



Enzyme Modified Cheese(EMC)의 효소체계 및 생화학적 특성에 대한 고찰

전 우 민

삼육대학교 동물과학부

The Review on the Enzyme System and Biochemical Properties of Enzyme Modified Cheese(EMC)

Woo Min Jeon

Division of Animal Science, Shamyook University, Seoul 139-742, Korea

ABSTRACT

EMC have a similar enzymatic reaction to cheese, but the EMC produce the stronger flavors than cheese by much more enzymatic reaction. It is important to find appropriate enzyme in order to develop these kind of superior EMC. Calf PGE is more suitable than that of kid and lamb to develop the mild cheese flavors. Especially, it was known that animal esterase and peptidase were more benefit than microbial enzyme for Cheddar cheese flavors. On the Cheddar and Swiss cheese, EMC flavors were much more 3 times than the cheese flavors. In the ratio of each component, butyric acid, myristic acid, palmitic acid and oleic acid were high in free fatty acid, and glutamic acid, valine, leucine and lysine were high in free amino acid of the Cheddar EMC.

Keywords : EMC, enzyme modified cheese, cheese flavor, imitation cheese

서 론

식생활의 서구화에 의하여 유제품의 소비가 꾸준히 증가하고 있으며, 특히 치즈 제품의 소비는 더욱더 신속히 증가하고 있는 실정이다. 또한, 치즈의 독특한 향에 대한 기호성이 증가함으로 치즈 케익, 치즈향 스넥 등 치즈의 맛이 나는 식품에 대한 인기가 높아지므로 이에 대한 시장이 매우 커질 것으로 예상된다.

이러한 소비자의 요구에 따라 경제적이며, 저지방의 치즈 풍미 제품인 EMC가 제조되기 시작하였으며, 그 기술은 점차 발전하고 있는 추세이다.

특히 우리나라처럼 원유의 가격이 국제 시세에 비하여 높

고, 치즈 제조 산업이 국제 경쟁에 취약한 나라에서는 이러한 EMC의 개발이야말로 국제 사회에 함께 경쟁할 수 있는 치즈 산업 분야라 할 수 있다(전우민, 2002, 2003).

또한 최근 식품산업은 웰빙식품을 선호하는 경향이 짙어지고 있으며, 식이가 건강에 중요한 영향을 미친다는 인식이 소비자 사이에 확산되고 있다. 따라서 지방함량이 많은 치즈의 소비를 기피하는 경향이 있고, 식품 전반에 걸쳐 지방이나 당을 줄이고 섬유소를 높이려는 쪽으로 진행되고 있기 때문에 EMC의 생산 기술과 제조는 미래 치즈 식품 산업에 중요한 부분이 될 것이다.

특히 EMC의 제조는 효소에 의한 새로운 물질의 생성이 많이 일어나므로 최근 관심을 보이고 있는 기능성 제품의 생산과도 밀접한 관계가 있다고 할 수 있다.

EMC는 농축된 치즈 풍미 제품이며, 유제품으로부터 효소적 공정에 의하여 생산되는데, 대부분 EMC는 숙성시키지

* Corresponding author: Woo Min Jeon, Divion of Animal Science, Shamyook University, 26-21 Gongnung-Dong, Nowon-Ku, Seoul 139-742, Korea. Tel: +82-2-3399-1752, E-mail: jeonwm@syu.ac.kr

않은 치즈 페이스트로 제조되며, 저지방 식품의 생산에 많이 이용된다(West, 1996; Kilcawley 등, 1998).

Noronha 등(2008)은 치즈 제품의 풍미 기준 물질로는 낙산(butanoic acid)을 이용하는 경우가 흔히 있으며, 총 유리지방산이 28%인 중간분해 EMC를 첨가함으로써 치즈 풍미가 현저하게 향상된다고 보고하였다.

특히 우리나라처럼 원유의 가격이 비싸서 전통 자연치즈의 생산이 국제 경쟁력을 갖기 어려운 현실에서 EMC의 개발은 매우 필요한 연구 영역이라 할 수 있다. 또한, 수입 분유 및 재고 분유의 처리를 위한 EMC 개념의 분유 치즈 개발도 현실적으로 필요한 과제라 사료된다.

본 연구는 이러한 EMC의 효소 체계에 대하여 고찰하므로 EMC의 제조에 대한 중요성과 생화학적인 난제를 제시함으로써 현재 우리나라에서 진행되고 있는 이 분야 연구에 기초자료를 제공함을 물론 앞으로 EMC 제조산업이 나아가야 할 방향을 제시하고자 한다.

EMC의 효소체계

일반적으로 제조되는 치즈나 EMC의 경우 여러 가지 단백질 분해효소에 의하여 영향을 받게 되며, 이들 효소의 종류와 특성에 따라 맛과 조직에 상당한 차이가 발생한다. 따라서 이들 단백질 분해 메카니즘을 분류하여 이들의 작용을 응용한다면 더욱 우수한 숙성치즈나 EMC의 개발에 도움이 될 수 있다. 그러므로 치즈나 EMC의 단백질 분해과정을 분류한 것은 <Table 1>과 같으며, 모두 5개의 그룹으로 나눌 수 있다.

이러한 단백질 분해 작용 중 plasmin은 원유 속에 들어 있던 효소이며, 내열성 효소들만이 살균 후에도 잔존하여 작용하는 것이다. 이에 비하여 II 그룹부터 V 그룹까지는 외부에서 첨가된 것인데, chymosin은 치즈 제조를 위하여 응유 단계에 첨가된 것이며, 이때 소량의 pepsin도 함께 존재하여 작용하게 된다.

치즈의 숙성 중 가장 강력한 단백질 분해 작용은 역시 스타터 미생물이며, 스타터의 선정과 관리는 치즈 제조 시 매우 중요한 것이고 치즈의 품질에 결정적인 영향을 미치고 있다. 그 외에도 공기나 물에 의하여 자연발생적으로 오염

되는 소량의 세균에 의한 효소가 작용하지만 이는 매우 미미하고 오히려 효모, propionic acid bacteria, 곰팡이 등의 첨가 미생물에 의한 분해 작용이 매우 강력하게 작용한다(Sood 등, 1979; Watkinson 등, 2001; Kilcawley 등, 2002).

EMC에 있어서 작용하는 효소를 자원별, 작용부위별, 기능별로 분류한 것은 <Table 2>에 나타난 것과 같다. 이러한 효소는 우선 동물성, 식물성, 미생물 등으로 분류할 수 있으며, 이들에 의하여 작용하는 효소는 세포내 효소와 세포외 효소로 구분할 수 있다. 또한, 효소가 작용하는 아미노산에 따라서도 serine proteinase나 glutaminase 등으로 분류되고, 이들의 기능도 단백질에 작용하는 것과 peptide에 작용하는 것 등 분류되는 데, proteinase의 경우 peptidase보다 고미성분을 더 많이 생성하는 것으로 알려지고 있다. 또한, lipase와 esterase도 지방분해에 관여하는데, lipase에 비하여 esterase가 탄소수가 작은 저급지방산의 분해에 관여하는 것으로 알려지고 있다. 이러한 효소의 작용은 동종의 효소일지라도 출처에 따라 차이가 있으며, 효소들 간의 배합도 매우 중요하다.

<Table 2>에서 본 것처럼 효소의 출처도 다양하지만 같은 종류의 효소라 할지라도 효소의 출처에 따라 그들의 작용은 다소 다르며, 특히 많이 사용되는 pre-gastric esterase(PGE)의 경우 동물에 따라 효소작용의 다른 것이 <Table 3>에 나타나 있다.

<Table 3>에 나타난 것처럼 송아지 PGE는 버터향이나 약한 후추향이 생기며, 어린 염소로부터 추출된 PGE는 "piccante"라는 후추향이 강한 풍미가 발생하는 데 비하여 어린 양에 의하여 추출한 PGE는 "pecorino"라는 더러운 양털 냄새와 같은 불쾌한 풍미를 발생하게 된다(Mann, 1981; Mounsey 등, 1999; Moskowitiz 등, 1987).

현재까지 주로 사용하는 각종 효소들에 대한 작용을 간단

Table 1. The main proteolytic agents in cheese and EMC

Group	Proteolytic agent	Source
I	Plasmin	Indigenous milk proteinase
II	Chymosin	Rennet substitutes
III	Starter proteinase and peptidase	Lysed starter cell
IV	Other enzyme	Nonstarter bacteria
V	Other enzyme	Secondary micro-organism

Table 2. The classification of enzyme in EMC

Function	Classification
Source	Animal, plant, microbial
Catalytic action	Endopeptidase, exopeptidase(aminopeptidase, carboxypeptidase)
Catalytic site	Serine proteinase, glutaminase
Enzyme function	Proteinase, peptidase, lipase, esterase

Table 3. The properties of PGE(pre-gastric esterase) on short chain FFA

Source	Properties
Calf PGE	Buttery and slightly pepper flavour
Kid PGE	Sharp peppery flavour(piccante)
Lamb PGE	Dirty sock flavour(pecorino)

Table 4. Enzyme and cheese flavour on the preparation of EMC

Enzyme system	Cheese flavour
Decarboxylases	Chemical flavour
Microbial acid proteases	Bitterness
Neutral protease	Increased flavour
Animal esterase	Cheddar flavour
Lipase	Nonspecific flavour and rancidity
Peptidases	Cheddar flavour

히 요약한 것은 <Table 4>와 같다. Decarboxylase는 화학물 질 향이 발생하고 미생물에서 추출되는 산성 단백질 분해효소는 고미성분이 발생하여 쓴맛이 강한 치즈가 된다. 이에 비하여 중성단백질 분해효소가 치즈향을 강하게 만들어 주며, 동물성 esterase는 체다치즈 풍미를 발생한다. Lipase는 산패취와 같은 불쾌취를 생성하게 되고, peptidase는 동물성 esterase와 마찬가지로 체다치즈 풍미를 생성하게 된다(Kilcawley 등, 2000; Fox, 1989; Hulin-Bertaud 등, 2000; Ziezak, 1986).

EMC의 특성

EMC의 제조 시 생성되는 비단백태 질소의 함량은 풍미를 비교할 수 있는 대표적인 성분 중의 하나이며, 가장 대표적인 세 종류의 치즈를 비교하여 본 결과는 <Table 5>와 같다.

체다치즈, 스위스치즈, 블루치즈의 경우, 비단백태 질소 화합물의 함량이 각각 6.4, 6.7, 18.1 mg/g인데 비하여 EMC는 16.7, 17.6, 20.7로 최소한 2배 이상 많은 것으로 보고되고 있으며, 푸른 곰팡이에 의하여 심하게 발효되는 블루치즈는 치즈에도 상당히 많은 양의 비단백태 질소가 있는 것으로 나타났다. 치즈 풍미와 EMC의 풍미를 비교할 때 블루치즈처럼 곰팡이에 의하여 발효가 많이 진행되는 치즈의 경우에 치즈 풍미와 가장 흡사한 EMC의 제조가 가능한 것으로 보고되고 있다(Wijesundera와 Drury, 1999; Nandakumar 등, 2003; Revah와 Lebeaut, 1989).

일반적인 체다 EMC와 스위스 EMC의 유리지방산 조성을 비교한 것은 <Table 6>에 잘 나타나 있다. 두 종류의 EMC 간에 차이를 요약해 보면, 스위스 EMC에 풍부한 propionic

Table 5. The content of the nonprotein nitrogen from several cheese and enzyme modified cheese

Cheese type	Nonprotein nitrogen(mg/g)	
	Cheese	Enzyme modified cheese
Cheddar cheese	6.4	16.7
Swiss cheese	6.7	17.6
Blue cheese	18.1	20.7

Table 6. Free fatty acid composition of enzyme modified cheese*

Fatty acid	EMC Swiss	EMC Cheddar
	- (mol/100 g dry weight) -	
Acetic	76.7	63.3
Propionic	89.2	-
Butyric	69.0	169.1
Caproic	12.1	34.0
Caprylic	11.1	21.1
Capric	21.8	52.1
Lauric	18.8	51.6
Myristic	44.7	137.0
Palmitic	124.2	285.5
Stearic	48.4	85.7
Oleic	101.4	210.3
Linoleic	5.4	17.3
Linolenic	7.2	20.1

* From G. J. Moskowitz and S. S. Noelck(1987).

acid가 체다 EMC에는 거의 없는 것으로 나타났으며, acetic acid 외에는 체다 EMC가 스위스 EMC에 비하여 비교적 많은 것으로 나타났다. 하지만 이러한 함량의 차이는 EMC의 숙성 정도에 의한 차이로 풍미의 강도에 영향을 줄 뿐 종류에는 관계가 없으며, EMC 간의 차이는 지방산 성분 간의 차이에 의하여 좌우되게 된다. 특히 체다의 경우 butyric acid가 많은 것이 특징이라 할 수 있으며, linolenic acid나 linoleic acid의 함량도 전체적으로는 적지만, 스위스 EMC에 비하여 체다 EMC에 상대적으로 많은 것으로 나타났다(Kilcawley 등, 2001; Aston과 Dully, 1982; Cliffe 및 Law, 1990).

한편, Kilcawley 등(2006)에 의하여 제조된 체다 EMC와 시판되는 체다 EMC의 아미노산 조성을 살펴보면 <Table 7>과 같다.

Kilcawley 등에 의하여 제조된 EMC는 시판되는 EMC에 비하여 전반적으로 아미노산의 함량이 적은 것으로 나타났으며, 총 함량도 23,989 $\mu\text{g/g}$ 에 비하여 42,916 $\mu\text{g/g}$ 으로 2배 가까운 차이를 나타내었다. 한편, Kilcawley 등에 의하여 제조된 EMC는 serine, glutamic acid, proline, glycine, alanine 등에서 상대적인 함량이 적은 것으로 나타났으며, 특히 시판 EMC의 경우 glutamic acid의 함량이 유난히 많은 것은 특이한 효소에 의한 분해일 수도 있으나, Kilcawley 등(2000)의 보고에 의하면 monosodium glutamate나 효모추출물의 첨가로 인한 것일 수도 있다.

따라서 앞으로도 각종 치즈의 독특한 풍미에 영향을 주는 특정 성분이 무엇인지 구명하여 더욱 원래 치즈 풍미에 가까운 EMC의 제조가 될 수 있도록 많은 연구가 필요하다고

Table 7. Individual free amino acid content of the EMC products* and commercial Cheddar EMC**

Amino acid	EMC products*	EMC Cheddar
- ($\mu\text{g/g}$ on a dry weight basis) -		
Aspartic acid	474	941
Threonine	855	1,459
Serine	397	1,556
Glutamic acid	1,984	8,155
Proline	313	2,291
Glycine	167	722
Alanine	593	1,778
Cysteine	946	810
Valine	3,199	4,529
Methionine	1,306	1,814
Isoleucine	1,109	2,543
Leucine	5,509	6,480
Phenylalanine	2,488	2,659
Histidine	2,003	1,859
Lysine	2,646	5,320
Total	23,989	42,916

* The EMC products were prepared by Kilcawley *et al.*(2006).

** From K. N. Kilcawley *et al.*(2006).

할 수 있다.

요 약

EMC는 치즈와 유사한 효소작용은 거치게 되지만 치즈에 비하여 더 많은 효소작용에 의하여 더욱 강력한 풍미를 생산하게 된다. 이러한 우수한 EMC의 개발을 위하여 적합한 효소를 찾아내는 것은 중요한 과제이다. 심지어 동일한 PGE도 송아지의 것이 어린 염소나 어린 양의 것에 비하여 더 부드러운 맛을 생산할 수 있다. 특히 체다치즈의 풍미를 위하여는 미생물효소보다 동물성 esterase나 peptides가 유리한 것으로 알려지고 있으며, 체다치즈나 스위스치즈의 경우 비단백질 질소화합물의 양도 EMC가 치즈에 비하여 3배 가까이 많았다. 체다 EMC의 성분 비율에서도 유리지방산에는 butyric acid, myristic acid, palmitic acid와 oleic acid가 많았고, 유리아미노산에는 glutamic acid, valine, leucine과 lysine이 많은 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Aston, J. W. and Dully, J. R. 1982. Cheddar cheese flavour. *Australian J. of Dairy Technology.* 37:59-64.

- Buhler, T. J. 1995. Enzyme modified cheese made better. *Food Technology Europe.* 2:113-115.
- Cliffe, A. J. and Law, B. A. 1990. Peptide composition of enzyme treated Cheddar cheese slurries, determined by reverse-phase high performance liquid chromatography. *Food Chemistry.* 36:73-80.
- Ziezak, J. D. 1986. Enzyme modification of dairy products. *Food Technology.* 40:114-120.
- Farkye, N. Y., Madkor, S. A. and Atkins, H. G. 1995. Proteolytic abilities of some lactic acid bacteria in a model cheese system. *Int. Dairy. J.* 5:715-725.
- Fox, P. F. 1989. Proteolysis during cheese manufacture and ripening. *J. of Dairy Sci.* 72:1379-1400.
- Fox, P. F. and Stepaniak, L. 1993. Enzymes in cheese technology. *Int. Dairy J.* 3:509-530.
- Hulin-Bertaud, S., Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G. and Delahunty, C. M. 2000. Sensory and compositional relationships between commercial Cheddar-flavored enzyme-modified cheeses and natural Cheddar cheeses. *J. of Food Science.* 65:1076-1082.
- Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G. and Fox, P. F. 1998. Review: Enzyme modified cheese. *Int. Dairy J.* 8:1-10.
- Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G. and Fox, P. F. 2000. A survey of the composition and proteolytic indices of commercial enzyme modified cheese. *International Dairy J.* 10:181-190.
- Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G. and Fox, P. F. 2001. A survey of the lipolytic and glycolytic end-products in commercial Cheddar enzyme modified cheese. *J. Dairy Sci.* 84:66-73.
- Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G. and Fox, P. F. 2002a. Properties of commercial microbial proteinase preparations. *Food Biotechnology.* 16:29-55.
- Kilcawley, K. N., Wilkinson, M. G. and Fox, P. F. 2002b. Determination of key enzyme activities in commercial peptidase and lipase preparations from microbial or animal sources. *Enzyme Microbial Technology.* 31:310-320.
- Lee, Y. B. and Rickarsrud, D. A. 1979. Enhancement of Italian cheese flavour with microbial and calf pregastric esterases. *Korean J. of Animal. Sci.* 21:371-376.
- Mann, J. E. 1981. Processed cheese. *Dairy Industries International* 58:13-14.
- Mounsey, J. S. and O'Riordan, E. D. 1999. Empirical and dynamic rheological data correlation to characterize melt characteristics of imitation cheese. *J. of Food Science.* 64:

- 701-703.
17. Moskowitz, G. J. and Noelck, S. S. 1987. Enzyme modified cheese technology. *J. Dairy Sci.* 70:1761-1769.
 18. Nandakumar, R., Yoshimune, K., Mamoru Wakayama, M. and Moriguchi, M. 2003. Microbial glutaminase: biochemistry, molecular approaches and applications in the food industry. *J. of Molecular Catalysis B. Enzymatic.* 23:87-100.
 19. Noronha, N., Cronin, D. A., O'Riordan, E. D. and O'Sullivan, M. 2008. Flavouring of imitation cheese with enzyme modified cheeses(EMCs): Sensory impact and measurement of aroma active short chain fatty acids(SCFAs). *Food Chemistry.* 106:905-913.
 20. Noronha, N., Cronin, D., O'Riordan, D. and O'Sullivan, M. 2008. Flavouring reduced fat high fibre cheese products with enzyme modified cheeses. *Food Chemistry* 110:973-978.
 21. Noronha, N., O'Riordan, E. D. and O'Sullivan, M. 2007. Replacement of fat with functional fibre in imitation cheese. *Int. Dairy J.* 17:1073-1082.
 22. Pastorino, A. J., Hansen, C. L. and McMahon, D. J. 2003. Effect of pH on the chemical composition and structure function relationships of Cheddar cheese. *J. of Dairy Sci.* 81(Suppl. 1):13(abstract).
 23. Revah, S. and Lebeault, J. M. 1989. Accelerated production of blue cheese flavours by fermentation on granular curds with lipase addition. *Lait* 69:281-289.
 24. Seitz, E. W. Microbial and enzyme-induced flavors in dairy foods. 1990. *J. Dairy Sci.* 73:3664-3691.
 25. Sood, V. K. and Kosikowski, F. V. 1979. Ripening changes and flavour development in microbial enzyme treated cheddar cheese slurries. *J. of Food Science.* 44:1690-1694.
 26. Talbott, L. T. and McCord, C. 1981. The use of enzyme modified cheeses for flavouring processed cheese products. Paper presented at the 2nd Biennial Marshall International Cheese Conference, Madison, WI, pp.81-92.
 27. Watkinson, P., Coker, C., Crawford, R., Dodds, C., Johnston, K., McKenna, A. and White, N. 2001. Effect of cheese pH and ripening time on model cheese textural properties and proteolysis. *International Dairy J.* 11:455-464.
 28. Wijesundera, C. and Drury, L. 1999. Role of milk fat in production of Cheddar cheese. flavour using a fat-substituted cheese model. *Australian J. of Dairy Technology.* 54:28-35.
 29. West, S. 1996. Flavour production with enzymes. In 2nd edn., T. Godfrey and S. West. *Industrial Enzymology*, pp 211-214. London: Macmillan.
 30. 서형주, 홍재훈, 손종연. 1996. Enzyme modified cheese의 숙성도 및 기능성 평가. *한국식품영양학회지.* 9:143-150.
 31. 전우민, 한경식. 2003. 치즈 풍미성분의 형성과 EMC 제조 기술. *한국유가공기술과학회지.* 21:88-96.
 32. 전우민. 2002. EMC의 제조기술과 응용. *한국유가공기술과학회지* 20:104-109.

(2008년 9월 30일 접수; 2008년 11월 6일 채택)