

귀리추출물의 젖산발효에 의한 미생물학적 특성 변화

- 연구노트 -

이 찬

한서대학교 식품생물공학과

Changes in the Microbiological Characteristics of Oat Extract by Lactic-bacterial Fermentation

Chan Lee

Dept. of Food and Biotechnology, Hanseo University, Chungnam 356-706, Korea

Abstract

The effect of fermentation with mixed cultures of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* on the microbiological characteristics of oat extract was investigated. Changes in pH, titratable acidity and viable cell populations indicated that growth was better in mixed cultures of *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *S. salivarius* subsp. *thermophilus*. Growth of *S. salivarius* subsp. *thermophilus* in oat extract was more rapid than growth of *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Cooperative interaction between two cultures during fermentation of oat extract as in yogurt from cow's milk was observed, but the intensity was relatively weak.

Key words: oat extract, fermentation, mixed culture, cooperative interaction

서 론

귀리(*Avena sativa* L.)는 심장혈관계에 의한 사망률이 높은 미국을 비롯한 선진국에서는 많이 소비되고 있는 곡물중의 하나이다. 귀리의 세포벽에는 $\beta(1\rightarrow3)$ 과 $\beta(1\rightarrow4)$ glucoside 결합이 3:7의 비율로 이루어진 mixed linked β -D-glucan이 많이 함유되어 있는데 이것이 혈중 콜레스테롤 함량을 저하시키는 작용이 있는 것으로 알려져 있다(1-3).

한편 다양한 식물성 원료로부터 젖산발효음료를 만들려는 연구가 증가하고 있다(4-10). 두유의 경우에는 젖산발효에 의해 저장성과 관능적 특성을 개선할 수 있다는 점에서 많이 연구되었는데(11-21) flatulence의 원인이 되는 raffinose와 stachyose 등의 oligosaccharide가 α -galactosidase를 함유한 젖산균에 의해 가수분해 되어 영양적 특성이 개선된다고 보고되었다(22,23). 땅콩유에서는 젖산발효 후 콩 비린내의 원인물질 중의 하나인 n-hexanal 함량이 감소함으로써 관능적 특성이 개선되므로 젖산발효의 장점들이 많음을 알 수 있다(24). 따라서 귀리의 경우에도 젖산발효음료를 포함하여 기호도가 개선된 다양한 형태의 가공식품으로 개발하는 연구가 필요하다.

본 연구에서는 귀리추출물에서 젖산균의 생육 가능성을 조사하기 위해 미생물학적 특성변화를 조사하였다.

재료 및 방법

귀리추출물의 제조

100 mesh로 분쇄한 귀리분말(ConAgra Foods Inc., Omaha, NE, USA) 4 kg을 40 L의 증류수와 혼합하여 80°C에서 30분간 가열한 후 muslin cloth로 여과하여 15 L를 회수하였으며 여기에 다시 동량의 증류수를 첨가하여 1:2의 비율로 조절하였다. 그리고 다시 여과하여 10 L의 귀리추출물을 회수하였다. 여기에 2%의 glucose를 첨가한 후 여과된 귀리추출물은 실험실용 균질기(model 15MR-8TBA, APV Gaulin, Inc., EVerett, MA, USA)를 이용하여 4000 psi에서 균질화하였다. 이것을 100°C에서 10분간 살균 후 배지로 사용하였다.

균주 및 보존

Lactobacillus delbrueckii subsp. *bulgaricus* 9085, *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* 9085 (Biotechnology Products Division, Madison, WI, USA)를 APT(All Purpose plus Tween: DIFCO, Detroit, MI, USA) broth에서 활성화시켰다. 이렇게 활성화된 균주를 귀리추출물 배지에 적응시키기 위해 1% 비율로 접종하여 37°C에서 48시간 간격으로 APT broth: 귀리추출물을 3:2(V:V)로 제

조된 배지에서 3번 계대배양 하였으며, APT broth : 귀리추출물을 1:1(V:V)로 제조된 배지에서 보관하였다. 발효실험 시에는 APT broth : 귀리추출물을 1:1(V:V)로 제조된 배지에서 48시간 간격으로 4번 그리고 접종 전 24시간 계대배양 한 후 5%의 접종량으로 발효하였다.

배양방법

2% glucose를 첨가한 귀리추출물 배지는 43°C로 조절된 후 2%의 단일균주 그리고 각각 1%씩의 혼합균주를 200 mL의 살균된 귀리추출물에 접종하였으며 43°C에서 발효실험을 하였다. 24시간 동안의 발효 중에 일정간격으로 시료를 채취하였다.

생균수 측정

Lactobacillus delbrueckii subsp. *bulgaricus* 9085와 *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* 9085의 생육 측정을 위하여 0.1 M potassium phosphate buffer(pH 7.0)로 희석법에 의하여 희석된 귀리추출물 시료를 L-S differential medium(Oxoid Inc., Columbia, MD, USA)을 이용하여 37°C에서 48시간 배양한 후 측정하였다(25).

pH와 산도

pH는 Accumet pH meter(model 805MP; Fisher Scientific Co., Pittsburgh, PA)로 측정하였으며 산도는 귀리추출물에 1%의 phenolphthalein을 지시약으로 첨가한 후 0.1 N NaOH로 적정하였고 그 소비량을 이용하여 lactic acid(%)로 환산하였다.

결과 및 고찰

생균수 측정

본 연구에서는 요구르트와 유사한 발효음료를 제조하기 위해 2%의 glucose를 첨가한 귀리추출물에 *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*와 *S. salivarius* subsp. *thermophilus*의 혼합균주를 이용하여 젖산발효를 시켰다. 두유의 경우에는 *Lactobacillus acidophilus*를 이용하여 발효 시 천연적으로 대두에 존재하는 galactosyl-oligosaccharide의 함량이 감소함으로써 영양성이 개선되는 장점이 있다는 연구가 보고되었는데(17,21) 귀리에는 galactosyl-oligosaccharide가 없으므로 우유를 원료로 한 요구르트 제조 시 사용되는 *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*와 *S. salivarius* subsp. *thermophilus*의 혼합균주를 선택하였다.

Fig. 1에서 보듯이 *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* 또는 *S. salivarius* subsp. *thermophilus*를 단일균주로 발효한 것에 비해 *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*와 *S. salivarius* subsp. *thermophilus*를 혼합하여 귀리추출물을 발효하는 경우에는 생육이 증가됨을 알 수 있었다. 일반적으로 우유를 배지로 하여 *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*와 *S. salivarius* subsp. *thermophilus*를 혼합하여 발효하는 경우에는 두

Fig. 1. Changes in viable cell counts of oat extract fermented with single and mixed cultures of *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *S. salivarius* subsp. *thermophilus*.

균주 간에 명확한 생육촉진 현상이 있다는 사실은 잘 알려져 있다(26-28). 즉, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*에 의해 우유의 casein이 분해되어 생성된 아미노산들이 *S. salivarius* subsp. *thermophilus*의 생육을 촉진하게 되며, 다른 한편으로는 *S. salivarius* subsp. *thermophilus*의 생육과정 중에 생성된 formic acid가 *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*의 생육을 촉진하기 때문에 요구르트의 제조 시 두 균주를 혼합하여 발효하는 경우에는 단일균주에 비하여 빠르게 제조할 수 있다는 것이다. 귀리추출물의 젖산발효에서는 *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*와 *S. salivarius* subsp. *thermophilus*의 두 균주 간에 생육촉진 현상을 관찰할 수 있었으나 그 정도는 매우 적음을 알 수 있었다.

pH 및 산도

pH의 변화에서도 *S. salivarius* subsp. *thermophilus*의 경우가 *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*보다 더 낮은 pH를 나타내었으며, 미생물검사의 경우처럼 *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*와 *S. salivarius* subsp. *thermophilus*를 혼합하여 발효하는 경우에는 pH의 감소가 더 빠름을 알 수 있었다(Fig. 2).

Fig. 3에서 *S. salivarius* subsp. *thermophilus*에 의하여 귀리추출물을 발효한 경우가 *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*에 비하여 24시간 배양 후 약 1.5배 더 높은 산도를 나타내었으며, 두 균주를 혼합하여 발효하는 경우에는 더 높은 산도를 얻을 수 있었다.

본 연구에서는 귀리추출물에 2%의 glucose를 첨가하였는데 *S. salivarius* subsp. *thermophilus*의 생육은 우수한 반면 *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*의 생육은 상대적으로 활발하지 못하였다. 따라서 우유를 원료로 한 요구르트의 경우처럼 두 균주간의 강력한 생육촉진 현상을 기대하기 위해서는 귀리추출물에 *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*의 생육에 필요한 영양성분을 보충하는 것이 필요하다고 사료된다.

한편 우유를 원료로 제조된 요구르트의 경우에는 23~41

현상이 있음을 의미하는 결과로 해석될 수 있는데 그 정도는 매우 적었다. 본 실험에서 *S. salivarius* subsp. *thermophilus*의 미생물균수와 산 생성이 더 증가한 반면 pH는 더 낮은 이유는 *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*에 비하여 귀리추출물에 더 잘 적응하였기 때문이라고 생각된다.

문 헌

Fig. 2. Changes in pH of oat extract fermented with single and mixed cultures of *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *S. salivarius* subsp. *thermophilus*.

Fig. 3. Changes in titratable acidity of oat extract fermented with single and mixed cultures of *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *S. salivarius* subsp. *thermophilus*.

ppm 정도의 acetaldehyde가 발생하여 관능적 특성의 개선에 기여한다고 보고하였는데(29) 젖산발효가 귀리추출물의 휘발성성분에 미치는 영향에 대한 연구도 필요하다고 생각된다.

요 약

귀리추출물에 *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* 또는 *S. salivarius* subsp. *thermophilus*를 단일균주로 발효한 것에 비하여 *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*와 *S. salivarius* subsp. *thermophilus*를 혼합하여 발효하는 경우에는 미생물균수와 산 생성이 증가하였다. pH의 변화에서도 *S. salivarius* subsp. *thermophilus*의 경우가 *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*보다 더 낮은 pH를 나타내었으며, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*와 *S. salivarius* subsp. *thermophilus*를 혼합하여 발효하는 경우에는 pH가 더 빠르게 감소하였다. 이러한 결과는 우유를 원료로 한 요구르트의 경우처럼 귀리추출물의 젖산발효에서도 *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*와 *S. salivarius* subsp. *thermophilus*의 두 균주 간에 생육속진

1. Roland N, Rabot S, Nugon-Baudon L. 1996. Modulation of the biological effects of glucosinolates by inulin and oat fibre in gnotobiotic rats inoculated with a human whole faecal flora. *Food Chem Toxicol* 34: 671-677.
2. Yokoyama WH, Hudson CA, Knuckles BE, Chiu MCM, Sayre RN, Turnlund JR, Schneeman BO. 1997. Effect of barley beta-glucan in durum wheat pasta on human glycaemic response. *Cereal Chem* 74: 293-296.
3. Stephen AM, Dahl WJ, Johns DM, Englyst HN. 1997. Effect of oat hull fiber on human colonic function and serum lipids. *Cereal Chem* 74: 379-383.
4. Au PM, Fields ML. 1981. Nutritive quality of fermented sorghum. *J Food Sci* 46: 652-654.
5. Schaffner DW, Beuchat LR. 1986. Fermentation of aqueous plant seed extracts by lactic acid bacteria. *Appl Environ Microbiol* 51: 1072-1076.
6. Schaffner DW, Beuchat LR. 1986. Functional properties of freeze-dried powders of unfermented and fermented aqueous extracts of legume seeds. *J Food Sci* 51: 629-633.
7. Schmidt RH, Sistrunk CP, Richter RL, Cornell JA. 1980. Heat treatment and storage effects on texture characteristics of milk and yogurt systems fortified with oilseed proteins. *J Food Sci* 45: 471-474.
8. Steinkraus KH. 1983. Lactic acid fermentation in the production of foods from vegetables, cereals and legumes. *Antonie van Leeuwenhoek* 49: 337-348.
9. Mok CK, Han JS, Kim YJ, Kim NS, Kwon DY, Nam YJ. 1991. Risogurt, a mixture of lactic acid fermented rice and soybean protein: development and properties. *Korean J Food Sci Technol* 23: 745-749.
10. Jang SW. 2008. Changes of quality characteristics of low-molecular soymilk according to hydrolysis time. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 1287-1293.
11. Angles AG, Marth EH. 1971a. Growth and activity of lactic acid bacteria in soy milk. I. Growth and acid production. *J Milk Food Technol* 34: 30-36.
12. Angles AG, Marth EH. 1971b. Growth and activity of lactic acid bacteria in soy milk. II. Heat treatment of soy milk and culture activity. *J Milk Food Technol* 34: 63-68.
13. Angles AG, Marth EH. 1971c. Growth and activity of lactic acid bacteria in soy milk. III. Lipolytic activity. *J Milk Food Technol* 34: 69-75.
14. Angles AG, Marth EH. 1971d. Growth and activity of lactic acid bacteria in soy milk. IV. Proteolytic activity. *J Milk Food Technol* 34: 123-128.
15. Mital BK, Steinkraus KH, Naylor HB. 1974. Growth of lactic acid bacteria in soy milks. *J Food Sci* 39: 1018-1022.
16. Kanda H, Wang HL, Hesseltine CW, Warner K. 1976. Yoghurt production by *Lactobacillus* fermentation of soybean milk. *Process Biochem* 11: 23-25.
17. Mital BK, Steinkraus KH. 1979. Fermentation of soy milk by lactic acid bacteria. A review. *J Food Prot* 42: 895-899.
18. Pinthong R, Macrae R, Rothwell J. 1980a. The development of a soya-based yogurt. I. Acid production by lactic acid

- bacteria. *J Food Technol* 15: 647-652.
19. Pinthong R, Macrae R, Rothwell J. 1980b. The development of a soya-based yogurt. II. Sensory evaluation and analysis of volatiles. *J Food Technol* 15: 653-660.
 20. Wang HL, Kraidej L, Hesseltine CW. 1974. Lactic acid fermentation of soybean milk. *J Milk Food Technol* 37: 71-73.
 21. Mital BK, Steinkraus KH. 1976. Flavor acceptability of unfermented and lactic fermented soy milks. *J Milk Food Technol* 39: 342-344.
 22. Mital BK, Shallenberger RS, Steinkraus KH. 1973. α -Galactosidase activity of *Lactobacilli*. *Appl Microbiol* 26: 783-788.
 23. Mital BK, Steinkraus KH. 1975. Utilization of oligosaccharides by lactic acid bacteria during fermentation of soy milk. *J Food Sci* 40: 114-118.
 24. Lee C. 2001. The effect of lactic-fermentation on the quality of peanut milk. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 439-443.
 25. Lee SY, Vedamuthu ER, Washam CJ, Reinbold GW. 1974. An agar medium for the differential enumeration of yogurt starter bacteria. *J Milk Food Technol* 37: 272-276.
 26. Galesloot TE, Hassing F, Veringa HA. 1968. Symbiosis in yogurt (I). Stimulation of *Lactobacillus bulgaricus* by a factor produced *Streptococcus thermophilus*. *Neth Milk Dairy J* 22: 50-63.
 27. Veringa HA, Galesloot TE, Davelaar H. 1968. Symbiosis in yogurt (II). Isolation and identification of a growth factor for *Lactobacillus bulgaricus* produced by *Streptococcus thermophilus*. *Neth Milk Dairy J* 22: 114-120.
 28. Moon NJ, Reinbold GW. 1976. Commensalism and competition in mixed cultures of *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. *J Milk Food Technol* 38: 337-341.
 29. Rasic J, Kurmann JA. 1978. *Yogurt-scientific grounds, technology, manufacture and preparation*. Technical Dairy Publishing House, Copenhagen, Denmark. Vol 1, p 39.

(2009년 8월 31일 접수; 2009년 10월 1일 채택)