

이용성 증진을 위한 기능성 우유 및 유제품의 개발

곽 해 수
세종대학교 식품공학과 유가공 연구실

I. 서론

최근에 우유의 생산성은 매년 10%정도로 증가하고 소비는 이를 따르지 못하여 분유의 적재 현상이 일어나고 있는 실정이다. 그래서 유가공업체와 낙농가의 피해가 속출하고 있으며, 낙농업의 위기감마저 느끼게 되었다. 이와 같은 위기를 타개하는 방법으로는 소비자들이 필요로 하는 우유 및 유제품을 개발하는 것이 무엇보다 중요하다. 또한 기능성 우유 및 유제품을 다양하게 개발함으로써 주로 성인층에서 소비의 확대가 가능하도록 유도해야 할 것이다. 또한 잉여 우유가 생산될 경우에 분유를 만들어 저장기간을 6~12개월로 하여 소비를 유도할 수 있지만, 우유의 열처리에 의한 분유의 품질저하가 문제이다. 이를 해결하기 위하여 비열처리 방법인 동결농축과 동결건조를 할 수 있으며, 분유의 품질이 일반우유와 유사하게 되어 환원우유나 분유를 원료로 하는 가공 식품에 효과적으로 사용하므로써 이용성이 증대되며, 이를 사용하는 식품의 품질도 향상시킬 수 있다.

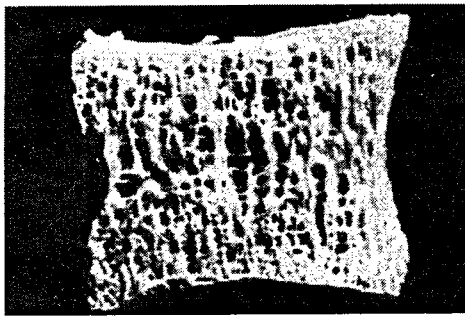
그리고 우유에는 양질의 칼슘이 풍부하여 골다공증 예방에 효과적이지만 폐경기 여성들에게는 여성호르몬인 estrogen의 결핍으로 칼슘이 뼈로 거의 이행될 수 없다. 이를 해결하기 위하여 식물성 estrogen을 우유에 적용시켜 골다공증을 예방하고 치유할 수 있으며, 우유의 소비증진에 도움이 되는 기능성 우유 및 유제품의 개발이 가능할 것이다. 또한 우유에 부족한 무기질 성분, 특히 철분의 강화가 빈혈예방에 효과적이며, 최근에 철분이 우유에 강화될 수 있는 미세캡슐 기술이 확립되었다. 이외에도 셀레늄 등과 같은 무기물도 강화가 가능하다.

동물성 식품, 특히 우유 및 유제품에 내재하는 콜레스테롤을 제거함으로써 성인병인 고혈압, 동맥경화, 관상동맥 경화증과 같은 심장 및 순환계 질환의 예방에 도움이 될 것이다. 또한 콜레스테롤을 제거하고 혈중 콜레스테롤 저하 물질을 첨가한다면 버터, 치즈, 우유 등의 소비가 매우 확대될 것이다.

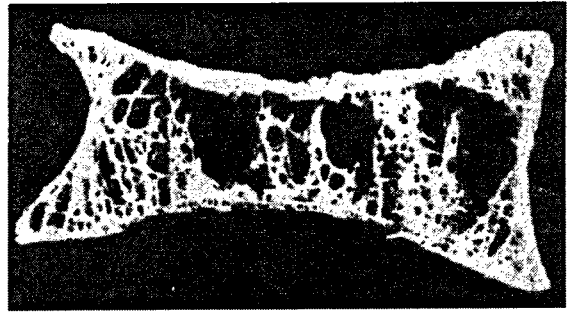
그리고 주로 성인에서 발생하는 유당불내증의 문제도 전세계적으로 풀어야 할 중요한 과제인데, 최근에 미세캡슐 기술을 이용하여 산업화가 가능하게 되었다. 특히 다양한 기능성 우유 및 유제품의 개발품에 미세캡슐효소를 적용한다면, 성인들이 기능성 우유를 소화흡수 시키는데 도움이 될 것이다. 그렇게 하여 우유의 소비층이 확대될 수 있으며 기능성 제품 개발에도 효과적이다. 이에 본고에서는 우유 및 유제품의 이용성을 증진하는 기능성 제품의 개발에 관하여 살펴보고자 한다.

II. 골다공증 예방 및 치유 우유 및 유제품 개발

최근 들어 우리나라의 국민들도 수명이 늘어나면서 노년기 삶의 질이 중요한 관심사로 떠올라서, 많은 학자들이 노화현상에 대한 기전을 밝히려는 노력과 함께 노화로 인해 진전되는 생리적 퇴화를 방지하려는 연구에 관심이 모아지고 있다. 노인 인구 중에서 문제가 되는 것 중의 하나로, 폐경기 이후 여성의 골다공증으로 인한 빈번한 골절 사고를 들 수 있다. 골다공증이란 골밀도가 감소하여 뼈속이 벌집처럼 되는 상태를 말하고(Fig. 1), 이의 원인은 estrogen 감소가 가장 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 그래서 폐경기 여성의 골다공증을 예방하기 위하여 estrogen을 투여하는 것이 일반화 되어 있으나, 유방암, 자궁내막암 등을 유발할 가능성이 있다는 보고가 있어서.



Normal



Osteoporotic

Fig. 1. Normal and osteoporotic human vertebra bone.

estrogen 사용에 대한 논란이 대두되고 있다. 미국 국립보건원(NIH)은 지난 7월 9일 폐경기 이후 노화방지를 위해 복용하는 여성 호르몬 요법이 유방염, 심장발작, 뇌졸중 발병율이 각각 26, 29, 41%로 높기 때문에 임상중이던 16,600명에게 더 이상의 호르몬제 복용을 금지하도록 하고 부작용의 심각성을 발표하였다. 이와 같은 estrogen의 결점을 해결하는 천연물이 다양하게 있지만 그중에 isoflavone이 가장 효과적인 것으로 보고되고 있으며, 이의 내부 성분으로는 genistein, daidzein, formononetin, biochamin A, genistin, daidgin 등이 있으며, 이는 약한 estrogen 활성(1/1,000~1/10,000)을 가지고 있다. 또한 isoflavone은 유방염, 전립선암 등 호르몬 관련 암에 대하여 항암성이 있으며, 특히 genistein은 이들 항암성이 높다. 그래서 isoflavone은 이와 같은 부작용이 없으면서 식품으로 장기 복용 하므로써 골다공증 예방 및 치료가 가능하다.

우유는 소화흡수가 잘되는 칼슘이 풍부한 식품이지만 폐경기 이후의 여성들은 이 칼슘을 소화흡수하지 못하므로 isoflavone을 이용하여 칼슘의 소화흡수가 가능하게 할 수 있다. 그런데 isoflavone을 식품에 직접 첨가할 경우 isoflavone 특유의 색의 변화, 쓴맛, 콩비린내가 발생하며, 우유 본래의 품질을 저하시키고, 또한 수용성 isoflavone

Table 1. Sensory score¹ of microencapsulated water-soluble isoflavone² fortified milk during storage at 4°C for 12 days³.

Sensory description	Condition of fortification	Storage period (day)				
		1	3	6	9	12
Beany flavor	Control	1.0 ^a	1.0 ^a	1.0 ^a	1.0 ^a	1.0 ^a
	Capsulated	2.2 ^c	3.1 ^b	3.9 ^b	4.3 ^{ab}	4.7 ^a
	Uncapsulated	4.3 ^b	3.9 ^c	4.7 ^{ab}	5.4 ^a	5.5 ^a
Bitter	Control	1.0 ^a	1.0 ^a	1.0 ^a	1.0 ^a	1.0 ^a
	Capsulated	1.37 ^a	1.0 ^b	1.6 ^{ab}	2.1 ^a	2.4 ^a
	Uncapsulated	1.5 ^b	1.4 ^b	2.2 ^{ab}	2.6 ^a	2.7 ^a
Color	Control	1.0 ^a	1.0 ^a	1.0 ^a	1.0 ^a	1.0 ^a
	Capsulated	2.6 ^c	2.73 ^c	3.2 ^b	4.7 ^{ab}	5.3 ^a
	Uncapsulated	4.9 ^c	5.3 ^b	5.6 ^a	5.45 ^{ab}	5.9 ^a

¹ The scale of each score; 1=none, 3=slight, 5=moderate, 7=strong, 9=very strong

² Coating material was PGMS.

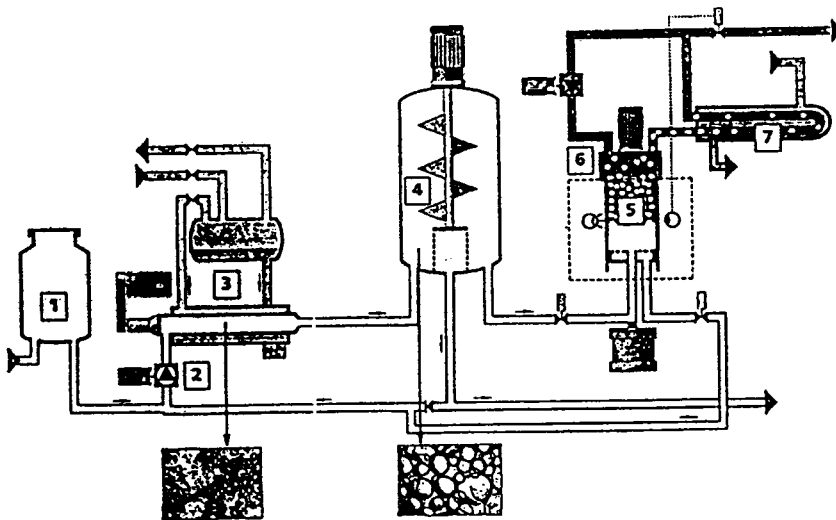
³ Mean of duplicate. Means in a column without the same letter are not significantly different(P <0.05)

의 장내에서 소화흡수가 특히 장년 및 노년층에서 어려운 결점이 있다. 이와 같은 문제를 해결 할 수 있는 방법이 미세캡슐 기술의 이용이며, 본 연구실에서 이를 해결하는 연구가 수행되고 있다. 미세캡슐한 수용성 isoflavone을 우유에 첨가하여 12일간 냉장온도에서 저장하면서 실시한 관능검사의 결과는 Table 1에서와 같다. 골다공증 예방을 위한 천연물들은 isoflavone 외에도 두충, 홍화자, 녹용, 자허거 등이 있으며, 장년층과 노년층여성의 골다공증에 대한 예방 및 치료가 가능한 기능성 우유 및 유제품의 개발이 가능하며, 우유의 소비증대와 국민 건강복지에 이바지 할 것으로 기대된다.

III. 고품질 분유 개발

젖소의 생산성 향상으로 우유가 과잉 생산되고, 우유의 소비는 생산을 따르지 못하면 비수기뿐만 아니라 연중내 내 우유의 저장기간을 연장하기 위하여 우유를 건조시켜 탈지분유나 전지분유를 생산하게 되고 이들의 과잉생산으로 가격은 하락하여 유가공산업 뿐만 아니라 낙농산업 전반에 타격을 초래하게 된다. 우유를 가열처리하여 분유를 제조하는 기술은 1907년에 시작되었고, 우리 나라에는 1965년에 이 기술이 도입되었다. 가열처리하는 분무건조는 에너지 사용이 비효율적이고, 미생물의 성장을 억제하기 위하여 자주 청소를 해야하고, evaporator에 고체성분이 축적되어 열전달이 비효율적이어서 이를 가동하고 유지하는데 에너지 비용이 높다. 또 다른 결점은 분유 건조시 높은 열을 이용하기 때문에, 우유의 향미 성분이 열에 의해 변성되어 분유를 원료로 하는 여러 유제품의 질이 저하된다.

1960년도에 식품연구자들은 분무건조 대신 동결농축을 이용하여 품질을 향상시키려는 시도가 있었으나 이는 에너지 소비가 너무 높고, 기계적 어려움과 바람직하지 못한 제품, 그리고 원료식품의 손실이 너무 많아서 동결농축이 산업적으로 이용되지 못하는 형편이었다. 그러나 1980년도에 동결농축의 기술이 발전되어 커피와 오렌지 쥬스의 생산에 응용되기에 이르렀다. 동결농축 기술이 우유에도 적용시키려는 실험이 1980년 중반에 실시되었다. 우유를 동결 농축하기 위하여 우유에 농축물과 얼음 결정체가 형성되는 온도로 낮추고, 이 결정체를 wash column으로



1 : feed tank, 2 : product circulating, 3 : scraped surface heat exchanger,
4 : recrystallizer, 5 : wash column, 6 : ice scraper, 7 : melting device

Fig. 2. Single stage process of freeze concentration.

Table 2. Sensory evaluation of freeze concentrated, frozen and stored skim and whole milks at freezing temperature for one month.

Sensory property	Skim milk	Reconstituted skim milk	Whole milk	Reconstituted whole milk
Taste	1	1	2	2
Color	2	3	1	4
Aroma	1	3	1	3
Mouth feel and texture	1	2	1	2
Sediment	1	3	1	3

로 보내면, 농축된 우유는 wash column에서 분리되어 생산된다(Fig. 2).

이렇게 생산된 동결농축 우유는 저온에서 생산되기 때문에 우유의 성분이 열에 의해 변성이 일어나지 않아 고품질의 단백질을 가진 농축된 식품이 생산되고, 미생물 성장을 억제하고 효소의 활성을 최소화 할 수 있다. 또한 최근에 개선된 농축제품들은 중전의 것에 비교하여 맛과 영양면에서 우수하고, 원료제품에 고유하게 내재하는 향미 성분과 단백질의 질을 그대로 유지 할 수 있다. 그래서 환원 우유를 제조할 때 유효기간이 연장되며, 신선한 맛을 내는 우수한 제품도 생산된다. Ahmed 와 Luksas(1992)는 신선한 탈지우유를 동결농축하여 이것을 환원시켜 신선한 탈지유와 관능검사로 비교 실험한 결과 mouth feel에서 동결농축제품의 환원탈지유가 처리하지 않은 탈지유보다 우수하게 나타났다. 전유에서도 같은 결과가 나타났으며, 이들 시료를 한달동안 저장한 후, 해동시켜 환원우유를 만들어 관능검사를 실시한 결과도 Table 2에서와 같이 동결농축 환원유의 품질이 더 양호하게 나타나 동결농축의 기술이 우유의 저장과 품질에 효과적인 것으로 입증되었다. 또한 더 발전되는 단계로 동결농축한 우유를 동결건조한다면, 더 우수한 품질이 개발될것이 확실하다. 그러나 동결농축기술을 통한 우유의 연구는 아직 초보적인 단계에 있으므로, 더 좋은 연구를 통하여 다양한 고품질의 유제품으로 개선하고 개발한다면, 우유 소비 증진에 기여할 것으로 기대된다.

IV. 무기질 강화 우유 및 유제품 개발

우유는 균형 있는 영양분이 풍부하여 우수한 자연식품이며, 무기질 중에서 칼슘은 이용율이 가장 우수하고 충분한 함량이 우유에 있다. 그러나 우유에 철분 함량은 매우 적어 0.53mg/ℓ 에 지나지 않아 우유를 주식으로 하는 연령층에서는 빈혈이 발생할 소지가 크다. 철분결핍은 일반적으로 철분이 불충분한 음식 그리고 섭취한 음식의 철분 흡수율이 낮는데 원인이 있다. 이와 같이 부족한 철분을 우유나 유제품에 첨가하여 부족한 철분을 보완하는 것이 효과적이라고 사료된다. 그러나 우유 및 유제품에 철분을 강화하는 데는 여러 문제가 야기되기 때문에 아직까지 산업화에는 초보적인 단계에 있다. 철분을 우유 및 유제품에 직접 첨가하면, 지방산화, 철분냄새와 맛, 색깔의 변화, 침전 등으로 제품의 품질이 저하되는 단점이 있다. 이와 같은 결점을 보완하기 위하여 철분을 미세캡슐화하여 철분강화가 산업적으로 가능하도록 연구가 수행되고 있다. 본 연구실에서 수행한 연구 중 미세캡슐철분을 우유에 강화할 경우 미세캡슐한 철분을 강화한 우유가 미세캡슐하지 않은 철분을 첨가한 것보다 우유의 지방산화도를 나타내는 TBA 수치가 현저하게 낮았으며(Fig. 3), 임상실험 결과에서 철분의 생이용성도 높았다(Fig. 4).

또한 요구르트에 적용시에도 유사한 결과가 나타났으며, 관능검사에서 미세캡슐한 철분의 강화시 매우 효과적인 결과를 나타내었다(Table 3). 그리고 체다치즈에 적용시에도 위에서와 유사한 결과를 얻었다. 관능적인 면에서 캡슐하지 않은 철분으로 인한 금속취, 색의변화 등이 철분캡슐을 첨가한 유제품에서는 거의 나타나지 않았다. 지난

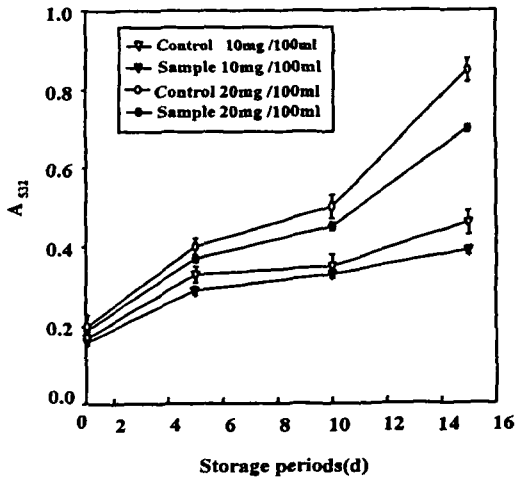


Fig. 3. Absorbance change(TBA value) of microencapsulated iron in milk at 4°C for 15d storage.
Coating material : Polyglycerine monostearate
Core material : Ferric ammonium sulfate
Control : Ferric ammonium sulfate added
Sample : Microencapsulated iron complex added

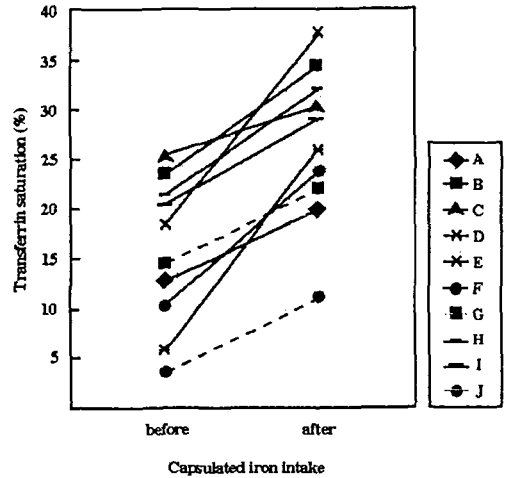


Fig. 4. Transferrin saturation value(bioavailability) of capsulated iron after 1 hour intake of iron-fortified milk in 20~25 years old female.
Iron : ferric ammonium sulfate
Before : one hour after a regular meal without iron consumption
After : one hour after capsulated-iron fortified milk consumption

Table 3. Sensory characteristics of overall preference for microencapsulated iron¹ fortified drink yogurt at 4°C for 20day storage.

Treatment ²	Storage period (day)				
	0	5	10	15	20
I	6.8±0.7 ^a	7.1±0.5 ^b	7.2±1.1 ^a	6.9±1.2 ^a	5.9±1.0 ^b
II	5.0±1.3 ^b	4.9±1.5 ^b	4.9±2.1 ^b	4.7±1.1 ^b	4.1±1.0 ^c
III	7.7±0.8 ^a	8.0±0.9 ^a	7.9±0.8 ^a	7.8±1.1 ^a	6.8±0.8 ^a
IV	5.2±1.3 ^b	4.9±1.5 ^b	5.5±1.1 ^b	4.9±0.8 ^b	5.7±0.9 ^b
V	7.1±1.3 ^a	8.1±0.8 ^a	7.7±0.5 ^a	7.8±1.2 ^a	7.3±0.6 ^a

¹ The scale of bitterness, astringency and sourness scores ;

1=none, 5=moder, 9=very strong

The scale of overall scores ;

1=dislike very much, 5=neither like nor dislike, 9=like very much

² I. DY; II. DY-I; III. DY-MI; IV. DY-MI-C; V. DY-MI-MC

^{a-c} Comparisons are made within the same column means, with different superscripts are significantly different (p<0.05)

해 12월에 출시된 비락우유의 “캡슐우유”는 미세캡슐철분을 주성분으로 하여 개발된 제품으로 빈혈 예방에 좋은 반응을 보이고 있다. 철분 강화 이외에 셀레늄과 같이 성인병을 예방하는 성분이 강화된 우유도 곧 개발될 것으로 기대되며, 무기질과 같은 미량 성분을 강화하므로써 다양한 소비층에 이용이 가능한 기능성 우유 및 유제품이 개발 되므로써 우유 소비 증진에 도움이 되며 나아가서는 인류 건강에 이바지 할 것으로 사료된다.

V. 콜레스테롤제거와 혈중 콜레스테롤 저하 우유 및 유제품 개발

최근 우유 및 유제품에서 콜레스테롤을 제거하는 기능성 제품의 개발에 관심이 고조되고 있으며, 콜레스테롤의 제거기술은 β -cyclodextrin (β -CD)으로 하는 것이 효과적인 것으로 나타났다. 그래서 본 연구실에서는 다년간 이에 관련된 연구를 수행하고 있으며, 우유와 크림에서 각각 90% 이상의 콜레스테롤을 제거하는 기술이 확립되어 미국에서 특허가 등록되었으며, 최근에는 균질유에서 β -CD를 적용시킨 것 (콜레스테롤 제거율: 79%)보다 우유에서 분리된 크림에 적용시킨 것 (제거율: 92%)이 더 높은 콜레스테롤 제거율을 보였으며, 후자에서 숙성중 관능검사 결과 비교적 양호 하였다(Table 4). 그리고 이 치즈의 숙성기간이 매우 단축되며, 맛과 냄새에서 이상이 없는 것으로 나타났다. 그래서 숙성 촉진에 관련된 실험은 계속 진행 중이다. 아이스크림과 버터에서도 콜레스테롤 제거 실험에서 성공적이지만, 버터의 조직에 관련된 연구는 더 필요하다. 그리고 콜레스테롤을 제거한 휘핑크림의 연구결과 일

Table 4. The effect of different homogenization processes on sensory characteristics in cholesterol-reduced Cheddar cheese ripened at 5°C for 7 month¹.

Treatment	Ripening period (mo)	Texture	Overall flavor	Flavor intensity	Acid	Bitter ness
Control	0	1.0 ^a	1.1 ^a	1.0 ^a	1.1 ^a	1.0 ^a
	1	2.6 ^{ab}	2.3 ^a	2.1 ^a	1.4 ^a	2.0 ^a
	3	3.3 ^b	3.1 ^{ab}	3.0 ^{ab}	2.1 ^a	2.6 ^a
	7	5.6 ^c	4.6 ^b	4.7 ^b	2.9 ^{ab}	5.3 ^b
Cream ²	0	5.0 ^a	3.3 ^{ab}	4.0 ^{ab}	3.1 ^{ab}	5.4 ^b
	1	1.7 ^a	4.3 ^b	4.1 ^{ab}	3.3 ^{ab}	5.4 ^b
	3	1.1 ^a	3.9 ^{ab}	4.1 ^{ab}	4.9 ^b	6.9 ^b
	7	1.6 ^a	5.0 ^b	5.6 ^b	6.0 ^c	6.3 ^b

¹ Means of triplicate.

² After cream separation, cream was treated with 10% β -CD, and mixed and homogenized at 1000 psi.

Table 5. Sensory characteristics in cholesterol-removed whipping cream at 4°C for 4 week storage¹.

Treatment	Storage period (wk)	Texture	Flavor	Color	Overall flavor
Control	0	7.0 ^a	7.4 ^a	6.0 ^a	8.0 ^a
	1	6.8 ^a	7.3 ^a	5.5 ^b	7.5 ^b
	2	6.5 ^b	7.3 ^a	5.5 ^b	7.2 ^c
	3	6.5 ^b	7.2 ^a	5.2 ^{bc}	7.2 ^c
	4	6.2 ^c	7.0 ^b	5.0 ^c	7.0 ^c
Cream ²	0	6.8 ^a	7.2 ^a	5.9 ^a	7.9 ^a
	1	6.8 ^a	7.0 ^{ab}	5.9 ^a	7.8 ^a
	2	6.0 ^a	7.1 ^a	5.8 ^a	7.4 ^b
	3	5.9 ^c	7.0 ^{ab}	5.5 ^b	7.5 ^b
	4	5.8 ^c	6.8 ^b	5.2 ^c	6.0 ^c

¹ Means within a column with different superscript letter differ ($p < 0.05$).

Means of triplicate.

² Cream was treated with 10% β -CD, stirring temperature 40°C, stirring speed 800rpm, stirring time 20min, centrifugation speed 2000rpm and centrifugation time 10min.

Table 6. 국내외의 콜레스테롤 저하 물질과 산업현황

물질	상품	회사	국가
미역, 다시다의 알긴산에서 폴리만 뉴클네이트 추출	폴리만, 폴루란	(주)케이비피	한국
천연 생약재(오가피, 구기자 등 10여개)	콜2000	구꾸	한국
선인장 추출물(QY2)	앵콜	셀텍스	한국
오렌지, 귤, 레몬에서 추출(JBB-1)	리드콜	바이오맥스	한국
시토스테롤(수용성)	유콜	(주)유진사이언스	한국
스테놀에스테르	Benecol 마가린	레이시오사	핀란드
스테놀에스테르	Benecol 마가린	McNeil Consumer Healthcare 사	미국
스테놀에스테르	Take Control 마가린	립톤사	영국
유리파이트스테롤	파이트롤	포보메디테크사	미국
파이트스탄올	Cook Smart	프록스 컴볼사	미국

만 휘핑크림과 점도, 안정성, overrun 등에서 매우 유사하여 산업화가 가능할 것으로 사료되며, 휘핑크림의 관능검사 실험의 내용은 Table 5에서와 같다. 지금까지 β -CD를 이용하여 우유 및 유제품에서 콜레스테롤을 성공적으로 제거하는 연구가 진행되어 왔으나, β -CD는 가격, 환경오염, 유제품의 질저하 등의 문제점이 대두 되고 있다. 그래서 본 연구실에서는 β -CD유도체를 고정체에 고정화시켜 문제점을 해결 하려는 연구가 시작되었다. 현단계에서는 고정화 β -CD를 이용하여 우유에서 콜레스테롤을 90%정도 제거가 가능하고, 재활용이 또한 가능할것으로 판단되어 향후 산업화가 가능할것으로 기대된다.

그러나 우유의 지방산 중에서 콜레스테롤을 증가시키는 포화지방산인 lauric acid, myristic acid, 그리고 palmitic acid 가 약 40% 유제품에 포함되어 있기 때문에 지금까지의 콜레스테롤 제거에 관한 연구 결과로는 콜레스테롤 문제가 완전히 해결되었다고 주장하기는 어렵다. 그리고 현재의 과학 기술로는 아직 이 포화지방산들을 불포화시킬 수 없기 때문에, 이를 해결하는 유일한 방법으로는 혈중 콜레스테롤을 저하시키는 물질을 첨가하는것인데, 이물질들이 개발되어 일부 식품에 산업화 되어있는 것도 있으며, 그 내용은 Table 6에서와 같다. 우유 및 여러 유제품에서 고정화 β -CD를 이용한 콜레스테롤 제거가 원만히 이루어지고, 여기에 혈중콜레스테롤 저하 물질을 효과적으로 적용 시킨다면, 소비자들이 원하는 기능성 우유 및 유제품이 산업화 될 수 있다고 판단된다.

VI. 유당분해효소의 미세캡슐화와 안정성

우리나라를 비롯한 동양인의 65~100%, 그리고 우유 소비가 많은 선진국에서도 노년층의 경우에 유당 불내증으로 우유의 섭취에 어려움을 겪고 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 연구개발이 계속적으로 수행되어 왔다. 최근에 유당불내증을 개선하기 위한 방법으로 유당분해효소의 미세캡슐화 기술이 가장 효과적인 것으로 나타났다. 미세캡슐효소를 우유에 첨가시 우유의 당도가 변하지 않고 이미, 이취가 없으며, 분산력이 우수하여 떠오르거나 침전되지 않고 우유의 유통기간동안 안정성이 있다. 이와 같이 우수한 연구 결과가 나왔지만, 미세 캡슐 효소를 살균해야 하는데, 열처리를 하면 이 효소가 불활성화되기 때문에 비열처리를 해야 한다. 비열처리 중에서 오존처리가 효과적인데, 오존은 오존발생기, 산소를 함유한 공기, 전기만 있으면 원하는 시간과 장소에서 용이하게 생성시킬 수 있고, 산화작용이 강하므로 바이러스를 포함한 광범위한 미생물군에 대하여 살균 및 불활성화 작용이 뛰어나고, 기체상과 액상에서 살균이 용이하고, 탈취, 탈색, 정화작용도 병행하며, 2차 잔류물질이 없으며, 시간 경과 시 인체에 무해한 산소로 환원되며, 보수관리도 비교적 용이한 이점이 있다. 미세캡슐효소에 미생물을 접종하여 오존처리를 한 결과 Table 7에서와 같이 10분 후에는 미생물이 거의 사멸되었다.

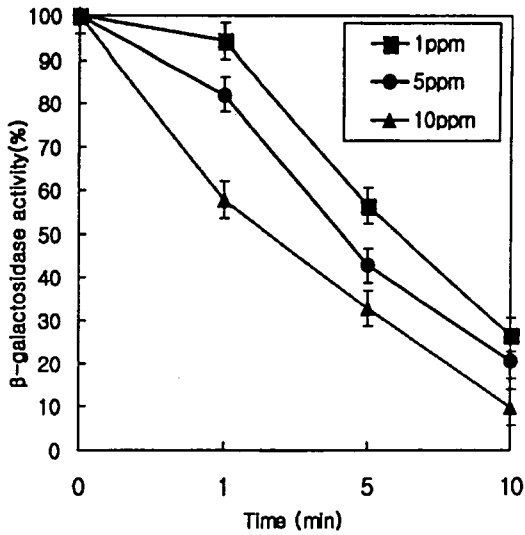


Fig. 5. Effect of ozone treatment on the activity of uncapsulated lactase made by polyglycerol monostearate in dispersion Means of triplicate. '0.05% polyethylene sorbitan monosterate (Tween-60) solution.

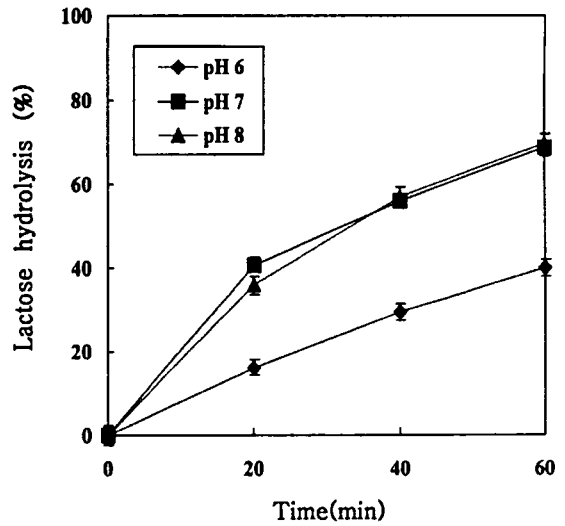


Fig. 6. Hydrolysis pattern of lactose from Medium-chain triacylglycerol microcapsules as a function of time during incubation in a simulated intestinal fluid.

그리고 효소를 미세캡슐화 할 때 완전히 캡슐화 되지 않고 10~30%가 캡슐밖에 남게 되므로, 이 상태로 우유에 첨가하면 일부의 유당이 가수분해되어 우유의 당도를 높이는 결점이 있다. 그래서 이 미세캡슐을 오존처리 할 경우에 밖에 남아있는 효소의 불활성화 여부를 실험한 결과, 기대한 바와 같이 오존 10ppm을 10분간 처리 시에 약 90%가 불활성화되었다(Fig. 5). 그리고 미세캡슐의 안정성을 검사하기 위하여 인공위액에서 미세캡슐의 가수분해율을 측정 한 결과, pH2에서 가장 높았으며 pH가 높을수록 감소하였다. 그리고 인공소장은 pH 7~8에서 60분에 가수분해율이 70%로 증가하였다(Fig. 6).

결과적으로 미세캡슐의 오존처리는 살균작용과 효소의 불활성화의 효과가 있었고 이것을 우유에 오염되지 않도록 첨가 하므로써 유당불내증을 해결하는 가장 발전된 연구가 본 연구실에서 수행되었다. 그래서 다양한 성인용 기능성 우유의 개발 시 이 미세캡슐 효소를 첨가 하므로써 우유의 소비를 증진시키고 인류의 건강복지에 이바지 할 것으로 기대된다.

Table 7. Effect of ozone treatment on microorganisms added in dispersion fluid¹.

Strains	Time of ozone treatment (min)				
	0	1/2	1	5	10
	CFU,				
<i>Escherichia coli</i>	2.4×10^9	8.9×10^7	3.1×10^7	9.0×10^6	0(0)
<i>Bacillus subtilis</i>	1.6×10^8	9.7×10^7	2.2×10^7	6.0×10^6	0(0)
<i>Staphylococcus aureus</i>	6.8×10^8	1.0×10^8	6.4×10^7	1.2×10^7	1.1×10^5
<i>Salmonella typhimurium</i>	2.5×10^9	8.4×10^8	1.1×10^7	1.5×10^6	0(0)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	3.4×10^8	1.2×10^8	7.5×10^7	3.6×10^6	0(0)
<i>Enterobacter aerogenes</i>	1.4×10^7	5.4×10^6	1.0×10^6	2.4×10^5	0(0)

¹ Ozone concentration was 10 ppm with 10ppm with 10 l/min flow rate at 20°C

VII. 결론

우유의 소비층이 거의 어린이와 청소년층에 한정되어 있어서 우유의 소비확대가 제한적인 시점에 와있다. 그래서 우유 및 유제품의 이용성을 증진시키기 위하여 다양한 기능성 우유 및 유제품의 개발이 절실하게 요구되는 때가 되었다. 기능성 제품에는 우유에 부족한 성분을 보충해 주는 것, 우유의 소화 흡수를 용이하게 하는 것, 우유의 성분을 효과적으로 체내에서 이용되게 하는 것, 우유에 내재하는 성분을 제거하는 것 등의 다양한 기능성 제품개발이 가능할 것이다. 본고에서는 제한된 기능성 우유 및 유제품의 연구 결과를 몇 가지 소개하였는데, 이것들이 기능성 식품 개발의 발전에 도움이 되기를 바라며, 우리의 기술을 계속 발전시켜 국내는 물론 국외로도 진출하여 국익에 도움이 되기를 기대한다.

VIII. 참고문헌

1. Ahmed, S. H, and A. J. Luksas. 1990. Method for improving the taste, texture and mouth feel of a liquid dairy products and for concentrating same. US patent No. 4,959,234.
2. Albanese, A. A. 1978. Calcium throughout the life cycle. National Dairy Council, Rosemont, IL 60018 U S A
3. 미 국립 보건원. 갱년기 여성 호르몬 요법 뇌졸중, 심장발작 위험. 2002. 7. 11. 조선일보
4. 이동선. 변상요. 2001. 이소플라본 조성물이 콜다공증에 미치는 효과. 한국생물공학회지. 16(4), 420-425
5. 김재순. 2003. 수용성 isoflavone의 미세캡슐화에 관한 연구. 세종대학교 과학기술대학원. 석사학위 논문
6. Polkowski, K. 2000. Biological properties of genistein, A review of *in vitro* and *in vivo* data, *Acta Pol Pharm*, 57(2), 135-155
7. Hartel, R. W. 1993. Freeze concentration of skim milk, *J. Food Engineering* 20. 101-120
8. Kwak, H. S. and K. M. Yang. 2002. Method for preparing microcapsules containing soluble iron using fatty acid ester. US patent No. 6,402,997B1
9. 양경미. 2002. 지방산 에스테르를 이용한 수용성 철분의 미세캡슐화에 관한 연구. 세종대학교 대학원 석사학위 논문
10. 한만중. 2002. 드링크 요구르트의 철분강화에 관한 연구. 세종대학교 과학기술대학원, 석사학위 논문.
11. 주연숙. 2003. Cheddar cheese의 철분강화에 관한 연구. 세종대학교 과학기술대학원 석사학위 논문.
12. Ahn, J. and H. S. Kwak. 1999. Optimizing cholesterol removal in cream using β -cyclodextrin and response surface methodology. *J. Food Sci.* 64(4) 629-632
13. Kwak, H. S. , C. S. Chung and J. Ahn. 2002. Flavor compounds of cholesterol-reduced Cheddar cheese slurries. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 15(1) 117-123
14. Kwak, H. S. , C. S. Jung, S. Y. Shim, and J. Ahn. 2002. Removal of cholesterol from Cheddar cheese by β -cyclodextrin. *J. Agricultural and Food Chemistry (in print)*
15. β -Cyclodextrin을 이용한 콜레스테롤 제거 휘핑크림의 개발. 2003. 세종대학교대학원. 석사학위 논문
16. Kwak, H. S. , M. R. Ihm, and J. Ahn. 2001. Microencapsulation of β -galactosidase with fatty acid esters. *J. Dairy Sci.* 84, 1576-1582
17. Kwak, H. S. , J. B. Lee and J. Ahn. 2002. Treatment of microencapsulated β -galactosidase with ozone : effect on enzyme and microorganism *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 15(4) 596-601
18. Kwak, H. S. , S. H. Kwon, J. B. Lee and J. Ahn. 2002. *In vitro* Stability of β -galactosidase microcapsules. *Asian-Aust. J. Anim. Sci* 15(12), 1808-1812