 반응시켰고, invertase와 cellulase는 기질로서 1% sucrose와 0.5% carboxy methyl cellulose (CMC)를 각각 사용하여 40°C에서 30분간 반응시켰으며, 반응액의 glucose 함량을 측정하여 단위시간 당 생성된 glucose 함량으로 효소활성을 나타내었다 (Colowick *et al.*, 1995)

또한 식품공전의 미생물 시험법에 준하여 각 발효액 중의 생균수를 측정하였다 (Korea Food & Drug Administration, 2000)

5. 항산화활성과 총 페놀화합물 함량

식물자원 추출물 발효액에 동량의 에탄올을 가하고 원심분리하여 얻은 상정액을 분석용 시료로 사용하였다. 항산화활성은 Blois의 방법으로 517 nm에서 흡광도를 측정하여 시료 1 mL가 1분 동안에 흡광도 값을 0.01 감소시키는 것을 1 unit로 나타내었다 (Blois, 1958).

총페놀화합물은 표준용액으로 caffeic acid를 사용하여 Folin-Denis colorimetric method로 측정하였다 (Joslyn, 1970).

6. Tyrosinase 저해활성

Tyrosinase 저해활성은 Sung 등의 방법에 따라 측정하였다 (Sung & Cho, 1992). 시료용액은 증류수로 8배 희석하여 원심분리하였고, 상정액 0.5 mL에 5 mM L-3,4-dihydroxy phenylalanine(L-DOPA) 0.2 mL, 0.1 M sodium phosphate buffer (pH 6.0) 0.2 mL를 혼합한 후 tyrosinase 1 unit를 첨가하여 35°C에서 2분간 반응시킨 후 475 nm에서 흡광도를 측정하여 시료액 무첨가구와 비교하였다.

7. Superoxide dismutase (SOD) 유사활성

SOD 유사활성은 Marklund 등의 방법에 따라 시료액 20 mL에 55 mM tris-cacodylic acid buffer (TCB, pH 8.2)를 가하여 균질화하고 원심분리하여 얻은 상정액을 pH 8.2로 조정 후 TCB를 사용하여 50 mL로 정용한 후 시료액으로 사용하였다(Marklund & Marklund, 1974). 시료액 950 μL에 50 μL의 24 mM pyrogallol 용액을 첨가하여 420 nm에서 초기 2분간의 흡광도 증가율을 측정하고 시료액 무첨가 대조구와 비교하여 활성을 계산하였다.

8. 관능적 특성 변화

식물자원 추출물의 발효에 의한 향미 변화는 KT&G 중앙연구원 관능평가 요원 중 숙달된 5명을 선발하여 QDA방법으로 평가하였으며 (Moskowitz, 1988) 식물자원 추출물 발효액

Table 1. Changes in physiochemical properties of the fermented vegetable broths during fermentation periods

Samples	Fermentation [†] period(months)	pH	°Bx	Viscosity (cps)
Carrot	0	5.71	63	178
	3	5.23	60	88
	6	4.67	60	88
Broccoll	0	5.83	62	124
	3	5.36	61	92
	6	4.79	61	76
Eggplant	0	5.13	62	120
	3	4.78	60	96
	6	4.48	58	68
Cabbage	0	5.57	64	184
	3	5.10	62	132
	6	4.62	61	104
Chicory	0	5.47	62	124
	3	3.79	60	98
	6	3.66	59	80
Doorub	0	5.56	58	62
	3	4.75	57	52
	6	4.37	55	44
Radish	0	5.63	63	136
	3	4.15	61	88
	6	3.85	60	88
Tomato	0	4.29	64	182
	3	4.25	62	128
	6	3.96	62	84

[†]Vegetables were crushed and adjusted to 40% water content with black sugar, then fermented for 6 months at 20±2.

Table 2. Changes in color values of the fermented vegetable broths during fermentation periods

Samples	Fermentation [†] period (months)	L (lightness)	a (redness)	b (yellowness)
Carrot	0	82.34	2.15	44.52
	3	81.33	2.02	39.48
	6	81.03	1.57	35.49
Broccoll	0	81.84	1.80	48.13
	3	81.88	1.56	42.72
	6	82.65	1.34	37.17
Eggplant	0	83.51	2.33	42.85
	3	82.01	2.10	37.54
	6	81.21	1.44	32.24
Cabbag	0	87.87	-0.02	36.44
	3	84.84	0.56	32.01
	6	80.76	1.07	28.13
Chicory	0	79.88	-4.90	58.29
	3	83.14	-2.65	50.69
	6	86.65	-0.33	40.05
Dooru	0	84.83	-0.16	44.45
	3	85.06	0.25	42.86
	6	85.23	0.80	40.67
Radish	0	84.36	2.10	44.66
	3	70.12	0.27	36.72
	6	64.64	-1.89	20.63
Tomato	0	86.10	1.11	44.03
	3	85.82	1.95	44.06
	6	85.07	2.12	43.72

[†]Vegetables were crushed and adjusted to 40% water content with black sugar, then fermented for 6 months at 20°C±2°C.

중 향미 변화가 큰 두릅과 무를 시료로 사용하였다. 발효액에 대하여 향과 맛에 대한 묘사를 하게하고, 공통적으로 묘사된 특성의 정도를 0~9의 점수로 표시하게 한 후 그 점수의 평균 값을 다각형 그림으로 나타내었다. 전체적인 기호도는 발효기간 별로 제조된 식물자원 추출물의 향과 맛, 선택 등의 여러 가지 관능특성을 종합하여 0~9의 점수로 나타내게 하였고, 분산분석과 Duncan의 다범위 검정을 행하여 시료간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 식물자원 추출물 발효액의 물리화학적 특성

식물자원 추출물을 18°C에서 6개월간 발효시키면서 발효기간의 경과에 따른 물리화학적 특성과 색도의 변화를 조사한 결과는 Table 1, Table 2와 같다. pH는 발효기간이 경과함에 따라 낮아져서 산성의 pH를 나타냈으며, 당도 (°Bx)는 발효기간이 길어짐에 따라 다소 낮아지는 경향이었는데 이는 삼투압

에 의하여 식물체 중의 수분이 발효액 중으로 이행되었기 때문일 것으로 생각된다. 점도는 발효 기간 3개월 까지 최대 90 cps 만큼 뚜렷하게 낮아졌으며 그 이후에는 원만히 감소하는 경향이였다. 시료에 따라 점도 변화의 차이가 있는 것은 함유되어 있는 내용 성분과 효소 등이 각기 다르며, 이들에 의한 상호작용 등이 점도에 영향을 미치기 때문인 것으로 생각된다 (Joslyn, 1970). 발효 기간 증가에 의한 색도의 변화를 살펴보면 Table 2와 같다. 명도를 나타내는 L값은 대체로 큰 변화가 없었으나 무의 경우에는 발효 전 84.36에서 발효 6개월 후에는 64.64로 낮아졌고, 브로콜리, 치커리, 두릅의 경우에는 높아졌다. 적색을 나타내는 a값은 치커리, 양배추, 두릅, 토마토에서 증가하였고, 무는 발효 전 2.10에서 6개월 발효 후에 -1.89로 낮아졌다. 황색을 나타내는 b값은 발효 기간의 경과에 따라 모든 시료에서 낮아 졌지만 토마토는 발효 전 44.03에서 발효 6개월 후에 43.72로 거의 비슷한 수준을 유지하였는데 이는 토마토 색소 성분의 일종인 카로티노이드가 발효 중 용출된 것으로 추정된다.

Table 3. Changes in enzyme activities of the fermented vegetable broths during fermentation periods

Samples	Fermentation [†] period (months)	Amylase activity (units [‡])	Invertase activity (units [‡])	Cellulase activity (units [‡])
Carrot	0	45	10	-
	1	110	125	-
	3	70	-	-
	6	50	-	-
Broccoli	0	55	20	-
	1	65	-	-
	3	140	30	-
	6	460	30	-
Eggplant	0	30	65	-
	1	30	-	-
	3	150	70	-
	6	430	40	-
Cabbage	0	20	70	-
	1	30	60	-
	3	70	40	70
	6	180	-	240
Chicory	0	25	170	-
	1	85	-	-
	3	270	-	-
	6	420	-	60
Doorub	0	20	65	55
	1	45	-	-
	3	150	-	70
	6	560	-	100
Radish	0	60	170	10
	1	455	120	50
	3	390	130	80
	6	260	200	280
Tomato	0	10	130	95
	1	65	150	45
	3	30	220	110
	6	30	460	140

[†]Vegetables were crushed and adjusted to 40% water content with black sugar, then fermented for 6 months at 20°C±2°C.

[‡]One unit defines the amounts of enzyme that releases 1 μg of glucose/min/mL of fermentation broth from each substrate.

2. 효소활성 및 생균수 변화

발효기간의 증가에 따른 식물자원 추출물 발효액의 효소활성을 조사한 결과는 Table 3과 같다. Amylase 활성은 당근, 토마토의 경우 발효 1개월까지는 증가 하였으나 다시 대조구와 비슷한 수준으로 낮아졌고 브로콜리, 가지, 양배추, 치커리, 두릅의 경우에는 발효기간이 길어짐에 따라 증가하여 6개월 경과 후에는 460, 430, 180, 420, 560 units의 활성을 나타내었으며, 무는 1개월 경과 시에 455 units의 높은 활성을 나타

내었다. Invertase는 치커리, 두릅의 경우 발효 전에 170, 65 units의 효소 활성을 나타내었으나 1개월 경과 후부터 활성이 없어졌고, 무, 토마토의 경우에는 발효 전 170, 130 units에서 6개월 발효했을 때 200, 460 units로 활성이 높아졌다. Cellulase 효소활성은 두릅, 무, 토마토에서 활성을 나타내었고, 무는 발효 전 10에서 6개월 발효 시 280 units로 증가하였다. 식물 자체에는 여러 가지 효소가 존재하고 있을 것으로 판단되나, 첨가된 설탕에 의한 삼투압의 증가로 효소작용이 저해되어 활성이 대체로 낮게 나타난 것으로 생각된다. 채소 추출물 발효액 중의 생균수를 조사한 결과 (Table 4), 발효 전에 브로콜리가 1.5×10³ CFU/mL로 가장 낮았고, 대체로 1.5~10³×1.3~10⁷ CFU/mL의 생균이 검출되었다. 발효기간이 증가함에 따라 대체로 감소하는 것으로 나타났으며 당근과 양배추와 토마토 등에서 생균수의 감소 경향이 뚜렷하였는데 이는 발효기간이 경과함에 따라 발효 중의 삼투압이 높아 미생물의 생육이 억제되었거나 이들에 함유되어 있는 항균 물질이 용출되었기 때문인 것으로 생각된다. 또한 두릅의 경우에도 마 등이 항균 물질로 분리한 3-4-dihydroxybenzoic acid가 발효과정 중에 용출되어 생균수의 감소에 영향을 준 것으로 생각된다 (Ma et al, 1995).

3. 총 페놀 화합물 함량과 항산화활성

식물자원 추출물 발효액 중의 총 페놀 화합물 함량의 변화는 Table 5와 같다. 총 페놀함량은 브로콜리, 무, 토마토, 두릅에서 높은 것으로 나타났고 발효기간이 증가함에 따라서 총 페놀 화합물 함량도 증가하여 발효 2-3개월에서 높았으며, 그 이후부터는 오히려 감소하는 경향을 보였다. 페놀 화합물 성분은 단백질이나 (Van & Robinson, 1969), 철분, 알칼로이드, 피리딘 등의 성분과 결합하여 침전을 형성하는 것으로 알려져 있다 (Oh & Hoff, 1987). 발효가 진행됨에 따라 식물자원 중의 페놀 화합물 성분이 발효액 중으로 용출되어 함량이 증가하다가 발효기간이 2-3개월 경과되면 발효액 중의 다른 성분과 결합하여 원심분리과정에서 침전물로 제거됨으로써 함량이 감소한 것으로 생각된다. 항산화활성은 Table 6과 같이 총 페놀 화합물 함량의 변화 양상과 유사한 결과를 나타내어 발효 전에는 브로콜리, 두릅, 무, 토마토에서 활성이 높은 것으로 나타났고, 대체로 발효 4개월 경과 시에 활성이 가장 높았으며 그 이후에는 다소 감소하였다. Kang 등은 전자공여능이 페놀 화합물에 대한 항산화 작용의 지표이며, 이러한 물질은 환원력이 클수록 전자공여능이 높다고 하였는데 (Kang et al., 1996), 본 실험에서도 총페놀함량이 항산화 활성과 연관이 있음을 보여주었다. 또한, 마 등은 두릅의 항산화성분이 3-4-dihydroxybenzoic acid임을 보고한 바 있고 (Ma et al., 1994), 천연물 중 ascorbic acid, tocopherol, carotenoid, flavonoids, maillard 반응생성물, peptide, 아미노산 등이 항산화효과 원인 물질인 것으로 알려져 있는데 (Lee & Lee, 1994), 브로콜리,

Table 4. Changes in viable cell counts of the fermented vegetable broths during fermentation periods

Samples	Viable cell counts (unit : CFU/mL)						
	Fermentation [†] period(month)						
	0	1	2	3	4	5	6
Carrot	1.3×10 ⁷	5.0×10 ⁵	9.5×10 ⁵	5.0×10 ⁴	5.0×10 ⁴	7.0×10 ³	4.0×10 ³
Broccoli	1.5×10 ³	5.0×10 ³	5.0×10 ³	3.0×10 ³	7.0×10 ²	6.0×10 ²	5.0×10 ²
Eggplant	1.0×10 ⁵	5.0×10 ⁵	4.0×10 ⁴	7.0×10 ³	3.0×10 ³	2.0×10 ³	1.0×10 ³
Cabbage	2.0×10 ⁴	5.0×10 ³	5.0×10 ³	1.0×10 ³	5.0×10 ²	3.0×10 ²	5.0×10 ¹
Chicory	6.5×10 ⁵	7.0×10 ⁶	1.0×10 ⁶	1.0×10 ³	2.0×10 ³	1.8×10 ³	1.0×10 ³
Doorub	2.0×10 ⁴	5.0×10 ⁴	5.0×10 ³	2.0×10 ³	1.1×10 ⁴	8.0×10 ³	1.2×10 ³
Radish	4.3×10 ⁵	5.0×10 ³	3.0×10 ³	2.0×10 ³	2.0×10 ³	1.8×10 ³	2.0×10 ³
Tomato	1.2×10 ⁴	8.0×10 ³	5.0×10 ³	3.0×10 ³	1.1×10 ³	4.0×10 ²	5.0×10 ¹

[†]Vegetables were crushed and adjusted to 40% water content with black sugar, then fermented for 6 months at 20°C±2°C.

Table 5. Changes in content of total phenolic compounds of the fermented vegetable broths during fermentation periods

Samples	Content of total phenolic compounds (unit : %W/V)						
	Fermentation [†] period(month)						
	0	1	2	3	4	5	6
Carrot	0.14	0.17	0.17	0.20	0.18	0.15	0.14
Broccoli	0.20	0.4	0.22	0.23	0.22	0.22	0.18
Eggplant	0.15	0.18	0.17	0.19	0.18	0.16	0.14
Cabbage	0.16	0.18	0.18	0.17	0.18	0.17	0.14
Chicory	0.14	0.17	0.19	0.15	0.17	0.17	0.14
Doorub	0.17	0.21	0.22	0.19	0.18	0.17	0.18
Radish	0.19	0.21	0.21	0.19	0.18	0.17	0.13
Tomato	0.18	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.17

[†]Vegetables were crushed and adjusted to 40% water content with black sugar, then fermented for 6 months at 20°C±2°C.

Table 6. Changes in electron donating ability of the fermented vegetable broths during fermentation periods

Samples	Electron donating ability (%) [†]						
	Fermentation [†] period (month)						
	0	1	2	3	4	5	6
Carrot	455	613	598	588	882	826	767
Broccoli	695	826	636	628	898	810	724
Eggplant	564	553	591	540	757	726	684
Cabbage	625	651	683	634	959	856	709
Chicory	417	5.6	461	576	809	738	627
Doorub	793	817	781	765	914	847	803
Radish	686	694	702	661	839	698	556
Tomato	651	662	558	734	1077	946	843

[†]One % : 0.01 decrease of absorbance at 517 nm/min/mL

[†]Vegetables were crushed and adjusted to 40% water content with black sugar, then fermented for 6 months at 20°C±2°C

두릅, 무, 토마토에는 이러한 성분들이 많이 함유되어 있어서 발효 기간의 경과에 따라 추출량이 증가하고, 첨가된 당과 식물자원 중의 아미노산에 의한 갈변반응이 진행되어 항산화 활성이 높아진 것으로 보인다.

4. Tyrosinase 저해활성과 SOD 유사활성

Tyrosinase는 피부의 표피 기저층에 존재하는 멜라노사이트에서 tyrosine을 산화시켜서 멜라닌의 생성을 촉진시키는 역할을 한다. 생성된 멜라닌은 피부의 색을 검게 하므로 tyrosinase의 활성을 저해하여 미백 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다 (Lee et al., 1997; Okano, 1997). 지금까지 천궁, 당귀, 방풍, 독활, 강활, 감초, 시호, 산거울, 박태기나무, 고삼, 굴피나무, 강황, 목단피 등과 울무, 현울무 등에서 tyrosinase의 저해활성이 있는 것으로 조사되었고 (Kim & Lee, 2000), flavonoid, tannin, phenol, carboxylic acid, stiben 유도체, sesquiterpene 등이 주요 성분인 것으로 알려져 있다 (Kim,

2001). Table 7에서와 같이 식물자원 추출물 발효액은 브로컬리의 경우가 조금 높았으나 tyrosinase 저해활성이 대체로 낮았고 발효 기간의 경과에 따라서도 큰 변화를 보이지 않았다. Superoxide dismutase (SOD)는 생체내에서 superoxide radical을 과산화수소로 환원시켜주는 천연 항산화효소로 알려져 있다. 인체 내에서 산화방지와 노화억제와도 밀접한 관련이 있으므로 식물체 중에서 SOD와 유사한 활성을 나타내는 소재를 찾고자 하는 연구가 많이 진행되고 있다 (Lim et al., 2004; Kim et al., 1994; Hong et al., 1998). SOD유사활성도는 브로컬리 발효액에서 가장 높은 것으로 나타났으나 대체로 활성이 낮았으며 발효기간에 따라서도 큰 변화가 없었다.

5. 관능적 특성

식물자원 원료 중 비교적 향미가 강한 두릅과 무를 선정하여 발효기간의 증가에 따른 향미 변화를 조사하였다. 두릅의 경우에는 Fig. 1에서와 같이 발효기간이 증가함에 따라 두릅

Table 7. Changes in tyrosinase inhibitory activity of the fermented vegetable broths during fermentation periods

Samples	Tyrosinase inhibitory activity (%)						
	Fermentation [†] period (month)						
	0	1	2	3	4	5	6
Carrot	0.14	0.17	0.17	0.20	0.18	0.15	0.14
Broccoli	0.20	0.4	0.22	0.23	0.22	0.22	0.18
Eggplant	0.15	0.18	0.17	0.19	0.18	0.16	0.14
Cabbage	0.16	0.18	0.18	0.17	0.18	0.17	0.14
Chicory	0.14	0.17	0.19	0.15	0.17	0.17	0.14
Doorub	0.17	0.21	0.22	0.19	0.18	0.17	0.18
Radish	0.19	0.21	0.21	0.19	0.18	0.17	0.13
Tomato	0.18	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.17

[†]Vegetables were crushed and adjusted to 40% water content with black sugar, then fermented for 6 months at 20°C±2°C.

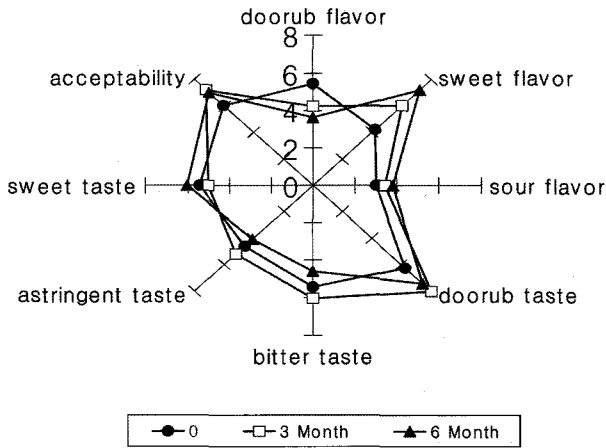


Fig. 1. Effects of fermentation periods on sensory evaluation of fermented doorub (*Alaria elata Seemann*). Doorub was crushed and adjusted to 40% water content with black sugar, then fermented for 6 months at 20°C±2°C.

냄새가 감소되었고 단 냄새와 새콤한 냄새는 증가하였다. 맛은 발효 3개월 경과 시에 두릅 특유의 맛, 쓴맛, 떫은맛이 증가되다가 6개월에는 오히려 감소하였고 단맛은 증가하였다. 이러한 변화는 전체적인 기호도에 영향을 주어 3개월 발효했을 때 기호도가 가장 높았다. 전체적인 기호도를 분산분석 하였을 때 F값이 3.23으로 나타나 5%수준에서 유의성이 인정되지 않았으므로 발효기간에 의해서 전체적인 기호도는 통계적인 차이를 나타내지 않는 것을 알 수 있었다. 무의 경우 Fig. 2에 나타난 바와 같이 여러 관능 지표 중에서 무 냄새와 매운 맛이 가장 강하게 느껴졌으며 발효가 진행됨에 따라 냄새는 무 냄새, 매운 냄새, 유황 냄새가 감소하였고, 맛은 매운맛이 가장 많이 줄어들었으며, 단맛이 가장 많이 증가하였다. 발효기간의 증가에 의한 단맛의 증가는 첨가된 설탕의 영향 뿐 아

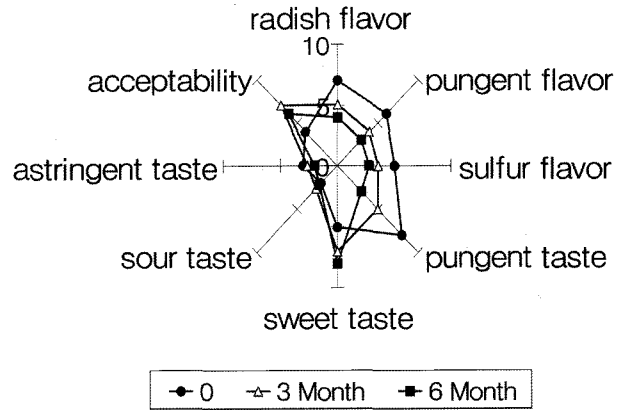


Fig. 2. Effects of fermentation periods on sensory evaluation of fermented radish (*Raphanus sativus L.*). Radish was crushed and adjusted to 40% water content with black sugar, then fermented for 6 months at 20°C±2°C.

Table 8. Changes in SOD-like activity of the fermented vegetable broths during fermentation periods

Samples	SOD-like activity (%)						
	Fermentation [†] period (month)						
	0	1	2	3	4	5	6
Carrot	0.14	0.17	0.17	0.20	0.18	0.15	0.14
Broccoli	0.20	0.4	0.22	0.23	0.22	0.22	0.18
Eggplant	0.15	0.18	0.17	0.19	0.18	0.16	0.14
Cabbage	0.16	0.18	0.18	0.17	0.18	0.17	0.14
Chicory	0.14	0.17	0.19	0.15	0.17	0.17	0.14
Doorub	0.17	0.21	0.22	0.19	0.18	0.17	0.18
Radish	0.19	0.21	0.21	0.19	0.18	0.17	0.13
Tomato	0.18	0.21	0.20	0.19	0.18	0.17	0.17

[†]Vegetables were crushed and adjusted to 40% water content with black sugar, then fermented for 6 months at 20°C±2°C.

니라 무 중의 효소활성에 의하여 당이 생성되었기 때문인 것으로 판단된다. 전체적인 기호도는 발효 3개월이 가장 좋은 것으로 조사되었으나 분산분석의 결과 F값이 2.19로 나타나 5% 수준에서 유의성이 인정되지 않았으므로, 발효기간이 전체적인 기호도에는 큰 영향을 주지 않는 것을 알 수 있었다.

적 요

식물자원을 이용하여 식물추출물 발효식품을 제조하는데 있어서 적합한 발효기간을 설정하기 위하여 발효기간의 경과에 따른 발효액의 품질특성과 효소활성 및 항산화활성 등의 변화를 조사하였다. 발효기간이 경과함에 따라 pH와 °Bx는 점차 낮아졌으며, 점도는 3개월 경과 시 현저히 낮아졌다. 색도는 발효기간이 증가함에 따라 무를 제외한 시료에서 L값과 a값

은 증가되고, b값은 감소되었으며, 무는 L, a, b값이 모두 감소하였다. 발효액 중의 amylase 활성은 전체 시료에서 활성을 나타내었고 특히 브로컬리, 가지, 양배추, 치커리, 두릅, 무에서 발효 전에 비하여 발효 6개월 경과 후에 각각 460, 430, 180, 420, 560, 260 units로 활성이 크게 증가하였다. invertase는 무와 토마토에서 활성을 나타내었으며 발효 전에 각각 170, 130 units에서 6개월 경과 후 200과 460 units로 증가되었다. cellulase는 두릅, 무, 토마토에서 활성을 나타냈으며 발효 전에 55, 10, 95units에서 발효 6개월 경과 후에 각각 100, 280, 140units로 증가하였다. 총 페놀 화합물 함량은 발효가 진행됨에 따라 증가하여 2~4개월 발효 시 가장 높았고, 항산화활성도는 발효 4개월 경과 시에 가장 높았으며 그 이후에는 감소하였다. Tyrosinase와 SOD 유사활성은 전체적으로 약한 활성을 나타내었다. 발효액의 관능적인 특성을 조사하였을 때 두릅의 경우에는 발효 기간의 경과에 따라서 두릅 고유의 냄새, 단 냄새, 새콤한 냄새는 감소하였으며 두릅맛, 쓴맛, 떫은맛은 감소하여 전체적인 기호도가 3개월 발효액에서 가장 높았다. 무의 경우에는 발효기간이 증가함에 따라 무 냄새와 매운맛이 감소하고, 단맛이 증가하였으며, 전체적인 기호도가 발효 3개월에서 가장 좋은 것으로 평가되었다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 식물자원 추출물의 발효기간은 3~4개월 정도가 적합할 것으로 판단된다.

LITERATURE CITED

- Blois MS** (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*. 26:1199-2000.
- Colowick SP, Kaplan NO** (2000) *Methods in Enzymology*. p.149. Academic Press Inc. USA.
- Hong HD, Kang NK, Kim SS** (1998) Superoxide dismutase-like activity of apple juice mixed with some fruits and vegetables. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30:1484-1487.
- Joslyn MA** (1970) *Methods in Food Analysis*. Academic press. New York. USA. p. 375-385.
- Joslyn MA** (1970) *Methods in Food Analysis*. Academic press. New York. USA. p. 701-708.
- Joslyn MA** (1970) *Methods in Food Analysis*. Academic press. New York. USA. p. 709-711.
- Kang YH, Park YK, Lee GD** (1996) The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28:232-239.
- Kim NM, Lee JW, Do JH, Yang JW** (2003) Effects of fermentation periods on the qualities and physiological functionalities of the fermentation broth of wild vegetables. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35:272-279.
- Kim NM, Lee JS** (2003) Effects of fermentation periods on the qualities and physiological functionalities of the mushroom fermentation broth. *Korean J. Mycol.* 31:28-33.
- Kim, JJ** (2001) Screening and isolation of tyrosinase inhibitory compounds from higher plants. Ph.D. Thesis, College of Pharmacy, Graduate School Yeungnam Univ., Daegu.
- Kim JK, Lee HS** (2000) Tyrosinase-inhibitory and radical scavenging activities from the seeds of *Coix lachryma-jobi* L. var. ma-yuen [Roman]. *Stapf.* 32:1409-1413.
- Kim SJ, Han DS, Park MH, Rhee JS** (1994) Screening for superoxide dismutase-like compounds and its activators in extracts of fruits and vegetables. *Biosci. Biotech. Biochem.* 58:2263-2265.
- Kim TS, Kim MN, Kim JO, Lee JH** (1994) The effect of hot water-extract and flavor compounds of mugwort on microbial growth. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 23:994-1000.
- Korea Food & Drug Administration** (2000). *A Lab., Manual of Microbiology in Food Code*.
- Korea Food & Drug Administration** (2004). *Functional Food Code*.
- Lee K, Kim JH, Heo MY, Kim HP** (1997) Inhibitory activities of tyrosinase and DOPA auto-oxidation. *Int. J. Cosmetic Sci.* 19:291-298.
- Lee J, Lee SR** (1994) Analysis of phenolic substances contents in Korea plant foods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26:310-316.
- Lim JD, Yu CY, Kim MJ, Yun SJ, Lee SJ, Kim NY, Chung IM** (2004) Comparison of SOD activity and phenolic compound contents in various Korean medical plants. *Korean J. Medical Crop Sci.* 12:191-202.
- Ma SJ, Ko BS, Park KH** (1995) Isolation of 3,4-dihydroxybenzoic acid with antimicrobial activity from bark of *Aralia elata*. *Korean J. Food Sci.* 27:807-812.
- Marklund S, Marklund G** (1974) Involvement of the superoxide anion radical in the autoxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eur. J. Biochem.* 47:469-474.
- Moskowitz H** (1988) *Applied sensory analysis of food*. CRC press. Florida. USA. p. 43-71.
- Oh HI, Hoff JE** (1987) pH dependence of complex formation between condensed tannins and proteins. *J. Food Sci.* 52:1276-1272.
- Okano Y** (1997) Evaluation of plant extracts as active agent for skin whitening. *Fragrance J.* 25:56-62.
- Sung CK, Cho SH** (1992) Studies on the purification and characteristics of tyrosinase from *Diospyros kaki* Thunb. *Korean Biochem.* 5:79-87.
- Van BJ, Robinson WB** (1969) Formation of complexes between protein and tannic acid. *J. Agric. Food Chem.* 17:772-775.