

쌀과 사과박 혼합물을 이용한 *Bifidobacterium* 발효제품의 개발

이주연 · 박종현 · 장학길 · 목철균*
경원대학교 공과대학 식품생물공학과

***Bifidobacterium* Fermentation of Rice and Apple Pomace Mixture.** Lee, Ju-Yeon, Jong-Hyun Park, Hak-Gil Chang, and Chulkyoon Mok*. Department of Food Bioengineering, Kyungwon University, San 65, Bokjung-dong Sujung-ku, Sunghnam, Kyunggi-do 461-701, Korea - This study was aimed to develop a value-added fermented products from rice and apple pomace using *Bifidobacterium* fermentation. The *Bifidobacterium* fermentation system of the mixture of rice and apple pomace was developed, and the physicochemical properties of the products were investigated. After 4 different bifidobacteria were compared for their fermentation capability and sensory properties of the fermented product, *Bifidobacterium* FBD-13 and FBD-22 were selected as appropriate strains for the fermentation of saccharified rice solution(SRS). The optimum inoculation level was 2% and the optimum fermentation time was 42 hrs. When wet apple pomace(WAP) was added to SRS, it contributed to the improvement of sensory properties of the fermented products and the optimum mixing ratio was 40% WAP and 60% SRS in weight. For the fermentation of the mixture of WAP and SRS, *Bifidobacterium* FBD-27 and FBD-22 were selected as suitable strains.

Key words : *Bifidobacterium* fermentation, saccharified rice solution, apple pomace

인간이나 동물의 장내에는 100-400종, 약 100조의 세균이 서식하면서 대장 내용물의 40-50%를 차지하고 있다. 이들 장내세균 중 *Bifidobacteria*와 *Lactobacilli*들은 아세트산이나 유산을 생성하여 장내 환경을 산성으로 유지시키고, 일부 항생물질을 생산한다. 이러한 특성 때문에 장내에서 부패균들의 생육을 억제하고, 부패산물의 생성을 저해하는 대표적인 유익균으로 알려져 있다. 비피더스균은 사람의 대장에 서식하는 그람 양성 혐기성 세균이며[13], 모유를 먹는 유아의 장에 우점하여 92% 이상을 차지하다가 이유기를 거치면서 종류와 수가 변화된다. 그러나 노년에 이르기까지 대장의 주요 세균으로 남게 된다[10].

근래에 국내에서 발생하는 질병 및 성인병이 선진국형으로 이전되면서 기능성 건강식품에 대한 소비자의 관심이 고조되고 있다. 생리기능이 있는 식품시장은 급속도로 성장하고 있으나 국내산 농산물을 원료로 한 생리기능성 식품은 부족한 실정이다[4].

비피더스균은 Mayer에 의해서 최초로 유아식 제조에 이용된 1949년 이후부터 여러 연구자들에 의하여 낙농제품에 이용될 수 있음이 확인되었지만, 유산균에 비해 낙농제품에 이용되는 예가 많지 않았다. 그 이유는 미호기성 균인 유산균에 비하여 혐기성인 비피더스 균은 배양 및 산도 형성에 더 많은 양의 증균 배양액을 요구하기 때문이다. 또한 비피더스 균은 낮은 산도에서 균이 신속하게 사멸되며, 보

통의 조건으로는 우유에서 배양이 어렵기 때문이다[3, 13]. 이와 관련하여 Collins와 Hall[1]은 비피더스균이 영양성분의 보충없이 탈지유에서 연속적인 계대배양이 안되는 것으로 보고하였으나 현재에는 환원제나 생육촉진 물질을 첨가하여 발효하는 방법이 이용되고 있다.

Bifidobacterium 생장을 유지하는데 많은 어려움이 따르기도 불구하고 Rasic과 Kurmann[12]은 *Bifidobacteria*를 이용하여 발효제품을 생산할 때 얻을 수 있는 장점들을 보고하였다. 첫째 산미가 순하며, 둘째 유통과정 중에 나타날 수 있는 후산성의 발생 가능성이 낮고, 셋째 쓴맛의 발생 빈도가 낮으며, 넷째 장내 미생물 개선을 위한 약제가 될 수도 있으며, 다섯째 인체에 유용한 L(+)-lactic acid가 생성된다.

최근에는 쌀을 포함하여 곡류를 이용한 발효 제품들이 많이 연구되고 있다. 쌀은 우리 국민의 대표적인 주식일 뿐만 아니라 세계인구의 절반 이상이 주식으로 하고 있는 주요한 식량자원이다. 우리나라의 쌀 생산량은 품종 개량과 영농 기술의 발전 등으로 급격히 증가하였으나 쌀의 소비는 줄어들고 있는 실정이다. 이러한 쌀 소비의 감소는 식품 소비 패턴의 변화와 동물성 식품 선호의 결과이다. 생산의 증가와 소비의 감소는 쌀의 축적을 가져왔으며 쌀의 이러한 과잉 상태는 쌀을 이용한 새로운 제품의 개발을 필요로 하게 되었다. 이러한 연구의 한 분야로 전분을 주재료로 또는 부재료로 한 다양한 연구가 시도되었다. Hong 등[2]은 쌀의 첨가가 젓산균의 산생성과 요쿠르트의 품질에 미치는 영향을 조사한 결과 쌀의 첨가로 인하여 젓산균의 산생성이 촉진되었다. 또한 Hong 등[2]과 Tongnual 등[14]의 연구

*Corresponding author

Tel.0342-750-5403, Fax.0342-750-5403

E-mail: mokck@mail.kyungwon.ac.kr

결과 가열 처리한 쌀가루를 첨가함으로써 호상 요구르트의 고형분이 높아지며 쌀가루 죽을 젖산 발효함으로써 아미노산 및 비타민이 증가하였다. 이로서 곡류의 젖산 발효는 맛과 함께 영양도 개선됨을 알 수 있었다. Park 등[10]은 쌀 전분에서 직접 발효 가능한 amylolytic *Bifidobacterium*을 한국인의 장내에서 분리하였으며 이를 쌀 발효에 이용하여 *Bifidus* 발효 제품을 개발하였다.

쌀당화액에 첨가하는 사과는 식이섬유원과 *Bifidobacterium*의 growth factor로 이용할 수 있는 과채류이다. Lee 등[5]의 보고에 따르면 한국인의 식생활에서 식이섬유원으로서 중요한 배추, 무, 사과, 김, 미역, 쌀겨를 선정하여 이들이 장내 균총의 변화에 미치는 영향을 쥐사육 실험을 통하여 조사하였다. 그 결과 타 시험군에 비해 사과섭취군에서 장내 대표적 유익균인 *Bifidobacterium*의 수가 가장 높게 나타나고 유해균인 *E. coli*와 *Staphylococcus*의 수가 가장 낮게 나타나 장내 균총 개선의 측면에서 사과가 유효한 소재임을 확인하였다. Lee 등[6]은 사과의 식이 섬유질이 장내 세균의 *in vitro* 생육에 미치는 영향에 대해서 조사한 결과 대부분의 장내 세균들이 insoluble dietary fiber (IDF) 첨가구에서보다 soluble dietary fiber(SDF) 첨가구에서 더 잘 생육하였다. 특히 *Bifidobacterium adolescentis*, *B. animalis*, *B. infantis*, *B. longum*, *B. thermophilum* 등 *Bifidus*균들이 SDF 첨가구에서 비교적 높은 이용성을 나타내었다는 결과를 보고하였다.

최근의 U.R. 이후 농산물의 부가가치 향상을 위한 노력이 다각도로 진행되고 있다. 그러나 사과는 대부분이 생과로 이용되고 있으므로 집중적인 출하로 인한 가격의 폭락을 방지하기 위해서 저장기술의 개발과 농가의 생산성 향상을 위한 가공기술의 개발에 힘입어 사과즙으로 가공되어 소비되고 있으며 생산량이 증가하는 추세이다[15]. 그러나 해외시장이나 국내에서 경쟁력을 갖추기 위해서는 기능을 부여하거나 고차 가공을 통한 고품질 가공식품의 개발이 요구된다. 이와 함께 사과즙 제조시 발생하는 사과박의 이용방안이 강구되어야 한다.

따라서 본 연구에서는 쌀을 기질로 사과즙 제조시 찹즙 후 폐기되는 사과박을 식이섬유원과 *Bifidobacterium*의 growth factor로 이용하여 면역기능 강화 등 기능을 갖는 음료를 개발하기 위하여 한국인의 장내에서 직접분리한 *Bifidobacterium*을 배양하고 쌀당화액과 사과박의 혼합발효를 통하여 기능성 부여, 고부가가치화 및 제품의 다양화를 시도하였다.

재료 및 방법

재료

쌀은 경기 특산미(평택 평산농협, 1997년)를 분쇄하여 사용하였으며, 사과는 충남 예산(1997년10월)에서 수확한 부시를 구입하여 사용하였다.

환원제

Bifidobacterium 생육을 위한 환경을 제공하기 위하여 L-cysteine(Lancaster Co. England), L-ascorbic acid(Duksan pharmaceutical Co. Korea)를 각각 1% (w/v)용액으로 제조하여 환원제로 사용하였다.

효소

Amylolytic enzymes, α -amylase와 glucoamylase(amyloglucosidase)를 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, U.S.A.)에서 구입하여 사용하였다. Alpha-amylase(EC 3.2.1.1, Type X-A: from *Aspergillus oryzae*)와 glucoamylase(EC 3.2.1.3, from *Rhizopus mold*)의 활성은 각각 300 units/mg solid와 22,500 units/g solid였다. 역가는 α -amylase의 경우 20 °C, pH 6.9, 3분 동안 전분의 maltose 1.0 mg을 유리시키며, glucoamylase는 55 °C, 3분 동안 전분의 glucose 1.0 mg을 가수분해시키는 양을 1 unit로 정하였다.

Bifidobacterium

본 실험에 사용한 *Bifidobacterium*은 한국인의 장내에서 분리한 균주인 *Bifidobacterium* spp. FBD-13, 22, 27, 28로 한국식품개발연구원에서 분양받았으며, Lactobacilli MRS broth(Difco, Detroit, MI, U.S.A.)에 cysteine을 0.05% 첨가하여 종배양한 균주를 사용하였다.

쌀당화액 제조

쌀은 소형 충격식 분쇄기(Hanil FM-600W)를 사용하여 200 g batch로 각각 30초 동안 분쇄하였다. 분쇄한 쌀에 쌀 중량의 6.4배가 되도록 증류수를 가한 후 60 °C에서 45분간 예비가온하고 100 °C에서 40분간 호화하였다.

호화한 쌀가루에 α -amylase를 0.135 unit/g rice powder, glucoamylase 3.375 unit/g rice powder가 되도록 0.1%(w/v) 효소용액을 첨가한 후 60 °C에서 75분 동안 당화하였다. 당화 후 나일론 백을 사용하여 여과한 후 당화액을 회수하여 사용하였다[7].

사과박 제조

사과(품종: 부사)를 구입하여 박피한 후 절단하여 1% ascorbic acid에 15분간 침지한 후 주서기(KMJ-703, DAEWOO, Korea)를 이용하여 주스를 제조하고 찹즙시 부산물로 발생하는 사과박을 회수하여 사용하였다.

환원제 첨가 및 발효

쌀당화액 또는 쌀당화액/사과박 혼합물을 media bottle에 넣고 ascorbic acid 또는 cysteine를 0.04%수준으로 첨가한 후 마개를 막아 100 °C에서 10분간 가열하고 냉각 후 종배양한 *Bifidobacterium*을 접종하여 37 °C에서 발효하였다[8].

pH 및 적정산도

발효물의 pH는 pH meter(model 520A, Orion, U.S.A.)를 사용하여 측정하였으며, 산도는 시료 10 ml를 취하여 0.1% 페놀프탈레인을 지시약으로 사용하여 0.1 N NaOH로 적정하고 소비된 NaOH양으로부터 식 (1)에 의하여 % 젖산으로 산도를 계산하였다.

$$\text{산도}(\% \text{젖산}) = \frac{\text{NaOH소비량} \times \text{NaOH역가}}{\text{시료부피}} \times 0.009 \quad (1)$$

관능검사

비피더스발효음료의 관능검사는 경원대학교 식품생물공학과 대학원생 및 학부생으로 구성된 10명의 패널을 대상으로 다섯가지 항목(색, 향, 맛, 조직감, 종합적 기호도)에 대하여 9점 채점법으로 실시하였다[9]. 이 때 채점기준은 아주 좋다: 9점, 보통으로 좋다: 7점, 좋지도 나쁘지도 않다: 5점, 보통으로 나쁘다: 3점, 아주 나쁘다: 1점이었다.

결과 및 고찰

쌀당화액 발효에 적합한 균주 선발

쌀당화액 발효에 적합한 균주를 선발하기 위하여 쌀당화액에 *Bifidobacterium* spp. FBD-13, 22, 27, 28를 각각 2%씩 접종하였다. *Bifidobacterium*을 접종한 쌀당화액은 37 °C에서 48시간 동안 발효하면서 6시간마다 pH와 적정산도를 측정하였다. 쌀당화액의 pH는 초기 6.26에서 발효 6시간 후 4.75-4.98로 급격히 감소하였다. *Bifidobacterium* sp. FBD-28을 접종한 당화액은 발효 30시간 이후, *Bifidobacterium* spp. FBD-13, 22, 27은 발효 36시간 이후 4.25이하로 다시 감소하여(Fig. 1) 쌀당화액에서 *Bifidobacterium* 발효에 의한 pH변화는 두 단계에 거쳐 감소하는 양상을 나타내었다.

적정 산도 역시 Fig. 2와 같이 초기에는 균주별 차이를 보이지 않고 서서히 증가하며 36-42시간 발효 후 급격한 산도의 증가를 나타내었다. 실험 결과 *Bifidobacterium* sp. FBD-13, 22가 42시간 발효 후 pH가 3.74로 가장 낮았고 산도 역시 0.2%이상의 값을 나타냈다.

Bifidobacterium sp. FBD-22의 접종량을 달리하여 pH를 측정된 결과는 Fig. 3과 같이 6시간 발효 후에 접종량이 많을수록 pH는 빠르게 감소하였으나 발효 시간이 길어질수록, 즉 42시간 발효 후에는 접종량별 차이가 없었다. 또한 접종량을 달리한 당화액의 pH의 감소는 균주별 pH의 감소와 같은 양상인 단계별 감소가 확인되었다. 접종량을 달리한 쌀당화액은 6시간 발효 후 1차 감소가 이루어졌고 24-42시간 발효 후 2차 감소하였다. 적정산도는 Fig. 4와 같이 0-30시간까지는 서서히 증가하며 30-42시간에서 급격한 산도의 증가를 나타냈고, 2% 접종한 실험구가 발효 42시간

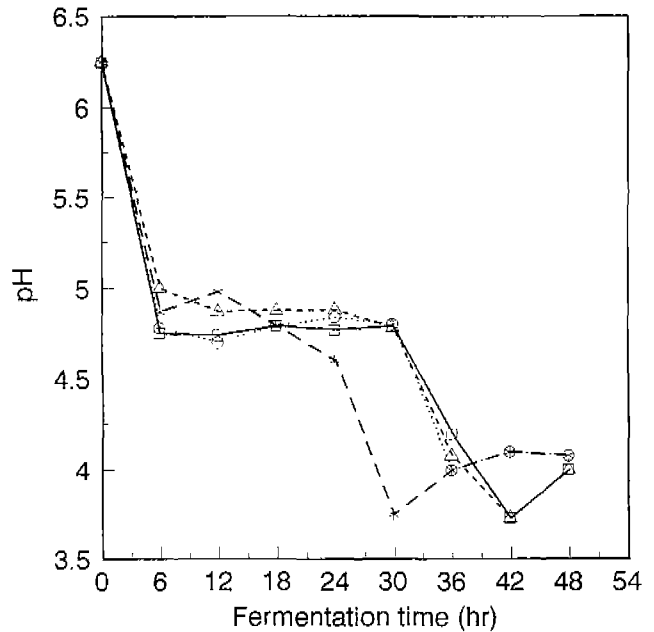


Fig. 1. Change in pH of saccharified rice solution during fermentation using different *Bifidobacterium* strains. —○— : FBD-13, —△— : FBD-22, —□— : FBD-27, —*— : FBD-28

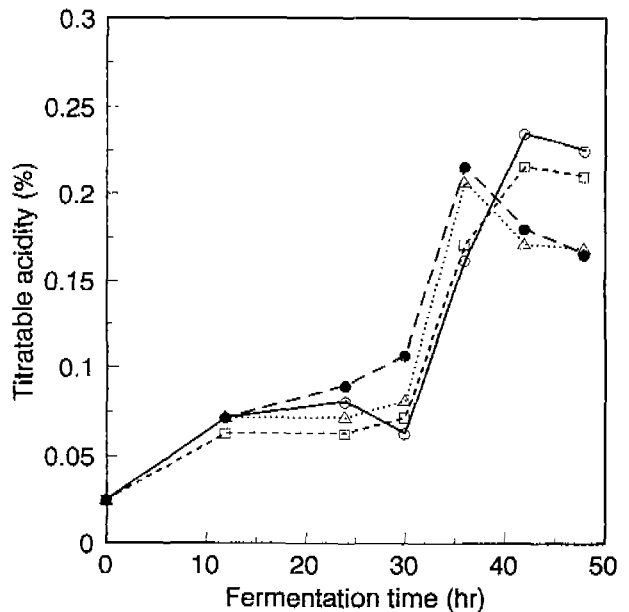


Fig. 2. Change in titratable acidity of saccharified rice solution during fermentation using different *Bifidobacterium* strains. —□— : FBD-13, —△— : FBD-22, —○— : FBD-27, —●— : FBD-28

에 산도 0.235%로 가장 높은 값을 나타내어 다른 실험구에 비하여 우수한 것으로 나타났다. 이상의 결과로부터 pH와 산도는 발효 후 30-42시간에서 변화가 눈에 띄게 일어나는 것을 확인하였고, 최적 발효시간은 42시간이 좋은 것으로 나타났다. 균주별로는 *Bifidobacterium* spp. FBD-13, 22의 pH와 산도의 변화가 두드러졌으며, 최적 접종량은

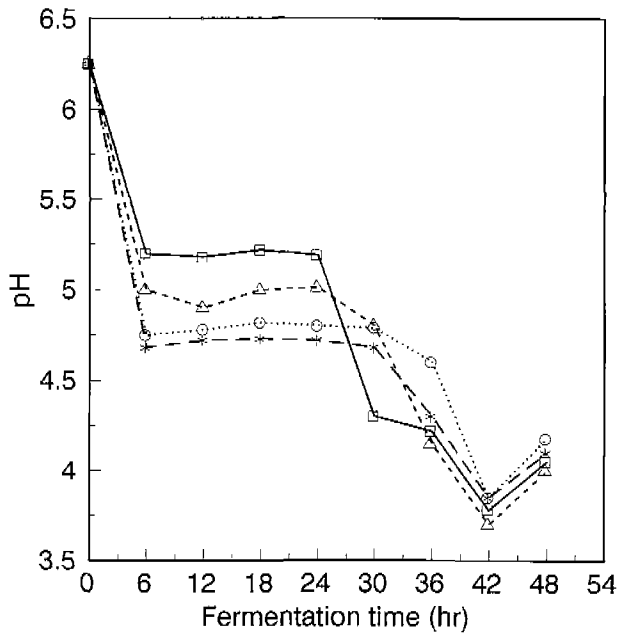


Fig. 3. Change in pH of saccharified rice solution during fermentation with different inoculum of *Bifidobacterium* FBD-22. □ : 1%, △ : 2%, ○ : 3%, * : 4%

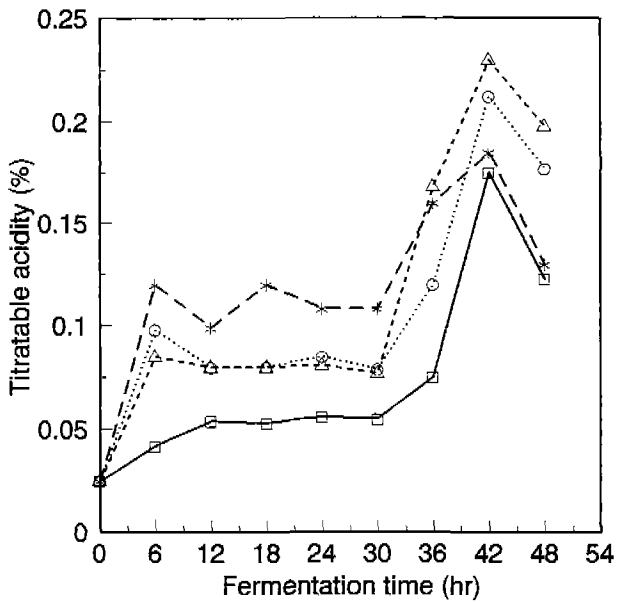


Fig. 4. Change in titratable acidity of saccharified rice solution during fermentation with different *Bifidobacterium* FBD-22 inoculum levels. □ : 1%, △ : 2%, ○ : 3%, * : 4%

2%임을 알 수 있었다.

사과박 / 쌀당화액 혼합물 *Bifidobacterium* 발효를 위한 환원제 선발

*Bifidobacterium*의 성장을 촉진시키기 위해 환원제로 ascorbic acid와 cysteine을 사과박과 쌀당화액 혼합물

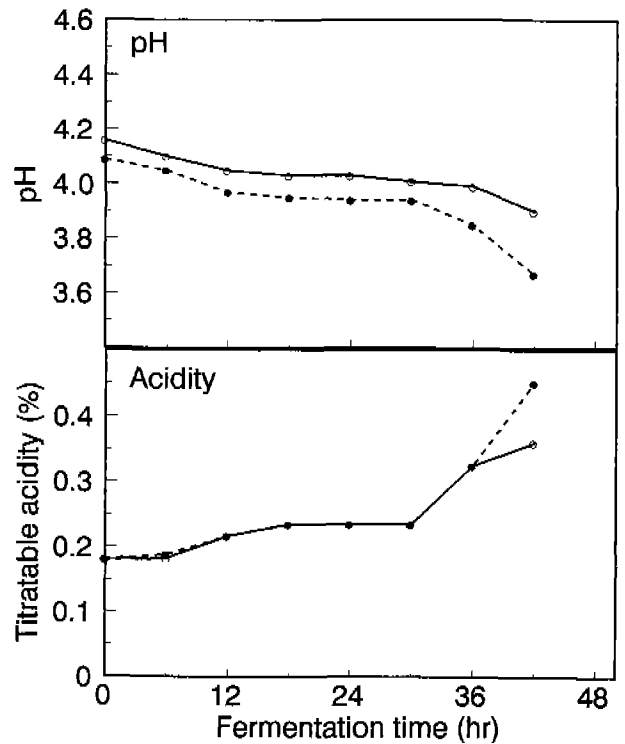


Fig. 5. Change in pH and titratable acidity of WAP:SRS(40:60) treated with different reducing agents during fermentation by *Bifidobacterium* FBD-22.

○ : Cysteine, ● : Ascorbic acid

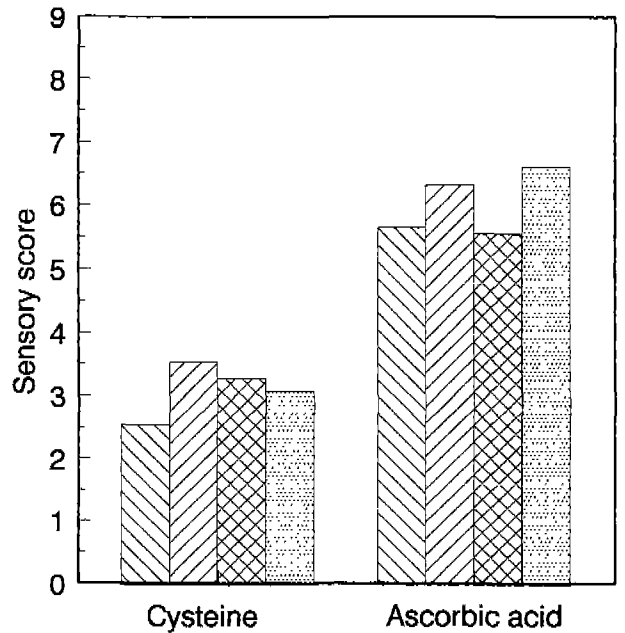


Fig. 6. Effects of reducing agent on sensory scores of WAP: SRS(40:60) fermented with *Bifidobacterium* FBD-22.

Symbols : WAP; wet apple pomace, SRS; saccharified solution. ▨ : Flavor ▧ : Taste ▩ : Mouthfeel □ : Overall

(40:60)에 각각 0.04%(v/v) 가한 후에 100 °C에서 가열 살균하여 냉각한 후 *Bifidobacterium* FBD-22를 2% 첨가하

여 42시간 동안 발효하였다. 6시간마다 pH와 산도를 측정 한 결과, Fig. 5에서 보는 바와 같이 pH의 경우 cysteine 을 사용한 경우보다 ascorbic acid를 사용한 경우 더욱 뚜 렷이 감소하여 초기 4.17에서 3.62까지 감소하였다. 산도는 0-36시간까지 두 첨가구 모두 유사하게 증가하여 같은 값 을 나타내었으나, 42시간 후에는 ascorbic acid를 사용한 경우가 cysteine을 사용한 경우보다 높은 값을 보였다.

제조한 사과박/쌀당화액 혼합물을 42시간동안 발효한 제 품의 관능검사를 실시한 결과는 Fig. 6과 같이 향미, 맛, 조직감, 종합적인 기호도 모든 항목에서 ascorbic acid를 사 용한 것이 cysteine을 사용한 경우보다 우수하였다. 이상의 결과로 *Bifidobacterium* 발효를 위하여 사용한 환원제는 ascorbic acid가 cysteine을 사용한 것보다 모든 면에서 우 수한 것으로 나타났다. 이는 Jung[3]의 연구결과에서도 확 인 할 수 있다.

사과박/쌀당화액 *Bifidobacterium* 발효를 위한 균주 선 발 및 사과박 첨가 비율 결정

사과박/쌀당화액 비율을 달리하여 혼합한 후 ascorbic acid를 첨가하고 *Bifidobacterium* spp. FBD-13, 22, 27, 28을 2%수준으로 접종하여 42시간 발효 후 관능검사를 실 시한 결과 Fig. 7과 같이 향은 *Bifidobacterium* sp. FBD- 27을 사용한 경우가 다른 균주보다 우수한 것으로 나타났 으며, 맛과 종합적 기호도에서는 *Bifidobacterium* sp. FBD-22를 사용한 경우가 가장 우수하였다.

사과박 첨가량별 관능검사 결과는 Fig. 8과 같이 사과박 을 첨가하여 발효한 경우가 당화액만을 발효한 경우에 비 하여 향, 맛, 조직감, 종합적인 기호도에서도 모두 우수한 결과를 나타내었다. 이로써 사과박을 쌀당화액에 첨가하여 발효하는 것이 *Bifidobacterium* 쌀 발효물의 관능성을 크게 개선함을 확인할 수 있었다. 사과박 첨가량별 관능 특성을 조사한 결과 사과박:쌀당화액 비율 40:60을 사용한 것이 향, 맛, 조직감에서 가장 우수하였고 종합적 기호도는 사과박: 쌀당화액 비율 10:90과 40:60이 비슷하게 양호하였다. 이상 의 결과로 *Bifidobacterium* FBD-22, 27이 사과박/쌀당화액 혼합물의 발효에 적합하였으며 적정 사과박 첨가량은 40% (v/v)로 결정하였다.

요 약

쌀을 이용한 기능성 식품의 개발을 위하여 쌀당화액과 사 과박을 혼합하여 *Bifidobacterium*으로 발효한 음료를 개발하고자 하였다. 사과박/쌀당화액의 *Bifidobacterium* 발효 를 위하여 균주별 발효 특성을 조사한 결과 *Bifidobacterium* spp. FBD-13, 22의 pH와 산도의 변화가 적절하였으며 최 적 접종량은 2%였으며 최적 발효 시간은 42시간이 적당하 였다. *Bifidobacterium* 발효에 적합한 환원제를 선별하기 위

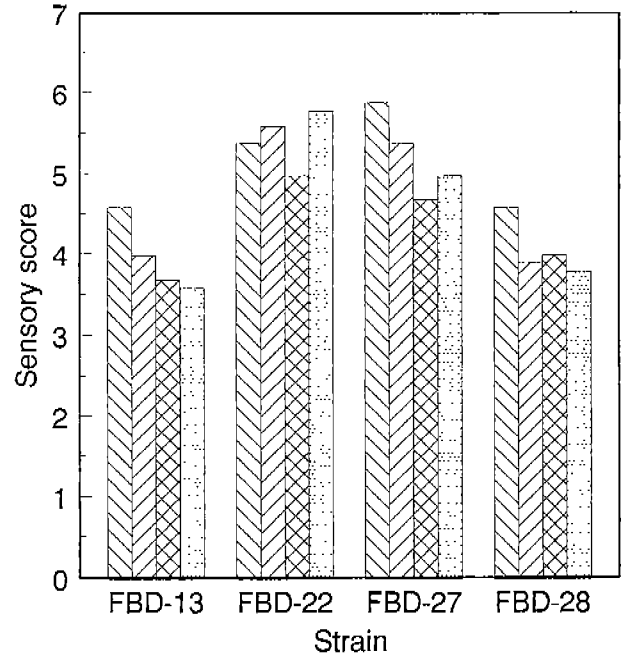


Fig. 7. Sensory evaluation of WAP: SRS(40:60) fermented with different strains.

Legend: WAP; wet apple pomace, SRS; saccharified solution. □: Flavor ▨: Taste ▩: Mouthfeel □: Overall

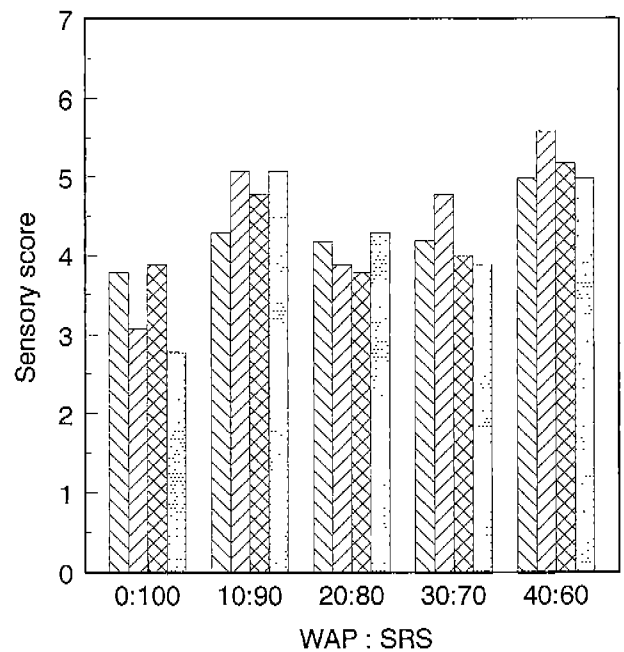


Fig. 8. Sensory evaluation WAP: SRS(40:60) mixture fermented with *Bifidobacterium* FBD-22 and with respect to mixing ratio.

Legend: WAP; wet apple pomace, SRS; saccharified solution □: Flavor ▨: Taste ▩: Mouthfeel □: Overall

하여 사과박/쌀당화액 혼합물에 ascorbic acid와 cysteine을 첨가하여 발효 특성과 기호도를 조사한 결과 ascorbic acid

를 첨가한 경우 관능 검사 결과가 월등하게 우수하였다. 사과박:쌀당화액 비율을 달리한 후 환원제를 첨가하고 *Bifidobacterium* spp. FBD-13, 22, 27, 28를 2%수준으로 접종하여 42시간 발효 후 관능검사를 실시한 결과 향은 *Bif.* sp. FBD-27을 사용한 경우가 가장 우수한 것으로 나타났다. 맛과 종합적 기호도에서는 *Bif.* sp. FBD-22를 사용한 경우가 가장 우수하였다. 사과박 첨가량별 관능검사 결과 사과박:쌀당화액 비율 40:60인 경우가 우수하였으며 사과박을 첨가하지 않고 쌀당화액만으로 발효시킨 경우보다는 사과박을 첨가하여 발효한 경우 관능 특성이 월등히 우수하였다.

감사의 말

본 연구는 농림수산특정연구사업으로 수행된 연구 결과의 일부로서 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

- Collins, E. B. and B. J. Hall. 1984. Growth of bifidobacteria in milk and preparation of *Bifidobacterium* in fantis for a dietary adjunct. *J. Dairy Sci.* **67**: 376-380.
- Hong, O.-S. and Y.-T. Ko. 1991. Study on preparation of yogurt from milk and rice. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **23**: 587-592.
- Jung, H. G. 1993. Study on growth properties and characterization of factors affecting the aerobiosis of aerotolerant bifidobacteria. Ph. D. Thesis, Sungkyunkwan Univ., Korea.
- Kang, K.-H. and K.-H. Heo. 1994. *Bifidobacterium and Oligosaccharide*. Yu-Han Publishing Co., Korea.
- Lee, H.-A., S.-S. Lee, and H.-K. Shin. 1997. Effect of apple dietary fiber on the *in vitro* growth of intestinal bacteria. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **29**: 107-114.
- Lee, H.-A., S.-S. Lee, and H.-K. Shin. 1994. Effect of dietary fiber sources on the composition of intestinal microflora in rats. *K. J. Nutri.* **27**: 988-995.
- Lee, J.-Y., C. Mok, J.-H. Park, H.-G. Chang, and D.-J. Koo. 1998. Optimal preparation of saccharified rice solution for *Bifidobacterium* fermentation. *Agri. Chem. Biotechnol.* **41**: 527-532.
- Lee, J.-Y., C. Mok, J.-H. Park, and H.-G. Chang. 1999. Effect of reducing agents on *Bifidobacterium* fermentation of saccharified rice solution. *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* **27**: 527-532.
- Lee, Y. C. and K. O. Kim. 1994. *Sensory Test of Foods*. Hak-Yeon Publishing Co., Korea.
- Mutai, M. and R. Tanaka. 1987. Ecology of *Bifidobacterium* in the human intestinal flora. *Bifidobac. Microfl.* **6**: 33-41.
- Park, J.-H., H.-K. Song, J.-B. Ahn, G. E. Ji, and C. Mok. 1997. Rice fermentation by Korea amylolytic *Bifidobacterium* spp. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **29**: 581-587.
- Rasic, J. L. and J. A. Kurmann. 1978. *Fermented Fresh Milk Products and Their Cultures, vol. 1: Yoghurt, Scientific Grounds, Technology, Manufacture and Preparations*. Technical Dairy Publishing House, Jyllingevej 39, DK-2720, Vanlose, Denmark.
- Rasic, J. L. and J. A. Kurmann. 1983. Bifidobacteria and Their role, pp. 55-80. Birkauser Verlag, Basel.
- Tongnual, P. and M. L. Fields. 1979. Fermentation and relative value of rice meal and chip. *J. Food Sci.* **44**: 1784-1790.
- Youn, K.-S., J.-H. Lee, and Y.-H. Choi. 1996. Changes of free sugar and organic acid in the osmotic dehydration process of apple. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **28**: 1095-1102.

(Received March 30, 1999)