

대두요구르트의 제조에 관하여



高 榮 泰

<德成女大 食品營養學科 教授>

1. 머리말

대두는 가격이 저렴하고 영양가가 높아 동물성단백질의 섭취가 제한되어 있는 한국인의 식생활에서 중요한 단백질원으로 이용되어 왔다. 대두는 높은 영양가를 가지는 식품이지만 소화율이 낮고, 대두 특유의 불쾌취 (beany flavor)가 있으므로 그 이용이 제한을 받고 있다.

대두의 소화율을 높이고 beany flavor를 없애기 위하여 시도된 가공법이 바로 대두의 발효이다. 대두단백질의 性狀은 우유 단백질의 性狀과 유사하므로 대두의 유산균 발효, 즉 대두요구르트의 제조는 매우 흥미있는 연구과제라 하겠다. 만약 한국인의 구미에 맞는 대두요구르트가 개발된다고 하면 가격면에서 우유요구르트보다 저렴하고 香味와 영양면에서 현재 많이 이용되고 있는 두유 (soy milk)보다 우수할 것이다. 대두요구르트가 현재까지 국내외에서 상품화되어 있지는 않으나 대두요구르트에 관한 연구는 지금까지 국내외적으로 비교적 활발하게 진행되어 왔다. (1~15)

筆者의 연구실에서는 품질면에 있어서 우유요구르트에 상당하는 대두요구르트의 제조를 목표로하여 수년 전부터 大豆粉, 脫脂大豆粉, 농축대두단백 (soy protein concentrate), 분리대두단백 (soy protein isolate) 등을 이용하여 대두요구르트의 제조에 관한 연구를 추진해 왔으며 이미 여러편의 논문을 발표한 바 있다. (16~19)

본 논문에서는 지금까지 국내외에서 발표된 여러 문헌과 필자의 연구결과를 토대로하여 대두요구르트의 제조방법, 영양적 가치, 가공식품으로의 이용전망등에 대하여 간단히 기술하고자 한다.

2. 대두요구르트의 제조방법

良質의 대두요구르트를 제조하기 위하여는 두유에서의 생육과 산(酸)생성이 우수한 유산

균주를 선택하는 것이 무엇보다 중요하다고 하겠다. 우유에서는 생육이 우수한 유산균이라도 대두요구르트의 기질로 사용되는 두유에서는 그 생육이 저조할 때가 종종 있다.

두유에서는 *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus* 등의 균주가 단독으로 혹은 이들의 혼합균주가 우수한 생육과 산(酸)생성을 보인다고 보고되고 있으며,<sup>5,8,9,11,13)</sup> 필자의 실험 결과를 보면 이 밖에도 *Lactobacillus casei*, *Leuconostoc mesenteroides* 등도 두유에서의 생육이 우수하였다.<sup>20)</sup>

대두요구르트의 주원료인 대두 또는 대두단백질의 종류를 보면 지금까지의 대부분의 연구에서는 주로 全脂大豆를 사용하였으나 그 밖에도 脫脂大豆, 농축대두단백, 분리대두단백 등이 대두요구르트의 기질로 이용될 수 있다.

대두요구르트를 제조하기 위해서는 먼저 대두로부터 두유를 제조하고, 여기에 유산균을 접종하여 curd상태의 요구르트를 만들거나, 혹은 이 curd를 물로 희석하여 유산균음료를 만들면 된다. 그런데 curd상의 대두요구르트는 시큼한 맛이 너무 강하고 beany flavor가 비교적 많이 남아 있어 한국인의 구미에는 적합하지 않고, 그보다는 curd를 물로 희석한 유산균음료가 우리 입에 더 맞을 것으로 생각된다.

대두요구르트를 제조하고 그 제품에 대한 관능검사를 실시한 연구는 이미 국내외에서 여러번 시도된 바가 있으나,<sup>6,10,15,21)</sup> 여기에서는 그 방법이 비교적 간단한 농축대두단백을 이용한 유산균음료의 제조<sup>17)</sup>에 관하여 설명하고자 한다.

이 방법에서는 두유는 미국 Archer Daniels Midland Foods의 농축대두단백(표 1)을 구입하여 조제하였고, 加水量을 조절하여 단백질 함량이 4.2%가 되도록 하였다. 여기에 glucose 5%를 첨가하고 두유 100ml를 가열살균(95°C, 20분)한 후 실온까지 냉각시키고, MRS broth에서 24시간 배양한 유산균(*Lacto-*

표 1. Composition of soy protein concentrate<sup>17)</sup>

Protein (as is)	67.0%
Moisture	6.0%
Fat	0.5%
Ash	5.3%
Fiber	3.5%
Carbohydrates (by difference)	17.7%
(Microbiological Data)	
Standard Plate Count	50,000/gm. max.
<i>E. coli</i>	no fecal coli present
<i>Salmonella</i>	negative

*bacillus acidophilus*) 배양액을 2.5%의 비율로 접종하여 37°C의 항온기에서 24시간 배양하였다. 이렇게 하여 얻어진 curd상의 요구르트로부터 液狀의 유산균음료를 다음과 같이 제조하였다. curd상의 요구르트 100ml를 3배의 증류수로 희석한 뒤, sucrose 15%, citric acid 0.085% 및 미량의 향과 색소를 혼합한 뒤 충분히 교반하고, 5°C의 냉장고에서 몇 시간 방냉한 후 관능검사에 사용하였다.

농축대두단백으로부터 대두유산균음료를 제조하여 10명의 panelist가 香味(flavor)에 대하여 판정한 paired comparison test의 결과<sup>17)</sup>를 보면, 3.0을 가장 좋은 점수로 했을 때 대두유산균음료의 score가 1.97, reference로 사용된 시판의 우유유산균음료의 score가 2.74로 대두유산균음료의 香味가 다소 떨어지는 결과를 보였다. 분리대두단백으로 제조된 대두유산균음료의 경우<sup>16)</sup>는 대두유산균음료가 2.08, 시판의 우유유산균음료가 2.87로 역시 대두유산균음료의 香味가 다소 떨어지는 결과를 나타낸다.

이상의 관능검사의 결과를 종합하여 보면 대두유산균음료의 香味가 시판의 우유유산균음료에 비하여 다소 떨어진다는 결론을 얻었는데, 그 주요한 이유는 대부분의 panelist가 지적한 바와 같이 대두유산균음료의 조직(texture)이 우유유산균음료에 비하여 다소 거칠었고, curd(주로 단백질로 생각됨)의 침전이 있었으며, beany flavor가 아직도 남아

표 2. Taste panel evaluation of soy yogurt beverage<sup>(19)</sup>

Type of yogurt beverage	Average flavor score*
Soy yogurt beverage	6.4a
Soy yogurt beverage with strawberry flavor	6.3a
Soy yogurt beverage with orange flavor	6.2a
Soy yogurt beverage with banana flavor	6.0a
Milk yogurt beverage (reference)	4.9b

\* Any two means not followed by the same letter are significantly different at the 5% level.

The scores were assigned numerical values 1 to 9 with "no difference between sample and reference" equaling 5, "extremely better than reference" equaling 1, and "extremely inferior to reference" equaling 9.

있었기 때문이 아닌가 생각된다. 조직(texture)의 투박함을 均質化(homogenization) 및 여과(filtration)에 의하여, curd의 침전은 안정제(stabilizer)의 첨가에 의하여 어느 정도 개선될 수 있을 것으로 생각된다. beany flavor는 두유를 유산균으로 발효시키기 이전에 제거시켜야 하는데, 현재 시판되고 있는 여러 회사의 두유제품들은 특수공법을 이용하여 beany flavor의 대부분을 제거시킨 제품으로 생각된다.

한편 대두유산균음료에 첨가된 째(flavor)의 효과를 보면 다음과 같다.<sup>(19)</sup> 표 2는 脫脂大豆粉으로 유산균음료를 제조하여 10명의 panelist가 香味에 대하여 판정한 다중비교시험(multiple comparisons test)의 결과로서 본 실험에서 사용된 판능검사에서는 score가 1~9로 되어 있으며 score가 클 수록 좋지 않은 香味를 나타내는 것이다. 째이 첨가되지 않은 대두유산균음료의 score가 6.4였고, 여기에 딸기, 오렌지, 또는 바나나향을 첨가함에 따라 香味가 다소 향상되었으나 reference로 사용된 시판의 우유유산균음료보다는 香味가 떨어지는 결과를 보였다. 대두유산균음료

4가지 사이에는 유의차가 없었으나 대두유산균 음료와 reference 사이에는 5% 수준에서 유의차가 있었다.

유산균은 일반적으로 그 생육을 위하여 여러가지 영양분 즉, 단당류, 비타민, 아미노산 등을 필요로 하는 까다로운 미생물로 알려져 있다. 그리고 유산균은 일반적으로 우유에서의 생육은 비교적 양호한 편이지만 두유에서의 생육은 그렇지 않은 수가 자주 있다. 따라서 유산균의 생육을 촉진시키기 위해서는 두유에 단당류와 발육촉진물질을 첨가할 필요가 있다. 지금까지의 국내외의 문헌과 筆者의 연구결과에 따르면 유산균의 종류에 따라 그 효과의 차이가 있기는 하지만 단당류 가운데 glucose와 fructose가 많은 유산균의 생육과 산(酸)생성을 촉진시키는 것으로 나타났으며, 따라서 양질의 대두요구르트를 제조하기 위해서는 이들중에 하나를 두유에 첨가할 필요가 있는 것으로 생각된다.

한편 유산균의 생육을 촉진시키기 위하여 두유에 첨가된 발육촉진물질의 효과를 보면 유산균의 종류에 따라 차이가 있기는 하지만, skim milk, whey 등의 유제품, tryptone, peptone, soytone 등의 단백질 가수분해물, yeast extract 등이 유산균의 생육과 산(酸)생성을 촉진시켰으며, 이 가운데서도 yeast extract에 의한 산(酸)생성 촉진효과가 뛰어났는데 그 이유는 아마도 yeast extract에 함유되어 있는 여러가지 vitamin B-complex와 유리아미노산, peptides 등에 기인하는 것으로 생각된다. 그러나 단백질 가수분해물과 yeast extract를 두유에 첨가했을 때 유산균의 생육과 산(酸)생성은 촉진되나, 이로부터 만들어진 대두유산균음료에 단백질 가수분해물과 yeast extract의 냄새가 비교적 강하게 남아 있어서 관능적인 효과를 저하시키는 문제가 있다.

대두단백질은 함유황아미노산, 특히 methionine이 부족한 것으로 알려져 있는데 우유에 비하여 두유의 부족필수아미노산인 methionine을 두유에 첨가했을 때, 유산균의 중

류에 따라서는 생육과 산(酸)생성이 촉진되는 경우가 있고, 생육과 산(酸)생성이 억제되는 경우가 있다고 보고되었다. 두유에 첨가된 methionine이 유산균의 생육에 미치는 효과에 대해서는 앞으로 보다 자세히 연구검토되어야 할 것으로 생각된다.

### 3. 영양적 가치

오늘날 우유요구르트가 전세계적으로 널리 애용되고 있는 이유는 영양이 우수한 우유로 만들었을 뿐만 아니라, 인체에 유익한 유산균이 함유되어 있기 때문으로 알려져 있다.

대두요구르트도 영양이 우수한 대두를 원료로 만들었다는 점과 인체에 유익한 유산균을 다량으로 함유한다는 점에서 그 영양가가 우유요구르트에 상당한다고 볼 수 있겠다.

우유에 비하여 대두가 영양적으로 불리한 점은 (1) 대두단백질에는 필수아미노산인 methionine이 다소 부족하다는 점 (2) 대두의 소화율이 비교적 낮다는 점 (3) 대두에 들어 있는 Oligosaccharide(raffinose, stachyose 등)에 의하여 flatulence가 발생한다는 점 등을 들 수 있겠다. 이 중에서 (1)은 두유에 methionine을 첨가하여 보완할 수 있으며 (2)는 두유를 제조할 때 조섬유질과 탄수화물의 일부를 제거시킴에 의하여 소화율을 높일 수 있으며 (3)은 두유로부터 Oligosaccharide를

제거시키거나, 또는 이들을 분해시킬 수 있는 유산균주를 이용하여 감소시킬 가능성이 있는데, 앞으로 이 점에 대하여 보다 연구가 필요할 것으로 생각된다.

한편 우유에 비하여 대두가 유리한 점은 대두의 지방질에는 우유의 지방질에 비하여 linoleic acid 등의 불포화지방산이 다량 함유되어 있어 혈액의 cholesterol을 낮게 해주는 효과가 있다는 것이다.

표 3은 탈지대두분으로 유산균음료를 제조하여 냉장고(5°C)에 보존하면서 유산균의 생육과 산(酸)생성, 그리고 효모와 곰팡이에 의한 오염도를 관찰한 것이다.<sup>19)</sup> 표 3에 나타난 바와 같이 48일이 경과하여도 유산균수는 처음과 거의 차이가 없었으며, 산(酸)생성량은 실험기간 전체를 통하여 완만한 증가를 보였다. 우리나라에서는 우유발효유의 유산균수는 1cc당 10<sup>7</sup>이상, 유산균음료의 경우는 1cc당 10<sup>6</sup>이상으로 규정하고 있는데, 표 3의 대두유산균음료의 경우는 제조 직후는 물론, 48일이 경과하여도 1cc당 10<sup>8</sup>이상을 유지하고 있어서 우유발효유의 법정기준치의 10배를 훨씬 상회하고 있었다.

두유로부터 대두요구르트를 제조할 때 일어나는 영양성분의 변화에 대해서는 protein, fat, oligosaccharide, vitamin B-complex 등의 성분변화에 대한 보고가 다소 있으나,<sup>7,22,23)</sup> 상세한 연구는 아직 되어있지 않은 실정이다.

표 3. Keeping quality of soy yogurt beverage stored at 5°C<sup>19)</sup>

Period of storage(day)	pH	Titratable acidity(%)	Lactic acid bacteria (count/ml)	Fungi(CFU/ml)
0	3.95	0.22	7.8×10 <sup>8</sup>	0
1	3.95	0.24	5.7×10 <sup>8</sup>	0
3	3.95	0.24	7.1×10 <sup>8</sup>	0-2
6	3.9	0.27	8.2×10 <sup>8</sup>	0-4
12	3.8	0.33	1.0×10 <sup>9</sup>	0-190
18	3.75	0.34	9.8×10 <sup>8</sup>	0-20
24	3.65	0.40	1.1×10 <sup>9</sup>	0
30	3.6	0.44	1.0×10 <sup>9</sup>	0-4300
36	3.55	0.48	9.0×10 <sup>8</sup>	0-3800
42	3.55	0.49	1.1×10 <sup>9</sup>	0-100
48	3.5	0.51	1.1×10 <sup>9</sup>	0-30

#### 4. 가공식품으로의 이용전망

앞에서 지적한 바와 같이 대두요구르트는 아직 상품화된 것이 없으며 현재까지는 연구 단계에 있는 실정이다. 이와 같은 대두요구르트가 앞으로 상품화되기 위해서는 대두요구르트의 香味, 영양, 가격, 제품의 안정성 등 여러가지 면을 동시에 고려해야 할 것이다.

현재까지 연구실에서 제조된 대두요구르트는 香味가 우유요구르트에 다소 떨어지고 있으나, 앞으로의 지속적인 연구개발에 의하여 香味의 면에서 우유요구르트에 거의 상당하는 제품이 개발가능하리라고 생각된다.

대두요구르트의 香味에 나쁜 영향을 주는 것 가운데 하나는 beany flavor인데, beany flavor는 대두에 들어 있는 여러가지 화합물에 의하여 발생되며, 그 중에 대표적인 것은 *n*-Hexanal 등의 aldehyde와 Isopentanol, *n*-Pentanol, *n*-Hexanol, *n*-Heptanol 등의 alcohol을 들 수 있겠다. 그런데 유산균발효는 beany flavor를 감소시킨다고 보고되고 있으며,<sup>7)</sup> 현재 필자의 연구실에서도 유산균발효가 beany flavor에 미치는 영향에 대한 연구가 진행중에 있다.

영양적인 면에서 고려할 때 대두요구르트는 다량의 유산균을 보유했을 뿐만 아니라, 영양가가 높은 대두를 원료로 했다는 점에서 우유요구르트에 비하여 별 손색이 없는 것으로 생각되며, 가격면에 있어서도 우유보다 가격이 저렴한 대두를 주원료로 하기 때문에 우유요구르트와 가격경쟁이 가능하리라고 생각된다.

대두요구르트의 상품화에 장애가 되는 요인 가운데 하나는 대두유산균음료를 저장할 때 curd가 시간이 경과함에 따라 침전되어 상품가치를 저하시킨다는 점이다. 현재 필자의 연구실에서는 시판 우유요구르트에 첨가된 안정제(CMC, PGA 등)가 curd의 안정을 유지한다는 사실에 착안하여 대두유산균음료에 안정제를 첨가하여 단백질 안정효과를 관찰하고 있으나 우유와 두유의 성분조성이 다른 까닭에

우유요구르트에서와 동일한 효과를 얻을 수는 없는 것으로 생각된다.

이상의 여러가지면(香味, 영양, 가격, 제품의 안정성 등)을 고려해 보면 대두요구르트는 앞으로 상품화될 가능성은 충분히 있으나, 상품화 되기까지는 학계와 산업체의 연구실에서 많은 문제가 해결되어야 할 것으로 생각된다.

#### 5. 맺는 말

대두요구르트는 아직 상품화되어 있지는 않지만 대두의 영양가가 높다는 점과 우유요구르트가 현재 널리 보급되고 있다는 사실로 보아 앞으로 새로운 식품으로 개발될 가능성이 충분히 있다고 생각된다.

현재 실험실 단계의 대두요구르트를 상품화시키기 위해서 먼저 해결하여야 할 문제는 (1) 두유에서의 생육과 산(酸)생성이 우수하며 동시에 인체내에서 整腸작용이 있는 유산균주의 선택 (2) beany flavor의 제거 (3) flatulence 인자의 제거 (4) 제조된 대두요구르트의 품질의 안정성등을 들 수 있겠다.

#### 參 考 文 獻

- (1) Yamanaka, Y. and Furukawa, N.: *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 16, 572(1969).
- (2) Yamanaka, Y. and Furukawa, N.: *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 17, 456 (1970).
- (3) Yamanaka, Y. and Okumura, S.: *U.S. Patent*, 3,535,117(1970).
- (4) Andres, C.: *Food Processing*, 39 (11), 67 (1978).
- (5) Pinthong, R., Macrae, R. and Rothwell, J.: *J. Food Technol.*, 15, 647 (1980).
- (6) Pinthong, R., Macrae, R. and Rothwell, J.: *J. Food Technol.*, 15, 653 (1980).
- (7) Pinthong, R., Macrae, R. and Dick, J.: *J. Food Technol.*, 15, 661 (1980).
- (8) 김오섭, 김창한: *산업미생물학회지* 7, 205 (1979).
- (9) 오혜숙, 이경혜, 윤 선: *한국영양학회지* 14, 175 (1981).
- (10) 이제성, 한관주, 서기봉: *한국식품과학회지* 4, 194 (1972).
- (11) 이 호, 고려대학교대학원 석사학위 논문(1980).
- (12) Patel, A., Wag-

<89면에 계속>