

효소를 이용한 식물성 식품가공부산물의 식품 소재화 탐색 연구

채희정¹ · 한민수² · 인만진*

¹호서대학교 식품생물공학전공 및 벤처전문대학원 첨단산업기술전공

²(주)해찬들 식품연구소, 청운대학교 식품영양학과

(2003년 11월 12일 접수, 2004년 2월 2일 수리)

서 론

농, 수, 축산물을 원료로 이용하는 식품 산업에서 발생하는 여러 가지 부산물들은 대부분 폐기되거나 비료, 사료와 같은 부가가치가 낮은 자원으로 활용되는 경우가 많다. 또한 산업폐기물로 간주되어 막대한 폐기물 처리 비용이 발생하는 경우도 종종 발생한다. 부산물의 예로는 옥수수로부터 전분을 제조하는 과정에서 배아 분쇄물에서 분리되는 글루텐 피드(gluten feed), 전분 분리의 최종단계에서 발생하는 글루텐 밀(gluten meal)과 두부 제조시 생성되는 비지, 두유 제조 부산물인 두유박 등의 식물성 부산물, 도축 부산물과 참치와 같은 생선 폐기물 등의 동물성 부산물, 그리고 아미노산, 핵산, 주정, 맥주 발효공정에서 부산물로 발생하는 박테리아 또는 효모 등의 미생물성 부산물이 있다. 이들 중 재활용되는 대부분의 부산물들은 건조, 분쇄 등과 같은 단순한 처리를 통하여 사료나 비료로 사용되고 있는 실정이다. 그러나 식품 가공 부산물 중 일부는 단백질의 특성, 구성 아미노산의 종류 및 함량, 다른 성분의 조성 등에 따라서 적절한 처리를 통하여 식품 소재로서 재활용할 수 있는 가능성이 있다. 대두 가공 부산물인 비지나 두유박을 활용한 식품 혹은 식품 소재용 원료로 이용하는 연구^{1,4)}와 맥주 효모를 이용한 효모 추출물의 제조^{5,7)}와 참치 가공부산물을 이용한 조미료의 개발에 관한 연구⁸⁾도 보고되어 있으나 아직까지 이러한 부산물들이 산업적으로 크게 활용되지 않고 있는 실정이다. 한편 도축 부산물 중 혈액으로부터 기능성 소재인 헴철(heme-iron)을 제조⁹⁾하는 것과 같이 산업적으로 이용되고 있는 경우도 있다. 최근에는 생리활성을 갖는 기능성 펩타이드를 얻기 위하여 부산물 중 단백질을 이용하는 연구도 보고되어 있다.¹⁰⁾

따라서 본 연구에서는 식품가공 부산물의 재활용 방안의 탐색에 관한 연구의 일환으로, 대표적인 식물성 부산물인 글루텐 피드, 글루텐 밀, 두유박, 두부비지를 단백질 및 탄수화물 분해 효소로 처리하여 조미성분을 가용화하고 Maillard 반응으로 천연 조미소재의 제조가능성을 조사하였다.

재료 및 방법

재료. 부산물 원료인 두유박(soymilk residue, SMR)은 (주)

정식품, 두부비지(soybean curd residue, SCR)는 영진식품(주), 글루텐 밀(gluten meal, GM)과 글루텐 피드(gluten feed, GF)는 대상(주)에서 구하였다. 단백질 분해효소는 AlcalaseTM와 FlavourzymeTM을, 당질 분해효소는 BANTM과 ViscozymeTM을 Novozyme사(Bagsvaerd, Denmark)로부터 구입하여 사용하였다.

효소분해. 건조한 시료 100 g에 증류수 900 g을 가하여 현탁시키고 125°C에서 30분간 열처리하였다. 원료 중 두유박, 두부비지, 글루텐 피드 현탁액의 pH를 4.5로 조절한 후 고형분 기준으로 0.1%의 ViscozymeTM을 처리하고 45°C에서 8시간 가수분해하였으며, 글루텐 밀은 pH를 6.0으로 조절한 후 고형분 기준으로 0.015%의 BANTM을 처리하고 65°C에서 8시간 가수분해하였다. 또한 가열 처리한 시료 현탁액과 상기와 동일한 방법으로 당질 분해효소로 처리한 가수분해액의 pH를 7.0으로 조절한 후 두 종류의 단백질 분해효소를 각각 단백질 함량의 2%가 되도록 첨가하고 50°C에서 24시간 동안 가수분해하였다. 일정시간 가수분해 후 생성된 효소분해액은 100°C에서 10분간 가열하여 효소반응을 정지시켰다.

마일러드 반응. 효소 분해시료에 0.5% dextrose, 0.5% xylose, 0.5% glycine을 첨가한 후 125°C에서 20분간 열처리하였다.

분석방법. 효소분해로 생성된 수용성 성분의 총량은 4°C에서 원심분리(10,000×g, 20분)하여 불용성 성분을 제거하고 상등액의 고형분 함량을 Brix meter(Atago사, Japan)로 측정하였으며, 단백질 함량은 총 질소(total nitrogen: TN)를 micro-Kjeldahl법으로 분석하였다. 효소분해에 의한 고형분과 단백질의 가용화 정도를 비교하기 위하여 원심분리 후 상등액의 고형분 회수율과 단백질의 회수율을 계산하였다.⁴⁾

결과 및 고찰

식물성 부산물 중 열처리한 두유박, 두부비지, 글루텐 피드, 글루텐 밀로부터 조미성분 중 아미노산과 펩타이드의 가용화를 위하여 단백질 분해효소의 처리효과를 조사하였다. 식물성 단백질의 효소분해과정에서 작용 기작이 상이한 두 종류의 단백질 분해효소를 동시에 처리하는 것이 가수분해에 효율적이므로¹⁰⁾ 기질 현탁액에 endoprotease인 AlcalaseTM와 exoprotease인 FlavourzymeTM 2종을 동시에 복합처리 하고 반응시간에 따른 고형분 회수율(dry matter yield, DMY)과 단백질 회수율(total protein yield, TPY)의 변화를 측정하였다. 모든 원료에서 DMY는 가수분해 시작부터 30% 이상의 비교적 높은 수치를 보였으

*연락처

Phone: 82-41-630-3278; Fax: 82-41-632-3278

E-mail: manjin@chungwoon.ac.kr

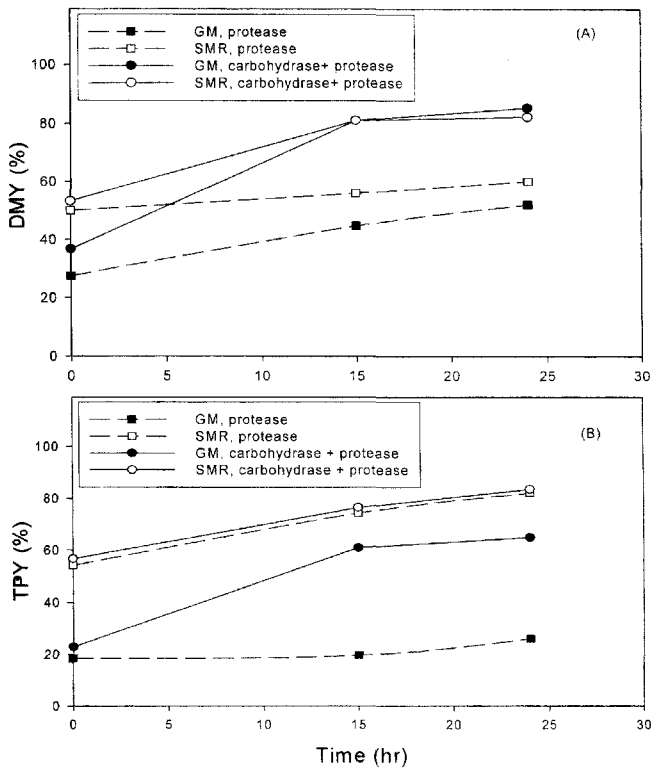


Fig. 1. Time course of dry matter yield (A) and total protein yield (B) in enzymatic hydrolysis of gluten meal (GM) and soymilk residue (SMR) by the treatment with protease only and with carbohydrase and protease.

며 24시간까지 완만하게 상승하였다. 이는 원료에 용해성 물질을 다량 함유하고 있어 효소처리 전에 이미 가용화된 성분이 회수율 계산에 포함되었기 때문인 것으로 판단된다. 단백질의 경우 글루텐 밀을 제외한 원료에서 이미 40% 이상 가용화되어 있었으며, 모든 원료에서 단순히 단백질 분해효소의 처리만으로 TPY는 크게 향상되지 않았다. 두유박의 경우 TPY가 52.1%에서 82.0%까지 상승하였으나, 글루텐 피드에서는 단백질 분해효소의 효과가 미미하였다. 단백질 분해효소 처리액의 관능적 특성을 조사한 결과 두부비지와 두유박은 콩냄새가, 글루텐 피드는 옥수수 냄새가 여전히 남아 있었으나 글루텐 밀은 특별한 향이 없었다. 대체로 글루텐 밀, 글루텐 피드를 제외하고 나머지는 관능적 특성이 열악하였다.

식물성 식품재료들은 주로 cellulose로 이루어진 세포벽을 갖고 있으며 가공 과정에서 이러한 불용성 성분들은 부산물로 폐

기되고 있다. 그러므로 식물성 부산물을 재활용하는 경우 탄수화물 분해효소를 사용하는 것이 유효성분의 가용화에 효과적인 것으로 보고되어 있다.^{4,12)} 본 연구에서도 탄수화물 분해효소의 효과를 조사하였다. 원료의 조성에 따라 사용할 수 있는 당질 분해효소의 종류가 다를 수 있으므로 cellulose 성분이 많은 두유박, 두부비지, 글루텐 피드에는 cellulase 복합효소인 Viscozyme™을, 전분이 많을 것으로 예상되는 글루텐 밀의 경우 amylase 활성을 갖는 BAN™처리를 먼저 수행하고 단백질의 효소분해를 단백질 분해효소 단독 처리와 동일한 조건에서 수행하였다. 탄수화물 분해효소처리의 효과에 대하여 글루텐 밀과 두유박에서 반응시간에 따른 DMY와 TPY의 변화를 Fig. 1에 나타내었다. 또한 모든 원료에 대하여 탄수화물 분해효소의 처리 후 단백질 분해효소의 사용이 조미성분의 가용화에 미치는 영향을 단백질 분해효소를 단독으로 사용한 결과와 비교하였다(Table 1). 탄수화물 분해효소의 사용으로 모든 실험구에서 DMY는 20~70% 상승되었으며, TPY는 2~150% 향상되었다. 두유박에 탄수화물 분해효소를 사용한 결과 DMY는 약 40% 향상되었으나 TPY에는 거의 영향이 없는 80~85% 수준이었다. 이러한 결과는 *Aspergillus niger* CF-34유래의 복합 효소액을 사용하여 두유 비지를 가용화 하는 기존의 보고¹²⁾보다 DMY와 TPY 모두 15~25% 증가한 것으로 이는 *Aspergillus niger* CF-34유래의 복합 효소액이 탄수화물 분해효소¹³⁾이므로 단백질 분해효소의 효과가 배제된 결과이다. 그러나 글루텐 밀의 경우 DMY와 TPY가 각각 64%와 150% 향상되어 탄수화물 분해효소의 유효성에 대한 기존의 보고⁴⁾와 동일한 경향이였다. 즉, 단백질 분해효소와 탄수화물 분해효소를 복합 처리하는 것이 조미성분의 가용화에 유리하였다. 식물성 부산물 4종을 탄수화물 분해효소와 단백질 분해효소로 가수분해한 후 Maillard 반응을 거쳐 5점 척도법으로 관능검사한 결과 두유박(3.5) > 글루텐 피드(3.1) > 글루텐 밀(2.8) > 두부비지(2.1)의 순이었다. 그러므로 두유박과 글루텐 피드는 단백질 및 고형분 회수율이 우수하며 관능적으로도 적당하여 천연 조미소재의 원료로서의 사용 가능하였으며 실제 조미소재로의 활용에는 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Cho, M.-K. and Lee W.-J. (1996) Preparation of high-fiber bread with soybean curd residue and Makkolli (rice wine) residue. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **25**, 632-636.

Table 1. Effect of carbohydrase treatment on dry matter yield and total protein yield in enzymatic hydrolysis¹

Raw material	Dry matter yield			Total protein yield		
	Without carbohydrase treatment (A)	With carbohydrase treatment (B)	Ratio ² (%)	Without carbohydrase treatment (A)	With carbohydrase treatment (B)	Ratio ² (%)
Soy milk residue (SMR)	60.0	82.2	37.0	82.0	83.5	1.8
Soybean curd residue (SCR)	45.0	55.8	24.0	61.9	77.7	25.5
Gluten meal (GM)	52.0	85.3	64.0	26.1	65.4	150.5
Gluten feed (GF)	60.7	78.5	29.3	71.1	98.0	37.8

¹Enzymatic hydrolysis conditions: carbohydrase reaction time, 8 hr; protease reaction time, 24 hr.

²Ratio=(B-A)/A*100

2. Park, C., Kim, H. and Moon, T. W. (1997) Preparation and physicochemical properties of soluble dietary fiber extracts from soymilk residue at high temperature. *Korean J. Food Sci. Technol.* **29**, 648-656.
3. Kweon, M.-N., Ryu, H.-S. and Moon, J.-H. (1993) Nutritional evaluation of tofu containing dried soymilk residue (DSR). 1. Evaluation of protein quality. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **22**, 255-261.
4. Chae, H. J., In, M.-J. and Lee, J. D. (1998) Production of a protein supplement from soymilk residues by combined use of enzymes and microorganisms. *Agric. Chem. Biotechnol.* **41**, 73-77.
5. Chae, H. J., Joo, H. and In, M.-J. (2001) Utilization of brewer's yeast cells for the production of food-grade yeast extract. Part 1: Effects of different enzymatic treatments on solid and protein recovery and flavor characteristics. *Bioresource Technol.* **76**, 253-258.
6. Chung, Y., Chae, H. J., Kim, D. C., Oh, N.-S., Park, M. J., Lee, Y. S. and In, M.-J. (1999) Selection of commercial proteolytic enzymes for the production of brewer's yeast extract. *Food Eng. Progress* **3**, 159-163.
7. Lee, S.-K., Park, K.-H., Pek, U.-H. and Yu, J.-H. (1993) Production of brewer's yeast extract by enzymatic method. *Korean J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* **21**, 276-280.
8. Cha, Y.-J. and Kim, E.-J. (1996) Development of functional seasoning agents from skipjack preparation by-product with commercial proteases. 1. Processing of hydrolysate from skipjack processing by-product with protease treatment. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **25**, 608-616.
9. In, M.-J., Chae, H. J. and Oh, N.-S. (2002) Process development for heme-enriched peptide by enzymatic hydrolysis of hemoglobin. *Bioresource Technol.* **84**, 63-68.
10. Lee, Y. S., Shin, M. K., Lee, Y. D. and Lee, H. S. (1997) Enhanced effect of gluten hydrolysate on solubility and bioavailability of calcium in rats. *Korean J. Nutr.* **30**, 40-47.
11. Chae, H. J., In, M.-J. and Kim, M.-H. (1997) Optimization of enzymatic treatment for the production of hydrolyzed vegetable protein. *Korean J. Food Sci. Technol.* **29**, 1125-1130.
12. Kim, K. S., Park, E. H., Bae, C. Y., Kim, K. C., Lee, S. H. and Sohn, H. S. (1994) Solubilization of tofu-residue using multienzyme derived from *Aspergillus niger* CF-34. *Korean J. Food Sci. Technol.* **26**, 484-489.
13. Kim, K. S. and Sohn, H. S. (1994) Characterization of tofu-residue hydrolyzing carbohydrase isolated from *Aspergillus niger* CF-34. *Korean J. Food Sci. Technol.* **26**, 490-495.

Study on Utilization of Vegetable By-product from Food Processing by Enzyme Treatment

Hee Jeong Chae¹, Min-Su Han² and Man-Jin In* (Department of Human Nutrition and Food Science, Chungwoon University, Hongsung 350-701, Korea; ¹Department of Food and Biotechnology, and Department of Innovative Industrial Technology, Hoseo University, Asan 336-795, Korea; ²Haechandle Foods Co., Ltd., Nonsan 320-833, Korea)

Key words: vegetable by-product, enzymatic hydrolysis, protease, carbohydrase

*Corresponding author