가열처리가 우유의 영양에 미치는 영향

이글은 지난 10월 22일 한국무역전시관 國際會議室에서 韓國乳加工協會 後援, 韓國 乳加工 硏究會 주최로 실시한 第27回 秋季 乳加工 세미나 發表 內容을 소개코자 한다.(편집자 註)

Prof. Dr. Edmund Renner
독일 Justus Liebig University Giessen

1. 개 요

먼저 독일의 UHT유와 연관된 상황을 간단히 기술하고자 한다. 서독에서 UHT유는 1960년대에 최초로 법률적인 토대를 마련하여 몇몇 유가공장에서 시작하였다. UHT처리법은 인가된 유형의 설비(직접 혹은 간접가열방식)를 사용하고, 우유를 실온의 밀봉한 포장내에서 최소한 6주간 보관할 수 있어야 하도록 지정함으로써 1968년에 법률로 인정되었다. 1970년 이래 독일의 UHT유 소비는 비약적으로 발전하였다. 이 기간동안 연간 생산량이 10만t에서 1985년에는 약 180만t으로 증가하였고, 소비된 총 우유중 UHT유가 차지하는 비율은 3%에서 50%이상으로 증가하였다.

또한 이 기간동안 지방율에 따른 UHT유 제품의 소비습관의 변화도 관찰할 수 있었다. 1976년까지는 주로 저지방과 저에너지량에 따른 영양적 이유로 저지방 UHT유(유지율 1.5%)의 선호도가 높았으나, 현재에는 미각적인 이유로 전유형 UHT유가 더욱 많이 소비된다. 1975년에 저지방 UHT유의 생산이 총 UHT유중 60% 전유형 UHT유는 32%였는데, 1983년에는 50:50%로 그 비율이 변하였다. 탈지한 UHT유는 미각적으로 나빠서 의미가 없다.

이와같이 UHT유의 소비가 늘어나는 것은 살균유와 미각적 차이가 있음에도 소비자가 저장기간이 긴 시유를 원하고 소비자 대부분이 UHT유를 인정한다는 사실로 설명할 수 있다. UHT유 생산 첫 해에 이미 살균유보다 가격이 낮았기 때문에 경제적인 이유 또한 이러한 소비증가에 기여한다고 볼 수 있다. 이러한 상황은 지금까지 바뀌지 않고 있다. 그 가격차이는 10-20%에 달한다.

가격차이에 대한 이유로 들 수 있는 것은 ;

- UHT기기는 시간당 처리능력이 25,000L에 이르므로 이용도가 높다.
- UHT유는 냉각체인(refrigeration chain)을 필요로 하지 않기 때문에 에너지를 절약할 수 있고,
- 물론, UHT유를 생산하는 공장(독일에 약 60개사가 있다)간의 경쟁과 big trade Chain의 판매력 또한 UHT유의 저렴한 가격에 기여하며, 따라서 판매이윤은 아주 작다.

따뜻한 지역의 국가에서는 냉각 설비가 한정되어 있고 모든 소비자에게 우유가 도달하기까지의

긴 거리상의 장애를 극복해야 하기 때문에 UHT 유의 중요성이 뚜렷하다. 영양실조가 문제되는 지역의 경우 특히 심하다. 그러나 터어키의 경우 UHT 유의 가격이 살균유에 비해 거의 2배에 달하므로 UHT유의 판매부진이 놀라운 일은 아니다.

2. UHT 열처리의 원리

독일의 UHT유 현황을 논하려면, 저장기간이 긴 우유를 원하는 소비자의 요구를 충족시키기 위해 50여년 전 즉 1932년에 도입된 재래식 멸균법을 고려해야 한다.

이 방법은 우유를 30분동안 110-120C에서 가열하는데, 다른 식품산업의 멸균법과 유사하였다. 그렇지만, 독일에서 이러한 멸균유는 소비자들이 좋아하지 않았다. 멸균유의 생산이 연간 150,000t에도 미치지 못하였으며 총 액상유중 불과 5%정도만을 차지하였을 뿐이다. 주요 원인은 재래식 멸균유의 강한 가열취와 카라멜취 때문이었다. 연속적으로 흐르게 하며 가열하는, 재래식 멸균법을 개선한 UHT 처리법은 처리온도가 높아짐에도 불구하고 재래식 멸균법과 비교하였을때 우유의 미각적 특성이나 영양적 가치에 대해 부정적 영향이 감소하는데 근거한다. 이는 온도증가로 인한 화학반응 속도보다 미생물 파괴속도가 현저하게 높다는 사실로 설명할 수 있다. 온도가 10℃ 상승할 때 반응이 얼마나 빠르게 일어나는지를 표시하는 Q10 value로 측정한다. Fig. 2는 미생물 파괴와 포자수의 감소범위가 8-20인 Q10 value가 대부분의 화학반응 예로써, Maillard reaction의 Q10 value인 2-4보다 현저히 높다는 것을 나타낸다.

Table 1은 어떤 멸균도를 얻기 위해 필요한 holding time이 온도증가와 함께 어떻게 저하하는가, 단위 시간당 일어나는 화학변화 속도가 온도증가와 함께 어떻게 증가하는가를 나타낸다. 또한 이 표에서 볼 수 있는 것은 holding time이 매우 짧으므로 인해 온도가 30℃ 증가할 때 화학변화는 처음 값의 3%를 줄일수 있다는 것이다. 처리온도가 115℃이고 holding time이 30분인 재래식 멸균법을 살펴보면 Table 1의 결과는 다음을 뜻한다. 처리온도가 145℃로 증가하면 holding time을 약 2초로 줄일 수 있다. 사실상 대부분의 UHT처리법은 약 140℃/ 3-4초이며 이 사실은 대다수 유가공장의 UHT 처리법의 기본이 된다. 물론 UHT유의 소비가 증가하는 기간 동안과 현재에도 UHT처리로 인한 우유의 영양적 가치 손실에 대한 논의가 강력히 있어왔다. UHT처리중과 UHT유의 저장중에 우유의 성분변화에 대한 많은 연구들이 수행되었다.

3. 유단백질에 대한 영향

유단백질의 영양적 가치에 대한 UHT처리의 영향을 고찰할때 다음과 같은 점들이 고려되어야 한다.

1) 유청단백질의 변성화가 특히 소화와 관련해서 영양가에 미치는 영향은?

2) Maillard reaction이 일어나는 정도, 유효성 lysine의 손실 정도, 단백질 생물가의 손상정도는?

3) UHT처리법에 의해 형성되는 lysionoalanine (LAL)의 양은 어느정도?

3. 1 유청단백질의 변성

가열로 인해 단백질이 변성하는데 이는 특정한 입체구조의 변화를 의미한다. 즉 단백질의 2, 3차 구조가 변한다는 것을 뜻하며 peptide결합은 파괴되지 않는다. 대략 80℃에서 변성이 시작되고 일부는 원 상태로 복귀가 가능하다. 우유중의 casein은 비교적 열에 안정한데 이는 proline이 단백질이 뭉쳐지는데 필요한 수소결합 형성을 방해하기 때문이다. 125℃에서 60분 이상 가열할때 열응고 현상은 일어난다. 이러한 방법은 정상적인 유가공시 사용하지 않지만 일부에서 사용하는 이보다 덜한 열처리법은 casein분자의 펩티드사슬을 풀어버릴 수 있다. UHT유 casein micelle의 전자현미경 사진은 구조가 느슨해지고 직경이 늘어난 것을 보여준다. 열처리 방법에 따라 유청단백질은 변성정도가 다르게 나타난다(온도, 시간에 따라). 살균유의 유청단백질은 0~20%가 변성되고 간접가열법으로 처리한 UHT유는 70~80%, 직접가열법의 UHT

유는 40~60%가 변성된다. 이것은 2종류의 UHT 처리법간에도 차이가 있다는 것을 뜻한다.

3. 2 단백질 소화율

단백질 변성이 영양적 측면에서 어떠한 부정적 의미를 가지지 않는다는 것이 강조되어야 한다. 열변성된 유단백질은 tlypsin, pepsine, pancreatin의 소화 실험에서 입증된 것처럼 오히려 단백질의 구조가 느슨해져서 소화효소의 작용을 더 쉽게 받음으로써 천연 유단백질보다 소화가 잘된다. 게다가 가열한 우유의 단백질은 더 잘 분산된 형태로 유산에 의해 침전되어 효소의 작용을 쉽게 받는다.

따라서 살균유와 UHT유의 단백질 이용율이 원유보다 높다는 사실이 입증되었다. 단백질 소화율에 대한 이와같은 긍정적인 열처리 효과가 몇가지 실험 결과로 강조될 수 있을 것이다. rat에 대한 원유, UHT유, 고압 살균한 탈지유를 급여하여 우유 단백질의 위내 소화에 대한 효율을 조사하였다. 열처리 우유는 위 내용물의 산성화와 위 통과속도(gastric emptying rate)를 촉진시키며, casein의 가수분해를 증진시켰다. 이 처리로 인한 유응고성의 개선은 유청단백질의 위 통과속도가 천천히 저하하기 때문이다.

소화관이 인간과 특히 유사한 minipig를 사용하여 독일의 Federal Dairy Research Station에서 매우 광범위한 연구를 수행하였다. 이 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 원유나 살균유는 매우 견고한 커어드를 형성하여 위 통과속도가 가장 느리게 나타났다. UHT유는 부드러운 커어드를 형성하여 위 통과속도가 훨씬 빨랐다. 이는 견고한 커어드를 형성한 우유와 비교할때 높은 산도, 높은 pepsin 활성과 peptide 분해산물의 양이 증가된 현상을 수반하였다.

- 나아가서 위 내에서 단백질 분해에 의한 유단백질의 분해는 여러 우유 종류간의 응고습성에 따른다는 것을 알 수 있었다.

- 응고가 강할수록 casein 분해가 늦어진다. 원유나 살균유를 급여한 후 첫 단계에서 소화되지 않은 유청단백질이 소장으로 방출되고, 두번째 단계에서(더 긴 시간동안) casein이 작은 펩티드로 쪼개진다. UHT유를 급여하면 유청단백질과 결합한 casein 입자를 응고시킨 pepsin 혼합물이 전체 통과시간 동안 소장으로 들어간다.

- 위 내에서 지방분해에 대한 효과 또한 볼 수 있다. 원유를 급여한 후 Table 3의 지방산 농도로 알 수 있는 것처럼 경미한 지방분해가 관찰되었다.

- 살균유를 급여하였을때 총 지방중 유리지방산의 비율이 최대 17%에 달했으며, UHT유의 경우 120분 후에 살균유의 경우 260-360분 후에 유리지방산이 최대치에 달했다.

- 혈액의 아미노산과 요소의 함량 측정은 살균유보다 훨씬 높은 것을 나타낸다. 신속한 분해와 그에 따른 위를 통과하는 속도가 빠른 것은 빠른 흡수를 초래한다.

3. 3 단백질 생물가

UHT 처리중에 일어나는 유단백질의 변화는 단백질 생물가가 영향을 받지 않을 만큼 작다. 고온에서 또는 저장기간 동안에 Maillard 반응이 일어나는데 주로 β-lactoglobulin이 lactose와 함께 반응에 참여하며, 필수 아미노산중 lysine의 아미노기가 이 반응에 관여한다. 반응중에 형성되는 물질들이 효소에 대한 저항성을 가지기 때문에 유효성 lysine의 함량이 이 반응에 의해서 감소된다. 그렇지만 UHT 처리를 포함한 정상적인 열처리 방법으로 인한 lysine의 손실은 매우 적을 뿐이다. 즉 살균유에 있어서 lysne의 손실은 0-2%이고, UHT 처리유에 있어서는 0-4%에 이르며 직접 또는 간접 UHT 처리방법 간에는 차이가 거의 없다. 잠깐 끓인 우유는 5%, 재래식 멸균유 6-10%, 농축유는 약 20%의 손실이 있다. 우유 본래의 lysine 함량이 높기 때문에, 살균유와 UHT처리유에 있어서 경미한 유효성 lysine의 손실은 무시할 수 있다.

전체적으로 UHT유의 단백질 영양가는 생물학적 가치에 의해 결정되며 유단백질의 순소화율과 정미단백질 이용율은 UHT처리에 영향을 받지 않는다. UHT유의 저장중에 저장온도에 따라 Maillard 반응이 일어난다. 그러나 많은 실험을 통해서 고온에서 장시간 저항할때만이(즉 6개월/30-37℃) 심각하게 lysine의 유효성이 상실된다는 것을 알

수 있다. UHT유를 냉장고에서 저장할때 6개월간의 저장기간 동안에 유효성 lysine의 농도가 변화하지 않고, 20℃저장시 단 6%, 30℃저장시 10%, 37℃저장시 15%의 감소가 있을 뿐이다.

Maillard반응 산물로서 HMF 함량과 유효성 lysine 농도간의 상관관계를 논하고자 한다. 이러한 연관 관계는 20℃이상의 저장온도에서 찾을 수 있다. 30℃의 저장온도에서 r=-0.92의 상관계수로부터 유효성 lysine의 손실이 HMF값으로부터 산출해 낼 수 있다는 것을 결론지을수 있다.

유당을 가수분해한 우유에 있어서 가수분해 산물인 glucose와 galactose는 유다보다 화학 반응성이 강함으로써 가열하는 동안과 긴 저장기간 동안 Maillard 반응이 더 많이 일어난다. 이는 분해유의 단백질 가치를 손상시킬 수 있다. UHT 처리 후에 우유에 lactase를 첨가한 실험에 있어서 외계 온도에서 2주 저장하는 동안 유당의 가수분해가 일어난다. 이 기간동안 lactase 처리한 우유와 대조유(control sample)의 유효성 lysine 함량 변화를 관찰할 수 없었으며, 이는 더욱 광범위한 Maillard 반응이 일어났음에도 불구하고 이 기간 동안에 유당 가수분해한 우유의 단백질가가 떨어지지 않았음을 뜻한다. HMF 값이 증가한 곳에서 볼 수 있는것처럼 유당 가수분해 UHT유를 저장하였을때 가수분해하지 않은 대조유 보다 더욱 광범위한 Maillard 반응을 일으켰다. 그러나 UHT유를 냉장고나 실온에서 6개월간 저장하였을때 또한 lysine의 함량이 줄어들지 않았고 단지 38℃에서 저장할 때 유당 가수분해한 UHT유의 경우 14%의 손실이 있고, 대조유의 경우 10%의 손실이 있을 뿐이었다.

3. 4 LAL의 형성

단백질은 알카리 조건하에서 가열할때 lysinoalanine(LAL)이 형성된다. LAL은 규정식에 혼합하여 rat에 급여하였을때 단백질과 결합한 LAL의 양이 2,000ppm 이상이면 nephromegalocytosis 형태로 신장이 손상되었다. LAL은 생쥐에 대해서 독성이 매우 적었다. 원숭이를 포함한 다른 동물의 경우 전혀 독성이 없는 것으로 나타났다. 그러므로 인간의 경우 마찬가지라고 할 수 있다. 특히 가정에서 여러가지 식품을 조리하는 동안 비 알카리 조건하에서도 LAL이 형성되기 때문에 LAL은 비독성이다. 따라서 인류가 음식을 조리해 먹은 이후로 항상 LAL을 섭취하여 왔을 것이다. 우유나 유제품, 유아 식품은 LAL을 함유하지 않거나 함유하더라도 단지 소량만을 함유할 뿐이다. 대용 유아식의 LAL 농도를 분석해 보면, 살균후에는 LAL이 검출되지 않고 UHT처리 후에는 단백질중 150ppm의 농도로 검출되었다. 그러나 완전 멸균 후에는 LAL값이 2배이상 증가하였다(단백질중 390ppm). lysine의 ε-아미노기가 LAL 형성을 초래하는 반응에 관여하기 때문에, LAL 값이 증가하였다는 것은 lysine함량이 저하하였다는 것을 뜻한다.

그러나 이와같은 이유로 인한 유효성 lysine의 손실량은 Maillard 반응으로 인한 경우와 비교할 때 매우 적다.

4. Milk fat

UHT 처리조건에서 유지방의 영양적 특성에 나쁜 영향이 없다는 것이 예측된다. 이것은 다른 종류의 지방을 더 강한 온도로 열처리 하였을때 나쁜 영향이 없었다는 조사로부터 결론 내릴수 있다. 즉 광화학적 지방산화에 대한 Q10 value가 비교적 낮다는 사실로 알 수 있다.

5. Lactose

유당은 Maillard 반응을 수반하지만 실제로는 유당 함량이 감소하지 않으므로 유당과 관련한 부정적인 영향은 없다. 유당을 열처리 함으로써 생기는 반응도 고려해야 한다. 즉 lactulose의 형성인데 이는 galactose와 fructose로 된 disaccaride이다. lactulose는 소장관에서 분해되지 않으므로, 소장끝에 도달하여 lactobacilli 특히 bifido bacterium bifidum에 의해 이용되어 에너지원과 성장인자가 된다. 따라서 유당이 유아의 영양에 중요하다고

생각된다. lactulose를 유아식에 매일 1-2%나 체중 1kg당 1.0-1.5g의 양으로 첨가할때 장내 microflora 의 조성이 모유를 먹여 키운 유아와 거의 같다는 것이 밝혀졌다. 그러나 lactulose는 우유를 열처리할때 비교적 적은 양만이 형성될 뿐이다. 살균한 유아식을 분석했을때 측정할 수 있을 정도의 lactulose가 형성되지 않는다는 것을 알 수 있었다. 즉 UHT 처리된 유아식의 lactulose의 함량은 규정식 100g당 120mg 정도였다. 이것은 유당의 1.6%만이 lautulose로 된다는 것을 의미한다. 완전 멸균한 규정식의 lactulose의 함량과 이성화 정도는 약 2배였다. 그러므로 UHT유 또는 멸균유의 lactulose 함량은 생리적인 영향을 미칠 정도는 아니다. lactulose 함량은 열처리 별 우유 종류를 구별하는데 이용할 수 있을 뿐이다. 반면에 UHT유의 lactulose 함량은 100ml당 10-60mg인것을 알 수 있다. 또 직접 또는 간접 열처리 우유를 lactulose 함량을 토대로 구별할 수 있다. 재래식 완전 멸균처리한 우유의 lactulose 함량은 100ml당 80mg 이상의 농도를 갖는다.

6. Mineral

UHT 처리하면 우유의 칼슘 이온과 다른 무기질은 유청으로부터 casein micell로 이동함으로써 이온화된 칼슘 함량이 감소한다는 것이 관찰된다. UHT유의 가용성 칼슘과 인의 감소율은 약 40% 이고 가역반응이다. 그러나 칼슘의 함량과 이용성은, UHT유 또는 원유를 급여했을때 칼슘 이용도가 같다는 실험에서 볼 수 있는 것처럼 우유의 UHT 공정에 영향을 받지 않는다. 열처리 조건을 다르게 한 우유로 rat에 대한 칼슘의 생체 이용성을 실험하였다. 칼슘의 장흡수와 대퇴부 축적을 측정하였을때, 원유 또는 HTST 살균 및 UHT 처리된 우유간의 흡수율은 실제로 같았다(52% 정도의 흡수율). 열처리로 인한 중요한 영향은 없다.

7. Vitamine

우유의 비타민은 대부분 열에 안정하다. 즉 B-complex의 일부 수용성 비타민(raboflabin, pantothenic acid, biotin, niacin)뿐만 아니라 지용성 비타민 (A, D, E, carotene)은 직접가열 또는 간접가열 UHT 살균으로 인한 영향이 거의 없다. 또한 차광포장 용기내에서 UHT유를 저장할 경우 이들 비타민의 손실이 없다. 비타민 B1, B6, B12, folic acid, ascorbic acid같이 산소와 가열에 대하여 상당히 민감한 우유의 비타민에 대한 UHT 처리의 영향은 제품 저장중 발생하는 변화와 구별해야 한다. 다수의 출판된 데이타로부터 얻어진 표를 볼때, 살균유(-10%)와 UHT유(-20%)의 평균 비타민 손실은 가정에서 식품을 조리할때 일어나는 손실보다 적다. 간접 UHT 처리는 직접 UHT 처리보다 열 불안정성 비타민의 손실이 약간 많다. UHT 처리는 재래식 완전 멸균법보다 손실이 훨씬 적다. 특히 folic acid와 ascorbic acid의 손실은 이들 비타민 함량이 우유의 산소 함량과 밀접한 관련이 있기 때문에 직접가열 또는 간접가열하여 냉각한 우유에 있어 손실이 적다는 것은 확실하다. 가공직후의 UHT유의 산소함량은 직접가열하고 공기를 제거하지 않은 우유의 경우 0.2-0.6ppm이다. 특히 저장기간동안 UHT유의 비타민 손실은 우유에 용해된 산소함량에 상당히 의존한다. 90일이나 저장한 후에도 직접가열 처리한 우유의 비타민 손실은 조금 있거나 거의 없다. 우유 1*l*당 2mg의 산소만으로도 우유의 모든 비타민C를 산화시키기에 충분하기 때문에 비타민C를 보존하기 위해서는 처리유의 산소함량이 매우 낮아야 한다. 직접가열 또는 간접가열 처리한 UHT유의 ascorbic acid 손실을 보여준다. 즉 가공후 첫째날부터 간접가열 처리한 우유의 비타민 C가 감소한다. 또한 산소를 함유한 살균유의 경우 냉장고에서 저장 2일째에 ascorbic acid가 손실되기 시작한다는 것도 주목할만 하다. ascorbic acid 함량을 8주간 저장하며 관찰하였을때, 분해속도는 직접가열한 우유에 있어 매우 낮고, 간접가열한 우유는 단시간후에 잔여 비타민 활성만을 갖는다는 것을 볼 수 있다. 또한 우유의 산소함량 증가를 일으킬 수 있는 UHT유의 산소함량이 감소하는 반면에, 산소를 제거하지 않고 헤드-스페이스가 없는 용기안에 있

는 UHT유는 산소함량이 감소하는 반면에, 산소를 제거하고 헤드-스페이스를 가진 용기안에 있는 UHT유는 산소함량이 증가하는 것을 볼 수 있다. 또 다른 가능성으로 우유가 처리후에 무균 holding하는 용기를 통과할 때 공기와 접촉함으로써 산소함량이 증가될 수도 있다. 헤드-스페이스가 없는 용기에 충전시킨 직접가열 UHT유는 0.2ppm의 산소를 함유한다. 그러나 같은 우유가 무균탱크를 통하여 이동할때 산소함량이 2ppm 정도로 증가한다. 이 우유시료의 ascorbic acid가 분해되는 것을 관찰할수 있다. 헤드-스페이스가 없는 용기속에 충전할 경우 직접가열 UHT유의 비타민C 함량은 저장중 일정하게 유지된다. 그러나 같은 우유를 무균탱크를 통과시킨 후에는 ascorbic acid의 손실이 일어난다. 헤드-스페이스가 있는 용기속에 충전할 경우 직접가열 UHT유는 2주일내에 산소함량이 증가하여 ascorbic acid가 완전히 분해된다. 인간의 비타민 권장섭취량에 대한 우유의 기여도가 UHT유의 가공 및 저장중에 일어나는 비타민의 손실로 인해 영향을 받는지를 고찰해 볼 필요가 있다. 우유는 비타민 B12, B2의 중요한 공급원이며 빛이 차단된 용기에 있는 UHT유의 B12의 함량은 영향을 받지 않으며 약간의 손실이 있을 뿐이다. 우유의 비타민 B1, B6의 함량은 영양적으로 중요한데 다행히 UHT유에 있어서 그 손실량은 적다. 우유 1 l 는 ascorbic acid의 1일 권장섭취량중 단 25%만을 공급할 수 있을 뿐이다. 그러므로 UHT유의 처리과정과 저장중에 발생하는 ascorbic acid의 손실은 아주 중요한 문제로 볼 수 없다는 주장이 있다. 또한 식품에 있어서 피할 수 있다면 비타민 파괴를 최소화해야 한다.

Folic acid의 농도는 2개월 저장이후 직접가열 UHT유에 있어서 약 5μg / 100g에서 3μg까지 감소한다. 재래식 완전멸균유는 1μg이하로 감소하고 간접가열 UHT유는 2μg으로 감소한다. 물로 이것은 우유 종류에 따라서 상당한 차이가 있다. 그러나 folic acid의 1일 권장량이 400μg인것을 고려할 때, 살균유, UHT유, 완전멸균유 간의 folic acid 함량차이는 실제적으로 영양적 의미가 없다는 것이 명백해진다. 물론 저장하는 동안에 산소에 민감한 비타민의 손실은 또한 저장온도에 따른다. 예를들면, 저장온도의 증가는 ascorbic acid의 파괴를 가속화시킨다. 간접열처리하고 공기를 제거하지 않은 UHT유의 산소함량은 ascorbic acid를 산화시키는데 충분하다. 그림에서 볼 수 있는 것처럼 UHT유의 ascorbic acid는 4℃ 저장온도에서 10주 후, 20℃에서 2-3주 후, 35℃에서는 단 1주일만에 분해된다. 비타민 B1, B12, B6, B12 및 ascorbic acid와 같은 열에 민감한 비타민 또한 저장온도에 영향을 받는다. UHT유를 4-20℃에서 6개월 동안 저장하였을때 비타민 B1의 함량이 뚜렷이 감소하는 것을 관찰할 수는 없었다. 그러나 35℃에서 저장할때는 그 함량이 일정하게 감소하는 것을 볼 수 있다. 유지율이 0.15%, 2.92%인 UHT유를 26℃에서 저장하며 3주에 걸쳐 비타민 A의 안정성에 대해 연구하였다. 최종농도가 약 120μg retinol equivalent / 100ml milk가 되도록 합성 retinyl palmitate 로 우유를 강화하였다. 비타민 A의 파괴속도는 유지방함량과 반대였다. 즉 지방함량이 높을수록 파괴속도가 늦었다.

8. Optimization of UHT process

독일에서는 UHT유 가공에 대해 대부분 간접 UHT 처리법을 쓴다(에너지 절약이 훨씬 높기 때문에). 이는 직접가열법과 같은 수준으로 간접가열의 heat load를 줄일수 있기 때문에 UHT유의 영양적 가치가 손상된다는 것을 의미하지는 않는다. 이것은 다음과 같은 방식 즉, 모든 미생물의 사멸효과를 얻을수 있고 동시에 우유에 대한 손상을 최소화할 수 있는 온도 / 시간을 선택하여 UHT 공정에 활용함으로써 성취할 수 있다. 이처럼, 110-150℃에서 우유를 가열하였을때의 바람직한 효과를 log time / temp. 그래프에 직선으로 나타낼 수 있다. 이 결과 적합한 UHT 범위를 찾을 수 있으며, 우유의 살균에 필요한 최소 time / temp.를 찾을 수 있고, 우유가 색변화를 일으킬만큼 뚜렷한 손상을 받지 않고 lysine과 thiamine이 손실되지

않는 범위를 알 수 있다. 이 적정 UHT 범위는 Fig. 13에서 검게 칠한 부분이다. 이 그림에서 적합한 처리방법을 유도할 수 있으며 UHT기기를 객관적으로 평가할 수 있다(Kessler, 1981). 산업적으로 쓰이는 UHT기기를 조사함에 따라, 몇가지 경우에 있어서 미생물학적 효과가 쓸데없이 높음으로 인해 발생하는 우유의 화학적 변화를 상당히 방지할 수 있다는 것이 밝혀졌다. UHT기기의 time / - temp. 조건이 알맞게 적용되면, UHT유의 영양적 품질 및 풍미가 개선될 것이다.

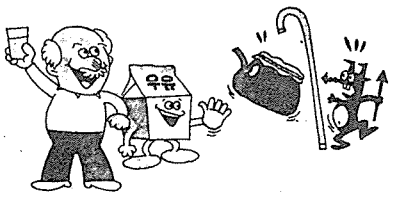
9. 장시간 살균의 영향

나는 장신간 살균(또는 holder-pasteurization)이(62-65℃로 열처리할때) 영양적인 관점에서 어떻게 평가되어야 하는지에 관해 의문을 가졌다. 그렇지만 우유의 quality criteria에 대한 영향은 열처리 온도뿐만 아니라 holding time에도 의존한다. 이 경우는 30분이나 된다.

그러므로 장시간 살균에 의한 우유의 열처리는 "순간" 살균 또는 HTST 처리법과 같은 다른 열처리법보다 불리하다고 간주된다. 만약 살균에 대한 head load factor를 1이라고 한다면, 장시간 열처리에 대한 factor는 적합한 UHT 처리시 얻을 수 있는 것과 거의 같은 수치인 100까지 순차적으로 선정되어야 한다. 유청단백질의 변성도로 heat load를 측정한다면 장시간 살균은 통상적인 살균(0-20%)보다 변성도가 높다(30-40%). 장시간 살균이 우유의 영양가를 상당량 손상시킨다는 것은 아니지만, 이 공정이 다른 공정보다 영양소 및 품질 보존면에서 우수하다는것은 옳지 않다.

10. 결 론

미생물이 전부 사멸하였기 때문에 UHT유와 같은 멸균식품은 "죽은 식품"이라고 자주 발표된다. 그러나 식품의 생명은 세균학적 활성에 국한되지 않는다. 단백질과 비타민의 생물학적 활성을 토대로 볼때 원유와 비교해서 UHT 처리에 의한 단백질과 비타민의 손상은 아주 적다. 그리고 UHT우유는 많은 효소적 활성을 보유하며 이는 UHT유가 "죽은 식품"이 아니라는 증거다.

UHT뿐만 아니라 살균유의 높은 영양적 가치가 많은 실험을 통해 확인되었다. 소비자가 살균유 또는 UHT유를 섭취하여 건강이나 영양상태가 손상되었다는 것을 나타내는 보고는 전혀 없다. 독일 영양학회는 이러한 사실을 다음과 같은 말로 설명한다. "소비자에 의해 살균유로 부터 UHT유로 소비 전환이 증가하는 것은 어떠한 영양적 장해도 없기 때문이다."

영양학적, 생리학적, 의학적으로 볼때, 어른과 마찬가지로 특히 어린이는 충분한 양의 우유를 섭취하는 것이 중요하며 우유의 종류는 전혀 문제가 안된다.