

*Lactobacillus acidophilus*와 *Kluyveromyces fragilis*의 혼합배양에 의한 두유의 젖산발효중 아미노산 대사의 상호작용

류인덕^{2*}·박정길²·유주현¹

¹연세대학교 공과대학 식품공학과 ²충주공업전문대학 식품공학과

Interaction between *Lactobacillus acidophilus* and *Kluyveromyces fragilis* on the Metabolism of Amino Acids in Soymilk

Lew, In-Deok^{2*}, Chung-Kil Park² and Ju-Hyun Yu¹

¹Department of Food Engineering, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

²Department of Food Technology, Chungju National Technical College, ChungBuck 383-870, Korea

The interaction between *Lactobacillus acidophilus* and *Kluyveromyces fragilis* on the utilization of amino acids in soymilk was investigated. *K. fragilis* assimilated relatively well various amino acids such as Met., Ile., Phe., Leu., Thr., Lys., Val., Arg., Tyr., Ser., Asp., Ala. and Glu. that existed only in trace amounts in soymilk. *K. fragilis* did not utilize Gly., while it accumulated His. *L. acidophilus* hydrolyzed soyprotein to liberate various amino acids. Among various amino acids, it utilized Met., Ile., Thr., Tyr., Ser., Val. and His. as growth factors and accumulated Leu., Phe., Lys., Arg., Glu., Asp. and Ala. among the essential amino acids required by *K. fragilis* and Gly. These results implied that *K. fragilis* grew on amino acids that existed only in trace amounts in soymilk, but its growth was stimulated by amino acids such as Leu., Phe., Lys., Arg., Glu., Asp. and Ala. accumulated by *L. acidophilus*.

대두취를 감소시키고 산미를 부여하므로서 두유의 기호성을 개선하고 동시에 소화율을 높일 목적으로 두유를 *L. acidophilus*로 젖산발효시킬 때 *L. acidophilus*만으로 단독발효하는 것보다 *K. fragilis*와 함께 혼합발효하는 것이 산 생성량이 많고 산 생성 속도가 빨랐다(1). 그러므로 Yu와 Lew는 두유를 *L. acidophilus*와 *K. fragilis*로 혼합발효시 이 두 균주가 어떠한 상호작용으로 젖산발효를 촉진하는지를 규명하기 위하여 두유중의 비소화성 과당류 대사의 상호작용에 대하여 조사하였다. 이들의 보고에 의하면 두유중에는 주로 sucrose와 비소화성 과당류인 raffinose, stachyose 등의 과당류가 함유되어 있으며 이러한 당류는 *L. acidophilus*에 의해 거의 발효되지 못하나 *K. fragilis*와 혼합배양시에는 이 효모에 의해 이러한 과당류는 가수분해되어 glucose, fructose 등의 단당류를 생성하였다. 이 분해된 단당류를 *L. acidophilus*가 발효하여 젖산을 생

성하므로서 *L. acidophilus*만으로 단독발효하는 것보다 *K. fragilis*와 혼합발효하는 것이 산의 생성량이 많고 산 생성 속도가 빨랐다(2).

탈지유를 *Str. lactis*와 *L. helveticus*로 혼합발효할 경우 *Str. lactis*의 젖산발효를 촉진하는 물질은 *L. helveticus*에 의해 우유 단백질이 가수분해되어 생성된 분자량 5000 정도의 peptide이었다. 이 peptide를 산으로 가수분해한 것중에는 주로 Lys., Arg., Glu. 등의 아미노산이 많았다. 그리고 유리 아미노산들중에서 His., Glu., Phe. 등이 젖산발효를 촉진하는 효과가 가장 좋았다(3). 그리고 탈지유를 *Str. thermophilus*와 *L. helveticus*로 혼합발효할 경우도 *Str. thermophilus*의 젖산발효를 촉진하는 물질은 *L. helveticus*의 배양여액에 함유된 분자량 5000 정도의 peptide이었다. 이 peptide중에는 Asp., Glu., Val., Ala., Pro., Leu.이 주로 많았다. 특히 Glu., Phe., Trp.의 유리아미노산들이

Key words: Amino acid metabolism, Soymilk, *L. acidophilus*, *K. fragilis*

* Corresponding author

*Str. thermophilus*의 생육과 젖산발효를 촉진하는데 중요한 역할을 하였다(4). 그러므로 본 연구에서는 두유를 *L. acidophilus*와 *K. fragilis*로 혼합발효시균의 생육과 젖산발효에 미치는 아미노산의 영향을 알아보기 위하여 이 두 균주가 어떠한 상호작용으로 두유중의 유리아미노산들과 대두단백질을 이용하는 지에 대하여 조사하였다.

재료 및 방법

사용균주

본 실험에 사용한 젖산균과 효모는 한국중균협회에서 분양받은 *L. acidophilus* KFCC 12731과 *Kluyveromyces fragilis* KFCC 35458이었다. 균주의 보존용 배지로는 효모의 경우 YM한천배지를, 젖산균의 경우 121°C에서 20분간 가압멸균한 10%(w/v) 환원탈지유 배지에서 12시간 배양한 후 냉동보관하면서 실험에 사용하였다.

두유의 조제와 starter의 배양과 접종

두유의 조제와 starter의 배양과 접종은 Yu 등(1, 5, 6)이 사용한 방법에 준하였다.

아미노산 분석용 시료의 조제

*L. acidophilus*만으로 단독발효할 경우는 glucose

Table 1. SEP-PAK cartridge cleanup for amino acid analysis samples.

1. Prepare the following solutions:
 - Solution 1: 0.1% T.F.A(trifluoroacetic acid) in water
 - Solution 2: 0.1% T.F.A in water:methanol, 80:20
 - Solution 3: 0.1% T.F.A in water:methanol, 70:30
2. Activate a new SEP-PAK C₁₈ cartridge with two 10 ml volumes of methanol.
3. Wash with two 10 ml volumes of solution 1.
4. Wash with 10 ml of solution 2.
5. Mix 1 ml of sample with 2 ml of solution 3. Sample should be water or acid soluble and free of particulate matter.
6. Pass the sample through the SEP-PAK C₁₈ cartridge.
7. Discard the first 1 ml of eluent and collect the next 2 ml. This fraction will contain all the amino acids. Lipids and high molecular weight proteins will be retained on the SEP-PAK C₁₈ cartridge.

Table 2. Operating conditions of amino acid analysis system for analysis of free amino acid in fermented soymilk⁷²⁾.

Instrument	: amino acid analysis system (Waters assoc. U.S.A.)
Column	: amino acid analysis column
Mobil phase	: 0.2N Na-citrate buffer (pH 3.10) 0.2N Na-borate buffer (pH 9.60)
Flow rate	: 0.4 ml/min
Detector	: fluorescence detector M 402 AC
Temp.	: 62°C
Post colum	
Reagent	: 0-phthaldehyde (O.P.A)
Sample load	: 10 l

를 0.3%(w/v) 첨가한 두유를 사용하였고 *K. fragilis*만으로 단독발효할 경우와 *L. acidophilus*와 *K. fragilis*로 혼합발효할 경우는 두유를 사용하였다. 37°C에서 배양하면서 일정시간마다 10 ml씩 취한 후 1N-lactic acid 용액으로 pH 4.2가 되도록 조절하여 단백질을 완전히 응고시켰다. 이 응고된 발효두유를 냉동원심분리기(Sakuma Model 50A-1, Japan)로 4°C 12,000 RPM에서 20분간 원심분리하여 상등액을 얻었다. 이 상등액을 1N-NaOH 용액을 사용하여 pH를 원두유의 pH 6.60으로 환원시키고 다시 20,000 RPM에서 30분간 재원심분리하여 미량의 단백질을 침전시켰다. 상등액을 TOYO filter-paper No.5C로 여과한 후 Milipore membrane filter paper(pore size 0.45 nm)로 여과하여 제균하였다. 이 상등액을 sample clarification kit(Waters社)에 통과시킨 다음 Table 1의 방법(7)에 의해 Sep-Pak C₁₈ cartridge로 지질, 고분자량의 단백질을 제거한 후 Waters HPLC에 의한 아미노산 분석용 시료 용액으로 하였다.

아미노산의 분석

HPLC 방법에 의한 아미노산의 분석은 Table 2와 같은 조건에서 행하였다.

결과 및 고찰

두유를 *L. acidophilus*로 젖산발효시킬 때 *L. acidophilus*만으로 단독발효하는 것보다도 *K. fragilis*와 함께 혼합발효하는 것이 산생성량이 많고 산생성 속도가 빨랐다(1). 그러므로 Yu와 Lew(2)는 두유를 *L. acidophilus*와 *K. fragilis*로 혼합발효시 이 두 균주가 어떠한 상호작용으로 젖산발효를

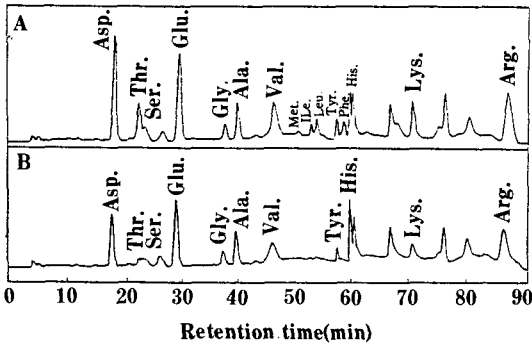


Fig. 1. Chromatograms of free amino acids in soymilk and fermented soymilk by *K. fragilis* KFCC 35458 at 37°C for 16 hrs.

A: Nonfermented soymilk
B: Fermented soymilk

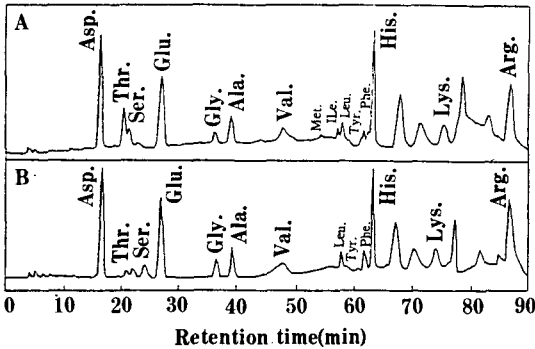


Fig. 2. Chromatograms of free amino acids in soymilk and fermented soymilk by *L. acidophilus* KFCC 12731 at 37°C for 16 hrs.

A: Nonfermented soymilk added with 0.3% glucose
B: Fermented soymilk added with 0.3% glucose

촉진하는지를 규명하기 위하여 두유중의 당류인 sucrose와 raffinose, stachyose 등의 비소화성 과당류대사의 상호작용을 조사하였다. 본 연구에서는 두유를 *L. acidophilus*와 *K. fragilis*로 혼합발효할 때 이 두 균주가 어떠한 상호작용으로 두유중의 유리아미노산들과 대두단백질을 이용하여 젖산발효가 촉진되는지를 규명하기 위하여 발효과정중 유리아미노산의 변화상태를 조사하였다.

두유의 발효중 아미노산 조성의 변화

두유를 *L. acidophilus*와 *K. fragilis*로 단독 또는 혼합발효시 두유중의 아미노산 조성이 각각 어떻게 변화하는지를 알아보기 위하여 두유를 37°C에서 16시간 발효한 각 두유중의 유리아미노산의 변화상태를 조사한 결과는 Fig.1, Fig.2와 Fig.3의 HPLC

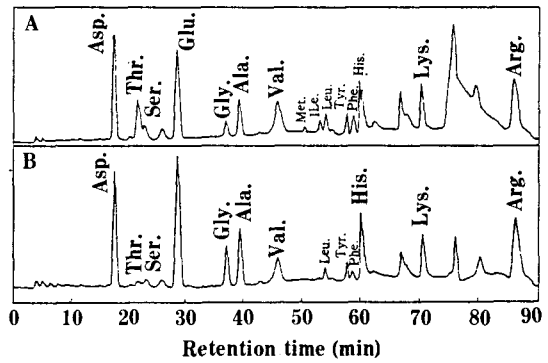


Fig. 3. Chromatograms of free amino acids in soymilk and fermented soymilk by mixed culture of *L. acidophilus* KFCC 12731 and *K. fragilis* KFCC 35458 at 37°C for 16 hrs.

A: Nonfermented soymilk
B: Fermented soymilk

chromatogram과 같았다. Chromatogram상의 각 아미노산의 peak 높이를 검토해 볼 때 두유중에는 Asp., Thr., Ser., Glu., Gly., Ala., Val., Ile., Leu., Tyr., Phe., His., Lys., Arg. 등의 유리아미노산들과 미량의 Met.이 존재하였다.

Fig.1에서 보는 바와 같이 *K. fragilis*만으로 16시간 발효한 두유는 발효하지 않은 원두유에 비하여 Gly.은 거의 변화가 없었고 His.은 증가하였다. 이와 반대로 Asp., Thr., Ser., Glu., Ala., Val., Met., Ile., Leu., Tyr., Phe., Lys.과 Arg.은 감소하였다.

*L. acidophilus*만으로 16시간 발효한 경우는 Fig.2에 나타나 있는 것과 같이 발효하지 않은 원두유에 비하여 Glu., Gly., Ala., Phe.은 증가하였고 Asp., Leu., Lys.과 Arg.은 변화가 없었다. 이에 반하여 Thr., Ser., Val., Met., Ile., Tyr., His.은 감소하였다.

그리고 *L. acidophilus*와 *K. fragilis*로 혼합발효한 경우는 Fig.3에 나타나 있는 바와 같이 발효하지 않은 두유에 비하여 Asp., Glu., Gly., Ala., His.은 증가하였고 Lys.은 변화가 없었다. 이에 반하여 Thr., Ser., Val., Met., Ile., Leu., Tyr., Phe.은 감소하였다.

***K. fragilis*에 의한 두유의 발효중 유리아미노산 함량의 경시적 변화**

두유를 *L. acidophilus*와 *K. fragilis*로 일정시간 단독 또는 혼합발효하였을 때 두유중의 아미노산 조성이 각각 다르게 변화하므로 발효과정중 두유중의 아미노산 조성의 변화를 경시적으로 조사하였다.

두유를 *K. fragilis*만으로 발효하였을 때 유리아미

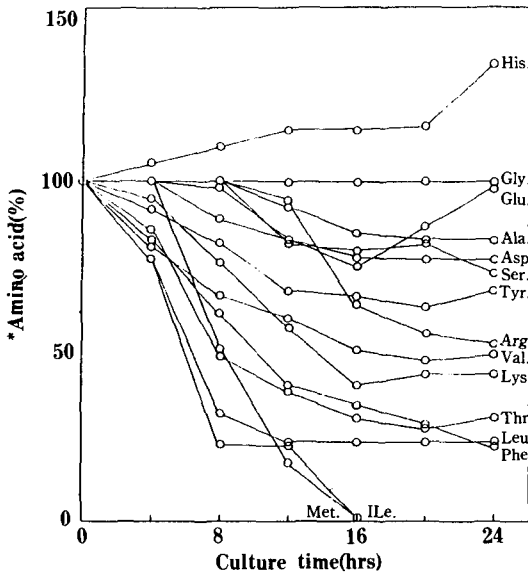


Fig. 4. Changes of free amino acid contents in fermented soymilk by *K. fragilis* KFCC 35458 at 37°C.

$$* \frac{\text{Amino acid content in fermented soymilk}}{\text{Amino acid content in nonfermented soymilk}} \times 100$$

노산 함량의 경시적 변화를 조사한 결과는 Fig. 4와 같았다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 Met., Ile., Phe., Leu., Thr., Lys., Val., Arg., Tyr., Ser., Asp., Ala.은 발효 16시간까지 급격히 감소하였고 그 이후에는 서서히 감소하는 경향을 나타내었다. Glu.는 발효 16시간까지 급격히 감소한 다음 그 이후에는 증가하는 경향을 보여 주었다. 이에 반하여 Gly.은 발효시간이 경과하여도 변화가 없이 일정한 함량을 유지하였으며 His.은 발효시간이 경과함에 따라서 그 함량이 증가하였다. 이러한 결과로부터 *K. fragilis*는 두유 중의 유리아미노산들 중에서 Met., Ile., Leu., Thr., Phe., Lys., Val., Arg., Tyr., Glu., Asp., Ser., Ala.순으로 이 유리아미노산들을 생육인자로 이용하며 그 중에서도 Met., Ile., Leu., Thr., Phe., Lys., Val., Arg. 등을 특이하게 잘 이용함을 알 수 있었다. 또한 His.은 이 효모의 생육인자가 아니었으며 발효시간이 경과함에 따라서 직접 발효에 의해 발효액이 축적된다는 것을 알 수 있었다.

Thorne(8)와 Shultz(9) 등은 대부분의 효모들은 여러 종류의 아미노산들을 잘 자화하지만 Gly., His., Pro., Lys.과 Trp. 등은 자화하지 못한다고 하였다. 그러나 본 실험결과에서와 같이 *K. fragilis*는 Lys.을 잘 이용하였다. 본 연구에서는 Pro.과 Trp.은 분석하지 못하였다.

***L. acidophilus*에 의한 두유의 젖산발효중 유리아미노산 함량의 경시적 변화**

두유를 *L. acidophilus*로 발효하여 각 유리아미노산 함량의 변화상태를 경시적으로 조사하였으나 본 연구에 사용한 *L. acidophilus*는 두유중에서 생육이 잘되지 않기 때문에 그 변화를 조사할 수가 없었다. 따라서 두유에 glucose를 0.3%(w/v)되게 첨가한 후 이를 *L. acidophilus*로 발효하여 각 유리아미노산 함량의 변화상태를 경시적으로 조사한 결과는 Fig. 5와 같았다. 두유를 *L. acidophilus*만으로 발효하였을 경우 발효시간이 경과함에 따라서 Ala., Gly., Lys., Glu., Phe., Arg. 등의 유리아미노산들은 그 함량이 증가하는 경향을 나타내었으며 Leu.과 Asp.는 변화없이 일정한 함량을 유지하였다. 이에 반하여 Met., Ile., Thr., Tyr., Ser. 등의 유리아미노산들은 발효 12시간 또는 16시간 동안은 그 함량이 급격히 감소하는 경향을 보여 주었다. 그 이후부터는 Met., Ile., Thr.을 제외한 Tyr.과 Ser.은 다시 그 함량이 증가하였다. 그리고 Val.과 His.은 발효초기에만 약간 감소한 다음 계속 일정한 함량을 유지하였다. 이러한 결과로부터 두유를 *L. acidophilus*만으로 발효할 때 이 젖산균은 두유중의 유리아미노산들과 대두단백질을 가수분해하여 생성된 여러 종류의 유리아미노산들 중 Met., Ile., Thr., Tyr., Ser., Val.순으로 이 유리아미노산들을 생육인자로 이용하며 그 중에서도 Met., Ile., Thr., Ser. 등의 유리아미노산들을 특이하게 요구함을 알 수 있었다. 그러나 Ala., Gly., Lys., Glu., Phe., Arg., Asp., Leu. 등의 유리아미노산들은 생육인자로 잘 자화하지 않으므로 발효시간이 경과함에 따라서 발효액에 축적됨을 알 수 있었다. 이 축적된 유리아미노산들은 Gly.을 제외하고는 모두 *K. fragilis*가 생육인자로 요구하는 것들이었다. 그 중에서도 Leu., Phe., Lys., Arg. 등은 *K. fragilis*가 생육인자로 아주 잘 자화하는 유리아미노산들이었으며 Ala., Glu., Asp. 등은 생육인자로 이용은 하지만 그 요구성이 크지 않은 아미노산들이었다(Fig. 4).

***L. acidophilus*와 *K. fragilis*의 혼합배양에 의한 두유의 젖산발효중 유리아미노산 함량의 경시적 변화**

두유를 *L. acidophilus*와 *K. fragilis*로 혼합발효할 경우 유리아미노산 함량의 변화를 경시적으로 조사한 결과는 Fig. 6과 같았다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 발효시간이 경과함에 따라서 Gly., Glu., Ala., His., Arg., Asp.은 그 함량이 계속 증가하는 경향을

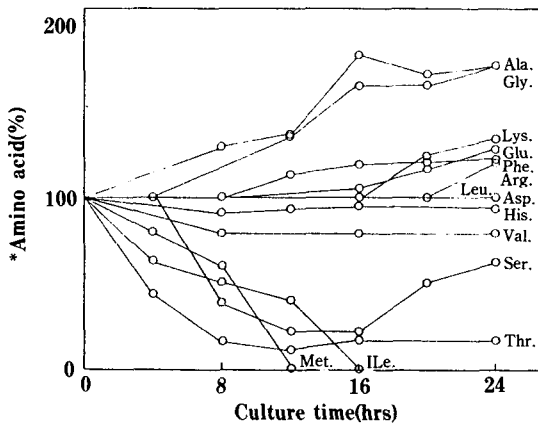


Fig. 5. Changes of free amino acid contents in fermented soymilk with 0.3% glucose by *L. acidophilus* KFCC 12731 at 37°C.

$$* = \frac{\text{Amino acid content in fermented soymilk}}{\text{Amino acid content in nonfermented soymilk}} \times 100$$

보여 주었다. 이에 반하여 Met., Ile., Thr., Ser., Val., Phe., Leu.의 유리아미노산들은 발효 12시간까지는 그 함량이 급격히 감소하였다. 그 이후부터는 이 유리아미노산들중 Phe., Val., Leu.은 다시 증가하는 경향을 보여 주었다. Tyr.은 발효초기에 감소한 다음 일정한 함량을 유지하였고 Lys.은 발효초기에 일단 감소하였으나 다시 증가하는 경향을 보여 주었다. 이러한 실험결과로부터 두유를 *L. acidophilus*와 *K. fragilis*로 혼합발효할 경우 이 두균은 두유중의 유리아미노산들과 *L. acidophilus*에 의해 대두단백질이 가수분해되어 생성된 여러 종류의 유리아미노산들중 Met., Ile., Thr., Ser., Val., Phe., Leu., Tyr., Lys.의 순으로 이 유리아미노산들을 생육인자로 이용함을 알 수 있었다. 이 결과를 두유를 *K. fragilis*(Fig. 4)와 *L. acidophilus*(Fig. 5)로 각각 단독발효하였을 경우의 결과와 비교해 볼 때 Met., Ile., Thr., Ser., Val., Tyr.은 *L. acidophilus*와 *K. fragilis* 두균 모두가 생육인자로 이용하는 유리아미노산들이었으며 Phe., Leu., Lys.은 *K. fragilis*만이 아주 잘 이용하는 유리아미노산들이었다. Arg., Glu., Asp., Ala.은 *K. fragilis*의 생육인자이지만 발효시간이 경과함에 따라서 발효액에 축적되는 것은 그 요구성이 크지 않은데 반하여 (Fig. 4) *L. acidophilus*에 의해 대두단백질이 점점 가수분해되어 이러한 유리아미노산들이 계속 생성되기 때문이라고 생각할 수 있다.

두유를 *L. acidophilus*와 *K. fragilis*로 혼합발효 시 두균의 아미노산 대사의 상호작용에 대한 이상의 실험결과들을 종합해 보면 두유중에는 Asp., Thr.,

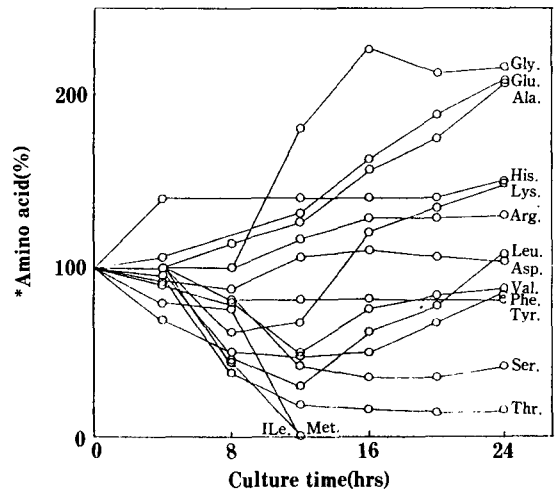


Fig. 6. Changes of free amino acid contents in fermented soymilk by mixed culture of *L. acidophilus* KFCC 12731 and *K. fragilis* KFCC 35458 at 37°C.

$$* = \frac{\text{Amino acid content in fermented soymilk}}{\text{Amino acid content in nonfermented soymilk}} \times 100$$

Ser., Glu., Gly., Ala., Val., Ile., Leu., Tyr., Phe., His., Lys., Arg. 등의 유리아미노산들과 미량의 Met.이 존재하였다. *K. fragilis*는 이 유리아미노산들 중에서 Met., Ile., Leu., Thr., Phe., Lys., Val., Arg., Tyr., Glu., Asp., Ser., Ala.순으로 이 유리아미노산들을 생육인자로 이용하였으며 그 중에서도 Met., Ile., Leu., Thr., Phe., Lys., Val., Arg. 등을 특이하게 요구하였다. His.은 이 효모의 생육인자가 아니었으며 발효시간이 경과함에 따라서 발효액에 축적되었다.

*L. acidophilus*는 발효과정중 두유중의 유리아미노산들과 대두단백질을 가수분해하여 생성된 여러 종류의 유리아미노산들 중에서 Met., Ile., Thr., Tyr., Ser., Val.순으로 이 유리아미노산들을 생육인자로 이용하였으며 그 중에서도 Met., Ile., Thr., Ser. 등의 유리아미노산들을 특이하게 요구하였다. 그러나 Ala., Gly., Lys., Glu., Phe., Arg., Asp., Leu. 등의 유리아미노산들은 생육인자로 잘 이용하지 않으므로 발효시간이 경과함에 따라서 발효액에 축적되었다. 이 축적된 유리아미노산들은 Gly.을 제외하고는 모두 *K. fragilis*가 생육인자로 요구하는 것들이었다 (Fig. 4). 그 중에서도 Leu., Phe., Lys., Arg. 등은 *K. fragilis*가 생육인자로 잘 이용하는 유리아미노산들이었고 Ala., Glu., Asp. 등은 생육인자로 이용은 하지만 그 요구성이 크지 않은 아미노산들이었다 (Fig. 4).

두유를 *L. acidophilus*와 *K. fragilis*로 혼합발효 할 경우는 이 두균은 두유중의 유리아미노산들과 *L.*

*acidophilus*에 의해 대두단백질이 가수분해되어 생성된 여러 종류의 유리아미노산들중 Met., Ile., Thr., Ser., Val., Phe., Leu., Tyr., Lys.의 순으로 이 유리아미노산들을 생육인자로 이용하였다. 그 중에서 Met., Ile., Thr., Ser., Val., Tyr.은 *L. acidophilus*와 *K. fragilis* 두균 모두 생육인자로 요구하는 유리아미노산들이었으며 Phe., Leu., Lys. 등은 *K. fragilis*만이 생육인자로 잘 이용하는 유리아미노산들이었다(Fig. 4, Fig. 5). Arg., Glu., Asp., Ala.은 *K. fragilis*의 생육인자이지만 발효시간이 경과함에 따라서 발효액에 축적되는 것은 그 요구성이 크지 않는데 반하여(Fig. 4) *L. acidophilus*에 의해 대두단백질이 점점 가수분해되어 이러한 유리아미노산들이 계속 생산되기 때문이라고 생각할 수 있다. 이상의 실험결과들로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

두유를 *L. acidophilus*와 *K. fragilis*로 혼합발효시 두균의 아미노산 대사의 상호작용을 고려할 경우 *K. fragilis*는 두유중의 유리아미노산들을 이용하여 생육하나 부족한 것은 *L. acidophilus*에 의해 대두단백질이 가수분해되어 생성되는 여러 종류의 유리아미노산들 중 젖산균이 생육인자로 이용하지 않아 발효액에 축적되는 Leu., Phe., Lys., Arg., Glu., Asp., Ala. 등의 유리아미노산들 특히 Leu., Phe., Lys.을 이용함으로써 *K. fragilis*의 생육이 촉진된다고 생각되었다. 이와같은 두균의 아미노산 대사의 상호작용과 당대사의 상호작용(2)을 함께 고려할 경우 *L. acidophilus*는 두유중의 sucrose와 비소화성 과당류인 raffinose, stachyose를 자화하여 균의 생육과 젖산생성을 하지 못하나 이러한 과당류는 *K. fragilis*에 의해 glucose와 fructose로 분해되고 이 분해된 단당류를 자화함으로써 균의 생육과 젖산발효가 촉진되었다. 이와같이 두유를 *L. acidophilus*와 *K. fragilis*로 혼합발효할 때 두균사이에는 공생관계(symbiotic relationship)가 성립된다는 것을 알 수 있었고 이로 인하여 두유를 *L. acidophilus*만으로 단독발효하는 것보다도 *K. fragilis*와 함께 혼합발효하는 것이 젖산생성량이 많고 젖산생성속도가 빠르다는 것을 알 수 있었다.

요 약

두유를 *L. acidophilus*와 *K. fragilis*로 혼합발효시 균의 생육과 젖산발효에 미치는 아미노산의 영향을 알아보기 위하여 이 두균주가 어떠한 상호작용으로 두유 중의 유리아미노산들과 대두단백질을 이용

하는지에 대하여 조사하였다. 두유를 *L. acidophilus*와 *K. fragilis*로 혼합발효시 *K. fragilis*는 두유중의 유리아미노산들을 이용하여 생육하나 부족한 것은 *L. acidophilus*에 의해 대두단백질이 가수분해되어 생성되는 여러 종류의 유리아미노산들 중 젖산균이 생육인자로 이용하지 않아 발효액에 축적되는 Leu., Phe., Lys., Arg., Glu., Asp., Ala. 등의 유리아미노산들 특히 Leu., Phe., Lys.을 이용함으로써 *K. fragilis*의 생육이 촉진된다고 생각되었다. 이와같은 두균의 아미노산 대사의 상호작용과 당대사의 상호작용(2)을 함께 고려할 경우 두유를 *L. acidophilus*와 *K. fragilis*로 혼합발효할 때 두균사이에는 공생관계(symbiotic relationship)가 성립되었으며 이로 인하여 두유를 두균으로 혼합발효하는 것이 *L. acidophilus*만으로 단독발효하는 것보다 젖산생성량이 많고 젖산생성속도가 빠르다는 것을 알 수 있었다.

사 사

본 연구를 위하여 후원하여 주신 한국음식문화연구원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Yu, J.H., I.D. Lew, C.K. Park and I.S. Kong: *Kor. J. Appl. Microbiol. Bioeng.*, **15**, 162 (1987).
2. Lew, I.D. and J.H. Yu: *Kor. J. Appl. Microbiol. Bioeng.*, **15**, 253 (1987).
3. Park, C.K., I.D. Lew and J.H. Yu: *Kor. J. Appl. Microbiol. Bioeng.*, **14**, 487 (1986).
4. Yoon, S.S. and J.H. Yu: *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **18**, 492 (1986).
5. Yu, J.H., I.D. Lew, C.K. Park and I.S. Kong: *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **19**, 263 (1987).
6. Kong, I.S., J.S. Lee, Y.J. Chung, I.D. Lew, D.H. Oh and J.H. Yu: *Kor. J. Food Sci. Technol.*, **19**, 355 (1987).
7. Waters Assoc.: Waters HPLC Amino acids Analysis system operator's Manual, No. 07124, 23 (1982).
8. Thorne, R.S.W.: *Wallerstein Lab. Commun.*, **9**, 97 (1946).
9. Shultz, A.S., K.D. Mcmanus and S. Pomper: *Arch. Biochem.*, **22**, 412 (1949).

(Received June 13, 1988)