

# 우유의 가열조건에 따른 영양학적 고찰

최근 成均館大 大學院 낙농학과 丁 厚吉씨(미생물전공)가 동대학원 세미나에서 발표한 내용을 요약소개하고자 한다. (편집자註)

## 우유에 포함된 지방, 비타민 A 등 영양분은 가열온도의 高底에 관계없이 소실안돼

10여종의 외국문헌을 참고로 연구발표한 丁씨는 『우유를 살균하는 궁극적인 목적은 제품의 안전성을 확보하고, 보존성을 증가시키는 것』이라고 전제하고 『생유중의 세균은 LTLT 및 HTST 살균에 의해 97~99% 사멸되지만 내열성세균이나 세균아포의 잔존위험성을 면할수 없다』고 지적했다.

결국 아포형성균의 사멸을 위해서는 섭씨 1백도 이상의 가열살균이 필수불가결한데, UHT의 세균사멸률은 거의 1백%에 달한다고 강조했다.

그는 또 LTLT나 HTST 살균유는 온화한 풍미를 가지며 충전한 직후에는 신선한 생유와 동일한 형태의 외양을 나타내나 잔존세균 때문에 보존성이 낮아 냉장보관중 호냉세균의 증식에 의해 수일 이내에 풍미의 결함이 생기게 된다고 밝혔다.

日本 乳技協 자료에 따르면 LTLT와 HTST 살균유에서는 표준평판균수, 저온세균수의 증가와 함께 풍미의 저하가 진행되어 1ml당 10<sup>5</sup>~10<sup>6</sup>의 균수에 도달하면 풍미검사 성적이 현저하게 저하되는데 이는 주로 Bacillus cereus의 증식에 기인된다는 것.

영양소 파괴문제에 있어서 카제인은 열저항성이 강해 일반적인 우유가 열처리에서는 변성이 거의 일어나지 않는다는 것은 많은 연구자에 의해 밝혀진 사실.

이는 카제인의 물리적 구조가 변성단백질의 구조와 유사하여 가열에 의한 영향을 받지않기 때문이라고 丁씨는 설명했다.

실제로 1백20도에서 30분간 가열해도 약간의 변화를 보이기 시작하는 정도이며 1백35~1백50도에서 2~4초동안 열을 가하는 UHT 멸균처리에도 아무런 변화가 없었다고 그는 부연설명.

열처리에 의한 유단백질의 영양가 손실은 주로 라이신과 관련되어 있는데 우유의 가열온도가 높을 경우 유단백질중 라이신의 유효성이 감소된다는 것.

라이신의 아미노그룹과 유당의 카보닐그룹이 반응하여 갈색화물질(멜라노이드)이 생성되는 마이야르반응이 일어나 체내에서 이용되지 못하는 형태로 변화되기 때문인데, 이로인해 HTST에서는 1~2%, NHT 및 롱라이프 우유에서는 3~4%의 유효성 라이신이 감소하나 이것이 유단백질 전체의 영양가를 감소시키는 것이라고는 말할수 없다고 丁씨는 주장했다.

또한 우유를 가열하면 다소를 불문하고 유청단백질의 변성을 피할수 없다는 것이 정론이라는 것.

62~65도에서 30분간처리하는 LTLT의 경우 약 12~20%의 유청단백질이 변성되지만 현재 세균학적 측면을 고려하여 사용되고 있는 75도에서 15분

간 실시하는 변칙살균법에서는 35%정도인 것으로 밝혀졌다고 한다.

또 72~75도에서 15~16초동안 가열하는 HTST 법에서는 변성률이 수%내로써 LTLT법보다 훨씬 적지만 이 경우에도 보통 85도에서 15초간 변칙 처리되기 때문에 약 50%에 달하고 있다고 한다.

丁씨는 롱라이프우유와 같은 UHT처리시의 유청 단백질은 85도에서 5분간 예비가열한 후 1백20도에 서 2초처리할 경우 61.3%, 1백30도, 2초에서는 62.1%, 1백40도, 2초의 간접가열에서는 64.1%가 변성 된다고 밝혔다.

이처럼 고온가열에 의해 유청단백질의 일부가 변성을 일으키지만 그 영양가나 피소화성은 하등 저 하되지 않는다는 것이 丁씨의 견해.

카제인도 입자의 크기와 조성에 약간의 변화가 일어나기도 하지만 유산균이나 쥐를 이용한 단백질 영양실험에서 전혀 차이가 없다는 결과를 얻었다는 것.

결국 유청단백질은 변성되나 함량자체가 변하는 것은 아니며 쥐에 대한 생물가 및 소화율 실험결과 UHT처리유의 경유 생유에 비해 유의차가 없으며 유아에 대해서도 UHT유와 저온살균유간에서 질소 균형의 유의한 차가 인정되지 않는다는 것.

더우기 롱라이프우유 및 HTST우유를 쥐에 투여 하여 5세대에 걸친 생육실험을 통해 쥐의 성장과 수명, 생식능력, 해부후의 조직등을 검사한 결과 두 제품사이에 아무런 차이가 없었으며 UHT가 열에 의해 생물가와 소화율이 저하되는 것이 아니고, 유 단백질의 부분변성이 영양가로 귀착되지 않는다는 사실은 이미 외국의 실험결과로 입증되었다고 丁씨는 강조했다.

또 1982년 국제낙농연맹의 UHT乳 논문집에는 비타민B<sub>2</sub>, A, D 및  $\beta_1$ 카로틴이 LTLT, HTST, UHT 살균에서 차이가 없는 것으로 나타났다고 한다.

비타민B<sub>1</sub> 손실률은 모두 10%로서 차이가 없고, 비타민C의 경우 LTCT, HTST가 20%인데 반해 UHT는 25%로서 약간 더 파괴되는 정도였다는 것.

따라서 우유중에 존재하는 대부분의 비타민은 열에 안정하며 멸균공정에 의해서도 영향을 받지않음을 알 수 있다고 丁씨는 말했다.

그는 또 균질유에 대한 영양적 이점으로서 ▲ 지방구의 크기가 작을수록 지방의 흡수가 용이해지므로 위장병으로 고통받는 사람도 쉽게 소화할수 있고 ▲ 단백질의 이용성이 증가하여 쥐실험결과 비균질유보다 체중증가 속도가 빠르다는 것이 입증되었으며 ▲ 균질유중의 지방구는 모유지방과 크기가 비슷하기 때문에 이러한 균질유로 만든 유아식품은 지방의 소화속도가 빠르다는 것등을 들었다.

그는 뿐만아니라 ▲ 단백질도 미세하게 분산되어 부드러운 응고물을 형성하기 때문에 단백질 소화율이 빠르며 ▲ 균질유가 비균질유에 비해 위산의 분비를 덜 필요로하고 위내 체류시간도 모유만큼 짧다는 것이 판명되었다고 밝혔다.

丁씨는 이와함께 우유를 균질하면 유지방구가 파괴되어 지방분해에 대한 보호작용이 소실되므로 리파제에 의한 가수분해취가 발생한다고 생각할 수 있으나 리파제는 가열에 민감하여 통상적인 우유살균법에 의해 불활성화되기 때문에 유지방의 가수분해는 일어나지 않으며 균질유보다 비균질유가 리파제불활성률이 더 높다고 보고된 점을 빼놓지 않았다.

그는 또 70년대초 Oster가 균질유를 음용하면 동맥경화증과 관상동맥성 심장병에 걸릴 위험성이 증대된다는 가설을 주장한 것과 관련, 근거없는 낭설임이 여러문헌을 통해 증명되었다고 말했다.

이에대한 반박론으로서 Xanthine Oxidase는 섭씨 80도 이상에서 가열하면 완전하게 비가역적으로 불활성화된다는 사실이 제기되었다.

따라서 UHT우유중의 Xanthine Oxidase는 활성이 있는 상태로 존재할수 없으며 오히려 63도에서 30분간 처리한 저온살균유를 음용하게 되면 동맥경화성 심장병 대뇌색전증 혈전증등이 유발된다는 것이다.

이는 Anand의 이론으로서 실제 영국에서 저온

살균법이 도입된지 2년만에 이같은 질병이 현저하게 증가한 것으로 보고되었음을 丁씨는 인용했다.

또 Xanthine Oxidase는 pH 3.5에서 완전히 불활성화되기 때문에 위를 통과하는 동안 활성을 가질수 없으며 동물실험 결과 분자량이 8만이하인 단백질분자만이 소장벽으로 흡수된다는 사실로 미루어 분자량이 30만인 Xanthine Oxidase는 소장관을 통과할 수 없는 것으로 나타났다.

이밖에도 Xanthine Oxidase를 토끼에 장기간 정맥주입해도 대동맥과 심장내의 플라스카로겐함량이 감소되지 않았으며 동맥내의 혈소판도 형성되지 않았다는 연구결과가 반박자료로 제시됐다.

한편 우유중의 칼슘존재형태가 가열처리에 의해 변화한다는 것은 옛부터 알려져왔는데 이는 가용성 칼슘과 인산염이 감소하는것으로서 가용성 인산칼슘이 콜로이드형태로 변환되기 때문.

그러나 가열직후에는 20~40%가 불용성화되지만 냉각에 의해 원상태로 회복된다는 사실이 이미 1959년에 밝혀졌다는 것.

그는 또 지난78년도에는 일본 中央酪農學會誌에서 콜로이드성 칼슘도 우유를 산성으로 하면 pH 4.9에서 거의 완전하게 유리된다는 발표를 토대로 pH가 1~2정도 낮은 위내에서는 흡수가 용이한 가용성 칼슘형태로 된다는 것을 강조했다.

게다가 우유에는 1백g당 1백mg의 비교적 다량의 칼슘이 함유되어 있으며 체내보류계수도 85%전후로 높아 20~30%에 불과한 타식품의 칼슘에 비해 매우 이용되기 쉬운 특성을 가지고 있다고 丁씨는 밝혔다.

따라서 칼슘을 중심으로한 우유의 영양학적 평가에 있어서 UHT처리에 의한 칼슘의 소화흡수에는 전혀 차이가 없으며 가용성 칼슘의 함량감소가 우유의 영양가를 감소시키는것이 아니라는 사실 또한 쥐실험결과 명백히 드러났다는 것이 그의 주장이다.

그는 또 Renner는 소아에 대한 급여실험에서 UHT 우유가 저온살균유에 비해 칼슘의 흡수가 좋다고

하였으며 쥐실험에 따른 칼슘이용성도 UHT처리유나 멸균유 모두 생유와 동일하다고 한 점을 예로 들었다.

丁씨는 단백질을 3백도이상의 극고온으로 가열하면 트립토판이 열분해되어 try-1이라는 물질이 생성되어 발암물질로 작용하게 되나 우유와 유제품으로부터 변이원성 물질이 검출되기 위해서는 탈지분유는 4백도, 치즈는 3백도에서 10분간 가열해야한다고 언급했다.

따라서 통상적인 우유 가열조건에서 변이원물질이 검출된다는 것은 억측이라는 것이 그의 주장.

롱라이프우유의 경우 충전용기의 무균상태를 유지하기 위해 과산화수소를 사용하는데 이것은 4백~6백도의 가열부를 통과하는동안 열풍과 복사열처리에 의해 완전히 제거되기 때문에 우유로 이행되지 않는다는 것.

실제로 지난81년 일본국립예방위생연구소에서 우유의 무균충전시 수반되는 과산화수소의 잔류정도와 시판우유의 과산화수소 함량실태를 조사한 결과 유의차가 전혀 인정되지 않았다는 것이다.

일본의 경우 과산화수소에 의한 발암성이 한때 문제가 되었으나 그후 미국FDA에서 과산화수소에 의한 용기멸균을 허용하였으며 무균충전직후의 과산화수소잔류는 보존24시간이내에 급속히 감소하는 것을 고려, 현재FDA의 과산화수소 규제함량은 1.0ppM이하로 되어있다고 丁씨는 역설.

유단백질의 가열에 의한 독성물질의 생성가능성은 과도한 마이야르반응에 의해 라이시노알라닌(Ly-sinoalanine) 이 생성, 유리되는 것.

라이시노알라닌은 쥐의 신장세포에 독성을 나타낸다고 보고되어 있으나 이는 쥐에게만 선택적으로 작용했기 때문에 인체및 유아에게는 아무런 해가 없으며, 통상적인 UHT처리에서는 상당기간 갈변화반응이 진행되지 않는다는 점을 그는 재삼 강조했다.