

가교화 β -CD를 이용한 콜레스테롤 제거와 달맞이꽃 종자유와 phytosterol를 이용한 혈중 콜레스테롤 저하에 관한 연구

김재준 · 정태희 · 안정좌 · 박해수*

세종대학교 식품공학과

서 론

최근 식생활 구조가 급격히 서구화되면서 콜레스테롤의 함량이 높은 유제품의 소비가 늘어남에 따라 유제품에 내재하고 있는 콜레스테롤 함량으로 인해 고지혈증, 심장병, 암, 당뇨병, 비만등과 같은 성인병이 사회문제로 대두되고 있다⁽¹⁾. 유제품 중에서 버터의 콜레스테롤 함량은 210mg/100g으로 시유, 크림, 치즈에 비해 상당히 높은 편이다. 이에 Shishikura 등⁽²⁾은 초임계 추출방법으로 버터의 콜레스테롤 제거 연구를 시도하였고, Kwak 등은 β -cyclodextrin(β -CD)을 이용하여 cream에서 97.8%의 콜레스테롤 제거가 가능하다고 보고하였다. 그러나 β -CD를 이용하여 콜레스테롤을 제거하는 것이 효과적이지만, 1회 사용만 가능하기 때문에 이러한 단점을 보완하기 위해 β -CD를 가교화하여 재활용에서도 사용하였다. 가교제로 널리 사용되고 있는 epichlorohydrin으로 β -CD 제거 시 콜레스테롤 제거율이 80%로 powder보다 낮으며⁽³⁾, 식품 첨가물로 부적합하기 때문에 이러한 문제점을 보완하기 위해 adipic acid를 사용하였다. 가교화 β -CD를 이용하여 콜레스테롤이 제거된 버터를 섭취하더라도 버터 안에 혈중 콜레스테롤을 증가시키는 포화지방산인 lauric acid, myristic acid, palmitic acid가 약 40% 포함되어 있기 때문에 콜레스테롤 문제가 완전히 해결되었다고 말 할 수 없다. 따라서 혈중 콜레스테롤 저하 효능이 있는 물질 중 콜레스테롤과 화학적으로 매우 유사한 구조를 갖고 있어 체내에서 콜레스테롤의 흡수를 경쟁적으로 억제시키는 작용을 하는 불용성인 phytosterol과 또한 이를 용해시키는 불포화 지방산인 γ -linolenic acid(GLA)가 7-14% 함유⁽⁴⁾되어 있어 혈중 콜레스테롤 저하 효과가 있는 달맞이꽃 종자유(evening primrose oil:EPO)을 혼합하여 포화지방산을 불포화 지방산으로 상쇄하는 기능을 하면서 더 나아가서 체내 혈중 콜레스테롤을 저하시키는 기능성 물질의 활용을 시도하였다. 그래서 본 연구에서는 크림에 가교화 β -CD 처리로 콜레스테롤을 우선 제거하고, 콜레스테롤이 제거된 버터의 저장 중 이화학적 변화, 물성 및 관능적 특성을 살펴보며, 또한 동물실험을 통한 phytosterol과 달맞이꽃 종자유의 혈중 콜레스테롤 저하 작용에 대한 효과를 관찰하는데 목적을 두었다.

재료 및 방법

크림(유지방:36%)은 (주) 빙그레에서, 달맞이꽃 종자유는 (주) 일동제약에서, butterflavor는 (주) 한미향료화학에서 제공받았다. Phytosterol (90% ; soybean origin)을 사용하였으며, 가교화 β -CD는 가교제로 adipic acid를 사용하여 제조하였다. 시료의 제조를 위해 크림에 10% 가교화 β -CD를 첨가 한 후 1,400rpm, 40°C, 30분간 교반한 후 166 x g의 속도로 원심 분리하여 콜레스테롤을 제거한 크림을 4°C에서 하루 동안 숙성시킨 후 버터 양의 8%(5% phytosterol + 3% EPO)와 함께 버터 churn에서 버터를 제조하였다. 유지방 함량은 Gerber법으로 일반성분분석은 AOAC 방법으로 측정하였다. 지방산화도를 측정하기 위하여 산가와 TBA가를 실시하였으며, Lee 등의 방법에 따라 콜레스테롤 정량을 하였고, 유리지방산 분석을 위하여 Deeth 등의 방법을 사용하였다. 물성 검사는 hardness, elasticity, cohesiveness, gumminess, chewiness를 측정하였다. 관능적 특성은 texture, color, greasiness, off-flavor, butter flavor, rancid, butter tastes, overall acceptability를 9점법으로 평가하였고, SAS program을 이용하여 분산분석(ANOVA)과 최소 유의차 검정으로 통계 처리하였다. 동물 실험에서 실험동물은 5주간 high cholesterol-high fat diet를 먹었고 그 후 6주 동안 rodent purified diet를 먹이면서 8마리는 control 버터를, 다른 8마리는 콜레스테롤 제거 버터를, 나머지 8마리는 phytosterol 과 EPO를 첨가한 버터에 각각 0.5g/day씩 혼합하여 급여하였다. 혈중 콜레스테롤과 HDL-cholesterol, 중성지질 농도를 생화학 자동분석기를 이용하여 비색법으로 측정하였다.

결과 및 고찰

일반성분 분석과 콜레스테롤 제거율

크림을 가교화 β -CD 처리 후 제조한 버터(Trt.A)와 β -CD 처리 후 기능성물질 phytosterol 과 EPO 8%를 첨가한 버터(Trt.b)의 일반 성분 분석 결과 수분 함량은 16~19%, 조지방은 78.1~80.3%, 조단백질은 1.2~1.4%라는 결과를 얻었으며 이는 control 버터와 유사함을 보였다. 콜레스테롤 제거율은 90%를 나타내었다.

지방산화도

산가와 TBA가는 control과 가교화 β -CD 처리 버터, 가교화 β -CD 처리 후 phytosterol 과 EPO 8%를 혼합하여 첨가한 버터 모두 저장기간에 따라 지방산화도가 증가하였으며 특히 8% 첨가한 버터에서 수치가 다른 실험군보다 더욱 높게 측정되었다.

조직의 물성

버터의 물성 측정 결과 hardness는 저장 기간이 경과할수록 모든 실험군에서 증가하였으며, Elasticity는 Trt.A 군에서 다른 실험군에 비해 수치가 높게 측정되어 탄력성이 좋은

것으로 나타났다. Cohesiveness의 경우 Trt.A군에서 다른 실험군에 비해 높게 측정되었으나 저장 기간이 길어질수록 유의적인 차이를 보이지 않았다. Gumminess와 chewiness는 모든 실험군에서 낮은 수치를 나타내었으며 유의적 차이를 보이지 않아 긍정적인 결과로 나타났다.

관능적 특성

콜레스테롤을 제거한 후 phytosterol 과 EPO 8%를 첨가한 버터의 관능검사 결과는 Table 1에서와 같이 나타내었다. Texture는 저장기간이 경과할수록 각각 조금씩 증가는 하였지만 모든 실험군 간의 유의적 차이를 보이지 않았다. Control군과 Trt.A에서 이취, 버터향, 신맛은 비슷한 수치를 나타내었지만 실험군은 다른 실험군에 비해 수치가 약간 높게 측정되었으며 저장기간이 경과할수록 증가하였다. 기호도는 control군과 대조군을 더 선호하는 경향을 나타냈고 이는 실험군에 나타나는 강한 기름 맛으로 인하여 선호도가 다른 실험군에 비해 낮게 측정된 것으로 사료된다. 본 실험결과 버터 향을 첨가함으로써 실험군의 기름 맛을 완전히 개선시키지 못하였지만 이취와, 버터 향을 개선시켰으며, 또한 버터의 조직과 color 평가에서 다른 실험군 간의 유의적 차이를 나타내지 않았으므로 소비자들이 control 버터보다 콜레스테롤이 제거된 버터를 더 선호할 것으로 기대된다.

Table 1. Sensory characteristics for crosslinked β -CD treated or phytosterol and evening primrose oil added butter stored at 4°C for 8 wks¹

Storage period (week)	Treatment	sensory description								Overall acceptability
		Texture	Color	Off-flavor	Butter-flavor	Sourness	Butter-tastes	Rancid	Spread-ability	
0	Cont.	5.0 ^a	5.0 ^a	5.0 ^a	5.0 ^a	5.0 ^a	5.0 ^a	5.0 ^b	5.0 ^a	5.9 ^a
	Trt.A	5.2 ^a	4.4 ^b	5.0 ^a	5.0 ^a	4.8 ^a	5.0 ^a	5.0 ^b	5.1 ^a	5.6 ^{ab}
	Trt.B	5.0 ^a	5.2 ^a	5.2 ^a	5.2 ^a	4.6 ^a	4.8 ^a	6.4 ^a	5.2 ^a	5.3 ^b
2	Cont.	5.1 ^a	5.1 ^a	5.4 ^a	5.7 ^a	5.0 ^a	5.6 ^a	5.2 ^b	5.0 ^b	6.5 ^a
	Trt.A	5.2 ^a	4.3 ^b	5.2 ^a	5.7 ^a	5.2 ^a	5.7 ^a	5.2 ^b	5.4 ^{ab}	6.2 ^a
	Trt.B	5.2 ^a	5.4 ^a	5.6 ^a	5.8 ^a	5.0 ^a	4.4 ^b	6.6 ^a	5.6 ^a	5.0 ^b
4	Cont.	5.4 ^a	5.1 ^b	5.7 ^b	5.3 ^b	5.3 ^a	5.7 ^a	5.1 ^b	5.1 ^a	6.7 ^a
	Trt.A	5.8 ^a	4.4 ^c	5.6 ^b	5.2 ^b	5.2 ^a	5.7 ^a	5.2 ^b	5.4 ^a	6.5 ^a
	Trt.B	5.6 ^a	5.6 ^a	6.2 ^a	5.8 ^a	5.4 ^a	4.2 ^b	6.6 ^a	5.4 ^a	4.4 ^b
6	Cont.	5.9 ^a	5.3 ^b	6.0 ^b	5.3 ^b	5.5 ^a	6.0 ^a	5.2 ^b	5.4 ^b	6.3 ^a
	Trt.A	6.2 ^a	4.5 ^c	5.9 ^b	5.6 ^b	5.5 ^a	6.1 ^a	5.3 ^b	5.7 ^{ab}	6.0 ^a
	Trt.B	5.8 ^a	6.6 ^a	6.6 ^a	6.2 ^a	5.6 ^a	4.4 ^b	6.8 ^a	6.0 ^a	5.2 ^b
8	Cont.	6.2 ^a	5.3 ^b	5.9 ^b	5.8 ^b	5.5 ^a	6.0 ^a	5.2 ^b	5.4 ^b	6.3 ^a
	Trt.A	6.5 ^a	4.8 ^c	5.8 ^b	5.6 ^b	5.7 ^a	6.4 ^a	5.3 ^b	5.6 ^b	6.2 ^a
	Trt.B	6.3 ^a	6.2 ^a	6.6 ^a	6.8 ^a	5.8 ^a	4.0 ^b	7.0 ^a	6.3 ^a	5.3 ^b

¹Means within column and wks by the same capital letter are not significantly different (P<0.05)

²Cont. : no added

³Trt.A : butter was treated by 10% crosslinked β -CD

⁴Trt.B : butter was treated by 10% crosslinked β -CD and added 8%(phytosterol and evening primrose oil)

동물 실험

버터의 혈중 콜레스테롤 저하 기능을 관찰하기 위하여 랫트의 총 콜레스테롤과 중성지방, HDL-콜레스테롤 함량을 측정한 결과를 Table 2에 나타내었다. 랫트는 공통적으로 6주 동안 하루 평균 약 20.3g/day을 섭취하였고 무게는 평균 약 66.5g으로 나타내었다. 동물 실험 결과 실험군은 버터 0.5g/day을 섭취한 실험동물의 HDL-콜레스테롤 농도는 34.7에서 6주 후 65.1mg/dl로 30.4mg/dl 증가하였으나, 대조군에서는 2.5mg/dl 감소하였고, 총 콜레스테롤 농도는 실험군은 153.8mg/dl에서 150.6mg/dl로 3.2mg/dl 감소하였으나 대조군에서는 12.4mg/dl가 증가하였으며 TG 농도는 대조군이 3mg/dl 증가하였으나 실험군은 6.5mg/dl 감소를 나타내었다. 본실험 결과 HDL-콜레스테롤이 증가하고 반면에 총콜레스테롤과 중성지방이 감소하는 것을 관찰 할 수 있었다.

Table 2. Effects of experimental diets added butter(3, 4) on the change of blood triacylglycerol, total cholesterol and high-density lipoprotein in rats fed for 6 wks1

Treat- ment	Total CH		TG		HDL	
	Initial	Final	Initial	Final	Initial	Final
	(mg/dl)					
Cont. ²	153.4 ^a	165.8 ^a	22.2 ^b	25.2 ^b	37.5 ^a	35 ^b
Trt. A ³	154.4 ^a	154.2 ^b	30.2 ^{ab}	25.1 ^b	37.8 ^a	57.6 ^a
Trt. B ⁴	153.8 ^a	150.6 ^b	35.5 ^a	29 ^a	34.7 ^a	65.1 ^a

¹Means within column by the same letter are not significantly different (P<0.05).

²Cont. : no added(0.5g/day)

³Trt.A : butter was treated by 10% crosslinked β-CD

⁴Trt.B : butter was treated by 10% crosslinked β-CD and added 8%(phytosterol and evening primrose oil)

요 약

본 연구는 크립에 가교화 β-CD 처리로 콜레스테롤을 제거 시킨 후 phytosterol 과 EPO 8%를 첨가하여 제조한 버터의 저장 기간 중의 이화학적 특성, 물성, 관능적 특성과 혈중 콜레스테롤 저하 기능을 관찰하기 위하여 수행되었다. 가교화 β-CD를 이용하여 평균90%의 콜레스테롤을 제거한 후 phytosterol 과 EPO 8%를 첨가한 버터의 저장기간이 경과할수록 지방 산화도는 증가하였으나, 색도, 물성의 조직 부분이나 관능평가 시 texture, color 부분에서

는 유의적 차이를 나타내지 않았다. 그러나 이미 이취를 발생시켜서 바람직하지 않은 결과를 보였으나, 동물 실험 결과 phytosterol 과 EPO 8%를 첨가한 버터 섭취 후 혈중 콜레스테롤을 저하 기능이 있는 HDL-콜레스테롤이 증가하고, 반면에 혈중 콜레스테롤을 증가시키는 기능이 있는 LDL-콜레스테롤과 중성 지방이 감소를 관찰할 수 있었으므로 혈중 콜레스테롤 저하 기능을 가진 버터의 개발이 가능 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Kang,H.J. and Song,Y.S. (1997) J. Food Sci. Nutr. 26,358-369
2. Shishikara, A., et al. (1986) Agri. Bio. Chem. 50:129~134
3. Kim,S.H. et al. (2005) Asian-Aust. J. Anim. Sci., Vol. 18, No. 4, p584-589
4. 최임순. (1980) J. Food Sci. Technol., 21(6) : 884~889.
5. Smith, L. L (1981) Plenum Press, New York. p. 125