

가공원료육의 육질과 기능적 특성

김 천 제 / 건국대학교 축산가공학과 교수

품질이 우수하고 기호성이 높으며 균일한 육가공품을 생산하기 위해서는 사용하는 원료육의 선별이 가장 중요하다. 일반 소비자들이 신선육을 구입할 때 고려하는 요인들과 가공육제품을 제조할 때 필요한 원료육의 선별과는 차이가 있다.

유럽의 경우 과거에는 육가공품을 소규모의 육가공장에서 선조 대대로 물려오는 경험과 관습에 의하여 생산하였기 때문에 하나의 예술로 생각되기도 하였지만 현대에는 대규모의 공장에서 식품규격에 맞추어 대량생산을 하여야 하고 수입자유화에 따른 국내외 경쟁을 이기기 위해서는 생산비를 낮추어 최고의 품질을 생산하여야 한다.

1. 가공 원료육의 기능적 특성

원료육의 기능성은 다른 말로 가공적성이라 할 수 있고 광범위한 의미로 보수성(water holding capacity), 유화성(emulsification property)과 결합성(binding property)을 말한다. 이 기능적 특성은 수분, 지방, 단백질과 같은 원료육의 화학적 조성과의 깊은 관계를 가지고 있다.

따라서 수분, 지방, 단백질은 육가공품의

주요한 화합물로 이들은 제품의 품질과 조직, 기호성 및 생산수율에 크게 영향을 미친다.

이들의 상호작용은 ①단백질-단백질, ②단백질-수분, ③단백질-지방-수분간의 관계이며 이들을 원료육의 기능성이라 한다.

1) 보수성

원료육의 보수성이란, 육에 존재하는 수분이나 또는 가공중 첨가된 수분이 압착, 가열, 분쇄, 냉동, 세절 등의 물리적 처리를 받았을 때 수분을 잃지 않고 보유할 수 있는 능력을 말하며, 특히 프랑크프르트타입 소시지, 햄같은 육가공품의 품질에 중요한 역할을 한다.

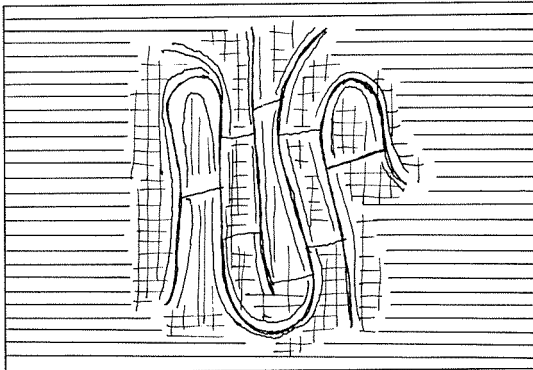
육은 약 75%의 수분을 함유하고 있으며, 이것은 육단백질과 결합되어 있어서, 자르거나 분쇄하였을 때 보통 흘러내리지 않는다.

육의 수분함량은 도살 후 육표면의 수분증발에 의하여, 숙성, 냉동 후 드립의 발생으로 그리고 가열에 의하여 변한다. 따라서 보수성은 신선육뿐만 아니라 육제품의 색, 연도, 다즙성, 결합성 등 최종제품의 품질에 커다란 영향을 미친다.

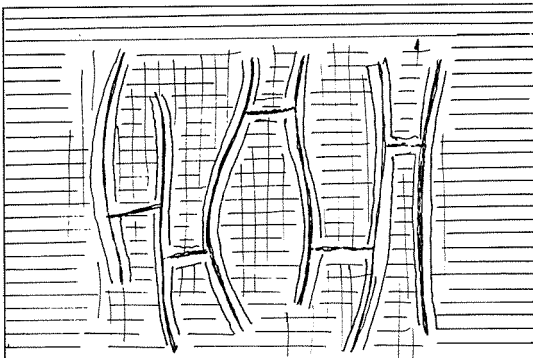
2) 가공원료육의 보수성에 영향을 미치는 요인

육의 수분은 근원섬유 사이의 공간과 초원섬유사이의 공간에 존재하며, 근원섬유사이의 공간 즉 외부공간에 생존시 전체수분의 12~15%가 그리고 나머지 85~88%는 내부공간 즉 초원섬유 사이에 존재한다. 육의 보수성은 근원섬유 단백질의 공간적인 배치에 따라 영향을 받는다. 즉 근육단백질 조직내에 수분 분자들을 위한 공간의 과다에 의해서 결정되어진다.

<그림 1> 원료육 단백질간의 교차결합이 보수성과 팽윤성에 미치는 영향



Gel (unswollen)



Gel (swollen)

육이 미세하게 세절된 후 전체 수분중 적은 양의 수분이 단백질에 결합되어 있으면 가열

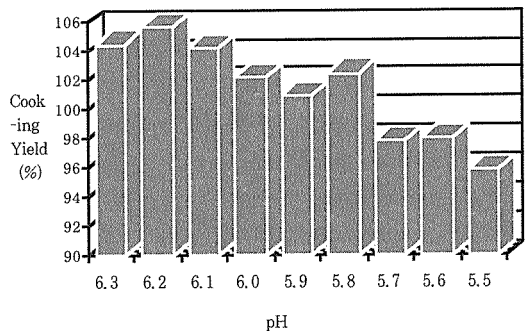
응고에서 더 많은 양의 수분이 분리된다. 따라서 이러한 육제품은 보수력이 낮은 저질 품질이 된다. 미세하게 세절된 육의 보수력이 높을수록 또한 응고된 단백질의 망상구조내에 첨가된 지방이 안정되게 고정되어 있을수록 유효력이 좋아지게 된다.

가. pH

도살 후 근육은 해당작용에 의해 최종 pH는 5.5부근이며 보수력은 근육의 등전점(isoelectric point)인 pH 5.0부근에서 최소치를 나타낸다. 등전점은 음전하군(-)의 수와 양전하군(+)의 수가 똑같은 상태이기 때문에 단백질의 net charge가 최소이며 등전점에 가까울수록 (+), (-)전하가 서로 잡아당기는 힘이 강해 단백질의 구조는 치밀해지며, 물분자가 결합할 net charge가 줄어 보수력이 감소한다. 반대로 등전점에서 멀어질수록 즉, 산, 염기의 첨가에 따라 단백질의 net charge수가 늘어 반대전하끼리 잡아당기는 힘이 감소하고, 같은 전하끼리 서로 미는 힘이 증가하여 육의 미세구조는 헐거워져, 수분 분자가 들어갈 공간이 커지기 때문에 고정수의 증가를 가져와 육의 보수력은 증가한다.

사후강직이 끝난 육의 pH는 5.5부근이며 pH를 상승시킴에 따라 육의 보수력은 증가한

<그림 2> 원료육의 pH변화에 따른 가열햄의 생산수율



다. 최종 pH가 높은 DFD육은 높은 보수력을 나타낸다.

나. 사후변화

가공원료육의 경우 강직전 상태에서 온도체 발괄하여 이용하면 높은 수준의 ATP, 높은 pH에 의하여 보수력, 유평력, 염용성 단백질의 추출성 및 결합력 등 기능적 특성이 증진되어 높은 생산수율을 기대할 수 있다. 이것은 육의 pH가 높고 높은 수준의 ATP에 의하여 actin filament와 myosin filament간의 결합력이 적고, 염용성 단백질이 많이 추출되기 때문이다.

다. 소금

육가공에서 식염을 비롯한 여러가지 염류가 필수적으로 첨가되는데, 이들 염류는 육제품의 보수력, 결합성, 조직, 보존성, 맛 등에 큰 영향을 준다. 육의 보수력에 있어서 중요한 단백질 전하에 영향을 미치는 요인중의 하나가 pH외에 염이라 하겠다.

염의 보수력에 미치는 효과는 육의 pH에 영향을 받는다. 등전점보다 pH가 높을 때 (pH>IP) 염의 첨가는 보수력을 증가시키나, 등전점보다 pH가 낮을 때 (pH<IP) 보수력은 감소한다.

보수성에 있어서 식염의 효과는, 육단백질에 대한 결합력이 약한 Na⁺이온보다는 결합력이 강한 Cl⁻이온의 작용에 의한 것이며, 식육 단백질의 등전점보다 pH가 높을 때 반대전하 그룹사이의 상호작용이 약해져, 근섬유간의 공간이 넓어지게 된다. 또한 염은 단백질로부터 Ca²⁺, Mg²⁺ 등의 2가 금속이온을 분리시킴으로써, 근육의 미세구조는 넓어지게 되어 보수력은 증가한다.

육의 pH가 육단백질의 등전점보다 산성쪽에 있을 때는 육에 대한 음이온의 결합이 강

할수록 육의 보수성은 감소하고, 양이온의 결합이 강할수록 보수성은 증대한다. 반대로 육의 pH가 육단백질의 등전점보다 알칼리쪽에 있을 때는, 육에 대한 음이온의 결합이 강할수록 육의 보수성은 커지고 양이온의 결합이 강할수록 보수성은 감소한다.

일반적으로 보수성이 최대로 되는 식염농도는 이온강도 0.8~1.1이며 이것은 수분을 첨가하지 않은 상태의 육에서는 약 5% 식염농도이고, 약 60%의 수분을 첨가한 육에서는 약 8% 농도이다. 첨가 식염에 의한 이온강도가 0.8~1.1의 육에서는 가열 후에도 최대의 수화성을 가지고 있다. 그러나 고농도의 식염은 삼투압차로 인한 탈수작용이 있어 염장처리에서는 많은 수분의 손실을 가져온다.

라. 인산염

육가공에서는 여러가지 목적으로 인산염이 첨가되며, 육에 첨가한 인산염의 효과로는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

인산염은 금속이온의 봉쇄작용이 있다. 육단백질에 결합하고 있는 알칼리류 금속인 Ca²⁺이나 Mg²⁺등과 작용하여 물에 가용성인 착염을 만들어 제거하므로, 육단백질의 친수성이 증가하여 결과적으로 보수성이 좋아지게 된다. 또한 산화촉진제인 금속이온을 제거함으로써 산화를 방지할 수 있다.

중합인산염은 계면활성 작용을 한다. 즉 육단백질의 actomyosin을 ATP와 마찬가지로 actin과 myosin으로 분해하는 작용이 있다. 분해되어 수가 많아진 단백질의 분산입자는 그 계면작용에 의하여 육중의 지방에 대하여 유화제로서 작용하기 때문에 지방구의 분산을 도와준다.

인산염은 식염에 비하여 이온강도가 크므로, 비교적 소량 첨가하여도 이온강도가 높아져서 육의 보수성이 좋아진다. 일반적으로 육의 보수성을 높이는 인산염은 알칼리성 반응

을 나타내므로, 이것을 첨가하면 pH가 높아져 보수성이 좋아지게 된다.

인산염은 pH완충작용이 있다. 이것은 인산염의 말단 OH기에 의한 것으로, pH의 급격한 변화를 막아 보수성을 유지시킨다.

식염과 인산염을 병행하여 그 상호작용으로 육은 보수성을 더 높일 수 있는데, 이 작용은 0~20℃의 범위에서 증대된다.

마. 지방

소시지에서 적당량의 지방을 첨가한 것은 지방을 전혀 첨가하지 않은 것보다 보수력이 높다. 이것은 두 가지로 설명할 수 있는데, 첫째는 많은 지방구 입자들이 분쇄된 육의 단백질 주위에 놓이게 되며, 가열단계에서 단백질이 변성을 통해서 엉기게 됨에 따라 안정된 그물형태의 망상구조 즉 매트릭스(matrix)가 지방구 주위에 주머니를 만들어 지방을 둘러싼 형태를 이루며, 또한 응고된 단백질이 지방을 통해서 그물형태의 공간을 만들게 된다. 이 단백질 망상구조는 가열을 하였을 때, 지방을 첨가하지 않은 육보다 더 많은 수분을 함유할 수 있다.

둘째는, 용해된 단백질에 의하여 교질상의 안정된 상태를 이루기 때문이다. 단백질은 지방구의 표면에 안정제로서 지방구들이 분리되는 것을 막아준다.

안정성이 높은 유화조식은 가열처리 중 지방과 수분의 분리가 거의 없으나, 불안정한 조식은 지방과 수분이 분리되어 나온다. 일반적으로 증가되는 지방분리에 따라 보수력이 떨어져 수분분리가 증가한다. Silent cutter 조작중 육혼합물의 온도가 13~14℃를 넘지 말아야 하며, 20℃이상이 되면 지방이 녹기 시작한다. 작은 지방구 입자는 큰 지방구보다 더 큰 표면적을 만들어, 용해된 단백질에 의해 단백질 망상구조의 형성과 안정성을 높인다.

녹였던 지방보다 생지방을 사용하는 것이 보수력과 유화력을 위해서 효과적이며, 포화지방산의 함량이 높은 것이, 즉, 융점이 높은 것이 지방의 세질중 안정성이 높는데 이것은 돈지방이 소세지 제조에서 우지방보다 많이 이용되는 이유이다.

바. 가열온도

가열하는 동안 육의 보수성은 감소한다. 이것은 단백질이 열변성에 의하여 peptide사슬의 입체구조가 느슨해지고, 결합력이 약한 분자내의 결합이 풀리어 유리기의 수가 증가하기 때문이다. 이 유리기의 일부는 다시 분자내 결합을 하기도 하나, 다른 분자와 새로운 분자간 결합을 형성하기 때문에 응집이 일어나고 응집이 커지는데, 이것을 단백질의 열응고라고 한다.

열응고가 일어나면, 단백질에 결합되어 있던 고정수의 일부는 자유수로 되어 유리하게 된다. 따라서 보수성은 감소한다. 근원섬유는 40℃에서 열변성을 일으키기 시작하여 보수성은 천천히 떨어지기 시작하며, 온도가 높아짐에 따라서 (60~80℃) 급격히 떨어진다. 이 온도에서 새로운 가교결합이 형성되며, 아미노산 그룹이 감소되기 시작한다. 가열에 의하여 염기성기는 거의 변화가 없는데, 산성기의 수는 감소하기 시작하여 70℃에서는 처음의 약 2/3로 감소한다. 따라서 육은 가열 후 그 pH가 다소 상승한다.

사. 염용성 단백질

염용성 단백질의 용해성의 증가는 대부분 육가공제품의 보수력, 유화력과 조직을 개선한다. 염용성 단백질을 원료육 혼합물의 이온강도를 높여 주면 증가하여 유효소금 농도 10%까지는 증가하나 그 이상의 농도에서는 오히려 감소한다.

3) 유화력

유화형 육제품에서 유화는 제품의 품질을 결정하는 중요한 요인이다. 고기유화물은 수중유적형(oil in water type)으로 원료중의 단백질이 용해되어 있는 액상에 지방을 분산시킨 것으로서 교질상태를 이루고 있다. 원래 물과 지방은 섞일 수 없는 상태이나, 유화물이 존재할 때 교질상의 현탁액과 같은 안정된 혼합물을 이룰 수 있다. 고기유화물에서 근육 단백질은 우수한 유화제로서 작용하여 안정화시키는 역할을 한다.

소시지 유화물의 형성은 용해된 단백질과 물이 지방구를 둘러싼 matrix를 형성하며, 이 때 용해된 단백질은 유화제로서 역할을 한다. 이것은 용해된 단백질에 의하여 교질상의 안정된 상태를 이루어 지방구의 표면에 안정체로서 지방구들이 분리되는 것을 막아주며, 형성된 유화물은 열처리에 의하여 고정되어 가열단계에서 단백질의 matrix가 지방구를 둘러싼 형태를 이루게 된다. 안정성이 높은 유화조직은 가열처리중 지방과 수분의 분리가 거의 없으나, 불안정한 조직은 지방과 수분이 분리되어 나온다. 안정된 유화물을 형성하기 위하여는 단백질이 분해되거나 용해되어 유화제로서 작용하여야 한다.

분쇄, 세절공정에서 분해된 근원섬유단백질은 가열하는 동안 그물형태의 망상구조를 형성하여 수분을 고정시킬 뿐만 아니라, 지방구를 둘러싼 얇은 단백질막을 형성하여 유화력에 커다란 역할을 한다. 분해되지 않은 근원섬유단백질은 유화에는 커다란 역할을 하지 않으나 소시지의 품질에는 중요한 역할을 한다.

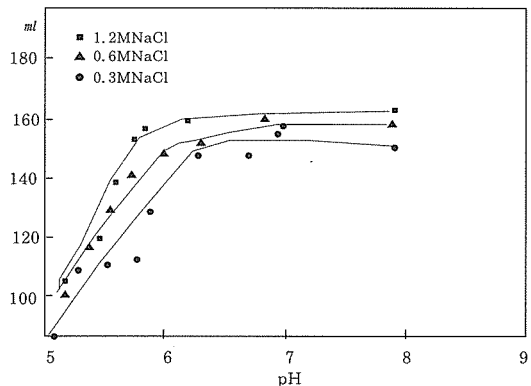
① 고기유화물의 유화력에 영향을 미치는 요인

가. 원료육의 보수력

원료육의 팽윤성과 보수력을 높여주는 대부분의 요인들, 즉 높은 pH, 염첨가량의 증가, 사후강직전 가공, 인산염의 첨가 등은 가열중 지방의 보유력과 고정능력을 높여준다.

근육의 pH, 소금농도, 이온 종류 및 강도, 용해도에 따라 보수력과 유화력은 달라지며, 이것들은 고기혼합물의 유화력에 영향을 미친다. 따라서 안정된 유화물을 형성하기 위하여는 원료육의 보수성이 높아야 한다. 즉, 원료육의 보수력과 유화력은 서로 깊은 관련성이 있다.

<그림 3> pH와 식염농도에 따른 염용성 단백질의 유화력



나. 세절온도와 시간

고기유화물 제조시 세절 정도는 매우 중요하다. 세절시간이 짧으면 지방이 미세하게 세절되지 않으므로 지방입자가 크고 단단하여 분산되지 않아서 근원섬유에 의하여 형성된 망상조직에 의하여 둘러싸이지 못하게 된다. 이러한 고기유화물은 가열하는 동안 커다란 지방입자는 단백질의 matrix형성을 저해하므로, 지방입자의 세절 정도는 고기유화물의 열안정성과 소시지 품질에 영향을 미치게 된다. 작은 지방구 입자는 큰 지방구보다 더 큰 표면적을 만들어, 용해된 단백질에 의해 단백질 망상구조의 형성과 안정성을 높여준다.

지방은 첨가후 세절시간이 길어짐에 따라 보수력과 유화안정성이 높아지는데 이것은 지방이 어느 정도 미세하게 세절될 때 지방구는 단백질의 망상구조 형성과 안정성을 용이하게 하기 때문이다.

그러나 지방구를 너무 잘게 세절하면 표면적이 증가하여 단백질로 지방구를 모두 둘러쌀 수 없을 경우 가열과정에서 분리되어 나와 지방포켓이나 지방분리의 원인이 된다. 또한 지방이 너무 미세하게 세절되면 지방세포막이 파괴되어 가열하는 동안 단백질이 응고되기전 지방이 유출되어 단백질만이 먼저 응고가 일어날지도 모르기 때문에 유화안정성이 낮다고 한다.

또한 지방조직체로 사용하는 것이 지방만을 추출하여 사용할 경우보다 지방구의 크기가 큼에도 불구하고 높은 유화안정도를 나타냈다고 한다. 이러한 지방세포막의 파괴는 세절정도와 세절온도에 의한 영향으로 생각된다.

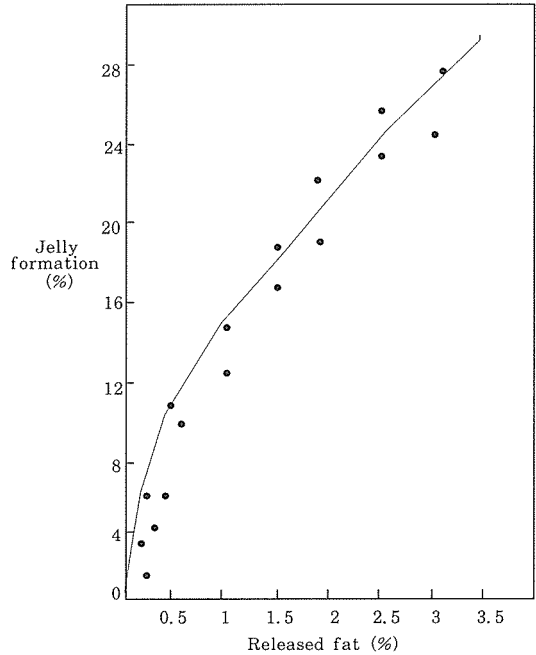
소시지 안정성에 적합한 최적의 세절, 혼합시간은 고기유화물의 배합비, 지방조직의 형태, 원료육과 지방의 온도, 수분의 온도, 예비배합 등 여러가지 요인들에 의하여 달라진다.

고기유화물은 세절시간이 길어질수록 온도가 상승하며, 지방함량이 높을수록 세절중 유화물의 온도상승이 높다.

세절 중 고기유화물의 온도상승을 막기 위하여 동결육, 동결지방, 물 대신 빙수 혹은 얼음을 사용하여 고기혼합물의 온도상승을 막을 수 있다. 일반적으로 유화형 소시지의 세절, 혼합온도는 10~15℃를 넘지 않아야 한다.

대부분의 지방은 20℃이상에서 녹아 유화안정도가 떨어지기 때문에 녹였던 지방보다 생지방을 사용하는 것이 보수력과 유화력을 위해서 효과적이며, 포화지방산의 함량이 높은 것이 지방의 세절중 안정성이 높는데 이것은 돈지방이 소시지 제조에서 우지방보다 많이 이용되는 이유이다.

<그림 4> 유화형 소시지의 수분 분리와 지방분리와 의 관계



다. 배합성분과 비율

정육, 지방, 물, 염 등의 배합비율은 고기유화물의 열안정성에 영향을 미치게 된다. 원료육은 세절에 의하여 큰 섬유조각으로부터 actomyosin, myosin, actin 등 작은 근원섬유 부분으로 분해되어 지방구를 둘러싸서 유화를 형성하고, 가열에 의하여 최종제품의 긴 밀도에 영향을 미치는 단단한 gel을 형성하게 되며, 이것은 지방, 물 기타 성분을 고정시킨다.

단백질의 matrix는 유화 안정성에 영향을 미치게 되는데, 단백질 matrix가 모든 지방구를 충분히 둘러쌀 수 있을 때 고기유화물은 안정성을 유지할 수 있으며, 이 때문에 단백질, 지방 및 수분의 배합비율은 중요하다. 단백질 matrix를 이루는 근원섬유와 근섬유 등은 보수성을 통하여 유화안정성에 기여하며, 소시지 특유의 조직감을 준다.

단백질 matrix와 지방의 비율이 적절할 때는 가장 안정한 제품을 생산할 수 있으나 지방함량이 적으면 비교적 두꺼운 단백질 matrix를 형성하여 탄력도가 떨어져 유험안정도가 낮아진다. 반면에 지방이 과다하면 지방구의 표면적이 넓어져, 지방구를 둘러싼 단백질막이 얇아 물리적 강도와 탄력이 떨어지고, 열안정성이 약해 유험안정성이 떨어진다.

이와 같이 유험안정도는 지방구를 둘러싸고 있는 단백질막의 두께와 지방구의 크기에 의해 영향을 받게 되는데, 단백질막의 두께와 지방구의 비율이 0.03~0.05사이에 가장 안정도가 높다고 한다. 단백질 matrix의 두께가 적절하고 지방구 입자가 균일할 때 matrix의 응집성이 가장 높다고 한다.

가열온도 60~70°C, pH 6.0, 이온강도 0.6일 때가 myosin gel형성의 최적조건이며, 이 경우 myosin의 분자형태가 완전할 때 그 기능적 적성이 가장 우수하다. 열에 의하여 형성된 myosin gel의 특성은 myosin의 heavy chain의 성질에 의하여 결정된다.

고기유화물의 안정도에 적합한 배합비는 식육 45%, 지방 25~30%, 빙수 25~30%일 때이며 지방첨가량이 40%를 넘으면서부터 안정도가 떨어져 지방 분리가 증가한다.

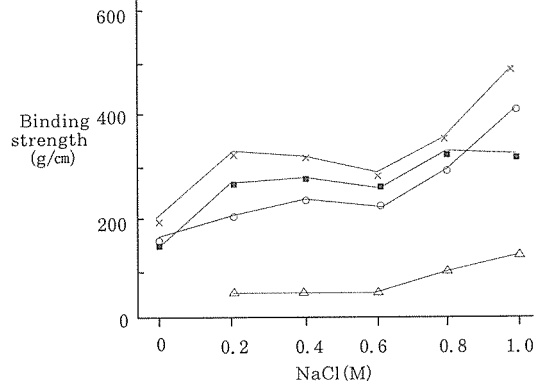
4) 결착력

육제품의 독특한 조직감과 외관에 영향을 미치는 결착력은 육입자 사이에 염용성 단백질이 추출 농축되어 존재할 때 열처리에 의해 단백질 matrix가 3차구조를 형성하기 때문이다.

소금은 육입자들의 결착력을 증가시키는데 이것은 염용성 단백질 추출량을 증가시키고 또한, 이온강도와 pH를 변화시켜 가열에 의해 형성된 단백질 matrix가 안정된 3차구조를 형성하게 하기 때문이다. 염용성 단백질은 소금농도가 증가함에 따라 추출량이 증가하며

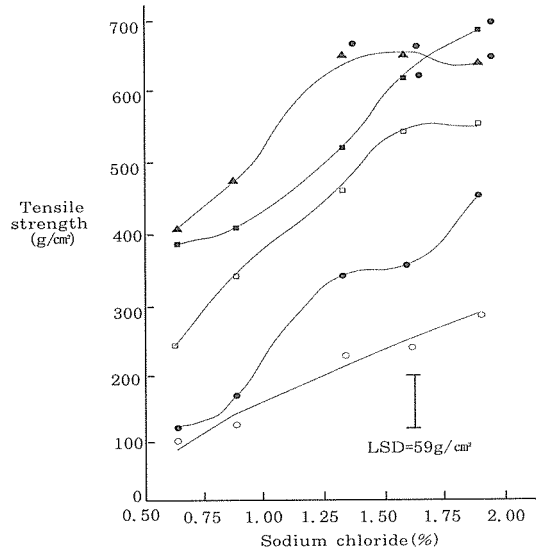
특히 myosin 단백질의 추출량이 증가함에 따라 육입자의 결착력이 증가한다. 소금이 존재하지 않은 상태에서 가열하여 형성된 myosin

<그림 5> 소금농도가 Myosin 단백질의 결착력에 미치는 영향



- × : pre-rigor crude myosin
- : myosin
- : rigor crude myosin
- △ : actomyosin

<그림 6> 인산염과 소금농도가 인장강도에 미치는 영향



- : 인산염 무처리
 - ▲ : pp
 - : TPP
 - : HMP
- (인산염 농도 0.5%)

과 actomyosin의 gel은 강도가 거의 없는 sponge조직과 같다. 인산염에 의해 추출된 단백질은 육입자간의 결합력을 증가시킨다.

맛사지와 텀블링 공정은 육단백질의 추출량을 증가시키어 햄의 결합력을 증진시키기 위해 실시한다. 보수성과 유화성이 높은 양질의 육일수록 결합력이 높다.

2. 가공원료육의 육질

1) 온도체육

온도체육의 가공적성(보수력, 유화력, 결합력)은 탁월함에도 불구하고 현재 국내 육가공장에서는 육제품 생산에 거의 이용하고 있지 않다. 도살직후의 온도체육은 냉장육에 비하여 높은 보수력과 유화력을 유지할 수 있는데 이것은 육 속에 함유된 천연 인산염 형태의 ATP때문이다.

그러면 왜 선진국에서는 온도체 가공을 실시하고 있는가. 이것은 경제성 때문으로 에너지, 냉장시설, 가공시간의 감소와 드립 발생을 줄일 수 있으며, 원료육의 기능적 특성이 우수하기 때문이다. 온도체 가공육으로 생산한 육제품은 관능적으로 품질이 우수하다. 또한 사후강직전 온도체 가공육은 염지 중 염지제의 침투효과를 추진시켜 염지 육제품의 발색 효과를 촉진시킨다.

온도체육이란 도살후 근육내에 ATP농도가 $1\mu\text{Mol/g}$ 이상일 때 즉 사후 강직전 육을 말한다. 사후 근육의 에너지원인 ATP농도는 얼마동안은 근육내의 creatine phosphate와 glycogen으로부터 ATP가 생성되어, 일정한 농도를 유지하다가 급격히 감소된다.

사후강직 전 즉, 근육내의 ATP수준이 높게 유지되는 동안은 myosin filament와 actin filament와 actin filament는 상호결합이 가역적이어서, 서로 이완된 상태로 되돌아갈 수 있으므로 근육은 유연하고 신전성이 높다.

이 때 골발하여 가공육으로 이용하는 소위 온도체가공을 한다면, 높은 보수력과 유화력을 유지할 수 있는데 이것은 육의 pH가 높고, 높은 수준의 ATP에 의하여 actin와 myosin간의 결합력이 적고, 염용성 단백질이 많이 추출되기 때문이다. 온도체 가공의 이점은 ATP농도에 의한 것이며, 근육내 ATP수준이 높을 때 염지를 한다면, 나중에 ATP가 분해됨에도 불구하고 높은 보수력과 유화력을 유지할 수 있다.

이것은 NaCl이 ATP분해를 가속화시킴에도 불구하고, 근육내의 높은 농도의 ATP, 높은 pH, 높은 이온강도 등의 복합적인 효과에 의하여 인접 단백질 분자간의 강한 반발작용이 사후 강직을 저지시키기 때문인 것으로 추측할 수 있다.

즉, 온도체 가공의 효과는 높은 수준의 ATP, 높은 pH에서만 가능하다. 온도체 가공육의 높은 보수력은 근육내 ATP농도가 약 1 마이크로 몰/그램 이상일 때 그 효과를 기대할 수 있으며, 1μ 그 이하에서는 감소되는 농도에 의하여 결정적인 나쁜 영향을 받게 된다. 온도체 가공육의 보수력의 1/3은 pH에 의해서, 2/3는 ATP에 의해서 영향을 받는다고 할 수 있다.

돈육의 사후변화 속도는 대단히 급속도로 진행되어 정상육의 경우 도살 50~60분 후 pH 6.1에 도달한다. 그러므로 돈육의 경우 도살 1시간 이내에 발골, 예비염지한 후 사용하면 온도체 가공육의 효과를 볼 수 있다.

우육은 사후변화가 돈육보다 서서히 진행되기 때문에 시간적인 여유가 있으나 도살 후 4시간 이내에 발골, 예비염지하여 사용하면 돈육보다 온도체 가공효과가 크다. 예비염지한 온도체 발골육은 냉장저장 후 수일이 경과하더라도 온도체육과 마찬가지로 높은 보수력과 유화력을 유지할 수 있다.

2) 온도체 냉장육

대부분의 육가공공장들은 자체 도살장을 가지고 있지 않기 때문에 지육을 냉장, 혹은 냉동상태로 구입한다.

보수력이 우수한 온도체 예비염지 육은 수일 동안만 저장 가능하다. 그러면 육의 ATP가 분해되기 전 급속 냉동을 하여 수주일 혹은 수개월 후 가공육으로 이용한다면 온도체 가공육과 마찬가지로 높은 보수력을 유지할 수 있는가?

도살직후 마쇄된 육을 -20℃ 혹은 그 이하의 온도에서 급속 냉동을 하면 ATP와 glycogen은 빠른 속도로 분해되어 육은 심하게 강직한다. 이것을 우리는 해동강직이라 하며, 그 결과 육의 보수력은 감소한다.

이것은 냉동, 해동을 통하여 sarcoplasmic reticulum이 손상되어 Ca²⁺이온이 유출됨에 따라 ATPase의 활성이 높아지기 때문에 해동강직이 일어난다.

ATPase가 분해되기 전 냉동시킨 육은 해동을 시키지 않고 silent cutter에서 소금과 함께 세절한다면 보수력과 유향력이 높은 우수한 품질의 sausage를 만들 수 있다.

이것은 해동되지 않은 미세하게 세절된 육속으로 염이 침투되면서 근섬유와 초원섬유가 사후강직이 진행되는 것을 막기 때문이다.

또한 도살직후 근육의 ATP농도가 높을 때 마쇄한 후 염을 첨가하여 냉동시킨 육은 장기간 냉동저장후 가공을 하였을 때 보수력과 유향력이 높은 육제품을 만들 수 있다.

3) PSE와 DFD육

도살직후 pH가 낮은 PSE육은 저장, 훈연, 염지, 가열시 높은 감량을 가져 오는데, 이것은 도살 후 급속한 pH감소와 도체의 높은 온도에 의하여 근장단백질뿐만 아니라, 근원섬유 단백질의 일부가 변성되어 단백질 용해성이 떨어져 보수성이 낮아 가공시 감량이 많고 조직이 불량하다.

PSE돈육을 가지고 염지나 숙성을 할 경우

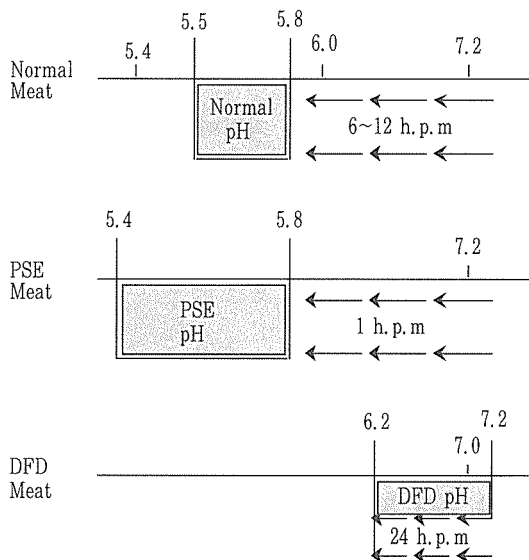
중량 손실이 크며, 가열처리후 관능검사를 해도 색, 맛, 조직등이 정상육에 비하여 떨어진다.

또한 세포의 유리수 함량이 높아지게 됨에 따라, 광선의 흡수를 적게 함으로써 PSE육의 육색을 창백하게 한다.

이러한 PSE육은 도살 직후 육의 높은 온도를 급속히 냉각시켜, 단백질의 변성을 다소 막아줌으로써 드립의 발생을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 가공적성을 향상시킬 수 있다. DFD 육은 돈육에서도 나타나지만 특히 우육에서 많이 발생한다.

DFD육은 사후강직이 완료된 후 최종 pH가 6.2 이상으로 육단백질의 등전점보다 높아서 보수력을 갖고 있다. 그러나 pH가 높기 때문에 균의 오염이 일어나기 쉬우며 육색이 암적색이라 신선육으로 판매하는데는 문제점이 있다.

<그림 7> 정상육, PSE, DFD돈육의 사후 pH변화

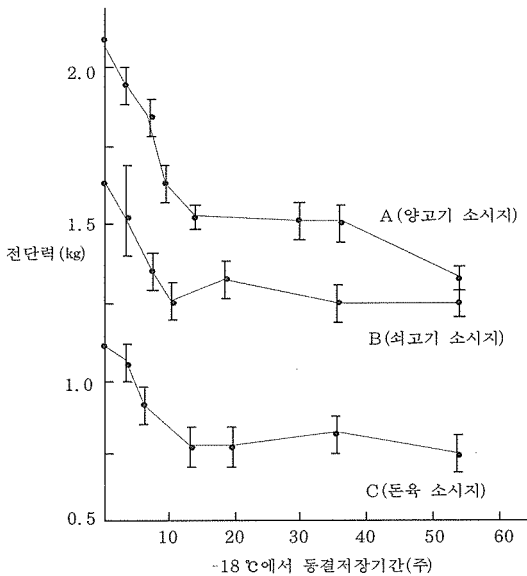


4) 냉동육

냉동육은 냉동저장기간이 6개월이내로 짧을 때는 저장기간에 따라 보수성, 유향안정성의

차이가 크게 인정되지 않으나 동결저장기간이 길어짐에 따라 냉장육에 비하여 보수력이 떨어지는데 이는 근육표면의 탈수, 단백질의 변성, 근육조직의 파괴에 기인한다.

<그림 8> 원료육의 냉동저장기간이 소시지의 전단력에 미치는 영향



원료육의 냉동저장 기간이 경과함에 따라 소시지의 전단력이 유의성 있게 감소한다. 냉동육은 가능한 해동을 하지 않고 그대로 가공 원료육으로 이용하는 것이 바람직하며, 해동을 할 경우는 드립을 함께 사용하는 것이 유리하다.

5) 돈육과 우육

우육은 육색소인 myoglobin의 함량이 돈육보다 높아 돈육에 비해 육색이 진하며, 돈육의 myoglobin의 산화 속도는 현저하게 빠르다. 돈육은 우육에 비해서 보수력은 양호하지만 응취 등의 이취가 발생하기 쉽다.

우육과 돈육의 구성성분의 차이는 거의 비슷하나, 비타민 B₁은 특히 돈육에 많이 들어

있으며 단백질의 경우 돈육(86)이 우육(83)보다 약간 높다.

무기질 중 칼슘과 철은 우육이 돈육보다 높지만 인 성분은 오히려 돈육이 높다. 돈육은 우육보다 최종 pH가 다소 낮으며, 도살직후 ATP함량도 돈육(4.1mg%)이 우육(7.6mg%)보다 낮다.

우육은 돈육보다 질겨 grinding하는데 약 60%의 압력이 더 필요하다. 원료육의 육온이 4°C에서 -2°C 떨어짐에 따라 또한 지방함량이 증가함에 따라 grinding하는 데 더 높은 압력이 필요하다. 우지방은 포화지방산의 비율이 높아 상온에서도 굳어지는 반면 돈지방은 불포화지방산의 함량이 높아서 융점과 응고점이 낮다. 돈육은 총지방의 함량은 높으나 근육내 지방은 오히려 우육보다 낮다.

6) 기계 발골육

기계발골육(mechanically deboned meat, MDM)은 뼈로부터 기계적 처리에 의하여 분리한 육으로, 보통 적색육(red meat)으로 간주하여 미세하게 chopping한 육과 유사하다. 기계발골육은 보통 척추뼈와 육이 붙어 있는 다른 뼈들로부터 추출한다. 기계발골육이라는 명칭은 1978년 제 10차 코펜하겐의 육 및 가공육가공위원회인 Codex와 1982년 미농무성(USDA)에서 채택하였다.

그러나 USDA에서 이후에도 닭, 칠면조에 대해서는 기계발골가금육(mechanically deboned poultry)라고 부르고 있다. 미국에서는 MDM의 개발로 연간 10억 파운드의 기계 발골육을 생산하고 있다.

기계발골육은 일반육과 마찬가지로 지방과 결합조직을 함유하고 있으며, 또한 골수를 함유하고 있다.

그러나 기계발골육은 보통육(hand-boned)보다 미세한 뼈 입자를 많이 함유하고 있으나 뼈 입자의 크기는 작다(1mm 이하) MDM은

frankfurter sausage, bologna sausage와 같은 유화형 제품에 많이 이용되고 있다.

① MDM육의 조성

돼지의 등뼈와 목부분에서 얻는 MDM의 성분은 단백질 14~17%, 지방 20~30%, 수분 50~60%, 회분 2~3%로 함유량의 변이가 크다. MDM의 회분함량이 보통육보다 높다.

Minced fish의 성분은 단백질 11.8~14.9%, 수분 76.9~83.4%, 지방 1.9~8.2%, 회분 1.3~2.1%로 축육의 기계발골육에 비하여 지방함량이 낮다.

보통육(hand-boned)의 전체 아미노산 중 필수아미노산이 차지하는 비율은 보통육의 지방산 조성과 함량의 차이는 기계발골육에 함유된 골수(marrow)에 의한 것으로 골수는 MDM중량의 16~30%를 차지한다.

<표 1> 기계발골육의 성분

고기의 종류	단백질	수분	지방	회분
PORK				
ribs, back	16.9	61.8	21.3	1.24
ham, shoulder	13.6	63.7	20.8	1.04
mixture from sows	15.2	57.5	27.2	1.27
mixture from barrows and gilt	14.3	53.6	31.6	1.41
CHECKEN				
necks and back	14.5	66.6	17.6	
mixture	13.9	65.1	18.3	
LAMB				
breasts	15.4	57.2	26.5	1.8
necks	14.7	52.2	34.5	0.7

② MDM의 가공적성

가. 보수성

보수력(water-holding capacity)은 최종 제품의 질과 중량의 손실에 커다란 영향을 미

치기 때문에 배합, 가공, 저장, 가열, 냉동중의 육의 보수력은 중요하다.

기계발골육이 함유된 육제품은 보수력이 향상된다. 이것은 기계발골육이 원료육보다 pH가 높기 때문이다. 기계발골육은 pH가 6.8~7.4인 골수를 함유하고 있기 때문에 pH가 높다. 육제품에 골수의 첨가비율이 증가할수록 pH가 증가하여 우육에 50%의 골수를 첨가하였을 때 pH가 5.6에서 6.2로 증가하였다.

육제품에 골수의 첨가비율이 증가할수록 보수성이 증가한다. 기계발골육에는 칼슘과 마그네슘이 함유되어 있어 골수의 높은 pH에 의한 보수력 증가는 Ca와 Mg에 의하여 감소된다. 또한 근육보다 MDM에 많이 함유된 Fe^{2+} Ca^{2+} 등도 보수력을 감소시킨다. MDM육 자체는 비교적 낮은 보수력을 갖지만 육혼합물에 MDM의 첨가비율이 증가함에 따라 보수력이 증가하였다고 한다. 가열된 MDM은 가열하지 않은 MDM보다 보수력이 낮지만 소시지 제품에 첨가하였을 때 가열 감량이 감소한다. 신선한 MDM은 동결 MDM보다 보수력이 우수하다.

나. 유화성

대부분 MDM은 유화형 육제품에 이용되므로 유화안정성과 유화력은 중요하다. MDM의 골수에는 결합력이 높은 myosin함량이 낮고 albumin과 hemoglobin의 함량이 높다. MDM의 유화력은 보통 정육보다 낮으며, 특히 기계발골 가공육(mechanically deboned poultry)은 skin에 의하여 collagen함량과 지방함량이 높아졌기 때문에 유화력과 유화안정성이 떨어진다.

또한 MDM의 골수의 지질은 전체지질의 높은 비율을 차지하며, 원료육에 10~20% MDM을 대체하여 소시지를 제조하였을 때 유화력 차이가 없다고 하였는데, 이것은 MDM의 높은 pH가 육단백질의 용해성을 증

□ 연구동향

가시킴기 때문이다. MDM육의 보수력 및 유효력은 제조과정에서 polyphosphate을 첨가하면 향상된다.

다. 가열감량

가공육제품에서 가열감량은 보수력과 유효력에 영향을 받는다. 일반적으로 MDM육을 함유한 육제품은 그렇지 않은 육제품보다 가열감량이 적었다.

또한 MDM육을 함유한 재구성육(restructured beef)은 무첨가구와 비교하여 가열감량의 차이가 없었다.

다음표(표 2)는 10%의 양가슴과 옆구리살 혹은 목주위, 앞정강이, 뒷정강이에서 추출한 기계적 발골육 10%를 함유한 재구성 mutton roast의 품질비교를 한 것이다. 가열함량, 결합력, 지방분리 등은 거의 차이가 없었다. 대부분의 육제품에서 10~20% 기계적 발골육이 첨가되었을 때 품질의 차이가 거의 없다.

<표 2> 기계발골가금육을 함유한 재구성 mutton roast의 가공적성

Characteristic	Breast and Flank	Mechanically separated mutton
Cook loss(%)	10.2	10.4
Binding strength	1.61	1.57
pH and stuffing	5.92	6.08
Collagen(mg)	81.7	75.6
Fat(%)	9.3	9.4

라. 색

기계발골육은 골수의 함량이 높기 때문에 hemoglobin함량이 높고, pH가 높기 때문에 밝은 적색을 띠고 있다. 이것은 기계발골과정에서 골수의 hemoglobin과 근육의 myoglobin이 산소와 접촉하여 oxyhemoglobin과 oxymyoglobin함량은 육제품에서 바람직한 밝

은 적색을 띠게 한다. 그러나 제품의 색이 비교적 밝은 재구성 가금육이나 white sausage에서 기계발골육의 첨가는 고려되어야 한다.

돼지와 소의 기계발골육은 단백질과 지방함량이 동일한 잡육보다 25~35% 색도가 높다.

보통정육에는 g당 1.5~6.7mg의 pigment를 함유하고 있는데 반하여 기계발골육에는 7~10mg을 함유하고 있다. MDM육을 함유한 육제품에 대두단백질을 첨가하면 색깔을 밝게 할 수 있으며 육조직을 향상시킬 수 있다. 기계발골육의 heme색소의 산화방지를 위해서는 발골 후 급속 동결을 하는 것이 바람직하다.

마. 관능적 특성

(sensory characteristics)

보통정육과 기계발골육을 함유한 육제품의 풍미와 차이는 첨가수준과 육의 종류에 영향을 받는다. 20%의 기계발골육을 함유한 bologna는 대조구와 비교하여 1°C에서 60일 저장후 풍미에 차가 거의 없었다. MDM을 함유한 육제품은 대조구에 비하여 풍미와 산패취의 차이는 거의 없으나 bologna와 같은 제품에서 “肝” 맛과 유사한 맛을 띠는 경향이 있다.

이것은 골수에 의한 것으로 건조 egg albumin을 첨가하면 막을 수 있다. MDM을 재구성육에 10% 첨가하였을 때 대조구보다 부드러운 조직과 바람직한 외관을 갖는다고 한다.

대부분의 나라에서 burger, sausage, meat pie에 5% 첨가하고 있기 때문에 전혀 제품의 관능적 특성을 떨어뜨리지 않는다고 한다. Sausage에 20% MDM의 첨가는 color와 texture를 개선시켜며, 20% canned luncheon meat의 관능적 특성을 개선시킨다고 한다.

■ 참고문헌

1. Mogens Jul: The Quality Frozen Foods, Academic press, 1984
2. Die Autoren: Fleisch, Eugen Ulmer, 1988
3. Peter J. Bechtel: Muscle as Foods, Academic press, 1986
4. W.E. Kramlich, A.M. Pearson and F.W. Tauber: Processed Meats, avi publishing company, Inc., 1973
5. Jean Pierre Girard: Technology of Meat and Meat Products, Ellis Horwood, 1992
6. Max Judge, Elton Aberle, John Forrest, Harold Hedrick and Robert Merkel: Principle of Meat Science, Kendall/Hunt publishing company, 1989