

## 가교화 $\beta$ -Cyclodextrin에 의한 라드의 Cholesterol 제거 최적화와 재활용에 관한 연구

김송희\* · 김혜영 · 배현영 · 안정좌 · 곽해수

세종대학교 식품공학과

### 서 론

식생활의 서구화와 소득 수준의 향상으로 육가공 제품이 다양화 되고 있다. 그러나, 이런 육가공품의 섭취는 혈중 cholesterol 치를 증가시켜, 관상동맥증과 동맥경화증, 비만, 고혈압, 암과 같은 질환을 일으킬 수 있는 위험인자가 되었다. 그러므로 육가공 제품으로부터 콜레스테롤을 저하시키려는 노력은 여러 방법으로 시도되고 있다. 그 중 흡착제인  $\beta$ -cyclodextrin( $\beta$ -CD)은 분리가 쉽고 무독성이며 효율성이 높다고 보고되고 있다. 그러나  $\beta$ -CD의 1회 사용으로 인한 경제적 손실과 환경오염 문제 때문에  $\beta$ -CD 재활용의 필요성이 제기되고 있다. 재활용 방법 중 가장 널리 사용되는 유기용매에 의한 방법은  $\beta$ -CD가 powder 상태여서 재활용시 원심 분리가 매우 어렵고, 재활용한  $\beta$ -CD와 사용하지 않은  $\beta$ -CD를 일정 비율로 혼합해야 하기 때문에 이런 결점을 보완하기 위해 내열성과 내전단성, 회수율이 높아 경제적, 환경적 문제를 해소할 수 있는 adipic acid로 가교시킨  $\beta$ -CD를 제조해 육가공 식품의 주원료 중 하나인 lard의 콜레스테롤 제거 최적 조건을 확립하고, 가교화  $\beta$ -CD의 효율적인 재활용 방법을 개발하는 것은 매우 중요하다. Lard는 소시지와 일부 햄류 제조시 식품에 이용되는 원료 지방체로서 평균 콜레스테롤 함량이 90~120mg/100g 으로 콜레스테롤 함량이 매우 높아 lard에서의 콜레스테롤의 감소는 콜레스테롤이 저하된 여러 가지 육가공 제품 개발의 가능성을 시사한다. 따라서 본 연구는 가교화  $\beta$ -CD를 이용하여 lard의 cholesterol을 효과적으로 제거하는 최적조건을 확립하고, 이의 재활용률을 높이는데 목적을 두었다.

### 재료 및 방법

Lard의 최적조건 확립 실험을 위하여 돈지 3kg을 구입하였고, 가교시약으로 adipic acid(Shinyo Pure Chemical Co, Japan)를 사용하였다. Lard 20g을 150ml 비이커에 넣고 cholesterol 흡착을 위한 distilled water(10, 20, 30, 40, 50g),  $\beta$ -CD 농도(1, 3, 5, 7, 9%), cholesterol과  $\beta$ -CD를 결합시키기 위한 교반온도(20, 30, 40, 50, 60 $^{\circ}$ C)와 교반시간(5, 10, 15, 20, 25 min), 교반속도(50, 100, 150, 200, 250 rpm)의 factor들로 cholesterol 제거실험을 실시하였다. 이와 같은 조건으로 처리한 시료 중 1g을 취하여 GC를 사용하여 cholesterol을 정

량하였다.

가교화  $\beta$ -CD 재활용을 위해 acetic acid와 isopropanol(3:1)의 혼합용매를 콜레스테롤을 흡착한  $\beta$ -CD와 6:1의 비율로 혼합한 후 ultrasonic cleaner에서 10분 동안 처리하였다. 용해된 시료를 50°C, 100rpm에서 2시간 동안 교반하면서 20min 간격으로 시료를 꺼내 5min 동안 ultrasonic cleaner에서 용해시켰다. 교반한 시료는 실온에서 냉각시키고 630×g에서 5min 동안 원심 분리하여 상징액을 따라낸 후, 침전된  $\beta$ -CD를 dry oven에서 50°C로 6시간 동안 건조하여 재활용  $\beta$ -CD를 제조하였다. 모든 실험 결과는 SAS program을 이용하여 분산분석(ANOVA)과 최소 유의차 검정으로 통계 처리하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 교반시 Lard와 Distilled Water의 혼합비율

본 실험에서 가장 효율적인 lard와 distilled water의 혼합비율을 선택하기 위하여 라드 30g에 대한 distilled water 혼합량을 10, 20, 30, 40, 50g으로 하여 시료에 각각 첨가한 후,  $\beta$ -CD의 양 5%, 교반속도 150rpm, 교반온도 30°C, 교반시간 1hr, 원심분리속도 250×g, 원심분리 시간 15min, 원심분리 온도 27°C로 일정하게 유지하면서 비교실험을 하였다. 콜레스테롤 제거율을 실험한 결과는 distilled water와 1:1의 비율로 실험시 93.02%로 콜레스테롤 제거율이 가장 높아 30g의 distilled water가 라드와 혼합시 콜레스테롤 제거율의 최적으로 관찰되었다.

### 2. 가교화 $\beta$ -CD의 농도

본 실험에서는 가장 효과적인 가교화  $\beta$ -CD 첨가량을 선택하기 위하여 라드에 대한 가교화  $\beta$ -CD 첨가량을 1, 3, 5, 7, 9%로 하여 시료에 각각 첨가한 후, 교반속도 150rpm, 교반온도 30°C, 교반시간 1hr, 원심분리속도 2,000rpm, 원심분리 시간 15min, 원심분리 온도 27°C로 일정하게 유지하면서 비교실험을 하였다. 콜레스테롤 제거율을 실험한 결과는 Table 1에서와 같다. Adipic acid로 가교시킨  $\beta$ -CD의 양이 우유의 5%일 때 93.02%로 콜레스테롤 제거율이 가장 높았으며 1%일 때는 64.05%, 3%일 때는 85.13%, 7%일 때는 92.92% 그리고 9%일 때는 92.58%로 나타나 5%의  $\beta$ -CD 첨가가 라드에서 콜레스테롤을 제거율의 최적으로 관찰되었다.

Table 1. Effect of various crosslinked  $\beta$ -CD concentrations on cholesterol removal in lard

$\beta$ -CD (%)	Cholesterol removal <sup>1)</sup> (%)
1	64.05 <sup>c</sup>
3	85.13 <sup>b</sup>
5	93.02 <sup>a</sup>
7	92.92 <sup>a</sup>
9	92.58 <sup>a</sup>

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

Ratio of lard to water ; 1:1, Fat at in lard ; 27%.

Factors of cholesterol removal ; mixing temp. : 40°C, mixing speed : 150rpm, mixing time: 1 hr.

### 3. 교반 온도

라드는 일반적으로 20℃ 이하에서는 빠른 시간내에 지방이 고체화가 되는데, 지방을 액상으로 유지하면서 품질 저하를 막기 위하여 20℃ 이상의 여러 온도에서 교반실험을 해보았다. Aadipic acid로 가교시킨 β-CD 첨가에 의한 라드의 콜레스테롤 제거 효과를 알아보기 위하여 교반 온도를 달리하여 제거율을 실험한 결과는 Table 2에서와 같다. 온도가 40℃일 때 92.38%로 콜레스테롤 제거율이 가장 높았으며, 20℃에서는 90.11%, 30℃에서는 90.32%, 50℃에서는 92.31% 그리고 60℃에서는 92.08%로 나타났다.

### 4. 교반 시간

가교화 β-CD를 이용해 라드에서 콜레스테롤 제거시 교반 시간을 달리하여 콜레스테롤 제거율을 실험한 결과는 15분일 때 92.01%로 콜레스테롤 제거율이 가장 높았으며, 5분일 때 87.14%, 10분일 때 91.47%, 20분 일때 91.48%를 보였다. 다른 여러 조건들에 비해서 교반시간은 일정한 수준 이상으로 계속 증가시켰을 때 콜레스테롤 제거에는 거의 동일한 영향만을 가져 β-CD와 콜레스테롤이 흡착하는 데 큰 영향을 주지 않는 것으로 사료된다.

### 5. 교반 속도

가교화 β-CD를 이용해 라드에서 콜레스테롤 제거시 교반 속도를 달리하여 제거율을 실험한 결과는 교반 속도가 150rpm일 때 93.11%로 콜레스테롤 제거율이 가장 높았으며, 50rpm일 때 89.05%, 100rpm일 때 90.48%, 200rpm일 때 93.00% 그리고 250rpm일 때 92.85%로 약간의 차이를 보였지만 유의적 차이는 없었다( $P < 0.05$ ). 교반속도의 증가는 안정한 상태로 결합되어 있던 β-CD와 콜레스테롤 복합체가 과도한 교반 속도로 인해 다시 불안정한 상태로 전환되는 것을 유의해야 한다.

### 6. 가교화 β-CD의 재활용

가교화 β-CD를 사용하여 우유에서의 콜레스테롤 제거 최적조건에 따라 콜레스테롤을 제거

Table 2. Effect of various mixing temperatures of crosslinked β-CD on cholesterol removal in lard

Mixing temp. (°C)	Cholesterol removal <sup>1)</sup> (%)
20	90.11 <sup>a</sup>
30	90.32 <sup>a</sup>
40	92.38 <sup>a</sup>
50	92.31 <sup>a</sup>
60	92.08 <sup>a</sup>

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

Ratio of lard to water ; 1:1, Fat at in lard ; 27%.

Factors of cholesterol removal ; crosslinked β-cyclodextrin : 5%, mixing speed ; 150 rpm, mixing time : 1 hr.

한 후, 가교화  $\beta$ -CD를 수거하여 재활용 실험 결과 Table 3에서와 같이 가교화  $\beta$ -CD의 초기 콜레스테롤 제거율은 92.32%로 나타났으며, 1회 재활용 시 92.11%, 8회 재활용 시 90.72%로 8회 사용 시까지 거의 98%의 재활용률을 나타내었다. 9회 재활용 시 88.71%의 콜레스테롤이 제거되어 9회, 10회 사용시는 94~96% 이상의 콜레스테롤 제거율을 나타내었다.  $\beta$ -CD의 재활용을 고려한 lard의 콜레스테롤 제거 시, 높은 재활용률로 인해 가교화  $\beta$ -CD를 사용하는 것이 경제적인 측면에서 매우 효과적인 방법이라고 사료된다.

## 요 약

본 연구의 목적은  $\beta$ -CD를 가교화 시켜 육가공 제품의 주원료인 lard에 내재하는 cholesterol을 효과적으로 제거하기 위한 최적조건 확립이다. 따라서 adipic acid로 가교화한  $\beta$ -CD를 이용하여 lard에서 cholesterol을 제거하고 더 높은 효율을 찾기 위하여 실시되었다. 가교화  $\beta$ -CD를 이용해 lard에서 cholesterol 제거 실험결과의 최적 조건은 lard : distilled water=1:1, 가교화  $\beta$ -CD 5%, 교반온도 40°C, 교반시간 10분, 교반속도 150rpm으로 실험한 결과 cholesterol

Table 3. The change of cholesterol removal rate using crosslinked  $\beta$ -CD with repeated times of recycling in egg yolk

Number of repeated recycling	The rate of recycle (%)	Cholesterol removal <sup>1)</sup> (%)
Initial	—	92.32
1 <sup>st</sup>	99.77 <sup>a</sup>	92.11 <sup>a</sup>
2 <sup>nd</sup>	99.46 <sup>a</sup>	91.83 <sup>a</sup>
3 <sup>rd</sup>	98.86 <sup>a</sup>	91.27 <sup>a</sup>
4 <sup>th</sup>	98.67 <sup>a</sup>	91.10 <sup>a</sup>
5 <sup>th</sup>	98.37 <sup>a</sup>	90.82 <sup>a</sup>
6 <sup>th</sup>	98.25 <sup>a</sup>	90.71 <sup>a</sup>
7 <sup>th</sup>	98.15 <sup>a</sup>	90.62 <sup>a</sup>
8 <sup>th</sup>	98.26 <sup>a</sup>	90.72 <sup>a</sup>
9 <sup>th</sup>	96.08 <sup>ab</sup>	88.71 <sup>b</sup>
10 <sup>th</sup>	94.60 <sup>b</sup>	87.34 <sup>b</sup>
Average	98.04	90.52

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

Cholesterol removal process was same as discribed before.

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 : 5 min,
- Drying time : 6 hours

제거율이 평균 92.32%이었다. 또한 10회 재활용 결과 평균 98.04%의 재활용률을 보였으며, 8회 이후에는 유의적으로 감소하여 가교화  $\beta$ -CD의 효율적인 재활용이 가능함을 시사하였다. 이 실험의 결과 가교화  $\beta$ -CD로 lard의 cholesterol 제거 최적조건을 규명함으로써 콜레스테롤을 저하시킨 육가공 제품의 생산 가능성을 보였다.

### 참고문헌

1. S. H. Kim. *et al.* (2004) *Arch Pharm Res* 11 : 1183-1187.
2. Cho, S. H. *et al.* (2002) *J. Food Sci.* 60 : 157-161.
3. Mandigo, R. W. *et al.* (1999) *Meat Sci.* 43 : 5-19.
4. J. R. Ji. *et al.* (1997). *Korean J. Anim. Sci.* 39(5)599-604.
5. Wurzburg, O. B. (1996) *Modified starches.* 6:41-53.