

치즈유청으로부터 제조한 유청단백질 가수분해물의 특성에 관한 연구

윤여창^{1*} · 안성일¹ · 정아람¹ · 한송이¹ · 김명희¹ · 이창권²

¹건국대학교 동물생명과학대학 축산식품생물공학전공, ²건국대학교 바이오식·의약연구센터

Characteristics of Whey Protein (WPC-30) Hydrolysate from Cheese Whey

Yoh Chang Yoon^{1*}, Sung-Il An¹, A-Ram Jeong¹, Song-Ee Han¹, Myeong Hee Kim¹ and Chang-Kwon Lee²

¹Department of Food Science and Biotechnology, Konkuk University,

²Bio-Food and Drug Research Center, Konkuk University

ABSTRACT

Whey protein concentrate (WPC) is widely used to increase the nutritional and functional properties of food. In this study, the physicochemical and functionality of WPC-30 hydrolysates were examined to evaluate the possibility of application in the food industry. The WPC-30 was manufactured using ultrafiltration and spray-drying, and then hydrolyzed with proteolytic enzyme including alcalase, flavourzyme, neutrase and protamex. Enzymatic hydrolysis had a significant influence on the physicochemical properties as evident from the increased foaming capacity, solubility.

Alcalase caused highest protein hydrolysis (3.26%) and the bitterness. Foaming capacity was largest in WPC-30 hydrolysate treated with flavourzyme. Protein solubility at various levels of pH was highest in protamex-treated WPC-30 hydrolysate. However, the solubility of WPC-30 hydrolysates was significantly improved in alkaline condition than in acidic and neutral conditions. The study revealed that spray dried enzyme modified WPC can be used in various functional food.

(**Key words** : Whey protein concentrate, Ultra-filtration, Hydrolysis, Functionality)

서 론

치즈생산시 생산되는 액상의 부산물인 유청 (cheese whey)은 다량의 유당, 단백질, 미네랄 등을 함유한 부산물로서 다양한 영양학적 특성 및 생리활성기능을 갖고 유용 식품소재이다. 유청은 부피가 큰 특성으로 인해 저장시설 확보 및 관리에 어려움이 있다. 최근 이러한 문제점을 보완하여 고기능성의 식품소재로서 유청을 활용하기 위한 유청성분의 농축 및 분리방법인 한외여과, 역삼투압, 전기투석 등의 막분리 방법들이 개발되어 산업적으로 폭넓게 이용되고 있다 (Renner and Abd-EL-Salam, 1991).

유청단백질은 수용성의 단백질로서 아미노산을 공급하는 영양학적 기능 및 다양한 생리활성을 나타내는 생체 조절기능적 효능을 가지고 있다 (Pihlanto-Leppälä, 1998). 농축 유청단백질 (whey protein concentrate, WPC)에는 필수 아미노산의 함량이 다른 단백질 공급원보다 높은 것으로 보고 되며, 이들 중 시스테인의 함량은 casein, 대두 유래의 단백질공급원보다 약 4배 정도 높은 것으로 알려져 있다 (Bucci와 Unlu, 2000). 시스테인은 disulfide bond를 갖는 아미노산으로서 glutathione의 생산을 증가시켜 체내의 항산화 및 면역 방어시스템을 강화시키는 것으로 잘 알려져 있다

(Lands 등, 1999 Wu 등, 2004). 또한 유청 단백질 유래의 저분자 펩타이드들은 고혈압 치료효능 (Murakami M 등, 2004; Saito T, 2008), 항산화 효능 (Bayram 등, 2008; Tseng 등, 2008), 면역증강 효능 (Beaulieu 등, 2007) 등을 갖는 유용생리활성물질로서도 잘 알려져 있다. 이러한 유청 단백질의 고기능성의 생리활성기능은 단백질의 형태로 존재 할 때는 특이적인 효과가 없으며 단백질 분해효소 또는 미생물에 의해 작은 펩타이드의 형태로 분해되면 그 기능성을 나타내는 것으로 알려져 있다 (McSweeney 등, 1993 Jayaprakasha와 윤, 2005). 현재 국내 시장에는 단백질 함량 35%와 80% 유청단백질농축물 (WPC)이 수입되고 있으며 식품산업에서 수요는 점증하고 있다.

이에 유청 단백질의 고기능성 식품소재로서의 효율적인 활용을 위해서는 WPC와 유청 단백질 가수분해물의 국산화 필요성이 대두된다.

따라서 본 연구는 치즈 유청으로부터 경제적이고 효율적인 WPC의 국산화와 이와 관련된 한외여과기의 원활한 작동에 관한 요인의 조사 및 단백질분해효소를 이용한 고기능성의 생리활성을 갖는 WPC 가수분해물을 생산하고자 수행되었다.

* Corresponding author : Yoh Chang Yoon, Department of Food Science and Biotechnology, Konkuk University, 1- Hwang-dong, Gwangjin-gu, Seoul, 143-701, Korea. Tel: +82-02-450-3692, E-mail: ychoon@konkuk.ac.kr

재료 및 방법

1. WPC-30의 제조

서울우유 신갈공장에서 공급된 신선한 모짜렐라치즈 유청 9 L를 pH 6.5로 조정된 후, 72°C에서 15초간 열처리하고 50°C로 냉각하였다. WPC-30를 제조하기 위해 열처리 된 유청을 폴리설펜으로 제작된 막 (GR60PP, 분자량 20,000 dalton 이하를 cut off시킴)을 장착한 한외여과기 (DDS LabUnit M20, Denmark)로 4.5 L까지 농축하였다. 한외여과에 사용된 압력은 유입압력 7 bar, 유출압력이 6 bar였으며 가공 중의 세균억제를 위해 모든 공정은 60°C에서 수행하였다. 이들 농축액을 출구온도 175°C, 배출구 온도 70°C의 조건에서 분무건조기 (Buechi, Mini Spray Dryer B-191, Swiss)로 건조하였다.

2. 일반성분 분석

WPC-30의 일반성분 분석은 건국유업의 Dairy lab 2 (Bentley II, Bentley Co., USA)를 이용하여 분석하였다.

3. 가수분해

WPC-30의 가수분해는 Abubakar 등 (1998)의 방법을 응용하여 실행 하였다. WPC-30을 90°C의 증류수에 용해시켜 10%의 용액을 만들고 동일한 원축액에 용해시킨 각각의 가수분해효소로 가수분해시켰다. WPC-30의 가수분해를 위해 사용한 단백질 가수분해효소는 선행연구에서 (윤과 유, 2009) 좋은 결과를 나타낸 덴마크 Novo Nordisk사의 flavourzyme, protamex, neutrase 1.5, alcalase 2.4를 사용하였다. 가수분해 시 WPC30과 효소의 비율을 25:1 (wt/wt)로 첨가하여 뚜껑 있는 시험관에 500 mL를 취하여 45°C에서 180 rpm으로 교반하면서 반응 시간을 0, 1, 2, 3, 4시간으로 나누어 가수분해하였다. 효소반응의 정지는 95°C Water bath에서 10분간 가열하여 효소를 불활성화시켰다. 효소반응액을 3,000 rpm에서 30분간 원심분리한 후 상등액을 회수하여 동결건조 후 각각의 실험에 이용하였다. 시료 측정 시 동결건조한 WPC-30 가수분해물은 증류수로 10% (V/W)가 되게 용해하여 사용하였다.

4. 가수분해물의 pH 측정

pH 측정은 보정된 pH meter (IQ instruments, Inc: IQ-240, USA)를 이용하여, 시험관에 각각의 시료 50 mL를 넣고, 단백질 분해효소에 의해 가수 분해된 시료의 pH를 최대 4시간까지 시간 별로 측정하였다.

5. 가수분해물의 TNBS 측정

TNBS는 Adler-Nissen (1979)의 방법을 변형하여 다음과 같이 실시하였다. 시료 2 mL를 시험관에 넣고 4 mL의 0.72 N TCA

(trichoroacetic acid)를 첨가한 후 25°C에서 20분간 반응시켰다. 반응 정지 후 0.45 μ m의 filter paper를 사용하여 여과한 후 여과액 0.2 mL를 갈색시험관에 취하였다. 0.2125 M sodium phosphate buffer (pH 8.2) 2 mL를 첨가하여 잘 혼합한 후 0.1%의 TNBS (trinitro-benzensulfonic acid) 용액 2 mL를 첨가하고 50°C에서 60분간 반응시켰다. 반응정지를 위해 0.1 N HCl을 4.0 mL 첨가한 후 혼합하였다. α -amino group의 정량을 위한 표준시료로는 각 농도의 glycine (Sigma, USA)을 사용하여 흡광도계 (OPTIZEN 2120UV PLUS, Korea)로 420 nm에서 측정하였다.

WPC-30의 단백질 가수분해도는 (%)는 TNBS 분석치를 기초로 하여 구하였다.

6. 가수분해물의 용해도 측정

WPC-30 가수분해물의 용해도는 Morr 등 (1985)의 방법에 따라 측정하였다. 시료 0.5 g을 50 ml의 증류수에 첨가하고 0.1 N NaOH와 0.1 N HCl 용액을 이용하여 pH를 2, 4, 6, 8, 10으로 조정하고 이 용액을 20분간 교반시킨 후 원심 분리하여 불용성 단백질을 제거하였다. 증류수와 시료를 10:1로 섞은 후 상등액 1 ml를 280 nm에서 측정하여 최대치를 100으로 환산한 후 비교치를 용해도로 표시 하였다.

7. 거품 생성능

거품 생성능은 Beuchart (1977)의 방법을 응용하여 다음과 같이 측정하였다. 시료 5.0 g에 100 ml의 증류수를 첨가하고 pH 7.0으로 조정된 후 25°C에서 눈금이 새겨진 비이커에 50 ml씩 취하여 2,000 rpm에서 5분간 교반하여 거품을 형성시킨 후 발생한 거품의 양을 측정하였다.

8. SDS-PAGE에 의한 전기영동

단백질분해효소에 의한 WPC-30의 분해 정도를 알아보기 위하여 SDS-PAGE 전기영동을 실시하였다. 시료 10 mg 씩을 1 ml의 sample buffer (0.5 M tri-HCl, glycerol, 10% SDS, 0.1% bromophenolblue, pH 6.8)에 용해한 후 100°C에서 5분간 열처리를 하고 원심분리를 통해 상등액을 취하였다. 이것을 7 μ l 씩을 14% polyacrylamide gel에 loading한 후 30 mA에서 약 5시간 영동하였다. coomassie Blue R250으로 gel를 염색시킨 후 10%의 메탄올과 10%의 초산을 함유한 탈색액을 이용하여 단백질이 선명하게 보일 때까지 탈색하여 밴드를 확인 하였다.

9. 관능검사

WPC-30 가수분해물의 쓴맛의 정도는 유제품의 관능검사 경험이 많은 건국대학교 동물생명과학대학 학부생 10명, 대학원생 10명의 panelist 에 의하여 Meilgaard 등 (1987)의 방법을 사용하여 평가하였다. 평가기준은 7점 척도법인 강함(7점), 적당히 강함(6

점), 적당함(5점), 약간 적당함(4점), 약함(3점), 매우 약함(2점), 미미함(1점)으로 실시하였다.

10. 통계 분석

WPC-30 가수분해물의 pH, TNBS, 단백질 가수분해도, 기포 형성력, 용해도, 관능검사는 평균값과 표준편차로 나타내었으며 통계적인 유의성은 Student's t-test로 분석하였다.

결과 및 고찰

1. WPC-30의 제조 및 일반성분

신선한 모짜렐라치즈의 유청을 한외여과에 의해 용량의 1/2까지 농축한 후, 농축액을 분무건조하여 제조한 WPC-30의 일반성분은 단백질 30.50%, 유당 45.21%, 무지고형분 85.50%, 지방 9.50%을 함유하는 것으로 나타났다. WPC-30의 제조과정에서 적정한 한외여과기 작동에 필요한 압력, 유속, 온도 등이 파악되었으며 이를 토대로 막을 제외한 기기의 95%를 국산화시킬 수 있는 가능성을 확인했고 아울러 한외여과기의 국산화를 위한 자료를 확보했다. WPC-80의 국산화를 위해서는 점도가 높아짐에 따라 기기에 가중되는 부담을 해결하는 과정이 향후 해결되어야 한다.

2. WPC-30 가수분해물의 이화학적 성질

(1) pH의 변화

WPC-30을 단백질 가수분해 효소로 처리한 결과 반응 1시간까지는 큰 차이가 없었으나 가수분해가 진행됨에 따라 가수분해물의 pH는 급격히 감소되었다(Table 1). 이 같은 가수분해의 결과로서 발생한 pH 값 감소는 여러 종류의 다른 단백질 원에서도 보고되었다(ADLER-NISSEN, 1986 Phillips 등, 1981). 효소에 의한 가수분해물 중에 alcalase 처리한 가수분해물의 pH 값이 가장 낮았고, 반응시간의 증가에 따라 급격히 감소하는 결과를 나타내었다. 이러한 반응 시간에 따른 WPC-30 가수분해물의 pH의 감소는 가수분해 진행에 따른 펩타이드들의 -COOH기의 증가에 의한 것으로 사료된다.

(2) 단백질 가수분해도

단백질 가수분해효소에 의한 WPC-30의 가수분해효율을 유리된 α-amino기의 측정방법인 TNBS 측정법으로 분석하였다. 가수분해가 진행되면서 TNBS의 함량은 점진적으로 증가하는 경향을 나타내었다(Table 2). 이러한 결과는 가수분해가 진행됨에 따라 TNBS 값이 증가하고 이러한 현상이 유리된 α-amino기를 갖는 아미노산 함량의 증가에 기인한다는 김(2003)과 이(2005)의 보고와 유사한 결과였다. TNBS의 값은 alcalase 처리 가수분해물이 1.61±0.01로 가장 높았으며, neutrase가 1.40±0.04로 가장 낮은 결과를 나타내었다. 이러한 결과를 토대로 WPC-30의 가수분해효율은 alcalase로 4시간 처리한 시료의 단백질 가수분해효율은 3.16±0.03%로 가장 높았으며, neutrase가 2.74±0.05%로 가장 낮은 효율을 보였다. Protease들에 의한 WPC-30의 가수분해 정도를 재차 검증하고자 WPC-30의 가수분해물들을 SDS-PAGE 전기영동으로 분석하였다. 그 결과 Fig. 1에서 나타냈듯이 분자량 18,363인

Table 1. The change of pH in WPC-30 hydrolyzed with proteases

Enzyme	Hydrolysis time (hrs)				
	0	1	2	3	4
Alcalase	6.64±0.06 ^a	6.32±0.09 ^b	5.95±0.15 ^c	4.65±0.19 ^d	4.35±0.07 ^d
Flavourzyme	6.64±0.06 ^a	6.38±0.07 ^b	5.98±0.16 ^c	5.70±0.04 ^d	5.45±0.07 ^e
Neutrase	6.64±0.06 ^a	6.45±0.12 ^a	6.10±0.09 ^b	5.90±0.11 ^{bc}	5.65±0.13 ^c
Proptamex	6.64±0.06 ^a	6.35±0.07 ^b	6.01±0.11 ^c	5.72±0.05 ^d	5.05±0.13 ^e

Data are indicated as mean ± S.E.M. of the results obtained from 3 independent experiments (p<0.05).
^{a-c} Means with the different letter in same column are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

Table 2. The change of TNBS in WPC-30 hydrolyzed with proteases

Enzyme	Hydrolysis time (hrs)				
	0	1	2	3	4
Alcalase	0.03±0.002 ^e	1.23±0.02 ^d	1.35±0.01 ^c	1.48±0.01 ^b	1.61±0.01 ^a
Flavourzyme	0.03±0.002 ^e	1.10±0.02 ^d	1.25±0.02 ^c	1.39±0.02 ^b	1.51±0.02 ^a
Neutrase	0.03±0.002 ^d	1.06±0.02 ^c	1.19±0.03 ^b	1.23±0.06 ^b	1.40±0.04 ^a
Proptamex	0.03±0.002 ^d	1.14±0.02 ^c	1.30±0.01 ^b	1.46±0.02 ^b	1.55±0.02 ^a

Data are indicated as mean ± S.E.M. of the results obtained from 3 independent experiments (p<0.05).
^{a-c} Means with the different letter in same column are significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

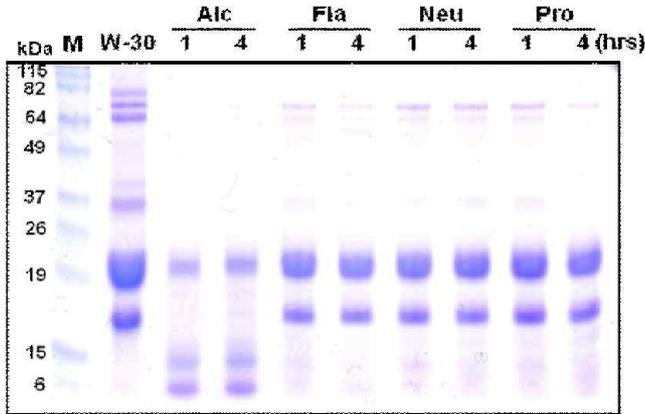


Fig. 1. SDS-PAGE analysis of WPC-30 hydrolysates. WPC-30 was hydrolyzed with protease for 1 or 4 hours at 45°C and then loaded onto 14% (w/v) polyacrylamide SDS-PAGE. The proteins were visualized with Coomassie Blue R250. M indicates molecular weight marker; W-30, spray dried WPC-30; Alc, Alcalase; Fla, Flavourzyme; Neu, Neutrase; Pro, Protamex.

β -lactoglobulin과 그 아래의 α -lactalbumin이 분해된 결과에서 보여주는 것처럼 alcalase로 4시간 처리했을 때 가장 높은 가수분해율을 나타내는 것으로 확인되었다. 이들 결과들은 TNBS 분석에 의한 단백질 가수분해도를 확인시켜 주었다.

(3) 거품 생성능

WPC-30의 효소적 가수분해가 거품 생성능에 미치는 영향은 Table 4가 나타내고 있다. 거품생성능은 flavourzyme에서 $135.3 \pm 1.00\%$ 로 가장 높게 관측되었고 protamex에서 $106.9 \pm 0.08\%$ 로 가장 낮게 나타났다 시간이 경과함에 따라 모든 효소들은 거의 비슷한 결과를 나타내었다. 효소가수분해결과로서 거품생성능 증가는 다른 연구에서도 보고되었다(Gauthier 등, 1993). 가수분해 반응시간에 따른 거품 생성능의 증가는 단백질의 가수분해율이 증가함에 따라 작은 분자인 펩타이드와 아미노산의 방출이 증가하기 때문으로 사료된다. 실제로 유청의 저분자 펩타이드들은 고분자의 단백질보다 수분 경계면에 신속히 확산되어 기포의 형성을 증가시키는 것으로 알려져 있다(Turgeon 등, 1992).

(4) 용해도

가수분해물의 용해도를 pH별로 측정된 결과는 Table 5와 같다. WPC-30 가수분해물의 pH 변화에 따른 용해도를 측정된 결과 protamex의 가수분해물이 모든 pH 영역에서 가장 높은 용해도를 나타내었다. 또한 모든 효소의 가수분해물에서 pH가 산성쪽에서 알칼리쪽으로 변화함에 따라 용해도가 현저히 증가하였으며 특히 알칼리쪽으로 변화하였을 경우에는 약 97~99% 내외의 높은 용해도를 보였다. 이러한 단백질이 가수분해됨으로써 NH_4^+ 나 CO_2^- 와 같은 극성기가 노출되어 부분적으로 전하를 띠는 물 분자와의 결합이 증가하였기 때문으로 사료된다. 효소 처리한 여러 종류의 단백질원에서 용해도의 증가는 다른 연구에서도 확인되었다(Kester

Table 3. The change of hydrolysis degree in WPC-30 hydrolyzed with proteases

(%)

Enzyme	Hydrolysis time (hrs)			
	1	2	3	4
Alcalase	2.40±0.02 ^d	2.64±0.05 ^c	2.90±0.05 ^b	3.16±0.03 ^a
Flavourzyme	2.14±0.02 ^d	2.46±0.05 ^c	2.66±0.03 ^d	2.96±0.05 ^a
Neutrase	2.06±0.02 ^d	2.32±0.04 ^c	2.40±0.05 ^b	2.74±0.05 ^a
Proptamex	2.22±0.13 ^c	2.54±0.08 ^b	2.86±0.03 ^a	3.06±0.04 ^a

Data are indicated as mean ± S.E.M. of the results obtained from 3 independent experiments ($p < 0.05$).

^{a-d} Means with the different letter in same column are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

Table 4. Foaming capacity of WPC-30 hydrolysates

(%)

Enzyme	Hydrolysis time (hrs)				
	0	1	2	3	4
Alcalase	108.0±1.00 ^d	110.3±1.75 ^c	111.3±0.75 ^{bc}	112.6±0.90 ^{ba}	113.6±1.18 ^a
Flavourzyme	108.0±1.00 ^b	132.5±4.63 ^a	133.5±3.02 ^a	134.5±1.75 ^a	135.3±1.00 ^a
Neutrase	108.0±1.00 ^b	113.0±4.36 ^{ba}	113.2±3.02 ^{ca}	115.0±1.75 ^a	118.0±1.00 ^a
Proptamex	108.0±1.00 ^a	105.2±0.74 ^b	106.1±0.34 ^{ba}	106.5±0.06 ^{ba}	106.9±0.08 ^{ba}

Data are indicated as mean ± S.E.M. of the results obtained from 3 independent experiments ($p < 0.05$).

^{a-d} Means with the different letter in same column are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

Table 5. Solubility of WPC-30 hydrolysates

(%)

Enzyme	pH				
	2	4	6	8	10
Alcalase	87.89±0.03 ^a	88.51±1.75 ^a	98.73±0.26 ^a	98.59±0.26 ^a	97.97±0.25 ^a
Flavourzyme	92.04±0.30 ^b	92.55±1.61 ^a	95.80±0.58 ^a	97.72±1.78 ^a	97.94±0.27 ^b
Neutrase	94.04±0.30 ^b	93.25±1.61 ^a	97.80±0.58 ^a	96.72±1.78 ^a	97.94±0.27 ^b
Proptamex	95.79±0.47 ^c	95.77±0.01 ^b	99.11±0.39 ^{cb}	98.74±0.71 ^a	99.34±0.22 ^b

Data are indicated as mean ± S.E.M. of the results obtained from 3 independent experiments ($p < 0.05$).^{a-c} Means with the different letter in same column are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

Table 6. The sensory evaluation scores of bitterness of WPC-30 hydrolysates

Enzyme	Hydrolysis time (hrs)				
	0	1	2	3	4
Alcalase	2.0±0.17 ^d	2.9±0.20 ^c	3.5±0.53 ^{bc}	4.2±0.20 ^b	5.5±0.26 ^a
Flavourzyme	2.0±0.17 ^d	2.7±0.26 ^d	3.8±0.26 ^c	5.7±0.26 ^b	7.4±0.26 ^a
Neutrase	2.0±0.17 ^d	2.5±0.10 ^d	3.2±0.10 ^c	4.2±0.10 ^b	5.1±0.50 ^a
Proptamex	2.0±0.17 ^d	3.2±0.17 ^c	3.9±0.20 ^b	4.5±0.26 ^b	5.8±0.36 ^a

Data are indicated as mean ± S.E.M. of the results obtained from 3 independent experiments ($p < 0.05$).^{a-c} Means with the different letter in same column are significantly different by Duncan's multiple range test ($p < 0.05$).

and Richardson, 1984).

(5) 관능검사

WPC-30 가수분해물에 대한 가수분해 중 식품에 영향을 끼칠 수 있는 쓴맛의 변화는 Table 6과 같다. 가수분해 시간이 늘어남에 따라 쓴맛은 모든 처리군에서 점진적으로 증가하였으며 가장 쓴맛이 큰 처리군은 Flavourzyme 처리군이었으며, Neutrase 처리군이 가장 적게 나타났다. 가수분해물의 쓴맛 증가는 가수분해에 따른 단백질의 구상구조의 파괴로 인해 쓴맛을 나타내는 소수성의 아미노산들이 다수 노출되기 때문이라고 사료된다 (Matoba와 Hata, 1972). 이러한 가수분해에 따른 쓴맛의 증가는 WPC-30 가수분해물을 식품첨가물로 이용할 때 커다란 단점이 될 수 있다. 따라서 井澤 (1999)의 보고와 같이 쓴맛 펩타이드의 소수성을 이용한 butanol 추출, 소수성 수지를 이용한 제거, 사이클로덱스트린, 폴리인산염, 글루타민산, 아스파라긴산의 첨가 등의 복합적인 방법으로 가수분해물의 쓴맛을 제거할 필요성이 요구되어진다. 이와 같이 가수분해는 pH, 용해성, 거품생성능, 쓴맛에 큰 영향을 끼치므로 WPC를 소재로서 사용하는 식품의 종류에 따라 제어할 필요가 있다.

요 약

유청단백질농축물(WPC)은 풍부한 단백질 및 다양한 생리활성 물질들을 함유하고 있으므로 식품의 단백질 보충 및 건강 기능성 향상을 위해 식품산업에서 널리 사용되고 있는 유용한 식품소재 중

에 하나이다. 본 연구는 유용 기능성 식품소재로 활용이 가능한 유청단백질의 산업화와 관련된 사항들을 조사하고자 수행하였다. 한 외여과를 이용한 WPC 제조과정에서 WPC-30을 포함한 한외여과기의 국산화 가능성을 확인했다.

한외여과, 분무건조 및 단백질분해 효소를 이용하여 제조한 WPC-30 가수분해물의 이화학적, 기능성을 검토한 결과 단백질 가수분해능 및 관능성에 대한 평가는 alcalase 처리했을 때 가장 높은 것으로 나타났으며 거품 형성능은 flavourzyme 처리한 WPC-30 가수분해물에서 가장 높은 결과를 보였다. 또한 다양한 pH조건에서의 단백질의 용해도를 측정된 결과, protamex 처리한 WPC-30 가수분해물에서 가장 높은 용해도를 나타내었다. 그러나 모든 WPC-30 가수분해물의 용해도는 알카리 조건에서는 유의적으로 개선되는 효과를 보였다. 이들 결과들을 총체적으로 검토한 결과, 효소를 이용한 유청단백질의 가수분해는 알카리조건에서 alcalase를 사용하는 것이 가장 효과적일 것으로 나타났다.

사 사

이 논문은 2007학년도 건국대학교의 지원에 의하여 연구되었음.

인 용 문 헌

Abubakar, A., Saito, T., Kitazawa, H., Kawai Y. and Itoh, T. 1998. Structure analysis of new antihypertensive peptides derived from

- cheese whey protein by proteinase K digestion. *J. Dairy Sci.* 81: 3131-3138.
- ADLER-NISSEN, J. 1986. *Enzymatic hydrolysis of food proteins.* Elsevier Applied Sci. pub. New York.
- Alder-Nissen, J. 1979. Determination of the degree of hydrolysis of food protein hydrolytes by trinitrobenzene-sulfonic acid. *J. Agr. Food Chem.* 27:1256-1262.
- Bayram, T., Pekmez, M., Arda, N. and Yalçın A. S. 2008. Antioxidant activity of whey protein fractions isolated by gel exclusion chromatography and protease treatment. *Talanta.* 75(3): 705-709.
- Beaulieu, J., Dubuc, R., Beaudet, N., Dupont, C. and Lemieux P. 2007. Immunomodulation by a malleable matrix composed of fermented whey proteins and lactic acid bacteria. *J. Med. Food.* 10(1):67-72.
- Beuchart, L. R. 1977. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour proteins. *J. Agri. Food Chem.* 25: 258.
- Bucci, L. R. and Unlu, L. 2000. Proteins and amino acids in exercise and sport. In: *Energy-yielding macronutrients and energy metabolism in sports nutrition.* Driskell, J. and Wolinsky, I. Eds. CRC Press. Boca Raton FL, 197-200.
- Gauthier, S. F., Paquin, P., Pouliot, Y. and Turgeon, S. 1993. Surface Activity and Related Functional Properties of Peptides Obtained from Whey Proteins. *J. Dairy Sci.* 76:321-328.
- Jayaprakasha, H. M. and Yoon, Y. C. 2005. Characterization of physicochemical and functional behavior of enzymatically modified spray dried whey protein concentrate. *Milchwissenschaft* 60(3): 305-309.
- Kester, J. J. and Richardson, T. 1984. Modification of Whey Proteins to Improve Functionality. *J. Dairy Sci* 67:1387-1393.
- Lands, L. C., Grey, V. L. and Smountas, A. A. 1999. Effect of supplementation with a cysteine donor on muscular performance. *J. Appl. Physiol.* 87:1381-1385.
- Matoba, T. and Hata, T. 1972. Relationship between bitterness of peptides and their chemical structure. *Agri. Bio. Chem.* 36:1423.
- McSweeney, P. L. H., Olson, N. F., Fox, P. F., Healy, A. and Hojrup, P. 1993. Proteolytic specificity of bovine α_{S1} -casein. *Food Biotechnol.* 7(2):143-158.
- Meilgaard, M., Civille, G. V. and Carr, B. T. 1987. *Sensory Evaluation Techniques.* CRC Press, Inc. Florida.
- Morr, C. V., German, B., Kinsella, J. E., Regenstein, J. M., van Buren, J. P., Kilara, A., Lewis, B. A. and Mangino, M. E. 1985. A collaborative study to develop a standardized food protein solubility procedure. *J. Food Sci.* 50:1715-1718.
- Murakami, M., Tonouchi, H., Takahashi, R., Kitazawa, H., Kawai, Y., Negishi, H. and Saito, T. 2004. Structural analysis of a new anti-hypertensive peptide (beta-lactosin B) isolated from a commercial whey product. *J Dairy Sci.* 87(7):1967-1974.
- Phillips, R. D. and Beuchat, L. R. 1981. *Protein functionality in food systems* (Ed. J. P. Cherry) American Chemical Society, Symposium Series 147, Washington, DC.
- Pihlanto-Leppälä, A., Rokka, T. and Korhonen, H. 1990. Angiotensin-I converting enzyme inhibitory peptides derived from bovine milk proteins. *Int. Dairy J.* 8:325.
- Renner, E. and Abd-EL-Salam. 1991. *Application of Ultrafiltration in the Dairy Industry.* Elsevier Applied Science, London.
- Saito, T. 2008. Antihypertensive peptides derived from bovine casein and whey proteins. *Adv. Exp. Med. Biol.* 606:295-317.
- Tseng, Y. M., Chen, S. Y., Chen, C. H., Jin, Y. R., Tsai, S. M., Chen, I. J., Lee, J. H., Chiu, C. C. and Tsai, L. Y. 2008. Effects of alcohol-induced human peripheral blood mononuclear cell (PBMC) pretreated whey protein concentrate (WPC) on oxidative damage. *J Agric Food Chem.* 56(17):8141-8147.
- Turgeon, S. F., Gauthier, P. and Paquin, P. 1992. Emulsifying property of whey peptide fractions as a function of pH and ionic strength. *J. Food Sci.* 57(3):601-604.
- Wu, G., Fang, Y., Yang, S., Lupton, J. R. and Turner N. D. 2004. Glutathione metabolism and its implications for health. *J. Nutr.* 134:489-492.
- 김상범. 2003. Cheese whey orotein의 효소적 가수분해물에서 유래된 calcium binding peptides 분리 및 특성에 관한 연구. 경상대학교 박사학위 논문.
- 유성호. 2009. 치즈유청단백질 가수분해물의 생산 및 생리활성 펩타이드를 함유하는 건강음료 개발에 관한 연구. 건국대학교 박사학위 논문.
- 이건봉. 2005. Sodium caseinate 가수분해물의 특성과 anogiotensin-I converting enzyme 저해효과에 관한 연구. 건국대학교 박사학위 논문.
- 井澤登. 1999. 단백질가수분해물의 고미의 제거법. *일본식품과학회지.* 46 (8):501-507.
- (접수일자 : 2010. 3. 3 / 수정일자: 2010. 10. 11 / 채택일자 : 2010. 10. 15)