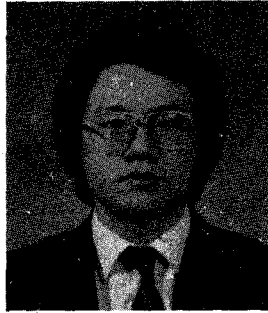


계란의 살균처리



유익종

농어촌개발공사 식품연구소
축산식품연구실 연구원

계란의 살균처리는 난제품을 생산할 때 필수적으로 거쳐야 하는 공정이며 위생문제를 고려할 때 더욱 심각하게 다루어져야 한다. 계란은 특히 열에 민감하여 쉽게 응고되는데, 우리의 주 관심사가 여기에 있다.

계란의 살균이라 함은 가공란산업이 발달되지 않은 우리나라에서는 쉽게 이해가 가지 않을 것이다. 그러나 계란의 살균처리는 난제품을 생산할 경우에는 필수적으로 거쳐야 하는 공정이며 또한 최종제품의 위생적인 문제를 고려할 때는 더욱 심각히 다루어야 할 부분이다. 따라서 계란의 살균은 계란의 여러가지 가공적성 및 품질의 변화를 최소로 하는 온도와 시간조건을 설정하여 실시하여야 할 것이다. 특히 계란은 열에 민감하여 난백의 경우 62~64°C에서 응고가 일어나며 난황의 경우에는 68~71.5°C에서 응고가 일어난다. 이러한 계란을 가열살균처리할

때 가장 중요한 관심사는 열에 의한 계란성분의 변화이다. 난백이 가열처리를 받게되면 가장 먼저 일어나는 변화가 기포성(foaming power)의 감소이다. 즉 난백은 54~60°C의 가열처리에 의해서 기포성이 감소된다. 또한 57°C 이상에서는 수 분만에 난백은 큰 영향을 받게된다. 그러나 난황이 혼입된 경우에는 오히려 기포성이 증가된다고 한다. 그 다음의 변화로는 점도의 증가를 들 수 있다. 난백의 점도변화는 pH에 의해 여러가지 다른 양상을 보인다.

pH가 9일때 56.7~57.2°C의 가열로 점도가 급속히 증가하여 60°C로 온도를 상승시켜 가열할 경우에는 급속히 응고되고 만다.

전란의 경우에는 56~66°C로 가열할 경우 점도의 변화가 일어나고 66°C를 넘으면 단백질의 침전 현상이 발생하며 73°C 이상에서는 응고현상이 급속히 일어나게 된다. 이러한 전란은 71°C까지의 가열은 커스타드제조중 가공적성에 큰 영향이 없었으며 60~68°C의 온도하에서 살균과정을 거친 전란은 4%의 부피가 감소된 스펀지케익을 생산할 수 있었다고 한다. 그러나 71°C의 살균과정을

거친 전란은 8%의 부피감소를 가져왔다고 한다. 그러나 이러한 전란의 살균처리는 초기 미생물 수에 의하여 그 처리조건이 결정되는 것이 보통이지만, 유럽에서는 61°C에서 3분간, 미국 농무성(USDA)에서는 60°C에서 3.5분간, 영국에서는 64°C에서 2.5분간 등을 각각 권장하고 있다. 이러한 살균조건은 여러가지 미생물 중 주로 살모넬라균을 시험용세균으로 이용하여 가열 치사조건을 검사하므로써 기준을 설정한다.

여기에 사용되는 살모넬라균의 종류는 주로 *S. typhimurium* Tm-1과 *S. oranienburg*의 두 가지가 사용되며 제품 g당 약 $10^6 \sim 10^7$ cells을 접

중하여 그 열처성과 가열치사시간 등을 조사하여 살균조건을 정하게 된다. 그러면 실제로 계란제품을 살균할 때 사용되는 살균방법을 각 제품별로 알아보기로 한다.

1. 난백의 살균

• **난백의 열처리** : 저온살균의 온도 범위내에서 난백의 열처리가 가공적성에 변화를 일으킨다는 보고가 많다. 특히 이러한 연구결과에 의하면 약 57°C에서의 순간적인 가열에 의해서도 난백의 기포성을 저하시킬 뿐만 아니라 49°C에서 1시간, 43°C에서 6시간 가열에 의해서도 기포성은 저하될 수 있다고 한다. '엔젤 케이크'를 만드는데 필요한 포립시간은 57°C에서 4분간의 가열로 인하여 약 배로 늘어난다고 한다.

그러나 기계적인 조건에 따라 최대 열처리하는 달라질 수 있다. 즉 장치의 설계, 유속, 가열매체와 난백의 온도차이, 처리시간 중의 온도저하율, 난백의 점도 이외의 여러가지 요인에 의하여 그 조건은 크게 달라질 수 있다. 이러한 기계적인 문제점이 개선된 상태에서는 62°C에서 난백을 순간살균하거나 58°C에서 7.5분간 가열해도 응고현상이나 혼탁도의 증가 등이 일어나지 않는다고 한다. 그러나 난백의 저온살균은 통상 56~57°C에서 2분간 처리하여 난백의 가공적성을 최대로 보존하는 조건을 사용하게 된다. 이와 더불어 여러 연구자들은 57°C 이상의 온도에서도 난백의 가공적성을 최대로 유지하면서 가열처리온도를 높일 수 있는 방법을 연구하여 왔으며, 이렇게 가열온도를 높이려고 하는 노력은 난백 내에 잔유하고 있을지도 모르는 살모넬라균을 파괴하기 위한 것이다. 또한 난백의 pH를 조절하므로써 그 살균시간이 변경될 수 있는데 여러가지 pH 범위내에서의 살균시간과 온도와의 관계를 나타낸 그림 1과 같다. 즉 pH가 낮을수록 높은 온도를 유지하여야 함을 알 수 있다.

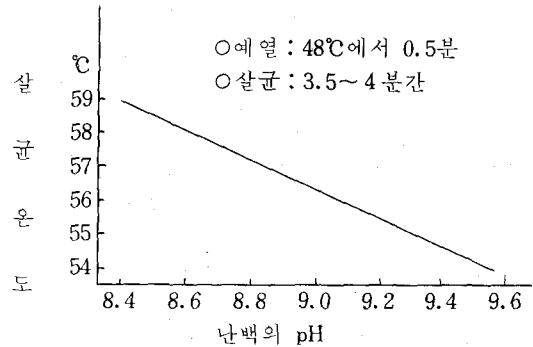


그림 1. 수소이온농도에 따른 난백의 적정살균온도

• **젖산-황산알루미늄 (lactic acid-Aluminum sulfate) 처리공정 (pH 7)** : 이 방법은 미국에서는 60~62°C에서 3.5~4분간 처리하는 전란의 살균방법과 동일한 방법으로 난백의 저온살균 과정에도 이용한다. 중성근처의 pH에서 난백단백질은 가장 안정하다. 그러나 conalbumin만은 예외이다. 이 특수한 단백질은 pH 7에서 매우 불안정하나 철이나 알루미늄염의 첨가로 안정화되며, 이러한 금속이온은 conalbumin과 결합하여 금속이온이 결합되지 않은 상태의 단백질에 비해 열에 안정한 복합체를 형성하게 된다.

이 공정에 따르면 난백의 안정화는 열처리 전에 단지 한가지 용액만의 첨가로 이루어질 수 있다고 한다. 즉 25% 젖산 1파운드에 황산알루미늄 ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$) 1온스를 용해시켜 용액을 만들며, 액상난백 1,000파운드당 약 6.5파운드의 용액을 첨가하여 실시하게 된다. 첨가시에는 알루미늄과 산의 부분적인 고농도로 인해 단백질이 응고되는 것을 피하기 위하여 난백을 급속히 저으면서 서서히 첨가하여야 한다. 때에 따라서는 이 안정화용액에 약 7%의 기포증진제를 첨가하기도 한다. 여기에 사용되는 기포증진제에는 트리아세틴 (triacetin)이나 트리에틸 구연산염 (triethyl citrate)을 주로 사용한다. 이렇게 해서 만들어진 안정화용액을 난백 1000파운드당 약 7파운드의 비율로 혼입했을 경우 최종제품의 기포증진제 함량은 0.05% 정도 되



게 된다. 이 공정은 미국에서 1966년에 정부특허를 얻었으며, 미국내 45개 회사가 이 공정을 이용하기 위하여 면허를 얻었다.

• 열과 과산화수소를 이용한 살균처리공정 :

과산화수소 (H_2O_2)는 살균제로 알려져 있을 뿐만 아니라 몇년 전에는 액상난백의 미생물오염을 방지하는데도 이용할 수 있는 것으로 알려졌다. 그렇지만 H_2O_2 의 처리는 종종 산소의 발생으로, 과다한 거품이 발생하여 상업적으로 실용화되기 어려웠으나 최근 많은 연구결과 난백의 살균에 이용할 수 있게 되었다. 미국의 아르무어회사 (Armour and Company)는 열처리와 H_2O_2 의 혼합사용살균방식으로 특허를 얻은 바 있다. 액상난백을 정상 pH에서 $52\sim 53^\circ C$ 로 가열하고 이 온도에서 1.5분간 유지한다. 조사결과에 의하면 이러한 처리는 계란이 가지고 있는 계란고유의 카탈라아제활성 (catalase activity)을 불활성화시켜 과다한 거품형성을 막아준다고 한다. 이러한 공정에서 과산화수소는 약 10%용액을 사용하여 난백의 0.075~0.10%의 농도로 맞춰주며, 혼합된 과산화물은 상승된 온도에서 약 2분간 반응토록 하여야 한다. 그 다음 냉각시켜 잔유 과산화수소를 파괴하기 위해 촉매제를 첨가하게 된다.

이러한 열처리와 과산화수소를 동시에 이용하는 살균처리공정은 미국에서는 각 회사별로 더욱 보완해서 광범위하게 이용되고 있는 살균방법의 하나이다.

• 열과 진공을 이용한 살균처리공정 :

앞에서 소개한 살균처리 공정 이외에 미국농무성의 인정을 받은 살균처리방법으로 진공상태에서 열처리를 하여 살균을 효과적으로 실시하는 방법을 들 수 있다. 이 방법은 열처리 전에 액상난백에 17~20인치의 진공을 이용할 수 있는 진공기를 갖춘 진형적인 판상형 (plate type)의 고온단시간 살균기를 사용하는 것이다. 진공상태를 만들어 준 난백은 $57^\circ C$ 에서 3.5분간 열처리를 실시한다. 여기서 진공을 사용하는 한가지 중요한 목적은 난백에서 공기를 제거하므로써 낮은 온도에서도 동일한 미생물학적 결과를 얻는데 있다. 이러한 진공기의 사용은 열처리 중 열판에서 일어나는 계란의 조리현상 문제를 감소시킬 수 있었다는 보고가 있다.

• 난백분 (卵白粉)의 열처리 :

높은 온도에서 난백분을 저장하는 것이 난백분으로부터 병원성균을 제거하는데 효과가 있는 것으로 알려졌다. 건조난백의 저장온도와 수분함량이 S. se-

nftenberg, S. oranienburg, S. pullorum 등의 생존력 및 기타 계란을 이용한 제품을 만들 때 가공적성 등에 미치는 영향을 검토한 결과 난백분을 높은 온도(50, 60 및 70°C)에 저장하여 특별한 가공적성의 저하를 일으키지 않고 살모넬라균을 제거할 수 있었다고 한다.

1961년 버그퀴스트(Bergquist)는 세균수가 적은 난백분을 얻기 위하여 액상난백을 비교적 낮은 온도로 처리한 후 난백분을 열처리하는 살균법으로 특허를 얻었으며 1964년 스미스(Smith)는 71°C에서 8시간, 99°C에서 1시간 열처리를 하여 난백분 내의 살아있는 세균 수를 감소시켜 특허를 얻기도 하였다. 또한 분무조건을 실시하기 전에 54°C에서 3분간 살균된 난백분을 53.3°C에서 5일동안 고온저장하더라도 엔젤레이크 제조시 제품의 부피에 나쁜 영향을 미치지 않는다고 한다. 또한 난백분을 54°C에서 60일간이나 저장해도 큰 지장이 없었다는 보고도 있다. 분무조건된 난백의 sulfhydroxyl 활성이 고온저장에 영향을 받는다는 보고는 없지만, 저장중 난백분의 암모니아 발생의 증가 뿐 아니라 라이조자임의 유동성, 철-conalbumen 복합체의 형성 및 용해성이 감소하는 등의 변화가 높은 pH에 의해서 촉진됨을 알 수 있다.

2. 전란의 살균

전란의 살균에 필요한 살균조건은 표 1 과 같다.

이 표에서 제시한 살균조건은 미국을 제외한 다른 여러나라에서는 만족스러운 조건으로 여기지 않는다고 한다. 따라서 여러가지 연구가 진행되어 최근에는 64~65°C에서 2.5분간의 살균처리조건이 추천되고 있다. 다른 여러나라에서의 전란의 살균조건은 다음과 같다.

폴란드 : 66°C~68°C에서 3분간

중국 : 63°C에서 2.5분간

덴마크 : 65~69°C에서 90~180초

전란을 살균할 경우 균질화를 실시하건 실시

표 1. 계란제품의 살균 요구 조건

액 상 난 제 품	최저살균온도 (°C)	최저살균시간 (분)
난 백	57	3.5
	56	6.2
전 란	60	3.5
전 란 혼 합 물 (첨가물 2% 이하)	61	3.5
	60	6.2
강화전란 및 혼합물(난 고형분 24~38, 첨가물 2~12%)	62	3.5
	61	6.2
가 염 전 란 (2% 이상의 염 첨가)	63	3.5
	62	6.2
가 당 전 란 (2~12%의 당 첨가)	61	3.5
	60	6.2
난 황	61	3.5
	60	6.2
가 당 난 황 (2% 이상의 당 첨가)	63	3.5
	62	6.2
가 염 난 황 (2~12%의 염 첨가)	63	3.5
	62	6.2

하지 않건 간에 전란의 점도에는 큰 영향이 없다고 한다. 전란의 점도나 기타 가공적성의 변화는 주로 기계적인 작용이나 동결에 의해서 이루어진다고 한다. 스폰지케익 제조중 동결전란의 가공적성은 63°C 이상에서의 살균온도하에서 살균할 경우 저하되었다고 한다. 그러나 가공적성의 변화는 살균조건이나 기계적인 작용, 동결 등의 공정 중 어떤 한가지의 처리에 의존하는 것이 아니라 이런 여러가지 처리공정에 복합적인 영향을 받아 이루어지는 것으로 추정된다.

3. 난황의 살균

살모넬라균은 전란에서보다 난황에서 더 내열성이 크다. 이러한 높은 내열성은 난황의 낮은 pH와 높은 점도 때문이다. 그러므로 난황은 전란이나 난백보다 더 높은 온도에서 살균되어야 한다. 난황은 열에 대해 덜 민감하기 때문에 살균온도의 범위가 전란이나 난백에 비하여 온도 조건의 범위가 넓다. 또한 설탕이나 소금같은 첨가물은 난제품에서 미생물의 내열성을 증가

시키며 특히 소금은 설탕보다 내열성을 더욱 증가시킨다. 그러나 이러한 미생물의 내열성은 초산의 첨가로 감소될 수 있다.

1974년 코테릴 (Cotterill)을 비롯한 몇몇 연구자들에 의해 "hot pack"공정이 염을 함유한 난제품의 살균을 실시하기 위해 개발되었다. 이 공정의 실시 순서는 아래와 같다.

(1) 제품을 원하는 규격으로 배합한다. (예 : 10% 가열전란 혹은 기타 첨가물의 첨가시에 미리 배합을 실시).

(2) "hot-room"온도 (52°C)로 예열을 시킴.

(3) 열 (鹽)부식에 저항성이 있고 열처리를 실시할 수 있는 포장용기에 포장 실시.

(4) "hot room"에 방치 (가열전란의 경우에는 2일간, 난황의 경우에는 3일간)

(5) 제품을 hot-room으로부터 꺼내어 냉각. 이러한 살균처리가 열교환장치 등이 부착된 살균방에 비해 가질 수 있는 장점은 다음과 같다.

(1) 비싸지 않고 간단한 설비로 살균 완료.

(2) 제품의 폐기물이 사실상 생기지 않는다.

(3) 특별히 전문적인 기술이 필요치 않다.

(4) 살모넬라균이 없는 제품이란 확실한 보증을 할 수 있다.

(5) 근본적으로 살균된 제품이 생산된다.

(6) 최종적으로 살균과정을 거치므로 재오염의 가능성이 배제된다.

(7) 살균 후에 냉각시간에 의해 제품의 질에 큰 영향을 미치지 않는다.

(8) 제품이 일반적으로 권장하는 온도보다 더 높은 온도에서 저장될 수 있다.

(9) 제품이 수송 중에도 가공처리가 가능하다.

난황제품의 유효특성은 열처리에 의해 큰 영향을 받지 않는다. 62~64°C의 살균처리는 난제품 제조시 난황의 가공적성에 영향을 미치지 않는다. 그러나 pH6.2~5.0으로 산성화시킨 후 60°C에서 살균한 가열난황의 경우에는 유효력이 감소하게 된다. 더우기 냉동이나 저장은 이러한 변화를 더욱 증가시킨다. 60~64°C에서 살균처리를 한 가당난황의 경우에도 스펀지케익

을 비롯한 난가공제품의 제조시 가공적성에 큰 차이가 없었다고 한다. 또한 어떤 연구자들에 의하면 고온의 살균처리도 (72°C까지) 10%가열난황의 유효력을 저하시키지 않는다고 보고하였으며, 이러한 제품의 가공적성은 살균처리 온도보다도 저장기간에 더욱 영향을 많이 받는다고 보고한 바가 있다.

이상과 같이 계란의 살균처리공정을 알아 보았으나 외국에서 채택하고 있는 살균조건이 우리나라에서도 꼭 그렇게 적용할 수 있으리라고 생각하지는 않는다. 그 이유로 기계의 설계 및 성능의 차이, 조작하는 사람에 의한 차이 등을 생각할 수 있겠으나 더욱 중요한 것은 계란의 유통과정상 발생하는 계란의 오염 등 환경조건에 따른 원료란의 초기세균수에서 큰 차이가 있으리라 예상되기 때문이다. 이러한 이유로 만약 우리나라에서 난가공산업이 본격적으로 이루어진다면 최종제품의 미생물학적인 면에서의 안정성을 고려하여 살균처리 조건이 독창적으로 세워져야 하리라 생각한다.

끝으로 이러한 살균처리를 효율적으로 실시하기 위한 살균장치에 관해 알아보기로 한다.

살균장치는 크게 회분식과 연속식으로 나눌 수 있으며 회분식살균장치는 1938년 헨닝센 (Henningsen) 형제에 의한 것이 최초였다. 그 후 1946년 기본스 (Gibbons) 등이 60°C에서 30분간 전란을 열처리하는 회분식살균기를 사용한 것이다. 그러나 회분식살균기에서는 제품의 온도가 살균최종온도에까지 달하는 데 걸리는 시간으로 말미암아 오랜 시간이 소요될 뿐 아니라 제품의 품질이 균일하지 못하여 권장할 방법이 못된다. 이러한 회분식살균기에서는 연속식살균기에서 60°C에서 3.5분간 살균처리한 효과를 얻기 위해서는 56°C에서 35분, 57°C에서 15분간 가열할 필요가 있다. 이 밖에 연속식살균장치가 있으며 주로 우유가공에 사용되어오던 방식으로서 고온 단시간 살균 방식을 채택하고 있는 것이다. 고온 단시간 살균방식에 근거를 두고 있는 이 연속식살균장치에는 크게 두가지 형

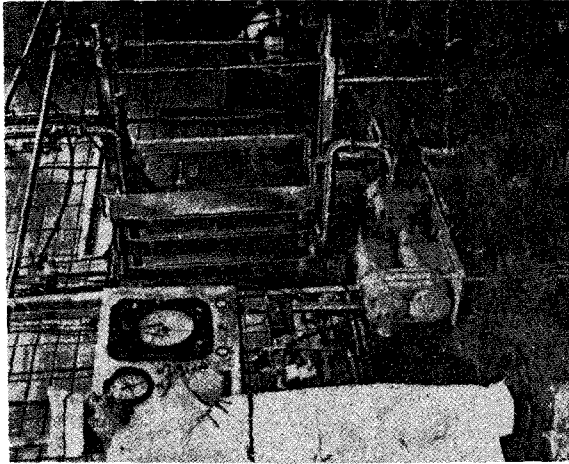


그림 2. 판상형(plate type) 열교환기(중앙)

이 있다. 그 중 하나는 판상형살균기(plate type pasteurizer)로서 열교환부(regeneration)와 살균부(pasteurization) 및 냉각부(cooling)의 세 가지 부분으로 되어 있으며 냉각이 연속적으로 행해져 상당히 효과적인 장치로 알려져 있다. 또 다른 형태의 살균기는 삼관형살균기(triple-tube pasteurizer)이다. 이것은 열교환기의 구조가 3개의 관으로 구성되어 있으며 통상 2.5인치, 2인치 및 2.5인치의 직경을 가진 관이다. 3개의 관에 의해서 관내에는 3개의 공간이 이루어진다.

이 중 내부공간과 외부공간은 열 혹은 냉각매체가 흐르게 되며 중간의 공간은 계란제품이 살균 혹은 냉각되어 흐르게 된다. 특히 이 관내를 흐르게 모든 액체는 그림 2에서와 같이 역류하게 된다.

triple-tube의 한가지 장점은 공중에 설치할 수 있기 때문에 전체 시설이 차지하는 면적을 줄일 수 있다는 것이다.

그 밖에 여러가지 새로운 살균장치가 최근 개발되고 있으나 앞에서는 현재까지 가장 많이 이

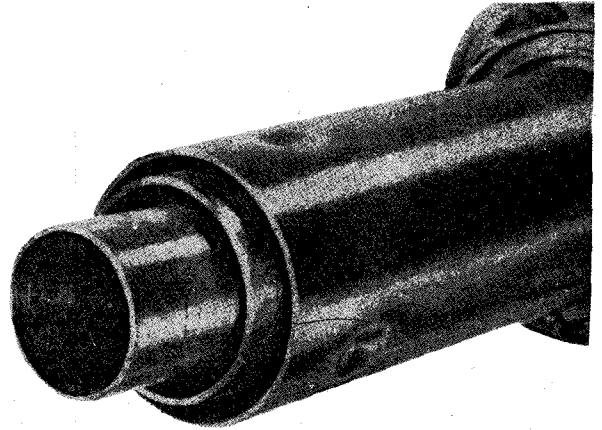


그림 3. 삼관형(triple tube) 열교환기

용되는 것에 대해 예를 든 것이다. 결국 완전한 제품을 위해서는 이러한 기계장비가 차지하는 역할 또한 대단히 중요하다 하겠다.

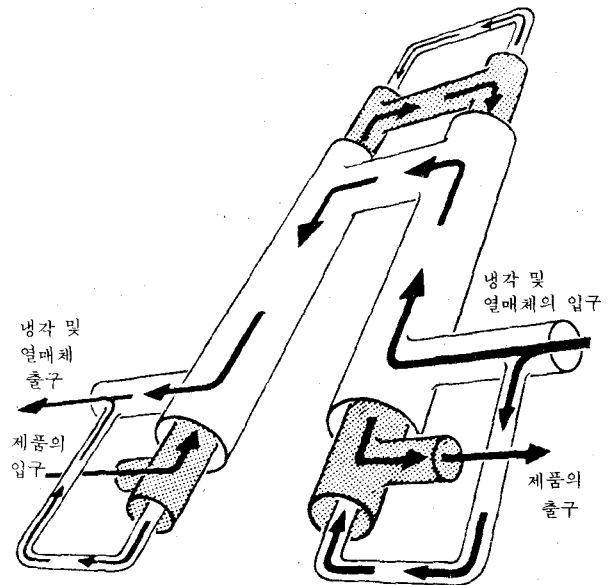


그림 4. 삼관형(triple tube) 열교환기의 도해