

## 재활용을 위한 $\beta$ -Cyclodextrin의 Adipic acid에 의한 가교화와 이를 이용한 크림치즈의 관능적 특성

한은미 · 안정좌 · 광혜수\*

세종대학교 식품공학과

### 서 론

최근 우유 및 유제품의 소비가 계속 증가함에 따라 유제품 속에 내재하는 콜레스테롤 함량이 순환기계 성인 질병과 밀접하게 관련되기 때문에 콜레스테롤 함량의 문제가 끊임없이 대두되고 있다. 유제품으로부터 콜레스테롤을 제거하는 가장 효과적인 방법으로는 흡착제인  $\beta$ -Cyclodextrin( $\beta$ -CD)를 이용하는 방법<sup>(1)</sup>이 있으며, 이는 다양한 동물식품에서 콜레스테롤을 90%이상 제거하는 이점이 있다. 그러나 1회 사용에 그치기 때문에  $\beta$ -CD를 회수해 재사용하는 연구들이 진행되고 있으며,  $\beta$ -CD를 재활용하기 위해 유기용매에 의한 방법이 효과적으로 이용되고 있다. 그러나 유기용매를 이용해 재활용 하는 방법도  $\beta$ -CD가 powder 상태여서 원심분리를 해야 하고, 재활용한  $\beta$ -CD와 사용하지 않은  $\beta$ -CD를 혼합 해 주어야 하기 때문에 이런 결점을 보완하기 위해  $\beta$ -CD를 가교화해야 할 필요가 있다. 가교결합은 전분을 구성하는 분자 내에서 화학적 결합을 형성 하여 전분 입자의 구조를 강화시킨다<sup>(2)</sup>. 또한, 가교 시킨 전분은 내열성과 내산성, 내전단성 등의 성질을 갖고 있어 식품 산업에서 증점제 등으로 이용되고 있다. 그러나 가교제로 널리 사용되고 있는 epichlorohydrin으로  $\beta$ -CD 가교 시, 콜레스테롤 제거율이 80%로 powder  $\beta$ -CD보다 낮을 뿐 아니라<sup>(3)</sup>, 식품첨가물로 부적합하기 때문에 이러한 문제점을 해결하기 위해 산미료와 보존 향상제로 널리 사용되고 있는 식품첨가물인 adipic acid를 사용하였다. 크림치즈는 수분함량이 55%로 맛이 부드럽고, North America에서 가장 인기 있는 치즈로 빵에 발라먹거나 샐러드드레싱으로 이용되고 있다<sup>(4)</sup>. 크림치즈의 소비는 유럽뿐만 아니라, 우리나라에서도 증가하고 있는 추세이다. 이러한 크림치즈 내에는 98mg/100g의 콜레스테롤이 함유되어 있으나 크림치즈의 콜레스테롤 저하에 관한 연구가 활발히 이뤄지지 않고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 콜레스테롤 제거 크림치즈를 제조하기 위해 adipic acid로 가교시킨  $\beta$ -CD를 이용하여 유지방 함량 36%의 크림에서 콜레스테롤 제거 최적조건을 확립하고, 이를 이용한 크림치즈의 관능적 특성을 연구하며, adipic acid로 가교시킨  $\beta$ -CD의 재활용률을 알아보는 데 목적을 두었다.

## 재료 및 방법

실험에 사용된 크림과 크림치즈는 (주)빙그레에서 원유를 공급받아 유지방 함량이 36%인 크림을 생산하고, 11%인 크림으로 표준화하여 크림치즈를 제조하였다. 가교화  $\beta$ -CD는 가교제로 adipic acid를 사용하여 제조하였다. 크림치즈의 제조에 필요한 유지방 함량 36%의 크림에서 콜레스테롤을 제거하기 위해 가교화  $\beta$ -CD 농도(1, 5, 10, 15, 20%), 교반온도(40, 45, 50, 55, 60 $^{\circ}$ C)와 교반시간(10, 20, 30, 40, 50min), 교반속도(800, 1,000, 1,200, 1,400, 1,600rpm)의 factor로 처리하여, 크림의 콜레스테롤 제거 최적 조건 확립하는 실험을 하였다. 크림치즈는 세 그룹으로 나누어 제조하였으며, control은 어떠한 처리도 하지 않았고, Trt. 1은 유지방 함량 36%의 크림에 powder  $\beta$ -CD 10%로 처리하였으며, Trt. 2는 가교화  $\beta$ -CD 10%로 처리하였다. 관능검사는 크림치즈를 4 $^{\circ}$ C에서 8주간 저장하여 실시하였으며 9점법으로 평가하였다. 지방산 정량을 위해 Deeth 등의 방법을 사용하여 GC로 분석하였다. 크림치즈의 조직검사는 SUN Rheometer를 사용하여 4 $^{\circ}$ C와 22 $^{\circ}$ C에서 응집성, 견고성, 탄력성, 점착성을 8주 동안 측정하였다. 가교화  $\beta$ -CD의 재활용률을 측정하기 위해 콜레스테롤을 흡착한  $\beta$ -CD와 유기용매(acetic acid:isopropanol=3:1)를 1:6의 비율로 혼합하여 교반한 후,  $\beta$ -CD를 침전시키고 건조시켜 실험에 이용하였다.

## 결과 및 고찰

가교화  $\beta$ -CD에 의한 크림의 콜레스테롤 제거 최적조건

가교화  $\beta$ -CD를 크림에 10% 첨가하여 교반속도 1,400rpm, 교반온도 40 $^{\circ}$ C, 교반시간 30분으로 하여 콜레스테롤 제거율을 실험한 결과 평균 91.42%의 제거율을 보였다.

크림치즈의 관능검사

크림치즈를 4 $^{\circ}$ C에서 8주간 저장한 것을 9점법으로 평가하였다. Watery는 Trt. 2가 가장 높은 것으로 나타났으며, 쓴맛은 저장기간 동안 Trt. 2의 수치가 가장 낮은 것으로 나타났다. 빵에 발리는 정도의 경우, watery에 따라 Trt. 2가 가장 높은 것으로 나타났으며 control은 크게 감소하는 반면, Trt. 2는 오히려 점차 증가하는 경향을 보였다. 전체적인 기호도는 0주 때는 control과 Trt. 2가 유사한 수치를 보였지만, 저장기간이 지날수록 control은 크게 감소한 반면, Trt. 2는 일정한 수준을 유지하는 것으로 나타났다. 본 실험에서 가교화  $\beta$ -CD처리 크림치즈는 control과 Trt. 1에 비해 크림치즈 고유의 맛을 오랜 기간 유지할 수 있을 것으로 사료 된다.

크림치즈의 단쇄지방산

Short-chain fatty acid(SCFA)는 크림치즈의 향미 성분에 중요한 성분 중의 하나이다. Control과 Trt. 1은 4주까지는 SCFA가 소량 증가하다가 4주 이후부터는 급격하게 증가하는

것으로 나타났으며, Trt. 2는 8주 동안 변화폭이 매우 적은 것으로 나타났다. 따라서, 크림 치즈에 가교화  $\beta$ -CD처리 시 control과 Trt. 1에 비해 SCFA의 생성량이 적었으며, 변화폭이 현저하게 작은 것으로 나타나 가교화  $\beta$ -CD 처리가 크림치즈의 저장기간을 연장시킬 수 있을 것으로 예측된다.

#### 크림치즈의 조직검사

가교화  $\beta$ -CD 처리에 의해 제조된 크림치즈의 물성을 측정된 결과는 Table 1과 같다. 응집성의 경우, 4°C보다 22°C에서의 수치가 높게 나타났고, control은 저장기간 동안 큰 폭으로 감소하였으며, Trt. 2는 0주 때의 수치가 control보다 높을 뿐 아니라 저장기간 동안 변화가 매우 적어 8주 때의 수치가 control 8주 때의 수치의 두 배 정도 높은 것으로 나타났다. 견고성은 세 실험군 모두 4°C에서 측정된 값이 22°C보다 높았으며, control은 크게 감소한 반면, Trt. 1과 Trt. 2는 변화폭이 적은 것으로 나타났다. Elasticity와 gumminess는 Trt. 2의 8주 때의 수치가 control의 8주 때의 수치보다 두 배 정도 높은 것으로 나타났다. 따라서 크림치즈에 가교화  $\beta$ -CD처리 시 크림치즈 특유의 조직을 control보다 오랜 기간 유지할 수 있을 것으로 사료된다.

Table 1. Textural properties of cholesterol-reduced cream cheese treated by crosslinked  $\beta$ -CD in cream cheese<sup>1)</sup>

Cream cheese	Storage period (wk)	Cohesiveness		Hardness		Elasticity		Gumminess	
		4°C	22°C	4°C	22°C	4°C	22°C	4°C	22°C
control	0	60.5 <sup>ab</sup>	134.0 <sup>a</sup>	2669.1 <sup>a</sup>	672.2 <sup>a</sup>	82.0 <sup>a</sup>	150.1 <sup>a</sup>	28.6 <sup>a</sup>	74.2 <sup>a</sup>
	1	61.1 <sup>ab</sup>	134.7 <sup>a</sup>	2589.3 <sup>a</sup>	633.1 <sup>a</sup>	78.3 <sup>ab</sup>	141.3 <sup>a</sup>	28.2 <sup>a</sup>	69.9 <sup>ab</sup>
	2	62.3 <sup>ab</sup>	135.5 <sup>a</sup>	2500.7 <sup>ab</sup>	589.5 <sup>ab</sup>	71.9 <sup>ab</sup>	130.9 <sup>ab</sup>	27.5 <sup>ab</sup>	65.3 <sup>ab</sup>
	3	62.9 <sup>a</sup>	140.1 <sup>a</sup>	2410.2 <sup>ab</sup>	535.4 <sup>abc</sup>	66.7 <sup>abc</sup>	122.7 <sup>ab</sup>	26.9 <sup>ab</sup>	62.7 <sup>ab</sup>
	4	63.5 <sup>a</sup>	142.5 <sup>a</sup>	2311.4 <sup>ab</sup> c	480.0 <sup>abc</sup>	60.1 <sup>abcd</sup>	113.4 <sup>ab</sup>	26.3 <sup>ab</sup>	58.5 <sup>ab</sup>
	5	60.4 <sup>ab</sup>	137.9 <sup>a</sup>	2160.6 <sup>bc</sup>	402.7 <sup>abc</sup>	50.3 <sup>abcd</sup>	94.5 <sup>abc</sup>	24.7 <sup>ab</sup>	50.1 <sup>ab</sup>
	6	57.2 <sup>ab</sup>	100.4 <sup>b</sup>	1992.3 <sup>cd</sup>	322.9 <sup>abc</sup>	41.6 <sup>bcd</sup>	78.7 <sup>bcd</sup>	22.5 <sup>ab</sup>	46.4 <sup>ab</sup>
	7	52.9 <sup>bc</sup>	81.8 <sup>c</sup>	1674.4 <sup>d</sup>	254.5 <sup>bc</sup>	32.4 <sup>cd</sup>	55.6 <sup>cd</sup>	20.0 <sup>ab</sup>	40.3 <sup>ab</sup>
8	47.2 <sup>c</sup>	61.4 <sup>d</sup>	1259.5 <sup>e</sup>	140.4 <sup>c</sup>	22.9 <sup>d</sup>	34.8 <sup>d</sup>	18.0 <sup>b</sup>	30.9 <sup>b</sup>	
Trt. 1 <sup>2)</sup>	0	77.4 <sup>ab</sup>	135.2 <sup>a</sup>	2137.5 <sup>a</sup>	532.2 <sup>a</sup>	84.2 <sup>a</sup>	175.0 <sup>a</sup>	34.1 <sup>a</sup>	75.9 <sup>a</sup>
	1	78.0 <sup>ab</sup>	135.8 <sup>a</sup>	2055.1 <sup>ab</sup>	480.9 <sup>a</sup>	80.4 <sup>a</sup>	164.4 <sup>ab</sup>	33.8 <sup>a</sup>	73.1 <sup>a</sup>
	2	78.6 <sup>ab</sup>	136.5 <sup>a</sup>	2050.7 <sup>ab</sup>	432.4 <sup>a</sup>	75.2 <sup>a</sup>	153.7 <sup>ab</sup>	31.0 <sup>ab</sup>	70.0 <sup>a</sup>
	3	79.2 <sup>ab</sup>	137.0 <sup>a</sup>	1997.3 <sup>ab</sup> c	380.5 <sup>a</sup>	72.0 <sup>a</sup>	144.5 <sup>abc</sup>	28.9 <sup>ab</sup>	66.4 <sup>a</sup>
	4	80.1 <sup>a</sup>	137.4 <sup>a</sup>	1900.1 <sup>ab</sup> c	353.3 <sup>a</sup>	67.5 <sup>a</sup>	132.2 <sup>abc</sup>	26.6 <sup>ab</sup>	63.2 <sup>a</sup>
	5	78.8 <sup>ab</sup>	121.2 <sup>a</sup>	1842.5 <sup>ab</sup> c	300.8 <sup>a</sup>	63.4 <sup>a</sup>	110.8 <sup>bc</sup>	24.3 <sup>b</sup>	59.8 <sup>a</sup>
	6	70.4 <sup>bc</sup>	100.6 <sup>b</sup>	1784.4 <sup>ab</sup> c	252.2 <sup>a</sup>	58.8 <sup>a</sup>	89.2 <sup>cd</sup>	23.9 <sup>b</sup>	54.7 <sup>a</sup>
	7	64.1 <sup>cd</sup>	91.3 <sup>bc</sup>	1711.1 <sup>bc</sup>	194.1 <sup>a</sup>	53.6 <sup>a</sup>	72.5 <sup>d</sup>	22.4 <sup>b</sup>	49.6 <sup>a</sup>
8	60.9 <sup>d</sup>	79.2 <sup>c</sup>	1630.0 <sup>c</sup>	165.9 <sup>a</sup>	49.6 <sup>a</sup>	64.5 <sup>d</sup>	21.5 <sup>b</sup>	45.2 <sup>a</sup>	

	0	78.9 <sup>a</sup>	139.5 <sup>a</sup>	1947.1 <sup>a</sup>	538.8 <sup>a</sup>	87.3 <sup>a</sup>	180.7 <sup>a</sup>	35.9 <sup>a</sup>	78.1 <sup>a</sup>
	1	79.8 <sup>a</sup>	140.4 <sup>a</sup>	1880.3 <sup>ab</sup>	481.8 <sup>a</sup>	81.6 <sup>a</sup>	171.3 <sup>a</sup>	34.8 <sup>a</sup>	77.5 <sup>a</sup>
	2	81.0 <sup>a</sup>	140.8 <sup>a</sup>	1827.2 <sup>ab</sup>	422.8 <sup>a</sup>	76.4 <sup>a</sup>	164.9 <sup>ab</sup>	33.6 <sup>ab</sup>	76.1 <sup>a</sup>
	3	82.4 <sup>a</sup>	141.5 <sup>a</sup>	1758.5 <sup>ab</sup>	396.6 <sup>a</sup>	73.2 <sup>a</sup>	155.5 <sup>ab</sup>	32.5 <sup>ab</sup>	75.7 <sup>a</sup>
Trt. 2 <sup>3)</sup>	4	83.0 <sup>a</sup>	142.1 <sup>a</sup>	1701.1 <sup>ab</sup>	352.7 <sup>a</sup>	68.9 <sup>a</sup>	143.7 <sup>abc</sup>	31.4 <sup>ab</sup>	74.0 <sup>a</sup>
	5	83.5 <sup>a</sup>	142.0 <sup>a</sup>	1633.3 <sup>ab</sup>	299.3 <sup>a</sup>	64.3 <sup>a</sup>	128.0 <sup>abc</sup>	29.9 <sup>ab</sup>	72.8 <sup>a</sup>
	6	83.8 <sup>a</sup>	137.5 <sup>ab</sup>	1571.6 <sup>ab</sup>	252.0 <sup>a</sup>	58.7 <sup>a</sup>	112.9 <sup>bcd</sup>	27.6 <sup>ab</sup>	71.0 <sup>a</sup>
	7	84.1 <sup>a</sup>	128.9 <sup>ab</sup>	1549.8 <sup>b</sup>	213.5 <sup>a</sup>	55.2 <sup>a</sup>	88.4 <sup>cd</sup>	26.2 <sup>ab</sup>	69.4 <sup>a</sup>
	8	84.5 <sup>a</sup>	120.2 <sup>b</sup>	1501.8 <sup>b</sup>	170.5 <sup>a</sup>	52.9 <sup>a</sup>	68.5 <sup>d</sup>	24.9 <sup>b</sup>	63.1 <sup>a</sup>

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

<sup>2)</sup> After cream separation, cream was treated with powdered  $\beta$ -CD 10%

<sup>3)</sup> After cream separation, cream was treated with crosslinked  $\beta$ -CD 10%

### 가교화 $\beta$ -CD의 재활용률

Adipic acid로 가교시킨  $\beta$ -CD를 이용하여 크림으로부터 콜레스테롤 제거 시, 가교화  $\beta$ -CD의 재활용률은 Table 2와 같다. 3회 사용할 때까지 약 100%의 재활용률을 보였으며, 10회 반복 사용한 결과 평균 97.82%로 매우 높은 재활용률을 나타냈다.

Table 2. The change of cholesterol removal using crosslinked  $\beta$ -CD with repeated times of recycling in cream

Number of repeated recycling	The rate of recycle (%)	Cholesterol removal <sup>1)</sup> (%)
1 <sup>st</sup>	100.03	91.45 <sup>a</sup>
2 <sup>nd</sup>	99.96	91.38 <sup>ab</sup>
3 <sup>rd</sup>	100.02	91.44 <sup>ab</sup>
4 <sup>th</sup>	98.94	90.45 <sup>ab</sup>
5 <sup>th</sup>	98.91	90.42 <sup>ab</sup>
6 <sup>th</sup>	99.19	90.68 <sup>ab</sup>
7 <sup>th</sup>	97.79	89.40 <sup>bc</sup>
8 <sup>th</sup>	97.57	89.20 <sup>c</sup>
9 <sup>th</sup>	94.55	86.44 <sup>d</sup>
10 <sup>th</sup>	90.27	83.40 <sup>e</sup>
Average	97.82	89.43

<sup>1)</sup> Means within column by the same letter are not significantly different (P<0.05). Means of triplicate.

Recycled crosslinked  $\beta$ -cyclodextrin was treated by following factors

acetic acid : isopropanol = 3 : 1, solvent : crosslinked  $\beta$ -cyclodextrin = 6 : 1,

centrifugation speed : 1500rpm, centrifugation time : 5min, dry oven : 6hours

milk fat in cream : 36%

## 요 약

본 연구결과, 콜레스테롤 제거 크림치즈를 만들기 위한 유지방 함량 36%의 크림의 콜레스테롤 제거 최적 조건은 adipic acid로 가교시킨  $\beta$ -CD 첨가량 10%, 교반온도 20℃, 교반시간 30분, 교반속도 800rpm 이었으며, 이 때 콜레스테롤 제거율은 평균 91.42%로 나타났다. 가교화  $\beta$ -CD처리 크림치즈의 관능검사 결과, 가교화  $\beta$ -CD처리 크림치즈는 control과 powder  $\beta$ -CD 처리한 크림치즈에 비해 저장 기간 동안 쓴맛의 증가가 거의 없었고, 빵에 발리는 정도도 매우 우수하였으며, 전체적인 기호도 또한 높았다. short-chain fatty acid의 경우 저장 기간이 지남에 따라 가교화  $\beta$ -CD 처리 크림치즈는 control과 powder  $\beta$ -CD 처리한 크림치즈에 비해 저급 지방산 생성에 변화가 거의 없었다. 조직검사에서 가교화  $\beta$ -CD 처리 크림치즈는 저장 기간 동안 control에 비해 응집성, 탄력성, 점착성의 변화가 없으며 그 수치가 높게 평가되었다. 또한 가교화  $\beta$ -CD의 재활용률은 97.82%로 매우 높게 나타났다. 위 실험 결과에 따르면, 가교화  $\beta$ -CD는 콜레스테롤 제거율이 높으며, 제품에 적용 시 품질이 향상될 뿐만 아니라, 재활용률도 높아 이를 유가공 산업에 다양하게 활용이 가능할 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

1. Oakenfull, D. G. et al. (1991) International Patent WO 91/16824. Nov. 14.
2. Wurzburg, O. B. (1986) Modified starches. 6 : 41-53
3. Song-Hee Kim et al. (2005) Asian-Aust. J. Anim. Sci., Vol. 18, No. 4, p584-589
4. C. Sanchez, J. et al. (1996) Food Research International, Vol. 28, No. 6, p547-552