<제 5 회>

食品加工과 營養

FOOD PROCESSING AND NUTRITION

A·E·벤더 著

<차 례>

머 리 말
Ⅰ. 원 리
1. 일반원리 2. 식품가공의 유용한 효과
Ⅱ. 영양소에 미치는 효과
3. 비타민 4. 단백질 **5. 탄수화물, 무기염류, 지방질 6. 첨가한 영양소의 안정성**
Ⅲ. 가공의 효과
7. 가공처리의 영향, 가공법의 발달, 저온살균, 블랜칭(blanching), 건조, 통조림, 냉동, 加壓蒸者, 이온화 방사선, 마이크로파, 가열, 발효, 그 밖의 방법
Ⅳ. 시판식품
8. 육류 및 육류가공품, 어류, 우유, 곡류, 과일 및 야채, 콩류 및 油量種子, 감자, 달걀
Ⅴ. 영양소의 첨가
9. 식품강화

(24) 실제의 식사에 대한 적용

이 章에서 소개한 대부분의 연구는 쥐를 사용한 것이며, 그 성적을 인간에게 적용한 데 불과하다.

이것은 兩者의 성장과 유지에 요하는 속도가 매우 달라서, 결국은 필요로 하는 아미노산 비율이 서로 다르기 때문에 매우 비논리적이라고 말할 수 있다. 그러나 실용적으로는 乳兒의 리진 요구성은 성장중인 쥐의 그것과 거의 같아서 몇 가지 단백질을 쥐와 사람에게 적용하면 똑같은 결과가 얻어진다.

쥐에 대한 시험결과를 얼마만큼 인간에게 응용할 수 있는지는 전혀 알 수가 없다. 예를 들면 인간에 대해서 행해진 곡류의 제한된 예의 실험 결과는 쥐의 결과와는 다르며 쥐에게서 측정한 밀알의 BV는 0.64, 0.67, 0.68, 0.76 등의 수치가 얻어졌지만 인간에 대한 한 연구실로 부터의 보고치는 분쇄한 낟알 및 로스트한 낟알에서 각각 0.90, 살짝 지진 것에서 0.80이었다. 그러니까 적어도 밀 단백질은 가공에 의해 손상된다는 것만은 확실하다.

귀리의 NPU는 쥐에서 0.66, 인간에서 0.89, 밀싹은 쥐에서 0.75, 인간에서 0.89라고 보고되어 있다. 한편 밀의 글루텐은 양자가 모두 0.40으로 변함이 없다. 이들 차이는 두 가지 동물 사이의 실제적인 차이인지 아니면 인간에게 실시한 소수례의 어려운 실험에 따르는 오차가 많은 수치와, 다수의 반복을 할 수 있는 쥐의 분석치와의 비교에 그 원인이 있는지는 분명치 않다. 이 두 가지 점에 관해 Calloway와 Margen(1971)은 계란단백질의 BV를 인간에게서 측정하면 0.46과 0.81 사이의 수치가 얻어진다는 것을 보고했으며, 개인차 또는 동일인이라도 때때로 현저히 달라진다는 것이 제시되었다.

그러나 실험동물에 관한 영양적 수치를 인간에게 적용할 수 있는지의 여부는 분명치 않은 점이 있지만 가공에 의한 손상이 일어나는지의 여부, 그리고 어디에 일어나는가는 실험적으로 추구할 수 있는 일이다. 또한 만약에 절대적 결과을 얻을 수 없는 경우에도 (그리고 위에서와 같이 그 결과가 인간에 적용될 수 없더라도) 품질의 관리가 문제점이라면 어떤 실험결과의 논의에서도 충분한 평가가 가능하다고 말할 수 있다.

5. 탄수화물, 무기염류, 지방질

(1) 탄수화물

비타민 같이 불안정한 영업소에 비해서 탄수화물

은 일반적으로 가공시에 전혀 손실을 입지 않는 것으로 간주된다. 그러나 처리수 속에 용출되거나 분해되는 등 어느 정도의 손실은 일어나고 있다. 그러나 영양소가 아니라 단순한 에너지량의 손실이라 해서 무시되는 것이 상례이다.

용출로 인한 손실은 다른 수용성 물질의 연구에서 자주 논의되고 있듯이 粒子徑, 시간, 물 사용량 등의 요인에 의해 지배된다. 분해로 인한 손실에 관해서는 잠두콩조리의 예가 있는데, 처음에 물에 담갔을 때 전분의 감소와 당의 증가가 있다. 다음에 120°C로 150분간 구우면 갈색 색소가 생성되면서 전체 탄수화물과 단백질과 아미노산의 손실이 일어난다. 당의 함량은 10.8%에서 9.3%로, 전분함량은 34%에서 31%로 내려간다. 이것은 처음에 덱스트린으로, 다음에 환원당으로 분해되어 간다는 것을 의미한다. 이러한 탄수화물 사이의 변화는 손실로는 간주되지 않고 오히려 이러한 처리로 탄수화물의 소화성이 증가되는 경우도 있다.

과열로 인해 맛없는 물질이 생성되기 쉽다. 예를 들면 멸균온도에서는 리불린산, 리덕톤류, 5-히드록시메틸푸르푸랄 등이 형성되기 쉬워서 착색물질이 된다. 그러나 영양가의 손실은 거의 무시해도 된다.

(2) 무기염류

무기염류는 완전히 안정되어 있지만 물속에 용출된다. 통상 이러한 손실은 양적으로는 많지만 무시되고 있다. 예를 들면 McCance등(1936)이나 Krehl과 Winters(1950)는 당근, 잠두콩, 양배추 등의 야채 속의 칼슘의 12~40%, 그리고 염화칼륨의 60%가 손실된다고 보고한 바 있다.

조리의 방법, 사용하는 水量, 표면—용적비등 블랜칭(blanching)항에서 서술한 여러 가지 요인이 손실량을 지배한다. Saito(1969)는 각종 식품을 일본식으로 조리하면 철분의 32%, 칼슘의 9%가 손실되지만, 유럽식으로 조리하면 손실은 각각 17% 및 5%밖에 안된다고 보고한 바 있다. Kizlaitis등(1964)은 조리한 육류에서의 철분 손실은 미네랄 속에서도 적은 편이라고 보고했다.

어떤 경우에는 처리에 사용하는 물로 부터의 미네랄 증가도 큰 요인이 된다. 예를 들면 각종 환자식에서 저나트륨 식품이 요구되는데, 물에서 나트륨을 취하는 것을 피하도록 주의할 필요가 있다. 음료수 속의 나트륨은 100cm²당 10mg이나 되지만, 軟水化로 인해 50mg으로 증가한다. 통조림 식품에서는 나트륨 및 그밖의 溶質은 그 자체식품과 액체 속에 골고루 분포되어 있다. 일련의 실험결과에서 완두콩 속의 나트륨 함량이 통조림함으로 인해서 1.7mg으로부터 12mg/100g으로 증가된다는 결과가 얻어진 바 있다. 야채의 탈색방지나 엽채의 품질선별의 목적으로 소금물을 사용하면 잘세척한 후에도 나트륨이 잔존한다. 한 보고에 의하면 완두콩 속의 나트륨량은 가벼운 염수처리 후 세척해도 처음의 1.2mg/100g에서 8~18mg으로 되며, 진한 염수처리 후 세척해도 36mg/100g에 이른다.

떫은 맛을 빼거나 가공시 또는 첨가물로서 나트륨염을 사용하면 당연히 식품속의 함량이 증가한다.

철분은 공장의 가공기계에서 옮겨질 가능성이 있으며, 사실 칼레이분 속의 철분은 대부분 이런데 기인한다고 설명할 수 있다.

Gurevič(1966)는 청어 속의 沃素가 많이 손실된다고 보고한 바 있는데 연어, 청어, 가자미, 대구, 황어 등은 냉동시 50~100% 손실되지만 해동했다가 다시 동결시키면 완전히 손실된다. 또한 염장하면 30~40%, 가열훈제하면 30%를 각각 잃는다. 일염一鹽 정도나 低溫燻蒸에서는 근소한 손실밖에 없다.

(3) 지질(脂質)

지질은 분해로 인해 많은 변화를 일으키는데, 그 영향은 영양가보다 오히려 기호성에 대해서 크다. 지방의 영양가는 트리글리세리드의 에너지 함량과 필수지방산(EFA)의 함량에 한정되어 있다. 어떤 종류의 지방은 용액상태로 비타민류를 함유하며 이것들이 손실되거나 필수지방산이 손실되는 것이 영양가의 저하로 연결되는 문제를 발생시킨다.

그 밖의 인자로서는 앞에서도 말했듯이 지방의 분해산물과 아미노산과의 반응으로 인해서 단백질의 품질저하를 가져오는 점이다.

식품속의 지방함량 변화는 그 자체의 영양적 변화의 범위에 포함시킬 수 있고, 가공중에 지방함량이 증가한다는 것은 에너지 함량, 더 나아가 EFA나 비타민 함량도 증가할 가능성이 있으며 반대로 가공으로 인해서 손실되는 경우도 많다.

가공시에 식품중의 수분을 잃는 동시에 지방을 잃는 것은 영양적 변화량을 계산할 때 문제가 된다. 예를 들면 베이컨을 조리할 때 다량의 지방을 잃는데 이 사실은 100g 乾物속에서는 영양소 일반의 함량이 증가하는 셈이 되지만 100g 단백질 당으로 나타내려면 감소로 표시된다.

(4) 화학적 변화

지방은 용이하게 자동산화, 화학적 촉매, 또는 천연적으로 존재하거나 미생물이 부착하는 데서 리폭시다제(리포옥시게나제)에 의한 효소적인 과산화 작용을 받는다. 이들 변화는 비교적 느리기 때문에 품질 저하는 가공시의 우발적인 손실보다도 장기간의 저장 중에 일어나고 있다. 단, 이런 일반론의 예외로서 튀김할 때 온도가 지나치게 상승할 경우의 손실이 있다. 뒤에 서술하겠지만 튀김의 조건을 조절하면 손상은 제한할 수 있으나, 같은 기름을 되풀이해 사용하면 손상이 누적된다.

지방이 아주 적은 경우에도 산화 내지 水解로 인한 지방의 분해는 식품의 맛을 손상시킨다. 예를 들면 감자, 시금치, 콩 등의 지방은 0.1에서 0.6%에 불과하지만, 저장시에 맛을 떨어뜨리기에 충분하다. 불포화지방은 산화에 대해서 보다 불안정하다.

자동산화는 흔적량의 금속 특히 구리 또는 헤마틴 화합물 등에 의해 촉매되고, 히드로페르옥시드의 형성으로 시작해서 빛, 열 또는 여러 가지 형의 照謝에 의해 촉진된다. 이 반응은 연쇄반응에 의해 진행되어 알킬히드로페르옥시드를 생기게 하고, 그 분해에 의해 短鎖알데하이드, 케톤 또는 酸을 생성해서 불쾌한 산패 냄새가 나는 고분자 물질이 된다. 과산화물 형성시에 프리래디컬이 생기고, 이것이 단백질, 비타민, 효소 또는 다른 지질과 반응한다.

비타민 A는 특히 과산화로 인해 손상되기 쉽다. 이것을 방지하는 데는 신속히 프리래디컬과 반응해서 연쇄반응의 진행을 막는 기능을 지니는 항산화제가 효과적이다.

식물성 시료에 완두콩, 강남콩, 穀粒, 유량종자 등은 효소 리폭시다제를 함유하기 때문에 히드로페르옥시드를 만들기 쉽다. 이 효소는 시스—시스의 메틸렌을 낀 디엔구조를 가진 지방산, 이를 테면 리놀산에 특이하게 작용하여 영양적 손상을 준다. 그러나 영양적 변화가 확실해지기 전에 식품의 풍미가 저하되기 때문에 식품가공의 중요단계에서 이와 같은 효소의 파괴가 결과적으로 발생하고 있는 것이 실제상의 현상이다. 따라서 이러한 특이적인 문제도 자동적으로 방지되고 있다고 말할 수 있다.

수분은 산화작용을 받기 쉬운데 대해 촉진과 저지의 두 가지 다른 방향으로 영향을 주고 있다. 곡류제품에서는 低水分은 變敗의 진행을 돕지만, 乾燥卵이나 분유 속의 저수분(2% 이하)은 보호적으로 작용한다.

가열처리는 확실히 효소를 파괴하지만, 자동산화는 냉온하에서도 진행되며, 이 때문에 지방함유 식품을 냉동해도 劣化되고, 저온 저장을 해도 지용성 비타민류의 잠재적 손실이 일어나는 것이다.

튀김 같은 고온 가열에서는 분해작용은 훨씬 빨라서 일련의 휘발성 카아보닐, 히드록시산, 케토산, 에폭시산, 산화 폴리머 등이 생성된다. 무산소생태에는 重合이 일어나 環狀화합물이나 고분자물이 생성된다. 이들 물질은 가열 지방 속에 함유되는 독성 성분에 관련된다.

결론적으로 지질의 분해효과를 다음 세 가지를 정리할 수 있다. (1) 맛없는 화합물의 형성, (2) 독성화합물 형성의 가능성, (3) 영양가의 저하, 그리고 식품가공시의 지방의 부가 또는 제거를 고려할 필요가 있다.

(5) 영양적 변화

지질이 다른 식품성분과 다른 2개의 특징이, 다음과 같은 사실에서 명확해진다. 즉 식품가공시에 즉각적으로 영양가가 저하되는 일은 거의 없다는 사실과 그리고 劣化는 저온에서도 진행된다는 사실이다.

많은 실험결과에서 유제품이나 달걀 같은 지방성 식품의 통상적인 가열 가공에서는 영양가 손실은 거의 없다는 것이 밝혀졌다. 그리고 육류의 지방도 통상적인 방법이나 마이크로파 조리를 해도 마찬가지 결과를 얻게 된다. 제빵시에도 거의 영향이 없다. 통상 저온에서 식품의 장기보존이 가능한 것은 성분이 안정되어 있기 때문인데 지방은 이 온도에서도 역시 산화한다. Owen등은 저장한 돼지고기가 변패하는 한 원인은 냉동중에 多價불포화지방산의 산화가 발생하기 때문이라고 했다. 家禽의 지방은 소나 양에 비해서 불포화성이 높기 때문에 보다 더 불안정하며, 닭의 모이 속에 여분의 토코페롤을 첨가함으로써 안정성이 증대된다.

비타민 E의 항에서 서술했던 것과 같이 히드로페르옥시드는 특히 室溫에서는 손상되기 쉽지만 저온에서는 안전하기 때문에 냉동중인 편이 실온중에서보다 토코페롤이 파괴되기 쉽다.

레티놀, 카로티노이드, 콜레칼시페롤, 토코페롤 등의 비타민류는 유지속에 함유되어 지방 자체의 산화와 함께 산화한다. 토코페롤류가 선택적으로 산화되기 쉬운 것은 그것이 항산화제로서의 성질을 가졌기 때문이다. 많은 식물성 유지는 이 성질을 가지고 있다. 토코페롤류는 또한 이 목적으로 지방이나

지방성 식품에 첨가된다는 것은 앞에서도 말했지만 닭에게 주면 體脂肪의 항산화제로 작용한다. 이 때의 항산화제 효과는 분명히 분해를 수반한다. 그러나 식품속의 항산화성이 높은 각종의 천연 토코페롤류의 비타민으로서의 力價는 비교적 낮다.

아스코르빈산 팔미테이트는 항산화제로서 첨가하면 토코페롤류와 공동적으로 작용하지만 양자가 모두 영양적 효과를 발휘하기에는 너무나 양이 적다.

산화지방 속의 비타민 손실에 관해서는 개개의 비타민 항에서 설명했다.

(6) 다가불포화지방산(PUFA)

어떤 종류의 다가불포화지방산은 체내에서 합성되지 않으므로 음식물 속에 필수적으로 있어야 하며, 필수지방산(EFA)이라 불리운다(한때는 비타민F라고도 불리었다). 그것들은 리놀산, 리놀렌산 및 아라키돈산이다. 리놀산과 티놀렌산은 식물유속에서 발견되며, 동물체내에서 아라키돈산으로 변하기 때문에 EFA라는 이름이 붙여졌다. 그 필수성은 시스—시스의 메틸레 삽입 디엔 이성체의 존재로 인한 것이며 이중결합의 산화나 이성화가 일어나면 영양적 특성을 상실한다.

그러나 실제로 음식물에서 EFA의 결핍은 1일 필요량이 1g 정도 밖에 안되기 때문에 좀처럼 발생되지 않는다. 따라서 가공에 의한 손실은 이점에 관해서는 별로 문제가 안 될 것으로 생각된다.

그러나 PUFA(EFA 및 바다생선속의 $C_{20}:_5$, $C_{22}:_6$ 등)는 다른 의미에서 영양적 특성, 즉 혈중 코레스테롤이나 허혈성 심장질환 등의 매우 복잡한 문제와 관련되어 있다. 이 책의 성질상 이들 문제에는 언급치 않겠지만, 食餌속의 불포화와 포화지방산 비율을 2：1로 하면 血漿코레스테롤値를 저하시키는 효과가 있기 때문에 심장질환의 위험성을 저하시키게 된다. 이런 의미에서는 PUFA의 어떠한 손실도 영양적 손실도 영양적 성질을 저하시키게 된다고 할 수 있다. 그리고 팔미틴산이나 미리스틴산 등 포화지방산은 코레스테롤치를 상승시키지만, 스테아린산이나 中鎖脂肪酸의 트리글리세리드는 효과를 나타내지 않는다. 이와 같이 가공에 의해 식품속의 지방산의 형과 비율을 바꾸는 것이 영양가에 영향을 준다.

기름을 정제하면 혈중 코레스테롤을 저하시키는 작용을 가진 피토스테롤류를 제거하는 결과가 되지만, 이것들의 영양적 효과는 없다. 그러나 粗製油속에 존재하는 양도 적기 때문에 아마도 유효량으로는 생각되지 않는다. 수소를 첨가함으로써 불포화지방은 포화지방으로 변화할 뿐 아니라 異性化도 일어나므로 생물활성의 손실이 된다.

튀김같은 고온처리에서는 불포화탄소鎖와 같이 일견 불안정한 화합물은 대부분 파괴될 것으로 생각되기도 하지만 실제로는 시판식품에 첨가하지 않아도 천연의 항산화제가 함유되어 있어서 이와 같은 손실은 적다.

Kilgore와 Bailey(1970)는 얇게 썬 감자를 여러가지 식물유로 튀기고, 또한 동일한 기름을 되풀이해 사용하는 실험에서 실용상 조건의 모델로 삼았다. 즉, 표준 사이즈의 얇게 썬 감자(1.27×0.64×11.4cm)를 185±5°C에서 12분간 튀기는 조건으로, 226g(반파운드)을 1일 4회, 10분마다 튀기고, 기름은 하룻밤 9°C로 냉각시켰다. 이 처리를 5일간 연속 시행해서 최종적으로는 동일한 기름속에서 4.5kg(10파운드)의 감자를 튀긴 셈이 되며 기름의 전체 가열시간은 7.5시간이 된다. <표 5.1 참조>

2.7kg까지는 리놀산 함량의 저하는 확실치 않고, 그 후에도 변화량은 적다. 잇꽃기름의 경우는 4.5kg을 튀긴 다음에도 변화가 없는데, 이것은 항산화제의 효과 때문이다. 면실유에는 항산화제를 첨가하지 않았지만 리놀산은 처음의 10%밖에 손실되어 있지 않다. 튀김감자에서 추출한 지방에 있어서도, 면실유나 잇꽃기름의 경우는 리놀산의 변화가 좀 많지만 옥수수기름과 식물성쇼트닝의 경우는 변화가 적다.

이 연구자들은 이들 기름과 식품 사이의 작은 변화를 의미있는 차이로 간주하고, 分岐鎖화합물이나 불안정한 과산화물 결합성 고분자물질이 기름속에 생성되지만 감자속에 흡수되지 않거나 또는 튀긴후 분석을 하기 전에 감자 속에서 산화가 일어나고 있기 때문인 것으로 생각했다.

고도의 불포화성인 잇꽃기름은 더욱 불안정하다고

표 5.1. 감자를 튀긴 후 기름속의 리놀산 함량 (% 전체지방산) [Kilgore, Bailey, (1970)]

	잇꽃기름	옥수수기름	면실유	식물성쇼트닝
개시 전	72	57	56	30
튀긴후 0.9kg(2파운드)	71	56	54	29
1.8kg(4 〃)	72	56	51	29
2.7kg(6 〃)	70	54	52	28
3.6kg(8 〃)	70	53	50	27
4.5kg(10 〃)	70	51	49	27

표 5.2. 감자튀김에서 추출한 리놀산량(%전체 지방산) [Kilgore, Bailey, (1970)]

	잇꽃기름	옥수수기름	면실유	쇼트닝
1회(0.45kg)	71	57	54	29
2	73	57	54	30
3	71	56	53	29
4	71	56	52	29
5	70	54	51	29
6	70	55	52	28
7	65	56	52	28
8	66	55	52	27
9	67	51	48	27
10	65	50	43	27

생각되지만, 이 실험에서는 분명히 첨가한 항산화제에 의해 방지되었다.

예상되는 바와 같이 고온에서는 더욱 리놀산의 파괴도 크긴 하지만 현저한 것은 아니다.

Fleishman등(1963)의 결과를 앞서의 Kilgore와 Bailey의 것과 비교할 수 있는데, 190°C의 같은 조건하에서 양자의 결과는 일치되고 있고 257°C의 것과 비교하면 저온에서는 옥수수기름의 다가 불포화지방산은 처음 67%이던 것이 63%, 61%, 62%로 조금밖에 내려가지 않았으며, 257°C에서 30분간 고온처리한 試料에서는 50분간 방치한 채 66°C로 했을 경우, (a) 잇꽃기름 : 다가 불포화지방산은 전체 지방산중 91%에서 78%로, (b) 옥수수기름 : 67%에서 42%로, (c) 땅콩기름 : 41%에서 36%로, (d) 대두유 : 62%에서 52%로 각각 내려갔다. 튀김으로 인한 EFA함량의 비슷한 변화에 대해서는 "家禽"項에서 서술하겠다.

관리가 잘 되어 있는 공장규모에서는 가공온도는 필요로 하는 최저수준으로 유지되어 있지만 관리가 불충분한 내적인 가공에서는 보다 높은 온도에 달한다. Fleischman등(1963)은 기름을 다음과 같은 조건하에서 한 번만 사용한 결과 감자튀김 보다 훨씬 큰 손실이 있었음을 보고한 바 있다.

1) 가정내 : 대형 감자 3개를 옥수수 기름속에서 205°C, 15분가 튀겼을 경우 다가불포화지방산은 67%에서 54%로 내려갔다.

2) 병원내 : 닭튀김을 면실유속에서 191°C, 2.5시간 튀기면 다가불포화지방산은 66%에서 58%로 내려갔다.

3) 병원내 : 191°C에서 닭튀김을 2.5시간, 이어서 감자를 0.5시간 튀겼다. 다가불포화지방산은 66%에서 58%로 내려갔다.

4) 옥수수 프리터(fritter)를 191°C에서 3시간 튀기면 66%에서 55%로 내려간다.

분명히 표면적, 시간, 온도, 식품속의 지질 기타의 성분이 PUFA의 손실에 영향을 미치고 있다.

(6) 지방산 조성의 변화

식품제조과정에서 논의되는 변화의 개념속에 포함되지 않을는지는 모르지만 동물에게 불포화지방산을 주면 체지방의 조성이 변한다는 것은 알아 둘 값어치가 있다.

PUFA가 풍부한 식품을 원하는 통상의 지방조성으로 바꾸는 것은 확실히 가능하다. 붉은 육류나 유제품은 서유럽사회에서의 지방섭취량의 약 반량, 포화지방 속의 거의 3/4량을 제공한다. 소에게 다가불포화지방을 급여해도 반추위(反芻胃) 속에서 수소가 첨가되어 그대로 제 4 위로 옮겨가기 때문에 원하는 대로 체지방은 얻어지지 않는다. 이 문제를 해결할 방법이 Cook 등에 의해 보고된 바 있다. 즉 식물유(이 경우에는 잇꽃기름)를 카제인과 혼합해서 분무건조시킨 후 포르말린 처리로 코팅한 것에서는 반추위내의 박테리아에 의해 소화되지 않은 채 제 4 위에 도달한다. 이것을 새끼양의 먹이속에 20% 첨가해서 주면 몸속의 리놀산함량이 증가한다. 즉 복부지방중 1.9%이던 것이 3주인 후에는 11%로, 그리고 6주일 후에는 16%에까지 증가한다. 마찬가지로 유지방도 변화시킬 수 있다.

(7) 마아가린

PUFA가 가장 풍부한 통상식품으로서 적당한 지방에서 제조하는 마아가린이 있다. 유지에 수소를 첨가할 경우 시스—시스형에서 시스—트랜스형, 트랜스—시스형, 또는 트랜스—트랜스형으로 異性化가 일어나서 생물적 활성의 손실을 보게 된다. 그러나 이것을 회피하는 水添法의 기술에 의해 트랜스형을 포함하지 않은 PUFA를 함유한 마아가린을 제조할 수 있다.

6. 첨가한 영양소의 안정성

많은 식품은 여러가지 영양소, 비타민, 아미노산, 무기염류, 단백질 등으로 강화되어 있다. 이들 첨가물질의 안정성이 천연으로 함유되어 있는 것에 비해

서 다른 것은 화학적인 형태가 다르기 때문이기도 하지만 주로 천연물속에서는 다른 성분에 의해서 물리적으로 보호되고 있기 때문일 것이다. 다만 비타민의 경우는 천연물속의 것보다 안정된 형태의 것이 사용되고 있다.

결과적으로 첨가한 영양소는 천연물의 것보다 안정한 것도 있고 불안정한 것도 있다. Shemer와 Perkins(1975)는 大豆에 첨가한 메티오닌은 단백질속에 존재하고 있는 것보다 불안정하다고 말하고 있어서 메티오닌을 콩가루에 첨가한 후 조리시에 녹아나온 부분을 비교한 Carnovale등(1969)과 같은 결론을 얻은 바 있다.

세몰리나(semolina) 반죽가루의 경우는 단백질속의 리진의 7%와 스레오닌의 7%가 파괴되지만, 첨가한 리진은 25%, 스레오닌은 14%, 메티오닌은 18%나 파괴된다. 단 이 수치는 화학적 분석에 의한 것이며 유효성의 감소에 관해서는 확실치 않다.

곡식 낟알을 아미노산으로 강화하는 하나의 방법으로서 아미노산액속에 담그고 휘젓는데 Tera 및 Bains(1971)는 쌀밥을 리진과 스레오닌액속에 담가서 액 전부를 흡수시켰다. 이 처리 정백미는 14분간 삶으면 먹을 수 있고 아미노산의 손실이 없었지만 반숙한 쌀의 경우는 28분간 삶아야 하며 아미노산의 손실량은 5%였다. 아마도 이것이 분석치의 오차범위라고 생각된다.

첨가한 리진은 삶는 것보다는 처리과정에도 보다 큰 영향을 받기 쉽다. 리진액속에 옥수수를 담금으로써 리진함량은 10배로 불어나지만, 튀김을 만들면 리진의 40%가 파괴된다. 빵이나 비스킷속에 첨가한 리진의 안정성은 천연물 속에서와 마찬가지라고 한다.

비타민류는 젤라틴, 전분 등으로 코팅해서 첨가되는데 穀粒이나 穀粉에 첨가한 것은 천연물보다 안정되어 있다. 예를 들면 Cort등(1976)은 전분속에 비타민 A, 티아민 일초산염, 리보플라빈, 나이아신, 피리독신 염산염, 엽산, 환원철, 토코페롤 초산을 미리 섞은 것을 만들어 실온에서 폴리에틸렌 자루속에 저장했던 바 6개월간 안정상태를 유지했다고 보고한 바 있다. 이것들을 밀가루와 무기염을 미리 섞은 것과 수분 9%로 혼합하면 비타민A 이외는 실온에서 6개월간, 그리고 45°C에서 12주일간 완전히 안정상태였는데 비타민 A는 8주일 후에 15%, 12주일 후에는 25%나 손실되었다.

수분이 13.5%라는 통상 사용될 정도의 높은 조건에서는 비타민A의 10%가 45°C, 4주일만에 손실되지만, 피리독신, 토코페롤, 엽산은 안정상태였다. 이들 세가지 비타민은 제빵시에도 완전히 안정되어 있다(단 다른 비타민에 대해서는 정량을 하지 않았다).

마찬가지로 비타민A이외의 다른 비타민은 실온에서 6개월간 저장한 황색 옥수수속에서 안정되어 있으며 45°C에서 12주일 후 비타민 A의 30%가 손실되었다. 이들 연구자에 의하면 이 손실은 실온에서 2.5년간의 손실과 맞먹는다고 한다.

쌀에 있어서는 온갖 비타민의 종류를 제인—스트아린산—셀라크 또는 에틸셀룰로오스와 셀라크 따위의 형태로 코팅해서 사용되고 있는데 6개월간 실온에서 저장하면 비타민A와 E는 안정되어 있지만, 엽산과 비타민B_6은 각각 10% 손실된다. 조리에 의해 비타민 A의 10%를 잃지만, 비타민B_6, 엽산, 비타민E의 손실은 없다(티아민에 대해서는 측정되어 있지 않다).

Bunting은 옥수수가루에 첨가한 피리독신은 38°C, 50%RH에서 1년간 안정을 유지하며 또한 제빵시에도 안정되어 있다고 서술한 바 있다.

Cording등(1961)은 포테이토플레이크속에 첨가한 비타민 C와 천연 속의 것을 비교했는데 가열, 으깨기, 드럼건조, 플레이크제조등의 공정을 거친 것은 가공시에 다 같이 30%를 손실하고, 24°C, 5% 습도에서 28주일 후에 다시 손실된다는 것을 확인했다. 이 손실은 항산화제를 첨가해도 역시 발생하지만 질소가스속에 저장하면 방지할 수 있다.

첨가한 티아민은 아황산염의 존재로 인해 완전히 파괴되지만 물에 분산될 수 있는 비타민 A, 리보플라빈, 나이아신은 가공시나 저장중에도 안정을 유지한다.

Bender(1958)는 비타민C를 과일스커시에 첨가한 것도 본래 함유되어 있는 비타민C와 마찬가지로 2년간 안정을 유지한다고 보고했다.

Keagy등(1975)은 밀가루속에 프테로일글루타민산형태로 첨가한 엽산은 천연물 속의 것보다도 저장시에 안정을 유지한다고 말했다. 29°C, 12.5% 수분에서 저장한 밀가루속의 천연엽산(1.12$\mu g/g$)은 2개월후 15%를 손실하고, 또한 49°C에서는 40%를 손실하는데, 그 후 1년간은 안정을 유지했다. 첨가한 엽산(1~5$\mu g/g$)은 29°C 또는 38°C에서 1년간 안정을 유지했으며, 49°C에서는 1$\mu g/g$당의 강화 밀가루의 경우는 17%를 손실하고 5$\mu g/g$의 밀가루의 경우

는 8%를 손실했다.

마찬가지로 첨가한 프테로일글루타민산의 경우는 제빵할 때 11%를 잃지만 천연엽산의 경우는 30%를 손실한다. 이 제빵시의 손실은 빵 반죽의 발효과정에서의 엽산의 증가에 의해 보상될 수 있다. 즉, 효모로 인해서 전체 엽산의 함량은 60%나 증가하므로 전체적으로 제빵시의 손실은 없는 셈이 된다.

Ⅲ. 가공의 효과

7. 가공처리의 영향

식품은 온갖 종류의 가공처리에 의해 만들어진다. 즉 블랜칭, 가열, 살균, 건조, 동결, 발효 등을 시키는데, 이로 인해서 영양가에 어떤 변화를 가져오게 된다.

가장 큰 영양소 손실은 물속에 녹아버리는 것과 열로 인한 파괴이다. 이 문제에 관해 이하 몇개의 章에서 검토하게 된다. 열로 인한 영양소의 분해에 관해서는 손실의 예측방법 확립을 목적으로 해서 광범위하게 연구되어 왔다. 이 문제에 관한 반응속도론적인 데이터에 대해서는 Lund(1975)의 總說이 있다.

비교적으로 열저항성이 높은 몇가지 효소의 활성을 상실케 하는데 필요한 활성화 에너지는 어떤 종류의 영양소 파괴에 필요한 에너지에 필적할 뿐 아니라 미생물의 포자를 파괴하는데 필요한 활성화 에너지는 그보다 더욱 클 것이다. 온도를 상승케 했을 경우 미생물의 사멸속도의 증가(생물학적 효과)는 영양소의 파괴속도의 증가(화학반응)보다도 크다. 그리고 이들 조건을 검토함으로써 가장 적합한 처리조건 즉 영양소 및 그 밖의 식품품질의 손실을 최소로 줄일 수 있는 조건을 알아낼 수 있다. 그렇긴 하지만 Lund(1975)가 결론을 내린바 있듯이, 예측에 이용할 수 있는 데이터는 대부분 부적당한 것이다.

영양소를 가장 잘 보지하기 위한 조건은 반드시 최고의 趣好性을 부여하기 위한 조건과 동일한 것은 아니다. 예를 들면 구조를 대상으로 측정했을 경우 식품을 완전히 가열 조리하면 세포벽은 충분히 유연해지지만 더 나아가 최고의 취호성은 가열을 여분으로 더함으로써 달성될 수 있을 것이다. 그러나 그때 영양소의 파괴는 증가할 것이다. 예를 들면, 로스트(철판 등에 의한 가열)하거나 토스트(직접적 가열)함으로써 좋은 풍미가 얻어지지만 동시에 영양가 손실을 수반한다. 특히 콩류식품의 경우 영양적으로 타당한 가열조건과 취호적으로 바람직한 가열조건과의 사이에는 상당한 상위점이 존재하는 것 같으며 실험실에서만 단순히 유연해질 때까지 가열하면 되지만 전통적 조리방법에서 좋은 풍미를 얻으려면 더욱 여러 시간을 가열하게 된다. 이런 장시간의 가열조리는 단백질의 성질에 영향을 줄 것으로 생각되지만 아직 연구되어 있지 않은 것 같다.

(1) 가공법의 발달

식품공업의 진보는 새 제품에서의 영양가에 차이를 가져오는데 그것은 전통적인 종래의 제품에 비해 영양가가 높기도 하고 낮기도 할 것이다. 식품 본래의 풍미, 색깔 및 촉감을 가급적 보지하도록 고안된 몇가지 방법, 이를테면 진공건조, 동결건조, 초고온살균은 다른 방법에 비해 조건이 가혹하지 않기 때문에 영양소 손실이 적은 경향이 있다. 放飼로부터 철망식 사육법으로의 전환, 연속식 빵반죽법이나 Chorleywood법(제조시간을 단축시킨 제빵법)에 의한 제빵, 또는 소의 집중사육등은 영양소에 대해 플러스 또는 마이너스의 두 방향으로 작용할 것이다. 그 기술이 신품종의 식물이나 동물의 개발을 포함하는 경우는 특히 그렇다.

Tolan등(1974)은 방사(낡은 방식), 짚을 깐 平飼, 그리고 배터리(battery)방식(근대적인 분리 사육방식)으로 각각 사육한 닭의 알의 화학적 조성을 조사했다. 단백질, 지질 즉 코레스테롤·트리그리셀라드·인지질(燐脂質)·필수지방산 그리고 대부분의 비타민(티아민, 리보플라빈, 니코틴산, 판토텐산, 비타민 A)에는 차이가 보이지 않았다. 차이가 나타난 점은 배터리 방식의 달걀은 칼슘함량이 10% 많고 葉酸이 40%, 비타민 B_{12}가 30% 적으며, 또한 짚을 깐 평사방식의 것은 비타민E가 20% 많은 점이었다. 그럼에도 불구하고 서로 다른 농장 달걀의 조성의 편차는 사육방식의 차이로 인한 편차보다도 큰 것이 현실이다.

제8장의 곡류의 項에서 토의되겠지만, 제빵에서의 연속식 빵반죽방식이나 Chorleywood법은 종래의 방식에 의해서 영양가에 대한 영향이 적다. 그밖의 새로운 생산방법으로는 이미 설명한 개방식양계에서 broiler양계의 전환, 소의 粗放사육에서 집중사육으로의 변환을 들 수 있다. 이러한 경우에는 낡은 방식에 의한 생산물과 특별한 차이는 없지만, 이에 반해 건조감자의 경우는 비타민C나 티아민이 생감자에 비해 상당히 감소되어 있기 때문에 강화할 필요

가 있겠다.

기계에 의한 수확방법도 비교적 새로운 방식의 하나이다. 이 방법은 감자, 당근, 완두콩에는 예전부터 사용되어 왔지만 체리, 토마토에는 비교적 최근에 적용되기 시작했다. 이 경우 주요한 흥미의 대상은 기계적인 손상을 피할 수 없다는 점인데, 이로 인해 세포구조가 파괴되고 영양적으로는 비타민C가 파괴될 것이다. 만약에 토마토를 풋과일 때에 기계로 수확한다면 세포벽은 손상에 저항할 만큼 충분한 강도를 지니고 있기 때문에, 결과적으로는 완숙된 것을 수확했을 경우에 비해서 비타민이 약 30% 감소된 상태에서 뒤이어 숙성을 끝마칠 수가 있다.

(2) 고온 처리 및 살균

이러한 처리는 식품의 저장법으로서 가장 보통의 방법이다. 살균처리는 저장기간을 무한히 연장시켜 주지만, 처리조건이 비교적 가혹하기 때문에 촉감, 색깔, 풍미, 영양가를 손상시킨다. 고온처리는 조건이 가혹하지 않고 손상도 적지만 냉장이나 放射線照射같은 다른 방법과 혼용하더라도 저장기간에 대한 효과는 한정을 받게 된다. 처리온도를 상승시키면 영양소에 대해서보다는 미생물에 대한 효과가 보다 크기 때문에, 고온 단시간처리나 초고온처리 등의 방법에 대해서 많은 노력이 기울여져 왔다.

(3) 블랜칭(blanching)

블랜칭은 동결, 건조, 통조림을 하기 전에 행하는 불가결의 처리이며 식품을 일정한 고온에 2,3분간 쬐는 처리 방법이다. 이렇게 함으로써 냉동저장중의 변질의 원인이 되는 효소를 불활성화해서 부피가 큰 야채를 시들게 하거나 또는 통조림하기 위해 용적을 줄이고 통속에서 과잉압력을 만들어내는 가스를 몰아내며 또한 색조를 유지하는데 도움을 준다. 동시에 블랜칭은 청정공정으로서의 의미를 지닌다.

가장 일반적인 방법은 열탕속에 담그는 것이지만 그밖에도 열풍, 수증기, 방사선을 사용하는 방법도 있다. 이 문제에 관해서는 Lund(1975) 및 Fennema (1975)가 광범한 총설을 쓴 바 있다. 처리시간은 식품의 종류, 크기, 그리고 사용방법에 따라 달라진다. 예를 들면, 소형의 싹양배추에서 3.5분인데 대해서 가장 대형의 것에서는 7분이다. 완두콩은 1분간의 처리면 충분하며 얇게 썬 꼬투리까치콩에서는 2분간을 요한다. 그리고 온도는 93~99°C의 범위이다.

블랜칭 및 그에 뒤따르는 물냉각으로 인해서 무기염, 소량의 단백질, 糖, 비타민류등 가용성 영양소의 손실은 피할 수 없으며 그 量은 식품 한 조각의 크기, 제품과 물의 비율, 블랜칭에 사용한 물의 攪拌의 강도, 온도, 물속의 고형분에 따라서 변동할 것이다. 酸化도 물론 발생한다.

Adam등(1942)은 완두콩, 얇게 썬 꼬투리강낭콩, 또는 깍두기 모양으로 썬 당근과 같은 容積에 대해서 표면적이 큰 야채에서는 비타민 C의 절반이 6분 이내에 손실된다는 것을 발견했다. 꼬투리 강낭콩, 감자, 싹양배추 따위의 용적에 대해 표면적이 작은 야채에서는 비타민C의 손실이 1/3이었다. 그들에 의하면 처리시간 1분과 6분에서는 거의 차이를 발견할 수 없었다고 한다. 그들은 또한 당과 무기염의 손실량 사이에 차이가 있다는 것을 보여주었는데, 이것은 Birch등(1974)이 완두콩에서 제시했듯이 영양소의 농도가 식품속에서 균등하지는 않다는 사실 때문인 것같다. 예를 들면 비타민C의 농도는 완두콩의 꼬투리쪽이 더 짙기 때문에 물속으로의 용출속도는 처리시간의 첫부분에서 빠르며 따라서 비타민의 손실은 다른 고형분의 손실과 평행하지 않으며, 또한 처리시간에 비례되는 것은 아니다.

비타민C의 손실은 용출 및 효소의 파괴 때문에 영향을 받는다. Birch등(1974)은 85°C에서 처리함으로써 효소는 불활성화하며 용출된 비타민C는 완전히 블랜칭용 물속에 회수된다는 것을 발견했다. 그러나 70°C로 처리온도를 낮추면 효소는 불활성화되지 않고 용출과 동시에 비타민의 효소적 파괴가 발생하므로 2분 후에 24%가 산화되었다.

공장에 따라 상용되는 장치도 다르고 처리시간 및 온도도 다르기 때문에 변동은 크다. 야채의 성숙도도 영향을 줄 것이다. Cameron등(1949)은 몇개 공장에서의 측정결과를 비교함으로써 엽채류와 고형야채류가 모두 매우 큰 차이가 있음을 발견했다.

블랜칭용수에 식염을 2% 첨가하면 비타민C의 손실량을 감소시킬 수 있다고 주장되고 있지만, Hudson, Sharple등(1974)이 가내공업 규모로 실시했던 바 1.2%의 식염 또는 설탕의 첨가는 여러가지 야채에서 효과가 없었다고 한다.

수증기에 의한 블랜칭은 사용수의 양은 적지만 끓는 물에 의한 방법에 비해서 효소를 失活케 하는데 요하는 시간이 길어지며, 따라서 용출량은 적지만 산화는 발생될 것으로 생각된다. 동시에 빛깔에 대한 영향은 커진다. 수증기에 암모니아를 함유케 해

표 7·1 블랜칭으로 인한 비타민C의 손실

식 품	방 법	온 도 (°C)	시 간 (분)	손실량 (%)
브로콜리	물	100	3	30
				40
			4	50
		77	10	30
	수 증 기		4	20
			6	40
	수증기—암모니아		6	40
	마 이 크 로 파		2	20
싹양배추	물	100	3	25
			3.5	15
			4.5	15
			5.5	20
	수 증 기		4	15

서 pH를 높여주면 클로로필을 안정시킬 수 있다.

일반적으로는 손실량은 수증기에 의한 블랜칭이 더 적은 것처럼 생각되지만 한편으로 몇몇 연구자들은 차이를 확인치 않고 있는데, 이것은 아마도 식품의 종류에 따라서 효과가 다르기 때문인 것 같다. <표 7.1 참조>

통조림 제조에서는 상당량의 엽산이 손실되는데, 이것은 주로 블랜칭 단계에서 발생한다. Lin등(1975)은 이집트콩의 엽산은 12시간의 예비침적에서는 겨우 5%밖에 손실되지 않고 살균처리중에는 10%가 손실되는데 주요한 손실은 블랜칭 과정에서 일어난다. 수증기는 물보다 손실이 적다. 즉 물속 100°C에서는 5,10,20분에 각각 20,25,45%가 손실되었지만 수증기속에서의 대응되는 손실은 그 절반 정도인 10,20,25%였다.

마이크로波에 의한 블랜칭은 수증기에 의한 것보다 손상이 적다는 보고가 있었으며, 마이크로파 처리와 열탕처리를 배합하면 취호성 및 영양가의 관점에서 양호한 제품을 만들 수 있다고 주장되고 있지만 그 제품의 특수성으로 인한 것이라고 생각하는게 좋다.

완두콩을 유동층 위에서 블랜칭하면 열탕속에서 하는 것보다 용출량이 적어진다. 시금치의 경우 열풍처리를 하면 카로틴의 손상이 적어진다. 즉, 열탕속에서 처리할 경우 100g당 카로틴 3.9mg인데 대해 열풍처리의 경우는 5.4mg을 함유하고 있었다. 마찬가지로 비타민C도 잘 보지되어 열탕처리에서 100g중 21mg인데 대해 34mg이었다.

Lund(1975)는 문헌의 데이터를 다음과 같이 총괄했다. 즉 비타민 C의 손실은 아스파라가스 10%, 꼬투리까치콩, 리마콩, 싹양배추, 컬리플라워, 완두콩 20~25%, 브로콜리 35%, 시금치 50%이며, 티아민의 손실은 완두콩과 꼬투리까치콩 10%, 리마콩 35%, 시금치 60%이다. 또한 카로틴은 일반적으로 안정되어 있다. 통조림공정과 건조공정을 포함한 전체 제조공정에서의 손실량의 대부분은 블랜칭공정에서 일어나는 것이기 때문에 앞의 두가지 공정에서의 손실량의 차이는 거의 발견할 수 없다. 어떤 종류의 치료식 제조에서 블랜칭의 用水에 의해 식품의 칼슘이나 나트륨의 함량을 늘릴 수 있는 점에 주의해야 한다.

건 조

(1) 단백질

熱이 손상의 주요 원인인 경우에는 식품의 온도가 100°C 이상으로 올라가지 않는 한 건조공정은 통상 단백질의 영양가에 거의 영향을 끼치지 않는다. 수증기가 마음대로 빠져 나갈 수 있는 조건하에서는 수분이 존재하는 한 열의 흡수는 빠르지만 식품의 온도는 100°C 이상으로 상승하지 않는다. 魚粉을 화염에 의해 건조할 때 송풍온도는 100°C에까지 도달하지만 제품전체의 단백질 영양가에는 손상이 없다. 물론 일단 건조해 버리면 식품온도는 급속히 표면의 가열온도에까지 상승될 것이다. 빵덩어리 내부는 300°C의 오븐속에서도 95°C 이상으로는 오르지 않지만 껍질부분은 상승한다. 빵안쪽의 단백질은 거의 손상을 입지 않지만, 껍질부분의 유효성 리진함량은 감소된다.

환원성물질의 존재하에서는 단백질은 보다 낮은 온도에서도 손상을 입는다. Duckworth와 Woodhaim(1961)은 綠葉抽出物의 단백질의 영양가는 식품온도가 82°C에 달하면 감소된다는 것을 발견했다.

De Groot(1963)는 12종의 가열식품에 대해 단백질의 영양가(소화성과 생물가)를 조사했던 바 적어도 제한 아미노산에 관한 한 건조로 인한 변화는 발견치 못했다고 한다. <표 7·2 참조>

양배추를 삶아서 건조시킨 후, 71°C에서 2시간, 그리고 49°C에서 0.5시간 아황산처리를 했다. 이 경우 생물가에서 약간의 저하(0.40에서 0.35로)를 볼 수 있었지만 이것은 통계적으로 의미가 없었다. 소화성에는 변화가 없었다.

표 7·2 단백질 영양가—가열한 식품과 가열 후 건조시킨 식품〔De Groot, (1963)〕

식 품	생 물 가		소 화 성	
	가열	건조	가열	건조
양배추(1)	0.40	0.35	0.88	0.89
리마콩(2)	0.58	0.56	0.87	0.87
팥(3)	0.45	0.49	0.78	0.75
꼬투리까치콩(4)	0.57	A0.57	0.82	A0.81
		B0.59		B0.80
		C0.54		C0.81
		D0.52		D0.72
순무잎(5)	0.52	0.53	0.86	0.86
주름양배추(6)	0.64	0.61	0.85	0.85
사탕옥수수(7)	0.76	0.95	0.97	0.98
생선(대구 삶은것)(8)	0.83	0.84	1.00	1.00
생선파이(9)	0.83	0.84	0.98	0.99
달걀조제물(10)	0.94	E0.94	0.98	E0.98
		F0.93		F0.97
쇠고기 삶은 것(11)	0.74	0.74	1.00	1.00
닭고기 삶은 것(12)	0.72	0.74	1.00	1.00
치즈(13)	0.70	0.70	0.99	0.99

건조조건

(1) 71°C로 2시간 후, 49°C로 0.5시간
(2),(3) 71°C로 4시간 후, 49°C로 12시간
(4) A : 71°C로 0.5시간 후, 60°C로 1시간, 그리고 49°C로 20시간, B : 진공건조, C : 동결건조, D : 통조림해서 116°C로 35분
(5),(6) 63°C로 4시간 후, 49°C로 12시간
(7),(8),(11),(12),(13) 동결건조
(9) 200°C로 2.5분간 튀긴 후 동결건조
(10) 달걀, 분유, 면실유, E : 고온처리, F : 분무건조

리마콩 및 팥을 71°C로 4시간 건조시킨 후 49°C로 12시간 방치했을 경우는 손실이 없었다. 마찬가지로 63°C로 4시간 건조시킨 후 49°C에 하룻밤을 둔 순무잎 및 주름양배추, 동결건조시킨 사탕옥수수, 생선, 쇠고기, 닭고기, 생선파이, 치즈, 그리고 고온처리 또는 분무건조시킨 달걀제품은 모두 단백질의 소화성 및 생물가에 관해서는 안정되어 있었다.

건조공정에 뒤이은 냉각저장중의 단백질 영양가는 수분이 5% 이하로 유지되고 있는 한 손실속도가 느리다. 예를 들면 옥수수—콩—우유의 혼합조제물의 −18°C에서 1년간 저장해도 단백질 영양가는 변함이 없었다. 그러나 25°C에서는 손실이 20%, 48°C에서는 75%가 되었다.

밀봉한 자루속에 38°C로 저장한 밀가루는 6개월 후에도 그 영양가의 90%를 보지했다. 밀봉한 병속에서는 12개월간에 걸쳐 똑같은 안정성을 보였다. 또한 탈지분유에서는 마찬가지 측정치가 얻어졌으며 상대습도 40%에서는 60%의 경우보다도 높은 온도에서의 저장이 가능해진다. 그러나 진공속에서 밀봉했을 경우라도 단백질 효율비(PER)에 있어서는 온도가 −15°C로 유지되지 않는 한 손실이 서서히 진행된다.

(2) 비타민류

거의 모든 가공처리에서 비타민C는 가장 불안정한 영양소이다. 건조시간을 단축시킬 수 있는 장치를 사용하면 비타민C의 보지량을 개선시킬 소 있다. 토마토쥬스 농축물을 진공하에서 膨化시키는 건조법 즉 가압하에서 가열한 것을 진공속으로 급격히 분출시켜서 건조시키는 방법에 의했을 경우는 팽화처리에 필요한 送風에도 불구하고 사실상 비타민C의 손실은 발생되지 않는다.

건조식품을 저장하면 손실이 생긴다. Kramer(1974) 및 Bluestein과 Labuza(1975)가 총설을 썼는데, Kramer는 비타민류의 완전한 보지를 가능케 하는 최고온도와 수분함량을 총괄하고 있다. 예를들면 수분 1.5%, 4°C에서는 건조 토마토플레이크는 1년간 비타민 C의 손실은 없었다. 또한 수분 1%, 21°C에서는 10%가 손실되는데 이 손실량은 수분 5%에서는 30%로 증가했다고 한다.

(3) 통조림

통조림식품은 무균이기 때문에 미생물적 관점에서 보면 무한한 생명을 가졌다고 할 수 있지만 저장중에 화학반응으로 인해서 관능적 및 영양적 품질은 저하한다. Bender(1966)는 110년 및 136년 전에 통조림된 두가지 시료 즉 송아지고기와 양고기의 NPU (Net Protein Utilization)를 조사한 바 있다. 내용물은 여전히 무균상태였지만 NPU는 각각 0.29와 0.37로 내려가 있었다. 酸加水分解를 했던 바 모든 아미노산이 생선이었을 때와 같은 함량이 포함되어 있다는 것을 알았다. 따라서 이 손실은 화학변화로 인해 아미노산이 이용되지 않는 型이 된데서 연유하는 것 같다.

통조림 식품에는 몇가지 변화가 일어날 수 있다. 첫째로, 살균공정중에 영양소의 파괴가 일어난다. 둘째로, 식품으로부터 즙액속으로 수용성의 영양소가 용출하는 것을 피할 수 없다——단, 이것은 즙액

을 버리는 경우에만 손실이 된다. 세째로 저장중에 화학적 파괴가 서서히 일어난다——이것은 온도, 잔존하는 산소, 용기의 금속표면등 많은 因子에 의존하고 있다. 최후의 인자의 예를 설명하자면 도료를 칠한 깡통은 칠하지 않은 깡통에 비해 비타민C의 손실이 크다. 도료를 칠하지 않은 깡통에서는 잔존산소가 전기화학적 부식과정에서 급속히 소비된다(적어도 산성식품에서는) 사실, 도료를 칠하지 않은 양철깡통으로 통조림한 과일제품의 비타민C는 유리병조림의 경우보다 보지량이 큰 경우가 자주 있다.

가공과 그에 뒤이은 저장중에 일어나는 손실은 Hellendoorn등(1971)의 견해를 보더라도 확실하다. 시금치, 돼지고기, 감자의 혼합물은, 통조림하기 전에는 NPU 0.68이었으나 통조림한 후에 0.60으로 내려가고, 3년 저장후에 0.57로, 5년 저장후에는 0.55가 되었다. 또 한가지 제품, 감자를 넣은 스튜요리(Goulash)의 경우는 살균처리로 인해서는 변화가 없었지만 3년후에는 NPU가 0.64에서 0.55로, 5년 저장후에는 0.52로 내려갔다.

De Groot(1963)는 가열처리 및 아황산처리 후의 꼬투리까치콩의 단백질 영양가를 조사했다. 통조림공정으로 인해서 생물가는 0.57에는 0.52로, 소화성은 0.82에서 0.72로(즉 NPU가 0.46에서 0.38로) 감소되었다.

Hellendoorn등(1971)에 의하면 대개의 비타민류는 가공처리 및 22°C에서의 저장에 대해 안정되어 있지만, 원래 존재량이 적은 비타민A와 티아민은 예외라는 것이다. <표 7·3> 즉, 비타민A의 절반이 가공중에 파괴되고, 나머지는 1년 반 저장하는 동안에 손실되었다. 또한 티아민의 절반이 가공중에 파괴되고 1년반 후에 손실량은 75%로 증가했다.

판토텐산은 비교적 불안정하여 가공중에 25%가, 1년반 후에는 50%가 손실되었다. 니코틴산은 그다지 손실이 많은 비타민은 아니어서 가공중에 10%를 손실하고 1년반 저장 후에 손실량은 20%로 증가했다. 비타민 B_2, B_6, B_{12}, 엽산, 이노시톨, 콜린은 안정을 유지했다. 비타민 E는 가공에 대해서는 안정되어 있었지만 3년 저장 후에는 절반이 손실되었다.

표 7·3에 보이는 값은 성질이 약간씩 다른 6종류식품의 평균치이다. 예를 들자면 2종류의 식품——베이컨이 든 완두콩, 그리고 베이컨·감자·토마토소오스가 든 흰 까치콩——에서는 비타민A의 손실은 발견되지 않았다.

Cameron(1955)은 또한 대부분의 변화는 살균처리중에 일어나며 그 후 저장중의 손실속도는 느리다는 것을 보여주고 있다. 토마토쥬스의 통조림 공정에서 일어나는 손실량 범위는 다음과 같다. 즉 비타민 C 10~65%, 티아민 0~27%, 리보플라빈 0~14%, 니코틴산 0~17%, 카로틴 25~40%이다. 또한 저장중

표 7·3 식품의 통조림 가공 및 저장(22±2°C) 후의 비타민의 손실(%)
〔Hellendoorn등(1971)〕

비 타 민	당초함량	통조림 가공후	저장기간 1.5년	3년	5년
비 타 민 A	16.5μg	50	100	—	—
비 타 민 E	80mg	0	0	50	50
티 아 민	9mg	50	75	75	75
리보플라빈	6mg	0	0	0	0
피 리 독 신	5mg	0	0	0	0
비타민 B_{12}	18μg	0	0	0	0
니 코 틴 산	110mg	10	20	20	20
판 토 텐 산	21mg	25	50	50	50
엽 산	14μg	0	0	0	0
이 노 시 톨	26mg	0	0	0	0
콜 린	27mg	0	0	0	0

표 7·4 통조림의 저장중의 비타민손실량(%)

식 품	온 도 (°C)	비타민	1 년	2 년
완 두 콩	10—27	C	10	10
		B_1	10—15	10—20
		카로틴	0—5	5—10
오 렌 지 쥬 스	10—27	C	5—20	0—40
	10 ; 18			
	27		25	
	10—27	B_1	0	10—20
	10 ; 18		0	
	27		10	
	10—27	카로틴	0	0—20
토 마 토 쥬 스	10—27	C	0—20	0—20
	10 ; 18		0	
	27		25	
	10—27	B_1	5—10	10—30
	27		10	
그 레 이 프 프루츠 쥬스	10 ; 18	C	0	
	27	C	25	
	27	B_1	10	
파인애플쥬스	10 ; 18	C	0	
	27	C	10	
	27	B_1	10	

표 7·5 통조림 식품시료에서의 측정치범위 (mg/식품100g) 〔Tepley등(1953)〕

	평균치	범 위	시료수
비타민 B_6			
사 과 쥬 스	0.035	3.5〃	4
아 스 파 라 가 스	0.075	5〃	7
꼬 투 리 까 치 콩	0.043	8〃	10
파 인 애 플 쥬 스	0.33	2.5〃	5
참 치	0.67	2〃	4
β-카로틴			
넌 츄 럴 귤 소 스	0.009	50〃	7
호 박	6.8	12〃	5
고 구 마	3.8	3〃	6
티아민, 리보플라빈, 니코틴산			
닭고기 : 티 아 민	0.003	2〃	6
리보플라빈	0.1	2〃	3
니코틴산	5.5	2〃	3
대 합 : 티 아 민	0.009	10〃	5
리보플라빈	0.09	3〃	5
니코틴산	1.0	7〃	5
굴 : 티 아 민	0.02	3〃	3
리보플라빈	0.2	3〃	3
니코틴산	1	3〃	3
참 치 : 티 아 민	0.02	3.5〃	4
리보플라빈	0.09	2〃	4
니코틴산	14	1.5〃	4

의 손실은 10°C 및 18°C에서는 찾아 볼 수 없고, 27°C에서 비로소 나타난다. 표 7·4는 이들 결과를 보여주고 있으며, 또한 완두콩 통조림, 토마토 및 오렌지의 쥬스를 다수의 판매점에서 1년 및 2년간, 10~27°C의 온도범위에서 보존한 試料에 대해서 일련의 측정을 한 결과도 아울러 제시하고 있다.

Kramer(1974)는 총설을 정리해서 다음과 같은 결론을 내리고 있다. 깡통쥬스는 4°C에서 저장하면 비타민 C는 1년 후에도 거의 손실되지 않지만, 27°C에서는 1년 후에 25%, 2년 후에는 50%가 손실된다. 카로틴은 그보다 안정이 되며, 당근쥬스를 실온(室溫)에서 1년간 저장해도 손실은 없다.

(4) 금속에 의한 오염

Hellendoorn (1971)은 저장중의 깡통으로부터 식품의 금속흡수를 측정했는데, 제품에 따라서 변동이 있음을 발견했다. 베이컨이 든 완두콩은 5년 후에 겨우 2ppm을 함유할 뿐이었으나 이에 반해 꼬투리 까치콩—베이컨—감자의 요리(가장 산성이 강한 식품)에서는 38ppm이나 함유하고 있었다. 이 오염은 살균후 저장중에 발생하는 것이다.

납의 양은 적어서 당초의 값은 0.2ppm이하였던 제품이 저장 후에는 0.4ppm이었다. 철분의 측정치를 표시한 그림도 제공되어 있지만 흡수는 없다는 것을 보여주고 있다.

(5) 냉 동

관능적 및 영양적 관점에서 냉동은 식품을 保藏하는 가장 좋은 방법이다. 저장온도는 최적온도와 실용적 온도의 중간이어야 하는데 통상 −18°C이다. 냉동을 해도 식품의 품질은 서서히 변화를 일으킨다. 그러나 심하지는 않다. 영양소의 손실은 온도에 의해 좌우된다. 예를 들면 −18°C에서는 대부분의 식품의 비타민C 손실은 근소하다. −10°C에서는 그 2배에서 5배의 손실이 발생한다(오렌지쥬스는 예외여서 두가지 온도에서의 손실이 거의 비슷하다).

−30°C에서도 물의 일부는 아직 얼지 않기 때문에 화학적 변화는 서서히 일어난다. 세포내용물의 농축으로 인해 국부적인 pH의 변화가 일어나 그것이 일부 영양소, 특히 비타민 C의 파괴 원인이 된다. 그리고 앞서 말한 바와 같이 저온에서의 脂質過酸化物 안정도의 상대적 相違가 저장중인 비타민 E의 손실을 가져온다.

이 공정에서의 영양소 손실의 주요 부분은 냉동공정중에 일어나는게 아니고 앞에서도 말한 바와 같이 효소를 파괴하는데 필요한 前處理인 블랜칭을 할 때 일어난다. 냉동처리중의 손실은 비타민C 이외에서는 일어나지 않고 비타민 C의 손실도 0~10%에 불과하다. 손실이 일어나는 제 2의 시기는 解凍할 때이다. 해동은 가정에서 갖가지 제어되지 않은 조건하에서 행해지는데 해동중에 조직내에 浸透壓의 변화가 일어나고 이에 따라서 근소하나마 영양소와 조직의 파괴가 발생한다.

(6) 냉동품과 신선물의 비교

냉동식품에 있어서의 영양소의 안정성에 관한 문헌상의 데이터에는 상당한 변동이 있다. 이것은 일부는 처리조건의 차이 때문이기도 하지만 블랜칭 처리에서의 산화효소 失活의 정도 차이 때문이기도 할 것이다. 그뿐 아니라 효소의 재활성화가 일어난다는 사실이 있다.

냉동식품의 영양가는 신선한 식품의 그것보다 높

은 경우도 있고 낮은 경우도 있다. 수확 후 즉시 동결시킨 식품의 경우는 신선식품보다 높아지고 블랜칭으로 손실을 입으면 낮아진다. 신선식품은 「시장의 신선식품」이라 부르는 것이 보다 정확하며 이것은 실온에서 수일간 저장할 경우에 영양소(주로 비타민 C)가 약간 손실된다. 식품은 대체로 수확시에 영양소 함량이 가장 많다.

블랜칭은 어느 정도 영양소를 감소시키지만 그 반면에 산화효소를 파괴함으로써 남아 있는 영양소를 보호한다는 복잡한 역할을 한다. 마지막으로 냉동식품을 신선식품과 비교할 때는 해동후에 비교하고 또한 신선식품을 조리하는 경우에는 보다 장시간을 요한다는 사실을 감안하지 않으면 오차가 생기게 된다. 적정한 비교는 조리한 식품을 접시에 담은 최종단계에 하지 않으면 안된다. 예를 들면 앞의 표 1·1 및 1·2에서와 같이 신선한 완두콩과 동결 또는 동결건조처리가 된 완두콩의 비타민C 함량 사이에는 조리후에 차이를 거의 발견할 수 없다.

비타민류의 손실에 관해 일련의 유용한 비교측정치가 Weitz등(1970)에 의해 보고된 바 있다. 시금치는 블랜칭 및 냉동으로 인해 비타민 C의 60%를 잃는데 이것은 신선물을 조리했을 경우의 손실과 동등하며 6개월 저장으로 다시 10%가 손실되고 마지막 조리로 10%(포함 80%)를 더 손실했다.

완두콩은 블랜칭과 냉동으로 인해 40%를 손실했지만 6개월간 저장으로는 손실이 없었다. 마지막 조리에서는 다시 30%가 손실되었다.

강낭콩의 경우 블랜칭과 냉동으로 인한 손실은 더욱 적고(25%) 저장중의 손실은 없으며 마지막 조리에서 25%(도합 50%)가 손실되었다.

시금치에 있어서는 티아민의 손실은 제1단계 즉 블랜칭과 냉동단계에서 상당이 많으며(80%) 이에 대해 신선품의 조리에서는 40%가 손실될 뿐이다. 저장중의 손실은 없다. 그러나 완두콩의 티아민은 그보다 안정되어 있으며 블랜칭과 냉동으로 인해 10%가 손실될 뿐이다. 이 측정치는 신선품을 조리했을 경우와 동등하여 저장 및 마지막 조리때의 손실은 발견할 수 없었다.

리보플라빈은 완두콩에서는 블랜칭으로 인해 40%가 손실되지만 신선품을 조리했을 경우는 20%였다. 그리고 냉동물의 저장중에 5%의 손실이 있으며 또한 조리로 인해 5%, 도합 50%가 손실되었다.

비타민C의 전형적인 손실의 예가 Clegg(1974)에 의해 보고된 바 있다. 그 중량당 누적손실량의 %는 다음과 같다.

구 분	완두콩	얇게 썬 꼬투리 강낭콩	싹양배추
수 확 후	5	4	1
블 랜 칭	20	12	32*
냉 각	20	20	32*
냉 동	20	24	30*

* 싹 양배추에서의 손실량의 상당부분은 수분함량의 증가로 인한 것이다. 건조물량 당의 손실은 10%에 불과했다.

1953년과 1954년에 생산된 150종의 식물을 냉동시켜서 제조한 도합 27,000개에 이르는 냉동 포장식품에 대해 8종의 비타민과 6종의 미네랄을 조사한 데이터가 제출되어 있는데, 이것으로 천연의 가공에 의한 변동의 전모를 파악할 수 있다. 시금치 20개 試料의 비타민C 함량범위는 8~45mg/100g, 싹양배추 28개시료의 경우는 70~105mg이며, 카로틴 함량범위는 브로콜리 15개 시료에서 0.8~2.7mg/100g, 완두콩 15개 시료에서 0.03~0.13mg이었다.

니코틴산은 리마콩 32개 시료에서 0.9~1.7mg, 티아민은 아스파라가스 18개 시료에서 0.12~0.23mg이었다.

이러한 비타민 함량의 폭은 일반적으로 인식되고 있는 바이지만 단백질 함량에 있어도 비타민보다는 소폭적이지만 변동이 있다. 아스파라가스의 새싹은 18개 시료의 단백질 함량이 2.7~3.9% 사이를 변동하며, 강남콩 23개 시료에서는 1.3~2.0%, 잘게 썬 브로콜리 15개 시료에서는 2.5~4.4%였다. 소량의 단백질은 블랜칭중에 용출될 것이지만, 잔류물의 변동은 원재료에 의한 것이다.

Fennema(1975)는 총설에서 비타민C와 판토텐산은 냉동저장중에 가장 불안정한 영양소이며 티아민은 그보다 약간 더 안정되어 있다고 결론짓고 있다.

Kramer(1974)는 저장중의 비타민 C의 보지량과 일반적 품질의 변화를 결부시키려고 시도했지만 몇가지 식품에서는 −5°C에서 6년가 저장후에 비타민 C가 50%나 손실되었음에도 불구하고 관능적 품질은 유지되고 있었다.

(7) 축산제품

냉동육의 경우에 유일한 前處理는 신선육의 경우와 마찬가지로 熟成이다. Meyer등(1963)은 1°C에서 21일간 보존한 고기의 경우 니코틴산 35%가 손실되

는 것을 관찰했는데 티아민 및 리보플라빈에는 손실이 없었다. Fennema(1975)는 단시간의 숙성은 거의 또는 전혀 영향이 없다고 결론지었다.

냉동은 비타민 B군에 영향을 미치지 않지만 동결속도는 해동 및 조리할 때 침출액속으로의 손실에 영향을 미친다. 냉동저장중의 티아민, 리보플라빈, 니코틴산, 판토텐산은 안정되어 있는 것 같다. 그러나 피리독신에는 손실이 있음을 볼 수 있다.

수용성 비타민 B군의 약 10%는 해동중에 즙액속으로 손실된다. 이와 같은 손실은 冷凍魚를 해동할 때에도 일어난다. Fennema(1975)는 畜肉 및 家禽肉의 냉동 및 저장중의 비타민 B군 손실에 관한 文獻値를 총괄했다. $-18°C$에서 6～12개월 저장한 후의 티아민, 리보플라빈, 니코틴산, 피리독신의 측정치는 상당히 변동되어, 0～30%에 걸치고 있다.

De Ritter등(1974)은 많은 냉동식품을 조사한 결과 가공 및 조리중의 비타민 손실은 매우 광범하다는 것을 발견했다. 즉 비타민 C의 손실범위는 50～100%였다. 몇가지 식품에서는 비타민 C만이 손실되었으나 기타 식품에서는 비타민 B_6과 니코틴산은 25%까지, 비타민 E는 33%, 비타민 A는 55%, 티아민은 85%까지의 범위에서 손실을 밝혀낼 수 있었다.

(8) 再加熱

냉동한 시금치 및 싹양배추를 70～80°C에서 조심스럽게 재가열해도 아스코르빈산의 20%가 손실되었다고 한다. 온도가 制限因子이기 때문에 오븐의 型, 포장면으로부터의 깊이, 그리고 가열속도가 손실량을 좌우한다. Eddy등(1968)은 이상적인 포장방법은 실용상 최소의 깊이로 熱源에 대해 최대의 표면적을 노출하는 것임을 지적한 바 있다.

앞서도 말했듯이, 해동시키면 조직의 손상을 받는데 그 손상정도는 해동속도에 좌우되며 식품시료의 크기와 열의 투과속도가 관계될 것이다. 이 단계에 있어서의 영양소 파괴에 관한 데이터는 매우 제한되어 있다.

Hucker와 Clarke(1961)는 2,7,21°C의 낮은 온도에서 식품을 해동시키고 순환 사이클에 의해 재동결시켜서 조사한 결과 이들 온도에서는 시간이 중요인자라는 결론을 내렸다. 또한 식품에 따라서 영양소 파괴에 대한 감수성에 相違가 있다. 즉, 3시간이상에 걸쳐 해동과 재동결을 6회 사이클했을 경우 옥수수의 비타민은 50%가 파괴되었지만 꼬투리까치콩, 완두콩, 리마콩에서는 파괴가 나타나지 않았다.

어떤 연구자들은 마이크로파 같은 색다른 방법으로 재가열해도 통상의 가스오븐에 의한 가열의 경우와 차이가 없었다고 결론짓고 있지만 한편 다른 연구자에 의하면 마이크로파나 적외선으로 가열하는 편이 가열시간이 짧기 때문에 파괴가 적다는 것을 발견한 바 있다. 다량의 식품을 가열처리하는 경우는 타붙는 것을 막기 위해 빈번히 휘저을 필요가 있기 때문에 비타민C가 산화되기 쉽다. 그들은 실험결과는 식품종류에 따라 달라진다는 것을 강조하고 있다.

재가열에 관해서는 Lachance등(1973)이 총설을 쓴 바 있다.

비타민C와 티아민이 가장 많이 손실되는 것은 식품을 뜨거운 상태에서 방치했을 때에 발생되는데 이점을 극복하기 위해 마지막 재가열 후에 즉시 먹도록 하는 가열—동결—해동 시스템이 개발되고 있다. 이 방법은 비타민C 보지량을 증가시키고 유효성 리진을 약간 증가시키지만 티아민과 리보플라빈에는 변동이 없었다. Head(1974)는 집중취사장에서 조제하여 각 학교로 운반된 식사를 시험했다. 이런 특수조건에서는 비타민C의 일부가 산화했지만 티아민과 리보플라빈은 안정되어 있었다. 비타민 B군은 뜨겁게 보지된 편육에서는 안정이 유지된다는 것이 보고된 바 있다.

(9) 加壓蒸者

가압증자는 물에 삶는 것보다 가열시간이 짧아 加溶性 영양소의 유출량이 적기 때문에 통상 유리하다고 생각되고 있다. 그러나 보고된 결과의 몇 가지는 그에 상반되어 있으며 영양소량 사이에 현저한 상위가 있다는 것이 확인되었다.

예를 들면 Munsell등(1949)은 가압증자한 양배추의 비타민 손실량은 물에 삶는 경우보다 적다는 것을 보고했다. 즉, 비타민 C의 손실은 70%에 대해 33%, 티아민의 손실은 55%에 대해 12%, 리보플라빈은 50%에 대해 0%였다. 손실의 주요원인은 Krehl과 Winters(1950)에 의해 제시된 바와 같이 열보다는 오히려 용출에 있다. 그들은 4종의 비타민과 2종의 미네랄의 손실에 대해 많은 가열야채를 놓고 다음 세가지 경우를 비교했다. ① 125ml의 물과 함께 가열증자, ② 최소량의 물로 둘껑없는 남비에서 가열, ③ 125ml의 물과 함께 뚜껑없는 남비에서 가열, 시료는 가정에서 쓰는 크기였고 각 식품은 똑같이 무르도록 가열되었다. 따라서 가열시간은 식품 및

가열방법에 따라서 다르다. 동일량의 물에서는 뚜껑 없는 남비와 가압증자 사이에는 가열시간이 다름에도 불구하고 거의 차이가 없다. 다량의 물에서 가열할 경우 손실량이 가장 많아지고 「물없는 가열」의 경우 가장 적다.

마찬가지로 Trefether등(1951)은 뚜껑없는 남비에서 13분간 가열, 0.35kg/cm² 가압하에 7분간 가열, 0.7kg/cm²에서 6분간 및 1kg/cm²에서 5.5분간 가열 등에서 아스코르빈산, 티아민, 리보플라빈에 있어 사실상 차이를 발견하지 못했다.

Noble(1967)은 이에 반해 많은 야채의 비타민C보지량에 있어서 가압가열의 利點을 명확히 제시했다.

그러나 그 후에 Kamalanathan등(1972, 1974)은 몇가지 야채에 있어서 가압증자에서 티아민 손실이 25~50%인데 대해 常壓증기가열에서는 50%의 손실이 있었고 물에 삶았을 때 75~80%의 손실이 있었음을 제시했다. 비타민C에 관해서는 야채의 종류에 따라 결과가 다르다. 애머랜스의 잎은 가압하에서는 80%를 잃었고 수증기 가열에서는 70%를 잃었다. 꼬투리까치콩의 경우 최소량의 물로 뚜껑없는 남비에서 가열했을 경우는 손실이 없었고, 常壓 및 가압증자에서는 30%가 손실되었다. 양고추냉이 잎의 경우 세가지 가열방법에서 각각 손실량이 50, 30, 25%였다.

이상에서 볼 때 식품의 종류에서 물의 양에 이르기까지 매우 많은 인자를 계산에 넣어야 하는 가압증자와 같은 경우의 비교치에 관해서는 일반적인 결론은 아무것도 끌어낼 수 없다는 것을 알 수 있다.

(10) 이온화 방사선

이온화 방사선에는 陰極線, X선, 감마선이있으며, 미생물의 殺滅, 감자의 발아방지, 밀의 살충, 생선 및 가금육의 저장기간 연장 등을 위해 사용된다. 그 중에서 가장 빈번히 사용되는 것은 감마선이다.

식품을 살균하는데 충분한 照射線量(5~6 Mrad*-radappertisation)인 경우는 악취를 풍기며 특히 생선과 고기에서 심하다.

그러기 때문에 대개의 경우는 조사선량을 0.2~1.0Mrad로 낮추어 부분 살균(radicidation)을 하며, 때로는 온화한 가열처리를 곁들인다. 이러한 照射線量이면 영양소에 미치는 영향은 다른 처리방법에 의한 영향과 비슷하다.

*Mrad(megarad)는 흡수선량의 실용단위.
1rad=100erg/g, 1Mrad=10^6 rad

(10) 단백질

0.2~1.0 Mrad범위의 조사선량인 경우는 단백질은 거의 영향을 받지 않는다. 밀가루를 0.2 Mrad로 살균했을 경우에 생물가에는 영향이 없었다. 생선을 0.6~1.0 Mrad로 처리했을 때는 시스틴에는 약간의 파괴를 확인할 수 있었지만 생물가는 저하되지 않았다.

몇 개의 보고들은 서로 상반되는 결과를 냈지만, 악취를 약간 많이 내는 조사선량에서도 단백질에는 근소한 영향이 나타날 뿐이다. 1.5 Mrad에서는 몇 종류의 아미노산이 5~10% 파괴된다. 메티오닌과 히스티딘이 가장 감수성이 강하고 리진은 조금만 파괴된다. 즉 50 Mrad에서도 6~8%가 파괴될 뿐이다 異節環狀 아미노산은 3Mrad에서 파괴되었다. 붉은 병아리콩은 1Mrad의 감마선으로 사전처리함으로써 가열시간의 단축이 가능하고 동시에 조직이 개선되며 아미노산의 손실은 없다.

어떤 종류의 식품에서는 효소소화를 당하기 쉬어진다는 것이 보고된 바 있는데, 이것은 아마도 부분적인 단백질 분해나 또는 트립신 저해인자의 파괴로 인한 것일 것이다.

감자의 단백질은 發芽방지용으로 쓰일 정도의 작은 조사선량에도 영향을 받는다——약 8Krad인데 조사 후 60일간 저장으로 생물가가 0.80에서 0.73으로 감소했다. 그러나 205일 후의 조사구와 처리구의 생물가는 동일하여 62였다.

몇 사람의 연구자들은 악취가 날만큼 많은 조사선량이라도 단백질의 파괴는 가열처리 보다 크지 않다고 보고한 바 있다. Johnson과 Metta(1956)는 3Mrad를 照射한 우유에서 생물가는 8% 내려갔는데 이것은 가열처리에서도 마찬가지였다. 쇠고기의 경우는 생물가는 변하지 않았다. Sheffner등(1957)은 칠면조고기를 2Mrad에서 처리한 결과 통조림했을 경우보다 제품이 우수하다는 것, 그리고 같은 조사선량으로 살균한 농축우유는 가열처리한 시료와 마찬가지라는 것을 결론지은 바 있다.

(11) 비타민

티아민은 비타민 B군중 가장 불안정하다. 생선에 0.6Mrad 조사했더니 티아민의 47%가 파괴되었지만 리보플라빈은 6%, 니코틴산은 전혀 파괴되지 않았다. 조사후에 가열하면 리보플라빈과 티아민의 10%가 더 손실되었다.

티아민의 안정도는 식품에 따라 변동하는 것 같

다. 달걀가루 및 옥수수는 0.5Mrad 조사에서는 손실이 없었지만 무화과에 살균목적으로 0.6Mrad 조사했더니 40%가 손실되었다고 한다. 그보다 적은 0.2Mrad를 밀에 조사했더니 티아민, 리보플라빈, 니코틴산이 각각 10%씩 파괴되었고, 또한 1Mrad를 조사했더니 천연 티아민의 10%와 첨가된 티아민의 20%가 파괴되었다.

쌀의 경우 판토텐산과 피리독신은 안정을 유지했지만 생선에서는 피리독신이 손실되기 때문에 조사에 대해 반드시 안전하다고는 말할 수 없다.

비타민C의 안정성에 관한 보고는 모순된 결과를 보여주고 있다. 바나나 및 감자를 발아방지를 위해 8~10krad로 처리한 후 7개월 저장했을 경우는 손실이 없었지만 Gounelle (1970)은 감자와 당근을 그만큼 조사한 후 저장하고 있는 동안에 비타민 C가 손실된다고 보고했다. 또한 Proctor와 Goldblith (1949)는 그보다 일찌기 아스코르빈산은 비타민 중에서 가장 감수성이 예민하다고 보고한 바 있다. 우유에 440krad를 조사했더니 카로티노이드의 40%, 레티놀의 70%, 토코페롤의 60%가 손실되었다. 비타민류는 용액속에서는 통상식품속에서보다 훨씬 불안정하다.

일반적으로 조사가 영양소에 미치는 영향은 열처리의 경우와 마찬가지이다. 손실량은 산소가 없거나 저온일 때 가장 적다. 방사선 조사는 냉동식품에 대해서도 효과적으로 실시할 수 있다는 利點이 있다.

(12) 마이크로파 가열

高에너지의 電磁放射(통상 2,450MHz, 파장 12cm)를 가진 마이크로파가열은 보통 가열법에 비해 사실상 에너지 손실을 수반하지 않는 매우 효과적인 방법이다. 보통 가열법으로는 열은 식품의 표면에 가해지고 내부에 대해 고르지 못한 분포로 傳導되며 영양소에 대해서도 다르게 파괴한다. 마이크로파는 식품전체에 열을 발생시키기 때문에 식품이 均質일 경우에 온도상승도 골고루 될 것이다. 그러나 식품이 균질이 아닌 경우는 온도상승이 고르지 못할 것이다.

이 방법은 매우 신속해서 콘베어시스템에 적합하다. 다량의 식품을 장시간 뜨거운 상태로 보지하면 기호성 및 영양소 함량에 손실이 오지만, 이 방법의 경우 식품을 필요한 만큼씩 신속히 조제하는 것도 가능하다. 포테이토칩의 「마무리건조」에도 쓸 수 있고 또한 닭고기의 가열에 사용하면 신선도와 유연도가 다른 가열방법보다 뛰어나다고 한다.

영양소 손실은 비교적 낮기를 기대할 수 있다. 왜냐하면 표면온도가 낮고 처리시간이 짧아서 통상의 화학결합을 차단하기엔 부적당하게 낮은 에너지이기 때문이다. 그럼에도 불구하고 일반 가열법과 비교한 영양소 손실에 관한 보고들은 일치되어 있지 않다. 예를 들면, 육류에서 비타민 B군의 손실이 적다는 보고와 야채에서 비타민C의 손실이 적다는 보고가 있지만 이에 반해서 다른 보고자들은 아무런 차이도 제시할 수 없었다.

Campbell (1958)는 양배추의 비타민C는 마이크로파를 4분간 가열함으로써 10%밖에 손실되지 않는데 대해 加壓蒸煮를 3분간 하면 50%, 상압증자는 3분간에 75%가 손실됨을 발견했다. 신선한 브로콜리에서는 3분간 마이크로파 가열로 40% 손실이지만 10분간의 통상가열로는 50% 손실되었다. 냉동 브로콜리의 경우는 마이크로파 가열로는 손실이 없는데 대해 통상가열로는 20%가 손실되었다. 이들 실험에서는 그 변화는 식품에 대해 측정한 것일뿐 가열에 쓰인 물속으로 녹아 나간 비타민은 고려되지 않았다.

Gordon과 Noble(1959)은 마이크로파가열은 삶거나 加壓蒸煮보다 뛰어났다는 것을 인정하지만, 한편 Kylen등(1961) 및 다른 많은 연구자들은 차이를 발견치 못하고 있다. 이런 외견상의 모순이 있는 까닭은 Ang와 Livingstone(1974)에 의한 다음과 같은 견해를 보면 납득이 간다. 즉, 비타민류 몇 가지의 마이크로파 가열의 상대적 이점은 실험조건의 상위와는 관계없이 대상이 된 식품의 종류에 따라 다르다는 것이다.

이러한 示唆는 Baldwin등(1976)의 보고에 의해 지지된다. 그들은 몇 종류의 육류를 220V 및 115V 2종류의 2,450MHz 마이크로파 가열, 그리고 163°C의 오븐에서의 가열을 비교했더니 쇠고기, 돼지고기 및 햄의 티아민 손실은 115V의 마이크로파 오븐에서 가열한 경우가 다른 2개 방법보다는 적었다. 육류의 종류가 다르면 차이가 드러나는 경우도 있었다. 즉 115V의 마이크로파 오븐이 우수한 점은 쇠고기에서의 리보플라빈과 니코틴산, 돼지고기에서의 니코틴산에 대해서였다. 돼지고기에서의 티아민 손실량은 다른 연구자가 보고한 것보다도 작었다.

마이크로파 처리에 의한 블랜칭는 효소가 보다 신속히 失活되기 때문에 열탕처리보다 유리하다. 그러나 이 사실은 반드시 영양소 보지량에 대해 평행되는 것은 아니다. Eheart(1967)는 브로콜리를 물로

블랜칭했을 때 비타민 C의 손실은 40%였지만 마이크파로 처리했을 때는 20%로 감소한다는 것을 발견했는데 저장중인 클로로필의 파괴가 컸다는 것이다. 대부분의 경우 색깔 및 맛의 변질은 영양적 이점보다 중요시된다.

결론에 도달하기엔 아직 몇 가지 문제점이 남겨져 있는데 Wing과 Alexander(1972)의 연구보고는 示唆를 준다. 그들은 닭고기를 마이크로파 가열에 의해 내부온도 96°C에서 1.5분간 처리하고, 한편 통상 방법에 의해 내부온도 88°C에서 45분간 로스트해서 서로 비교해 보았다. 그 결과 마이크로파 가열에서는 비타민 B_6의 파괴량이 적었지만 그 차이는 근소했으며, 아마도 이 비타민의 측정오차 범위내에 속할 뿐 아니라 그 손실은 드리핑과정에서 대부분 회수되었다. 마이크로파 가열에서의 B_6의 손실은 고기속에서 7.5%, 떨어져 내린 육즙에서 1.5%, 합계 9%있고, 로스트에서는 고기속에서 11.6%, 떨어져 내린 육즙에서 5.4%, 합계 17%의 손실이었다. Miller등(1973)에 의하면 비타민 B_6의 분석 변동계수는 9%이므로 이들 측정치는 두가지 방법 사이에 정말 차이가 있음을 말해 주는 것은 아니다.

마이크로파 가열은 고기의 지방산에 대해서는 영향이 없다.

(13) 發 酵

극동지역에서는 蒸煮한 大豆 및 곡류와 콩류의 혼합물을 곰팡이 또는 세균의 배양물로 발효시키는 일이 전통적으로 행해지고 있다. Roelofsen과 Talens (1964)는 대두를 검정누룩곰팡이(*Rhizopus oryzae*)로 발효시켜서 그 변화를 살핀 결과, 리보플라빈이 2일 후에 3배로, 3일 후에는 6배로 증가한다는 것을 발견했다. 니코틴산은 2일 후에 4배로 증가했다. 티아민은 이 곰팡이가 티아민 要求性이기 때문에 1/3로 감소되었다. Murata등(1967)은 템페(tempeh, 인도네시아의 청국장 비슷한 식품)에서 동일한 변화를 확인했고, 또한 비타민 B_6 및 판토텐산의 현저한 증가 및 피틴산의 감소를 발견했다.

발효가 단백질의 영양가에 영향을 주는지의 여부는 분명치 않다. 템페, 청국장, 된장, 두부에 관한 일련의 보고에 의하면, 변화가 없음을 보여 주고 있지만, 약간의 불일치가 발견된다. 그 이유의 하나는 제품에 의한 변동이라고 생각된다. 최근의 연구자는 템페의 제조에서 변화를 발견치 못했지만, 한편 또 다른 보고에서는 유효성 리진이 15% 저하하지만 PER에는 영향이 없다고 한다. Rajalakshmi와 Vanaja (1967)는 Idli(쌀과 검정병아리콩)에서 1.3으로부터 1.5로 증가함을 발견했다. 만약에 발효과정이 단순히 보다 맛좋은 제품 제조에 있다면, 식품의 섭취량이 많아지기 때문에 PER이 증가될 것이 예상되며, 따라서 이 PER개선의 보고는 재확인이 요구된다.

옥수수 全粒 또는 외피를 제거한 후 여러 방법으로 발효되고 蒸煮되어서 Kenkey가 만들어지는데, 이것은 아프리카의 여러 지역에서 보통 먹고 있는 식품이다. Ofosu(1971)는 4가지 전통적 방법으로 만든 Kenkey를 조사했다. 이중의 2종(Ga 및 Tante Kenkey)에서는 전립이 사용되었는데, 유효성 리진은 날옥수수(2.1μg/g)에 비해서 손실은 없었지만, 니코틴산은 10%의 손실(26에서 23μg/g으로)이 확인되었다. 외피를 제거한 곡류를 사용하는 방법에서는 리진의 절반이 손실되고 니코틴산의 2/3가 손실되었다.

그밖의 방법

도자기나 타일 위에서 프로판가스를 가열하거나 니크롬선을 가열함으로써 발생되는 적외선에 의한 가열은 매우 신속한 가열방법이다. 200~250°C에서 30~60초란 짧은 가열시간이어서 영양소 파괴가 적을 것으로 예상되어, 수증기 가열 또는 불에 의한 직접 가열을 대신하는 방법으로서 제안되어 왔다. 대두의 생물가는 당초의 0.53에서 0.73으로 증가되고 비타민은 파괴되지 않았다.

사료용 콩류를 적외선으로 처리하면 사료변환효율이 개선되는데, 이것은 일부는 트립신 저해인자의 파괴때문이지만, 일부는 糊化한 전분의 消化性 향상 때문일 것이다. 유효성 탄수화물은 40%에서 50%로 증가했다. 보리·밀·옥수수를 적외선 처리해서 돼지에게 주었을 경우와 그와 비슷하게 개선되었다는 보고가 있었다.

(1) 中間水分食品

15~40%의 수분을 함유한 중간수분식품은 저장중에 메일러드 반응으로 인해 유효성 리진이 손실된다. 가장 신속한 반응은 脂質의 酸化이며, 그 결과 酸敗 냄새가 생겨서 식품의 저장기간을 2~3주일간으로 한정시켜 버린다. 산화를 방지하고 나면 저장기간을 제한시키는 반응은 비효소적 褐變이다. 糖은 가장 효과적인 습도조정제이기 때문에 이 반응

을 방지하기 위해 당을 제거하는 것은 실용적이 못된다. 영양소도 신속히 감소되는데, 특히 비타민C가 심하며, 25°C에서의 半減期는 수분을 더욱 감소시키지 않는 한 겨우 1개월이며, 게다가 수분을 감소시켜도 저장기간은 제한된다. 45°C에서는 비타민C의 반감기는 단 하루이다. 티아민은 그보다 안정되어 있는 편으로 25°C에서의 반감기는 6개월이다.

(2) 야채의 화학적, 기계적 및 손에 의한 剝皮의 비교

여러 가지 야채(당근, 오이, 파슬리, 순무양배추, 감자, 셀러리)의 껍질을 알칼리액이나 기계로 혹은 손으로 벗겨서 조사했던 바 손실된 비타민C와 B_1의 量에는 차이가 없었다. 알칼리액은 당근을 제외하고는 야채 내부에 침투되지 않았다. 그러나 나트륨 함량은 증가되어 있었다.

Zarnegar와 Bender(1971)는 감자껍질을 기계로 벗길 때에 입는 물리적 자극이 비타민C의 손실에 영향을 주는지의 여부를 확인하는 시험을 한 결과, 영향을 주지 않는다는 것과 그리고 기계로 껍질을 벗길 때 입는 커다란 손실은 浸漬時間이 길기 때문인 것으로 결론지었다.

(3) 가스 저장

과일 및 야채의 가스저장은 우선 공기중 탄산가스로 置換함으로써 산소를 失活시키고 이어서 에틸렌옥시드로 치환함으로써 미생물을 죽여 없앤다. Besser와 Kramer(1972)는 에틸렌옥시드가 酸化劑이므로, 이 가스가 비타민C에게 주는 영향을 조사했다. 그 결과 탄산가스로 처리한 후 질소로 치환된 복숭아는 3°C, 7일간에 비타민C의 50%를 손실했지만 21일 후에는 더 이상의 손실은 없었다. 그리고 탄산가스와 에틸렌옥시드로 처리했을 경우는 비타민C의 손실은 더 계속되다가 21일 후에는 정지되었다.

이 보고를 한 저자들은 머시룸과 저린 쇠고기를 넣은 파이를 질소 또는 탄산가스 속에서 저장했을 경우에 티아민이 외견상 증가한다는 것을 보여준 바 있다.

(4) 예비가열한 콩류 및 인스턴트 콩류

마른 콩을 조리하는데 필요한 오랜시간과 많은 연료 소비때문에 콩류의 조리 시간을 단축시키기 위한 가공법이 행해진다. 즉 수증기 또는 열탕속에서 블랜칭하거나 斷續的으로 眞空상태를 만들어서 침투시키는 처리법(Hydrovac process) 또는 여러 가지 鹽類용액 속에 담금으로써 콩의 外皮를 터지기 쉽게하고 마지막으로 6~7% 수분량에까지 건조시킨다.

그렇게 처리된 콩은 10~15분 이내에 조리가 가능하며, 이에 대해 처리가 안된 재료로는 5,6배의 시간을 요한다. 여러 종류의 까치콩, 완두콩, 납작콩에 대해 실험한 결과, 위와 같이 처리된 것은 보통 방법으로 조리된 것과 마찬가지의 단백질 영양가(PER로 측정)을 나타냈다. 처리한 것과 처리하지 않은 것을 더 오래 가열하면 단백질의 영양가가 약간 내려갔다.

Valledevi등 (1972)은 4종류의 병아리콩 (bengal gram, red gram, black gram, green gram)을 가열, 건조시킨 후 다시 끓는 물속에서 불린 다음에 조리했던 바 black gram만이 심한 손실을 입었다. 즉 티아민의 40%가 손실되었으나 다른 종류의 것은 15%의 손실에 그쳤다. 니코틴산과 리보플라빈은 안정되어 있었다.

3개월간 저장으로 black gram은 더 이상의 손실을 입지 않았으나 다른 3품종에서는 티아민이 10~20% 손실되었다. 1년간 저장에서는 그 이상의 손실은 없었다.

표 7.6은 강남콩을 예비가열한 후에 조리한 것, 인스턴트 제품, 통조림 한 것에서의 손실량을 냉동

표 7.6 강남콩의 인스턴트 분말 및 통조림제품에서의 비타민의 손실(%)

〔Miller 등 (1973)〕

영 양 소	처리법			
	A	B	C	D
티아민	20	20	60	70
비타민B_6	20	15	35	35
니코틴산	20	0	40	50
엽산	20	60	40	40
PER	0.92	0.91	1.06	0.84

A : 210°C에 2시간 가열 후 분쇄해서 127°C에서 30초간 롤러 건조한 제품.
B : pH 3.5의 염산으로 처리한 후, 분쇄, 가열, 중화, 건조시켜서 인스턴트 식품으로 만든 제품.
C : 2시간 가열 후 121°C 45분간 처리한 통조림.
D : 2시간 가열 후 121°C 90분간 처리한 통조림.

한 시료(試料)를 대상으로 비교한 것이다. 티아민을 제외하고 주된 손실은 가열수 속으로의 溶出이다. 예비가열한 제품 및 인스턴트 제품에서는 통조림 제품에 비해서 티아민, 비타민B_6, 니코틴산의 손실이 적다. 그러나 葉酸의 손실이 인스턴트 제품에서 많았다.

(5) 膨化處理

이 방법은 처음에는 脫脂大豆를 家禽이나 돼지의 사료로 쓰는 경우에 요구되는 독소의 한정적 熱變性이나 곡류를 糊化시키기 위한 방법으로서 발전된 것이다. 고온, 단시간에 효과적으로 가열되기 때문에 통상 가열법에 비해서 영양소 파괴가 적다. 이 처리법은 강화된 고단백 조제물에 대해 일반적으로 적용된다. 예를 들자면 조직상 식물단백제품이나 영양소 강화를 목적으로 하는 여러가지 콩을 기본으로 한 혼합물에 대해 적용되는데, 이것들은 영양소 보지가 첫째가는 목적이기 때문이다.

식품을 서서히 온도를 올려 가며 가열하고 高壓해서 115~200°C에 달하면 10~90초 동안 보지하고, 끝으로 압력을 급강하시켜서 분출시키면 과열된 물이 증발하고, 재료는 팽창하고, 전분이 존재하면 단백질이 薄片狀으로 再配向을 일으켜서 식품에 대해 촉감을 준다. 이와 같이 영양소를 첨가한 분말상 혼합물을 조직상 제품으로 변환시키는 데 아주 적합한 방법이다.

Mustakas등 (1964)은 영양가에 관한 많은 요인에 대한 영향을 조사했다. NPU는 저온, 중온, 고온의 어느 것에서도 커다란 저하는 없었다. 즉 통상방법으로 가열된 제품에서는 NPU가 0.64인데 대해 0.55~0.64였다. 그러나 유효성 리진은 4.7~5.9% 범위였다. 이것은 어떤 처리단계에서 손실이 있음을 말해 주고 있다.

후에 Mustakas등 (1970)은 영양소의 변화, 맛, 안정성, 처리시간에 관한 '등고선(等高線)'을 제시했다(표 7-7). PER은 트립신 저해인자의 89%가 失活한 단계에까지 증가되어 있어 그들은 다음과 같이 결론지었다. 즉 가장 적합한 과산화물가 및 맛, 우레아제 활성, 영양가등을 충족시키려면 온도는 121~138°C의 범위가 되게 해야 하고 그 때의 수분함량(%)×보지시간(분)은 38~47의 범위가 되게 할 필요가 있다고 한다. 그들은 이 처리는 티아민, 리보플라빈, 나코틴산에는 거의 영향을 미치지 않음을 보여 주었다. 통상의 가열 처리제품의 경우는 날콩에 비해서 티아민의 40%, 니코틴산의 60%를 손실했지만 리보플라빈은 손실이 있었다.

표 7.7. 대두 영양가에 미치는 풍화처리의 영향
〔Mustakas 등 (1970)에서〕

분출구 온도(°C)	135	121	135	135	149
보지시간(분)	1.25	2	1	2	1.25
수분(%)	15	20	50	20	20
PER	1.8	2.0	2.0	2.2	2.0
유효성 리진 (단백속%)	6.1	6.3	6.3	6.3	6.2
티아민(mg/100g)	0.85	0.85	0.75	0.82	0.74

Muelenaere와 Buzzard(1969)는 2종의 蒸煮—풍화처리법(보다 복잡한 Sprout-Waldron 방식과 보다 단순한 Wenger 방식)을 통상의 방법과 비교했다.

이들 처리법에서는 먼저 수증기를 통과시켜서 수분함량 25%로 예비 조정하고 다음에 93°C로 가열하고(어느 정도의 증자가 달성됨), 다시 풍화통 속에서 약 180°C로 2~3초 동안 가열한다. 압력을 제거하면 얼마간의 물이 순간적으로 증발해서 약 18%의 수분을 함유한 팽창된 제품을 형성한다. 그들에 의하면 재료는 이 처리에 의해 사실상 살균되어 있고 트립신 저해인자는 80~90% 파괴되며 콩의 불쾌한 맛은 제거된다고 한다.

옥수수—땅콩—대두의 혼합물에서는 다음과 같은 비타민류의 손실이 생겼다.

풍화처리 : 비타민C 30%, 니코틴산 3%,
비타민A 50%

2분간 끓임 : 비타민C 80%, 니코틴산 6%,
비타민A 25%

단백질에 관해서는 유효성 리진을 측정했던 바, Wenger 방식이 Sprout-Waldron 방식보다 온화하다는 것을 나타냈다. 탈지대두—옥수수—수수의 혼합물에서는 유효성 리진이 Wenger 방식에서는 근소한 손실 밖에 없는데 대해 Sprout-Waldron 방식에서는 13% 손실되고, 롤러건조기를 사용했을 경우는 20%가 손실되었다. 대두—우유—곡류의 조제물에서는 Sprout-Waldron 방식의 경우, 28%의 손실을 보였다. Carnovale등 (1969)은 上質의 밀가루 또는 보통 밀가루와 물을 마카로니류의 제법에 준해서 200°C에서 30분간 가열하고 가압 팽창시키면 리진의 손실은 7%, 스테오닌의 손실도 7%였다고 보고했다. <다음 호에 계속>