

유산균 발효에 의한 톳 (*Hizikia fusiforme*) 추출액의 이화학적 및 관능적 특성 변화

송호수¹·김홍길¹·민혜옥¹·최종덕^{2,3}·김영목^{1,4*}
¹부경대학교 식품가공센터, ²경상대학교 해양식품공학과,
³경상대학교 해양산업연구소, ⁴부경대학교 식품공학과

Changes in Physicochemical and Sensory Properties of *Hizikia fusiforme* Water Extract by Fermentation of Lactic Acid Bacteria

Ho-Su Song¹, Hong-Kil Kim¹, Hye-Ok Min¹,
Jong-Duck Choi^{2,3} and Young-Mog Kim^{1,4*}

¹Food Processing Center, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea
²Department of Seafood Science and Technology, Gyeongsang National University,
Tongyeong 650-160, Korea
³Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University,
Tongyeong 650-160, Korea
⁴Department of Food Science and Technology, Pukyong National University,
Busan 608-737, Korea

This study was conducted to improve the food functional and sensory food quality of *Hizikia fusiforme* by the fermentation of lactic acid bacteria. Seven strains of lactic acid bacteria isolated from traditional Korean fermented food were inoculated and cultivated in *H. fusiforme* water extract. Among them, *Lactobacillus brevis* LB-20, isolated from *Kimchi*, was selected for further study by considering the results of bacterial growth, DPPH radical scavenging activity, and sensory evaluation. No significant differences in proximate compositions (moisture, crude protein, crude fat, and crude ash) were observed by the fermentation of *L. brevis* LB-20. The most dramatical change was the conversion from glutamate to γ -aminobutyric acid (GABA) in *H. fusiforme* water extract fermented by *L. brevis* LB-20. The GABA content increased approximately 60-fold after 48 hr of fermentation. The bacterial fermentation also resulted in low-molecularization of the extract. The particle size of the fermented extract became approximately 4-fold smaller than that of the raw extract. In addition, the analysis of volatile flavor compounds using GC/MS revealed that the bacterial fermentation dramatically removed off-flavors such as acetaldehyde, hexanal, diallyl disulphide and 1-penten-2-ol in the *H. fusiforme* extract.

Key words: γ -Aminobutyric acid, Fermentation, *Hizikia fusiforme*, Lactic acid bacteria

서 론

톳 (*Hizikia fusiforme*)은 갈조식물의 모자반과 톳속에 속하며 녹미채 (鹿尾菜) 또는 토의채 (土衣菜)라고 부른다. 우리나라에서는 제주를 포함하여 남도지역에서 예로부터 식용으로 이용되어 왔다 (Kim et al., 2010). 톳은 다시마와 더불어 천연 정미 성분인 아미노산 (glutamic acid 및 aspartic acid 등)과 기능성 천연소재로 각광을 받고 있는 해조 다당류 (fucoidan 등) 또한 풍부하며, 최근 톳의 항산화 활성이 알려지면서 식품으로서 가치가 한층 높아져 이상적인 천연식품으로 인식되고 있다 (Kim et al., 2004; Park et al., 2005).

톳의 생리활성에 관한 연구는 주로 일본에서 많이 이루어졌으며, 한국에서의 톳에 대한 연구는 톳에서 추출한 fucoidan의 화학적 특성 (Koo et al., 1995; Koo et al., 1997), 용매별

건조 톳의 추출물들에 대한 항균성에 관한 연구 (Kim et al., 1994; Lim et al., 1995) 및 톳 추출물이 지질대사 및 간 효소활성에 미치는 영향 등에 대해서 보고가 있다 (Jung et al., 2001). 하지만, 연간 2만~4만 톤 정도 생산되고 있는 톳의 대부분은 1차적인 단순 가공품 형태로 판매되고 있는 실정으로 현재까지 톳을 이용한 제품개발은 썩 톳 상태로 만들어 판매하거나 단순 가공을 통해 건조분말 형태로의 판매에 머물러 있어 부가가치가 낮은 상태이다 (Ki, 2002).

일반적으로 해조류의 유용성분을 추출하여 이용할 때에는 해조류를 열수 추출이나 알칼리, 산 또는 효소처리 등에 의하여 추출 후 가공하는 방법들이 대부분이다 (Do et al., 1997; Kim and Bae, 2002). 그러나 이러한 추출공정은 해조류에 포함되어 있는 탄수화물의 대부분이 비소화성 복합다당류로서 산이나 알칼리에 비교적 안정하고 특수한 미생물 효소에 의하지 않고서는 분해되기가 어려워 여러 가지 생체 활성물질의

*Corresponding author: ymkim@pknu.ac.kr

변질 및 파괴 등을 수반하는 결과를 초래하거나 또는 효과적으로 추출해내지 못하는 단점이 있다 (Lim et al., 1995; Kim et al., 2002). 또한 해조류 추출공정에서 발생하는 알긴산 등의 점질 다당류와 해조류 특유의 향, 풍미 및 조직감 등이 해조류를 이용한 제품 개발의 문제점으로 지적되고 있다 (Eom et al., 2010).

해조류가 가지고 있는 이러한 단점을 극복하기 위하여 최근 시도 되고 있는 방법이 미생물을 이용한 해조류 발효이다 (Bae and Kim, 2010; Eom et al., 2010). 이에 본 연구에서는 톳의 유용성분을 극대화 시키면서 해조류 특유의 이취를 제거한 기능성 소재로 개발하는데 새로운 발효공법을 이용하여 고유의 기능성 및 유효성을 극대화함으로써 새로운 식의약 기능성 소재로 개발하기 위해 유산균 발효를 통한 발효조건 선정 및 이에 따른 이화학적 및 관능적 특성변화를 조사하여 향후 상업적인 적용 가능성을 검토하였다.

재료 및 방법

톳 추출액의 제조

추출액 제조에 사용한 톳은 2009년 6월에 채취한 완도산을 구입하여 사용하였다. 열수 추출을 위해 수세, 탈염, 분쇄공정을 거쳐 적당한 크기로 분쇄한 톳 분쇄물에 16배의 물 (w/v)을 첨가하고 80℃에서 30분간 열수 추출하고 20 mesh 망으로 잔사를 제거한 추출액을 실험에 사용하였다.

발효 균주 및 배양조건

톳 추출액의 발효를 위하여 사용된 균주는 전통 발효식품에서 분리하여 부경대학교 식품공학과 식품미생물학연구실에서 보관중인 7종의 *Lactobacillus brevis* (LB-1, LB-6, LB-7, LB-12, LB-18, LB-19 및 LB-20)을 사용하였다. *Lactobacilli* MRS Broth (MRS; Difco, USA) 배지에 각각의 균주를 24 시간 전 배양 후, 배양액 10%를 톳 추출액에 접종하고 30℃에서 진탕 배양하면서 배양시간에 따른 유산균의 생육도와 이화학적 및 관능적 특성 변화를 조사하였다.

관능평가

톳 추출액 및 톳 발효액의 기호성에 대한 조사는 설문지를 이용하여 7점 기호 척도법 (Peryam and Pilgrim, 1957; Ryu et al., 2009)으로 실시하였다. 7점은 “매우 좋다”, 6점은 “약간 좋다”, 5점은 “보통 좋다”, 4점은 “보통”, 3점은 “약간 싫다”, 2점은 “보통 싫다”, 1점은 “매우 싫다”로 나타내어 관능적 특성이 높을수록 높은 점수를 주도록 하였다 (Ryu et al., 2009). 관능검사를 실시하기 위하여 먼저 시료를 실온에 방치 시킨 뒤 검사목적과 취지를 충분히 숙지시킨 패널요원을 선정하였다. 조사대상은 부경대학교 식품공학과 학부생과 대학원생 10명 (21세~30세)을 선발하여 조사하였다.

일반성분, pH 및 염도

일반성분 분석은 A.O.A.C법 (1995)에 의거하여 수분은 상압가열건조법, 조지방은 Soxhlet법, 조회분은 건식회화법, 그

리고 조단백질은 Kjeldahl법으로 분석하였다. 환원당의 측정에는 Somogy의 방법 (Somogy, 1952)에 따라 측정하였으며 톳 추출액의 pH 및 염도는 YSI 63 pH meter (YSI Inc., USA)를 이용하여 측정하였다.

유리아미노산 분석

유리아미노산은 시료 1 g에 6 N HCl 9 mL를 가하여 110℃에서 24시간동안 방치 후 농축시켜 100 mL로 시료를 희석시키고 0.2 μm syringe filter로 여과하여 아미노산 자동분석기 (Hitachi Amino Acid Analyzer L-8900, Hitachi Ltd., Japan)로 분석하였다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl hydrazyl) radical 소거능은 Shimada et al. (1992)의 방법에 따라 측정하였다. 시료 1.0 mL에 0.45 mM DPPH 시험용액 1.0 mL를 첨가한 후, 혼합물을 교반시키고 실온에서 30분간 방치하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 다음과 같은 방법으로 계산하였다.

$$\frac{\text{Blank absorbance} - \text{Sample absorbance}}{\text{Blank absorbance}} \times 100\%$$

총 페놀화합물 함량

총 페놀화합물은 표준용액으로 phloroglucinol를 사용하여 Folin-Denis colorimetric method로 측정 하였다 (Joslyn, 1970).

입도분석

기능성 식품소재로의 활용 가능성을 살펴보기 위해 발효에 따른 톳 분말의 입도 분석은 발효 전후의 추출액을 동결건조하고 각각의 분말을 Laser 입도분석기 (LS 13320, Beckman Coulter, USA)를 이용하여 건식법으로 측정하였다.

향기성분 분석

발효에 따른 향기성분의 변화는 Shin et al. (1999)의 방법에 따라 분석하였다. 흡착-채취 열 탈착 시스템 (ATD 400, PerkinElmer, UK)을 이용하여 휘발 성분을 포집 후, GC/MS (GCMA/QP 5050A, Shimadzu, Japan)로 분석하였다. Column은 HP-5MS (30 m × 0.32 mm × 0.25 μm), detector는 TIC (total ion chromatogram) 를 사용하였고, oven temperature는 130℃에서 시작하여 10℃/min, 3℃/min, 5℃/min 및 3℃/min의 속도로 150℃, 250℃, 270℃, 300℃까지 각각 4단계 승온 시키고 마지막 시간을 15분간 유지하였다. 이때 mass range는 50~550이고 mass spectrometer에서 얻은 TIC의 각 peak의 성분은 Wiley database로 확인하였다 (Stehagen et al., 1974).

결과 및 고찰

톳 추출액의 유산균 발효에 의한 특성 변화

유산균의 생육도 측정

톳의 유효성분 추출과 발효공정을 단순화하여 생산성을

높일 수 있는 발효 균주 선정에 위해 우리나라 전통식품에서 분리한 유산균주들의 톳 추출액에서 생육도를 측정하였다 (Fig. 1). 실험에 사용된 7종의 유산균주 모두 톳 추출액에서 비교적 성장이 잘되는 것으로 나타났으며 유산균주들 간의 생육도에는 약간의 차이는 있지만 모두 배양 48시간에 최대 생육곡선을 나타내었다. 이후에는 생육 정지기에 도달하여 톳 추출액에는 유산균의 증식에 필요한 영양 성분이 풍부한 것으로 판단되며 유산균 발효에 의한 톳 추출액의 풍미 및 기능성 개선이 기대되었다. 하지만, LB-20 균주를 제외하고는 48시간 이후의 배양 조건에서는 유산균들이 급속히 사멸하는 것으로 나타났는데 이는 톳 추출액중의 영양성분의 고갈 및 독성 대사산물의 축적에 의한 것으로 LB-20 균주는 다른 유산균에 비하여 상대적으로 안정적으로 균수가 유지 되는 것으로 나타나 균의 생존력이 뛰어난 것으로 판단되었다 (Fig. 1). 이후, 발효 후의 톳 추출액의 항산화 활성 변화 등의 이화학적 특성 변화 및 관능평가를 실시하여 톳 추출액의 발효를 위한 우수 균주선발을 시도하였다.

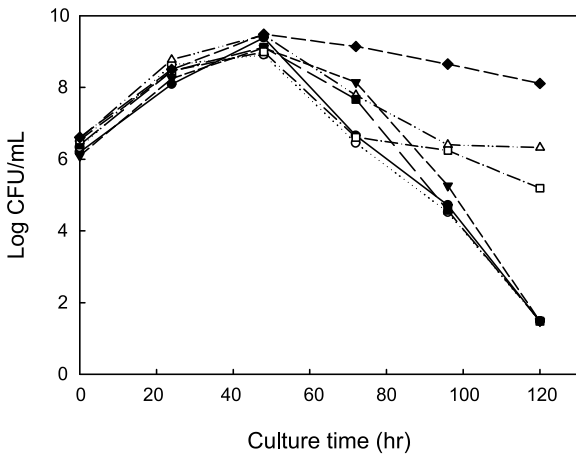


Fig. 1. Lactic acid bacteria growth in *Hizikia fusiforme* water extract. Lactic acid bacteria was inoculated in the extract and incubated at 30°C. Lactic acid bacteria growth was evaluated by determining the viable cell count method. Data presented are the average of duplicate experiments. ●, *Lactobacillus brevis* LB-1; ○, *L. brevis* LB-6; ▼, *L. brevis* LB-7; ▽, *L. brevis* LB-12; ■, *L. brevis* LB-18; □, *L. brevis* LB-19; ◆, *L. brevis* LB-20.

항산화 활성과 총 페놀화합물 함량 변화

본 실험에 사용된 7종의 균주들 중에서 톳 발효에 의한 기능성 상승 효과를 나타내는 균주를 탐색하기 위해 최대 증식도를 나타내는 48시간 배양한 톳 추출액을 이용하여 항산화 활성 및 총 페놀함량을 비교하였다 (Table 1). DPPH 라디칼 소거능의 경우, LB-20 균주로 발효한 톳 추출액이 81.1%로 가장 높은 DPPH 라디칼 소거능을 나타내었으나 균주에 따른 라디칼 소거능의 차이는 크지 않았다. 하지만, 대조구 (무발효구)와 비교시 모든 발효액에서 라디칼 소거능 활성 증가가 나타났다. 이러한 결과는 다시마 추출액의 미생물 발효에 의

한 DPPH 라디칼 소거능 증가에 대해 보고한 Eom et al. (2010) 과 Bac and Kim (2010)의 연구 결과와도 같은 경향을 보여주고 있다.

또한 총 페놀함량을 비교한 결과에 있어서도 대조구에 비해 약간의 함량 증가가 나타났지만 균주에 따른 함량의 차이는 크게 없는 것으로 조사되었다 (Table 1). Park et al., (2005)은 톳 자숙액 에탄올 추출물이 동일 농도에서 천연 항산화제인 L-ascorbic acid의 DPPH 라디칼 소거능과 비교 시 상대적으로 낮은 DPPH 라디칼 소거능을 나타내었으며 이는 톳 추출액이 조 추출물 상태로 단일 성분이 아닌 여러 가지 활성물질들의 상호 작용 때문이며 톳 추출물의 항산화 활성은 총 페놀함량과의 상관관계가 높다고 보고 하였다. 이러한 결과를 살펴볼 때 발효 과정 중 유산균 균주의 발효에 의한 톳 추출액의 가수분해에 의해 대조구 (무발효구)에 비해 폴리페놀함량이 다소 증가하였고 그 결과 항산화 활성도 증가한 것으로 고찰 된다.

Table 1. Change of DPPH radical scavenging activity and total phenolic content in *Hizikia fusiforme* water extract fermented by *Lactobacillus brevis* strains

Sample	DPPH scavenging activity (%)	Total phenolic content (mg/g)
Control ^a	72.57±0.25	92.27±0.25
<i>L. brevis</i> LB-1	77.82±1.87	92.34±0.40
<i>L. brevis</i> LB-6	79.88±0.41	92.76±0.12
<i>L. brevis</i> LB-7	78.67±0.30	93.31±0.18
<i>L. brevis</i> LB-12	77.24±0.13	93.09±0.61
<i>L. brevis</i> LB-18	74.16±5.22	92.73±0.18
<i>L. brevis</i> LB-19	80.40±0.22	93.31±0.38
<i>L. brevis</i> LB-20	81.12±0.13	94.06±0.12

Fermentation was carried out for 48 hr at 30°C. ^a*H. fusiforme* water extract.

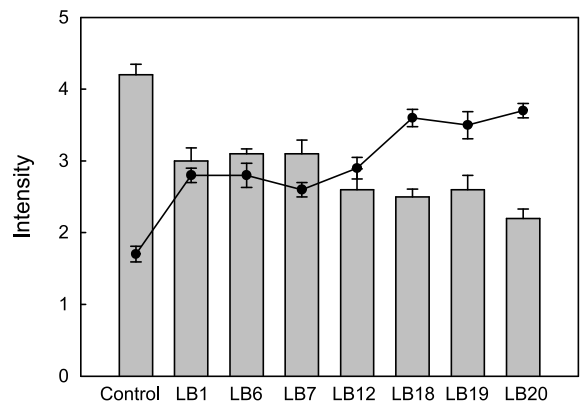


Fig. 2. Effect of lactic acid bacteria fermentation on sensory evaluation of *Hizikia fusiforme* water extract. Odor intensity was expressed a bar and pleasant and unpleasant of olfactory detection was a line. Fermentation was carried out for 48 hr at 30°C.

발효액 관능평가

톳을 이용한 고급 식품소재로서의 개발을 위하여 톳의 off-flavor를 감소시키는 효과가 뛰어난 균주 선발을 위하여 7종의 유산균으로 48시간 발효한 톳 발효 추출액의 관능평가를 실시하였다 (Fig. 2). 균주에 따른 톳 발효 추출액의 관능평가 결과 대조구 (무발효구)에 비해 모든 유산균 발효구에서 톳의 off-flavor는 감소하면서 상대적으로 쾌도는 증가하는 것으로 나타났다. 본 실험에 사용한 유산균들 중에서는 LB-20 균주가 발효 후에 악취의 강도가 가장 낮았으며 상대적으로 향기의 쾌도는 높은 결과를 나타내어 톳 특유의 off-flavor를 감소시키는 효과가 가장 높은 것으로 나타났다.

이상의 DPPH 라디칼 소거능의 활성 및 관능평가의 결과를 종합적으로 고려하여 기능성을 겸비하면서 톳 특유의 이취를 제거한 식품소재로의 이용 가능성 증대를 위하여 *L. brevis* LB-20 균주를 가지고 추후 실험을 진행하였다.

L. brevis LB-20의 발효에 의한 톳 추출액의 일반성분 변화

L. brevis LB-20 발효에 의한 톳 추출액의 이화학적 성분 변화를 조사하기 위해 발효 기간의 경과에 따른 일반성분의 변화를 조사하였다. 수분의 경우 평균 98%로 조사되었으며 발효 시간에 따른 함량 변화는 크게 나타나지 않았으며 조회분, 조단백질 및 조지방도 거의 변화가 없었다 (Table 2). 하지만 환원당의 경우에는 발효 24시간 이후부터 서서히 감소하는 경향을 나타내었는데 이는 미생물이 추출액 중의 당분을 탄소원으로 이용하였기 때문인 것으로 사료되며 이는 다시마 추출액을 *Saccharomyces cerevisiae* 균주로 발효 시킨 결과 발효 2일 이내에 환원당의 급속한 감소가 있었다는 연구 결과와도 유사한 결과를 나타내었다 (Eom et al., 2010). 발효에 따른 추출액의 pH 변화는 발효 전 pH 5.72에서 발효 종료 무렵에는 약 5.16 정도로 낮아졌지만 발효에 따른 pH의 변화는 크지 않았고 또한 염도의 경우에도 큰 변화는 관찰 되지 않았다 (결과 미제시).

Table 2. Change of proximate composition in *Hizikia fusiforme* water extract during the fermentation of *Lactobacillus brevis* LB-20

(Unit : %)

	Fermentation time (hr)					
	0	24	48	72	96	120
Moisture	98.33±5.17	98.39±3.45	98.30±1.21	98.25±2.18	98.27±5.42	98.31±3.37
Crude Ash	0.47±0.10	0.50±0.04	0.47±0.02	0.51±0.04	0.49±0.05	0.48±0.01
Crude Protein	0.21±2.21	0.13±0.81	0.15±0.38	0.12±0.12	0.14±0.41	0.15±0.18
Crude Lipid	0.16±0.01	0.27±0.04	0.27±0.04	0.28±0.09	0.29±0.07	0.41±0.04
Reducing sugar	0.96±0.05	0.70±0.00	0.67±0.02	0.79±0.02	0.68±0.02	0.68±0.01

Fermentation was carried out at 30°C.

Table 3. Change of free amino acid content in *Hizikia fusiforme* water extract during the fermentation of *Lactobacillus brevis* LB-20

(unit : mg/L)

Amino acid	Fermentation time (hr)					
	0	24	48	72	96	120
Phosphoserine	175.47	181.29	206.83	172.78	180.22	181.45
Urea	54.48	*	-	-	-	-
Aspartic acid	123.81	126.29	213.08	150.76	144.26	149.16
Threonine	85.56	74.38	148.09	99.23	87.09	91.94
Serine	70.04	61.93	124.4	85.75	79.3	83.5
Glutamic acid	11285.36	3941.53	1420.08	177.2	151.15	147.29
Glycine	126.51	138.21	208.08	159.48	156.18	161.52
Alanine	1027.65	1064.39	1063.01	1003.75	1077.1	1080.45
Citrulline	21.13	60.52	69.02	77.87	98.22	94.93
L-α-aminoiso-n-butyric acid	27.9	31.21	34.19	24.97	24.66	30.55
Valine	224.74	258.01	340.74	285.83	293.28	295.23
Cystine	-	-	1.8	-	-	-
Methionine	33.25	35.4	50.56	41.89	45.05	55.68
Cystathione	9.73	10.45	10.09	9.85	10.05	13.4
Isoleucine	147.67	165.96	248.83	196.11	197.22	198.21
Leucine	289.98	308.38	397.82	328.39	335.45	334.16
Tyrosine	99.5	111.84	192.43	140.35	136.52	135.84
Phenylalanine	131.66	139.76	201.73	162.89	164.2	164.17
β-alanine	6.17	8.33	6.74	5.41	5.82	7.84
D,L-β-aminoisobutyric acid	18.18	4.63	7.59	5.74	6.26	3.11
γ-aminobutyric acid	110.01	4825.05	6897.23	6594.23	6729.93	6588.73
Ethanolamine	11.27	10.99	18.48	12.02	10.67	-
Ornithine	80.05	23.65	15.53	11.63	10.74	12.68
Lysine	96.61	91.28	185.29	130.02	121.28	128.41
L-histidine	17.04	19.1	29.8	24.07	25	24.12
Anserine	-	-	-	-	-	65.19
Carnosine	18.72	21.88	21.81	23.14	21.01	38.58
Arginine	47.17	28.66	37.66	16.98	6.48	5.35
Proline	46.51	31.81	15.73	27.25	34.36	67.87

Fermentation was carried out at 30°C; *, not determined.

L. brevis LB-20의 발효에 의한 톳 추출액의 유리 아미노산 함량 변화

LB-20 균주를 이용해 효율적인 발효 기간 선정을 위해 톳의 정미성분에 큰 영향을 미치는 유리아미노산의 발효에 따른 변화를 살펴보았다. 톳 추출액을 *L. brevis* LB-20으로 5일째 까지 발효 시킨 후 이에 따른 유리아미노산 함량 변화를 살펴본 결과는 Table 3과 같다. 톳 추출액 (무발효구)에서 유리아미노산 함량은 glutamic acid, alanine, valine, leucine, isoleucine, aspartic acid의 순으로 존재하는 것으로 나타났으며 이외에 23종의 아미노산이 검출되었다. 발효에 따른 아미노산 변화를 살펴보면 glutamic acid의 경우 발효기간이 증가함에 따라 상대적으로 감소하는 결과를 나타내었고 발효 48시간 이후에는 대폭 감소하는 결과를 나타내었으며 이와는 상대적으로 γ-aminobutyric acid (GABA)의 함량은 60배 이상 증가하였다. GABA는 미생물이 가지고 있는 glutamate decarboxylase (GAD) 효소작용에 의한 glutamic acid의 탈탄산 반응으로 생성되는 기능성 물질 (Kook et al., 2009)로 GABA는 중추신경계의

신경전달물질로서 뇌의 혈류를 활발하게 하고 산소 공급량을 증가시켜 뇌세포의 대사기능을 촉진시키기도 하고 (Narayan and Nair, 1990) 혈압강하와 알코올 대사를 증진시키는 것으로 알려져 있다 (Omori et al., 1987; Bae and Kim, 2010). 톳 발효액에서 생성된 GABA도 *L. brevis* LB-20이 생산하는 GAD에 의해 glutamate가 GABA로 전환된 것으로 GABA 함량은 발효 2일째 최고 함량을 나타내었으며 이후 약간 감소하는 경향을 나타내었으나 발효 5일까지 큰 감소는 없었다.

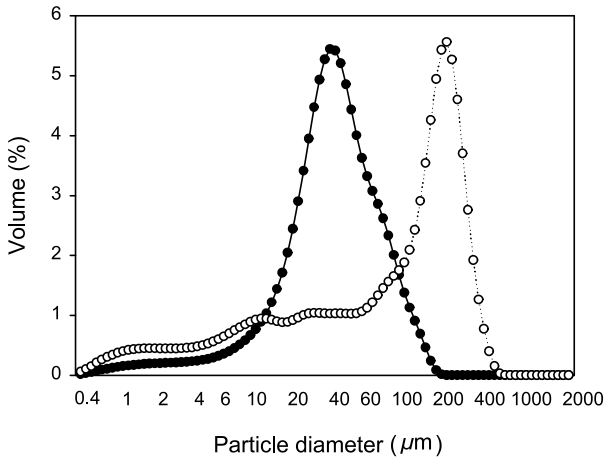


Fig. 3. Particle size distribution of *Hizikia fusiforme* water extract fermented by *Lactobacillus brevis* LB-20. ●, *H. fusiforme* water extract (control); ○, *H. fusiforme* water extract fermented by *L. brevis* LB-20.

톳 분말 입도분석

발효 톳 분말의 이용성 증대를 위해 발효에 따른 분말의 입자크기의 변화를 조사하였다. 비 발효 톳 분말의 경우 입자크기는 평균 125.7 μm 이었지만 LB-20 균주를 이용하여 발효한 톳 분말의 입자크기는 평균 32.76 μm 로 대조구(무발효구)에 비하여 약 4배 감소한 것으로 조사되었다 (Fig. 3). 이는 *L. brevis* LB-20 발효에 의해 톳 추출액 중의 알긴산, 헤조다당류 등의 거대분자들이 저분자화 되었다는 것을 의미한다. Raghavendra et al. (2006)은 입자크기가 작아짐에 따라 표면적이 증가되어 용해도와 흡수성이 증가하게 되어 생체 이용률을 향상시킬 수 있다고 보고하였다. 이는 향후, *L. brevis* LB-20을 이용한 발효 톳 분말을 이용하여 개발한 제품의 경우 기존의 제품과 비교하여 월등한 체내 이용률과 흡수율 증대 등이 기대된다.

발효에 의한 향기성분 변화

관능평가 결과, *L. brevis* LB-20 균주의 발효에 의해 톳의 off-flavor 감소가 가장 뛰어난 것으로 제시되었는데 GC/MS를 이용한 톳의 휘발성 성분 분석을 실시하여 관능평가 결과와의 상관성을 조사하였다. 48시간 발효한 발효액과 발효하지 않은 추출액의 휘발성 향기 성분 동정 결과를 Table 4에 나타내었다. 발효 전 추출액의 휘발성 물질을 GC/MS로 분석한 결과

Table 4. Volatile organic compounds identified in *Hizikia fusiforme* water extract before and after the fermentation of *Lactobacillus brevis* LB-20

Class	Name	Before fermentation Peak area (%)	After fermentation Peak area (%)
Aldehydes	Acetaldehyde	4645147 (1.61)	*
	Hexanal	23350606 (8.07)	-
Acids	Acetic acid	11948702 (4.13)	3714814 (8.56)
Aroma HC	Toluene	7914077 (2.74)	-
	Benzene	-	1139894 (2.63)
	Chloroform	-	1054353 (2.43)
Esters	Ethyl Acetate	13358178 (4.62)	-
	Ethyl Ether	-	6392736 (14.72)
	Sulfurous acid, 2-Ethylhexyl hexyl ester	-	1168259 (2.69)
	Oxalic acid, 2-ethylhexyl hexyl ester	-	583989 (1.35)
Oxides	Cyclotrisiloxane, hexamethyl	12683681 (4.39)	9607334 (22.13)
	Cyclotrisiloxane, octamethyl	12823862 (4.43)	14020386 (32.29)
Alcohol	Methyl Alcohol	4099891 (1.42)	-
	Ethyl Alcohol	134943295 (46.66)	1874743 (4.32)
	Isopropenyl Alcohol	37053809 (12.81)	-
	1-Penten-3-ol	8561714 (2.96)	-
	2-Butanol	13027988 (4.51)	-
	Sulfides	Diallyl disulphide	4765857 (1.65)
Alkane HC	3-Ethyl-3-methylheptane	-	1490068 (3.43)
	Undecane	-	810967 (1.87)
	Nonane,5-(2-methylpropyl)-	-	1026413 (2.36)
Ketons	Acetone	-	533570 (1.23)

Fermentation was carried out for 48 hr at 30°C. *, not determined.

aldehyde류 2종 (9.68%), 유기산 1종 (4.13%), aroma류 1종 (2.74%), ester류 1종 (4.62%), oxide류 2종 (8.82%), alcohol류 5종 (68.36%), sulfide류 1종 (1.65%)이 검출되었으며, LB-20 균주 발효 후에는 유기산 1종 (4.13%), alkane류 3종 (7.66%), aroma류 2종 (5.06%), ester류가 3종 (18.76%), oxygen류 2종 (54.42%), alcohol류 1종 (4.32%), keton류 1종 (1.32%)이 검출되었다. 발효 전의 주요 휘발성 성분을 살펴보면 지방산의 2차적 분해산물로 알려진 alcohol류가 전체 peak 면적의 68.36%를 차지하는 것으로 조사되었으나 alcohol류는 높은 threshold limit value (TLV)를 가지므로 향기에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 알려져 있다 (Heath and Reineccius, 1986; Ebeler, 2001). 이외에 두통이나 구토를 유발하는 acetaldehyde, 비린내를 가지는 hexanal, 수산가공품의 강한 황 냄새에 관여하는 것으로 알려진 sulfide류, 산패취를 나타내는 1-penten-2-ol이 발효 전 추출액에서 검출되었다 (Table 4). 하지만, 발효 후의 향기성분 분석결과는 발효 전 나타났던

acetaldehyde, hexanal, sulfide류, 1-penten-2-ol 등의 off-flavor의 주된 원인 물질이 사라졌으며 향기 성분인 ester류와 oxide류는 증가하는 결과를 나타내었다. 또한, odor intensity (냄새 강도)도 발효후의 경우 발효 전에 비해 약 85% 감소하여 해조류 특유의 냄새와 관련된 off-flavor가 감소한 것으로 나타나 관능평가의 결과와도 일치하였다.

톳 추출액을 이용하여 고부가가치의 기능성 식품소재로의 개발을 위해 유산균을 이용한 발효공정의 적용가능성을 검토한 본 연구 결과, 톳 특유의 이취를 경감시키면서 항산화 활성의 증가, GABA와 같은 유용성분을 증대시킬 수 있는 유산균주 *L. brevis* LB-20 균주를 선발하는데 성공하였다. 그리고 향후 이 균주를 이용한 발효 톳 분말은 다양한 식품에 적용할 수 있는 식품소재로 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

사 사

본 연구과제는 2010년 부산테크노파크에서 시행한 지역기반육성기술개발사업 연구비 지원에 의해 수행된 결과의 일부이며, 이에 감사드립니다 (과제번호 : 2010-3001).

참고문헌

- AOAC. 1995. Official methods of analysis 16th ed. Association of official analytical chemists, Washington D.C., U.S.A., 49-59.
- Bae HN and Kim YM. 2010. Improvement of the functional qualities of sea tangle extract through fermentation by *Aspergillus oryzae*. Korean J Fish Aquat Sci 13, 12-17.
- Do JR, Kim EM, Koo JG and Jo KS. 1997. Dietary fiber contents of marine algae and extraction condition of the fiber, Korean J Fish Aquat Sci 30, 291-296.
- Ebeler SE. 2001. Analytical chemistry: Unlocking the secrets of wine flavor. Food Rev Inter 17, 45-64.
- Eom SH, Bae BJ and Kim YM. 2010. Effect of yeast fermentation on the antioxidant and anti-inflammatory activity of sea tangle water extract. Korean J Fish Aquat Sci 43, 117-124.
- Heath HB and Reineccius G. 1986. Off-flavors in food. In Flavor Chemistry and Technology. Heath HB and Reineccius G (eds.), Macmillan Pub. LTD, Basing Stoke, England, 112-141.
- Joslyn MA. 1970. Methods in food analysis. Academic Press. New York. U.S.A., 375-385.
- Jung BM, Ahn CB, Kang SJ, Park JH and Chung DH. 2001. Effects of *Hizikia fusiforme* extracts on lipid metabolism and liver antioxidative enzyme activities in triton-induced hyperlipidemic rats. J. Korean Soc Food Sci Nutr 30, 1184-1189.
- Kim HS, Shin ES and Lyu ES. 2010. Optimization of cookies prepared with *Hizikia fusiformis* powder using responded surface methodology. Korean J Food Cookery Sci 26, 627-635.
- Ki MJ. 2002. On the study of the distribution paradigm to the *Hizikia fusiforme* in Chonnam Province. Korean Food Mark Associ 19, 85-104.
- Kim HS and Bae TJ. 2002. Studies on the hydrolysis of seaweed using microorganism and its application. Korean J Food Nutri 15, 257-266.
- Kim SH, Lim SB, Ko YH, Oh CK, Oh MC and Park CS. 1994. Extractions yields of *Hizikia fusiforme* by solvents and their antimicrobial effects. Bull Korean Fish Soc 27, 462-468.
- Kim JA and Lee JM. 2004. Change of chemical components and antioxidant activities in *Hizikia fusiformis* (Harvey) OKAMURA with blanching times. Korean J Food Cookery Sci 20, 85-104.
- Koo JG, Jo JS, Do JR, Park JH and Yang CB. 1995. Chemical properties of fucoidans from *Hizikia fusiformis* and *Sargassum fulvellum*. Bull Korean Fish Soc 28, 659-666.
- Koo JG, Jo KS and Park JH. 1997. Rheological properties of fucoidans from *Laminaria religiosa*, sporophylls of *Undaria pinnatifida*, *Hizikia fusiforme* and *Sargassum fulvellum* in Korea. J Korean Fish Soc 30, 329-333.
- Kook MC, Cho SC, Cheigh CI, Park H, Kim SS, Jeong MH, Pyun YR and Lee HY. 2009. Study of γ -amino Butyric Acid (GABA) production by *Lactobacillus sakei* B2-16. Food Engineer Progress 13, 183-189.
- Lim SB, Kim SH, Ko YH, Oh CK, Oh MC, Ko YG and Park CS. 1995. Extraction yields of *Hizikia fusiforme* and *Aloe vera* Linne by supercritical carbon dioxide and antimicrobial activity of their extracts. Korean J Food Sci Technol 27, 68-73.
- Narayan YS and Nair PM. 1990. Metabolism, enzymology and possible roles of 4-aminobutyrate in higher plants. Phytochem 29, 367-375.
- Omori MT, Tano J, Okamoto T, Tsushida T and Higuchi MM. 1987. Effect of anaerobically treated tea (Gabaron tea) on blood pressure of spontaneously hypertensive rats. Nippon Nigeikagaku Kaishi 61, 1449-1451.
- Park KE, Jang MS, Kim CW, Kim YK, Seo YW and Park HY. 2005. Antioxidant activity on ethanol extract from boiled-water of *Hizikia fusiformis*. J Korean Soc Appl Biol Chem 48, 435-439.
- Peryam DR and Pilgrim FJ. 1957. Hedonic scale method of measuring food preferences. Food Technol 11,

- 9-14.
- Raghavendra SN, Ramachandra Swamy SR, Rastogi NK, Raghavarao KSMS, Kumar S and Tharanathan RN. 2006. Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: A source of dietary fiber. *J Food Eng* 72, 281-286.
- Ryu HS, Shin ES and Jang DH. 2009. Sensory and texture properties of seasoned tofu containing freshwater crab meat. *Korean J Fish Aquat Sci* 42, 190-196.
- Shimada K, Fujikawa K, Yahara K and Nakamura T. 1992. Antioxidative properties of xanthan on the antioxidation of soybean oil in cyclodextrin emulsion. *J Agric Food Chem* 40, 945-948.
- Shin DB, Seog HM, Kim JH and Lee YC. 1999. Flavor composition of garlic from different area. *Korean J Soc Food Sci Technol* 31, 293-300.
- Somogyi M, 1952. Notes on sugar determination. *J Biol Chem* 195, 19-23.
- Stehagen ES, Abbrahansom F and Mclafferty W. 1974. *The Wiley/NBS Registry of Mass Spectral Data*. John Wiley & Sons, NY., U.S.A., 100-150.

2011년 2월 24일 접수

2011년 3월 3일 수정

2011년 4월 5일 수리