

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, 저온 살균, 블렌칭(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

II. 영양소에 미치는 효과

3. 비타민

식품 원료속의 비타민 함량은 작물 중에서는 품종, 천후, 토양, 시비, 성장의 조건, 熟度 등에 의해 크게 달라지며 동물성 식품도 종류, 연령, 영양과 飼養의 조건에 따라 달라진다. 따라서 이용할 수 있는 자료의 메이터가 풍부하더라도 믿을 만한 결론을 끌어내기란 어렵다. 또한 수확 후의 조건이나 식품에 대한 가공법의 적용도, 여러 가지로 다르기 때문에 최종 산물 속의 비타민 함량은 매우 폭넓게 퍼져 있는 것도 사실이다.

가공업자는 특히 비타민 함량에 대해 어떤 요구조

건을 제시하려고 할 경우 가공시의 파괴량과 저장중의 손실률에 관해 알고 싶어한다. 그런 점 때문에 영양소 손실의 동력학적 연구가 시도되고 있다. 이들 메이터는 매우 한정된 것인데 몇 가지 보고에서는 수량적 모델 이를 때면 통조림 식품에서의 티아민과 아스코르빈산의 손실에 관한 계산 도표가 포함되어 있다. 그러나 나중에 서술하겠지만^{556, 735} 이것들은 반드시 실용적인 것은 아니다. 여러 가지 조건하에서의 서로 다른 식품속에 있는 개개의 비타민의 성질을 고찰해 보는 것도 유익하다(그림 3.1).

(1) 비타민 A

비타민 A는 동물성식품 속에서는 레티놀(retinol)로서 그리고 식물성식품에는 여러 가지 카로티노이드 색소 주로 β -카로틴으로서 존재한다. 비타민 A는 마가린, 단백질 함량이 많은 베이비푸드, 베이킹믹스(baking mix) 그리고 특수한 예로서 홍차나 설탕에도 첨가된다.

카로티노이드 색소나 레티놀(retinol)은 연속된 共役 이중결합을 구조속에 함유하기 때문에 酸化에 대해 매우 감수성이 높다.

精製品이나 합성품은 몹시 불안정하지만 식품속에서는 천연의 抗酸化劑와 함께 脂肪中溶液으로서 존재하고 있기 때문에 보다 더 안정되어 있다. 비타민 A의 산화는 지방 자체의 산화 속도에 의존하고 있다. 이것은 지방에 유래하는 과산화물이나 free radical의 공격을 받기 때문이다.

따라서 비타민 A의 파괴는 온도나 공기의 접근에 의존하며 빛, 미량의 철 그리고 특히 미량의 구리에 의해 분해가 촉진된다. 반대로 지방을 보호하는 항산화제도 레티놀이 나 카로틴을 보호한다.

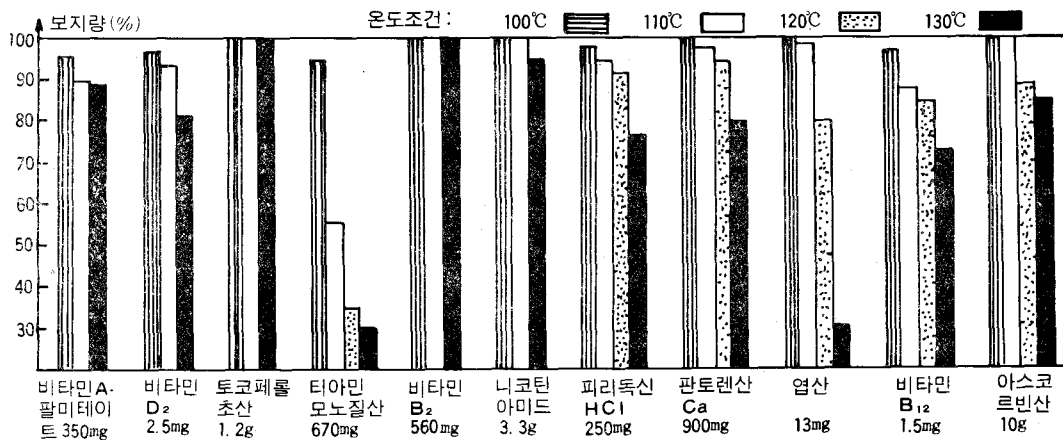


그림 3-1 용해된 설탕 속에 15분간 방치한 합성비타민류의 온도로 인한 파괴도

표 3-1 레티놀의 손실

종 류	보존기간	저장온도 (°C)	손실 (%)
버터	1년	5	0~30
	5개월	28	35
마가린	6"	5	0~10
	6"	23	0~20
탈지분유	3"	37	0~5
	12"	23	10~30
강화곡류	6"	23	20
강화포테이토칩스 (그리스프)*	2"	23	0

* 바삭바삭한 상태

표 3-2 카로틴의 손실

종 류	보존기간	저장온도 (°C)	손실 (%)
마가린	6개월	5	0
	6"	23	10
강화라드	6"	5	0
	6"	23	0
전조달걀노른자	3"	37	5
	12"	23	20
탄산음료	2"	30	5
강통쥬스	12"	23	0~15

비타민 A는 수용성이 아니기 때문에 높은 水分의 처리법으로는 어떤 쥬스라도 추출이 안된다. pH의 변화에는 안정되어 있지만 pH4.5 이하에서는 쏘트렌스쥬스로부터 약간 활성이 낮은 시스템으로 異性화하는 경향이 있다.

서유럽적인 식사에서는 비타민 A의 1/3은 레티놀로서 존재하고 2/3는 카로틴이지만 발전도상국에서는 대부분 또는 전부가 식물성 식품에 유래한다. 서유럽 제국의 예로서 영국에서는 평균섭취량의 25%는 우유에 유래한다.

비타민 A의 안정성은 식품에 따라서 다르며(표 3-1, 3-2) 간장에서는 매우 안정되어 있어서 야채를 삶은 경우 간장 내부의 온도가 76°C라도 손실은 0~10%에 불과하다. 마가린에 500ppm 첨가한 β-카로틴은 가공시 40%를 잃고 6개월 저장으로 다시 20%가 손실된다.

이 손실은 개봉한 경우나 진공포장의 경우나 다 마찬가지다. 비타민 A는 버터 속에서는 매우 안정되어 있어서 -18°C로 9개월 보존 후에도 5%밖에 손실되지 않는다.

마가린을 물에 끓이면 비타민 A는 30분에 16%, 1시간에 40%, 2시간이면 70%가 파괴된다. 또한 비타민 A를 강화한 버터油에 200°C로 튀기면 5분에 40%, 10분에 60%, 15분에 70%가 파괴된다.

Bector와 Naranyanan(1975)은 우유에서 조제한 버터유 속의 카로틴, 레티놀 및 비타민 E의 손실을 검토한 결과 150°C 15분 가열만으로도 파괴가 심해서 카로틴 40%, 레티놀 30%, 비타민 E 15%가 손실된다고 보고한 바 있다.

카로틴과 레티놀은 200°C, 15분 내지 150°C, 60분으로 완전 파괴되고 비타민 E는 60%가 파괴된다. 우유속의 비타민 A는 햇빛 아래에 6시간 방치해 두면 10%를 손실한다. 분말성 식품에 첨가한 비타민 A는 건조상태에서는 37°C, 9개월에 불과 25%

의 손실밖에 없고 티아민 15%, 비타민 C 30%이지만 나중에 서술하듯이 안정형 A가 쓰이고 있다.

비타민 A에 영향을 미치는 유일한 처리법은 과일과 야채의 건조와 통조림 공정이다. 과거의 카로티노이드 색소에 손실에 관한 발표는 다음의 2가지 이유에서 정확한 것은 아니었다.

즉, 첫째로 과거의 방법에서는 블렌칭(blanching)을 하지 않았기 때문에 효소분해로 인해서 손실을 가져왔었다. 둘째로 각종의 카로티노이드 색소는 비타민 A의 생물적 力價가 다른데도, 과거에는 전체 카로티노이드 색소량을 측정하곤 했었다. 그러나 量은 변하지 않는 경우가 많기 때문에 카로티노이드 색소의 손실은 없지만 비타민의 역가가 보다 더 낮은 형태로 異性化한다는 데 생각이 미치고 있다. 이런 생각은 과거에는 미처 몰랐던 일이다. 카로티노이드 색소의 상대적 역가는 다음과 같다.

전체-트랜스-β-카로틴	100
네오-β-카로틴-B	53
전체-트랜스-α-카로틴	53
네오-β-카로틴-U	38
네오-α-카로틴-B	16
네오-α-카로틴-U	13

신선한 야채속에서는 대부분의 카로티노이드 색소는 전 트랜스 이성체이지만 통조림 가공시와 같은 加熱로 인해 일부는 네오형 이성체가 되어 역가가 낮아진다(이를테면 전체-트랜스-β-카로틴은 네오-β-카로틴-U가 되어 활성은 28% 밖에 안된다). 그러나 전체 카로틴 함량은 변하지 않는다.

Sweeney와 Marsh(1971)는 가공시의 비타민 A의 이성화에 수반하는 역가의 저하는 녹색야채(주로 β-카로틴 함유)에서 15~20%, 황색야채(주로 α-카로틴)에서 30~35%이다. 가열시간이 길면 손실량도 증가한다. 가공시에 主成되는 주요한 입체 이성체는 녹색야채에서는 네오-β-카로틴-U, 황색야채 및 적색야채에서는 네오-α-카로틴-B 또는 네오-β-카로틴-B이다.

이 연구에서는 싹양배추, 시금치, 케일, 상치, 당근, 호박, 고추, 시양호박 등 야채류의 냉동, 통조림 및 조리시에 관해 널리 검토하고 있다. 또한 그들은 당근이나 녹색야채는 블렌칭 또는 냉동시에 역가가 저하되는 일은 없다고 말하고 있다.

카로틴의 손실은 高溫 장시간의 조리로 증가하지만 통조림 상품, 加壓調理 및 통상의 조리 사이에

實用上的 차이는 거의 찾아 낼 수 없다.

가공 야채류는 이미 조리가 되어 있어서 손실량이 있더라도 그것은 가정에서 조리시의 손실에 대체되는 것이기 때문에 부가적인 손실로 보지 않는다(단 가정에서 식품이 어느 정도 가열되느냐에 달려 있다). 야채나 과일을 공기중에서 건조시킨 경우 크게 손실을 당하며 구형의 개방공기 건조기에서는 거의 완전히 그리고 조절된 진공 건조에서도 10~20%는 손실된다.

Pazarincevic-Trajkovic와 Baras(1971)는 공기중의 건조에서 당근속의 전체-트랜스-β-카로틴이 완전히 상실되고 진공 건조에서는 20%, 그리고 질소기류하 진공 건조에서도 7%가 손실된다는 것을 발견한 바 있다. 비타민 A의 酸化는 열과 빛으로 인해 촉진된다.

탈수된 당근을 저장할 경우 카로틴의 파괴로 인해 악취가 발생한다. 분말 탈수 당근의 경우는 수일 후에 강한 제비꽃 비슷한 냄새가 생기는데 이것은 β-이 오논으로 인한 것이라 생각할 수 있다(Bender 미발표). 그러나 일반적으로는 비타민 A는 대부분의 경우 비교적 안정되어 있다고 할 수 있다.

(2) 안정화한 수중분산형

레티놀과 카로틴은 모두 장기간 저장에 안정되고 물속에 분산시킬 수 있는 자유분말이 제조되어 있기 때문에 수용액 식품에도 첨가할 수 있다. 레티놀은 초산형으로서 그리고 많은 카로티노이드 색소류는 젤라틴과 설탕 및 항산화제의 녹말 피복 소지로서 제작되고 있다. 레티놀은 유아식품이나 그와 비슷한 혼합식의 강화에 쓰이는데 室温에서 1년 이상 거의 완벽하게 안정되어 있다. 베이킹파우더 속에도 첨가되는데 제빵시에 5~25%의 손실이 생긴다.

카로틴은 비타민이라기 보다 거의 모두 착색료로 사용되고 있는데 특히 과즙의 색깔이 계절이나 공급원에 따라 달라지기 때문에 착색 표준화용으로 쓰이고 있다. 이렇게 과즙이나 농축 주스속에 강화했을 경우 카로틴은 매우 안정되어 24°C에서 1년간 저장해도 0~10%의 손실밖에 없었다.

(3) 티아민(비타민 B₁)

티아민은 비타민 C 다음으로 가장 불안정한 비타민으로 中性 및 알칼리 영역의 pH에서 불안정하며 구리 같은 금속 이온으로 촉매된다. 티아민은 水溶性이므로 식품 속에서 녹아 없어지는 것이 가공중에

손실되는 커다란 원인이다, 한편 빛이나 酸에서는 안전해서 120°C에서도 파괴되지 않는다.

Dwivedi와 Arnold(1973)는 티아민 파괴의 화학성에 대해 그리고 Mulley 등(1975)은 반응의 동력학에 대해 각각 總說을 발표한 바 있다. 식품중에서는 유리 티아민으로서의, 그리고 코카복실라제(coccarboxylase)로서 필로린酸과 결합하는 또한 단백질과 결합하는 3개형으로 되어 있으며 안정성은 각각 다르다. Mully 등(1975)은 티아민을 모델로 삼은 완충용액 속에서 보다 식품속에서 더 안정되어 있는데 이것은 아미노산이나 단백질에 의한 보호작용이라든가, 녹말속으로의 흡수에 의한 것이라고 생각했다. 단백질, 고무류, 텍사트레인 등의 첨가는 어느 정도의 보호효과가 있고 폐지고기에 대한 곡류의 첨가는 안정화 효과가 있음을 보여 준다.

이산화황은 종종 식품저장에 이용되고 있기 때문에 티아민이 이 물질에 의해 파괴된다는 것은 매우 중요한 사실이다. 마찬가지로 빵의 개량제로 쓰이는 過臭素酸칼륨의 산화작용으로 티아민은 신속히 파괴되지만 공기 그 자체는 탈수식품을 제외하고는 중요한 효과는 갖고 있지 않다.

어떤 종류의 식물성식품은 티아민을 파괴하는 효소티아미나제나 폴리페놀옥시다제를 함유한다. 예를 들어서 당근속의 티아민은 90일간의 냉장에서 50%를 손실하고 시금치는 37시간 그늘에 두는 것만으로 거의 다 손실한다.

효소적 분해는 가열처리에 의해 저지할 수 있다.

1) 溶解度: 티아민은 처리나 조리에서 쓰이는 물속으로 용해되어 나가는 것이 가장 주요한 손실인데 그 정도는 확실히 表面積에 따라서 다르다. 재단이나 칼질로 인해서 식품속의 티아민은 20~70% 손실되지만 추출한 즙액을 사용함으로써 그것을 회수할 수가 있다.

실제로 티아민의 주요 자원인 곡류는 물 처리를 하지 않는다. 다른 식품 이블데면 콩류는 표면적도 작기 때문에 거의 추출되지 않는다.

티아민 자원이 풍부한 식품의 하나로 옥류가 있지만 일부는 가열로 인해 손실된다. 그러나 대부분의 손실은 浸出된 즙액에 대한 수용성 추출로 인한 것이다. 극단적인 예는 옥류가공업에서의 추출액의 生成이며 고기를 0.5~1cm 각으로 저며서 15분간 끓이는 공정에서 수용성 비타민의 80%와 근육의 추출액이 제거된다. 조리중의 옥즙의 침출에 대해서는 수많은 연구가 있다. 이 침출량은 105°C 보다도 200

°C의 경우에 더 많다. 즉 단순히 온도보다도 주요 인자는 試料의 크기에 의존하는 내부온도이다.

보통 옥즙은 버리지 않고 사용되기 때문에 그 속의 비타민은 손실되지 않지만 티아민의 20%는 200°C에서 산화된다.

감자를 제외한 야채류는 티아민의 주요자원은 아니지만 건조나 동결에 앞서 블렌칭(blanching)하기 때문에 다량의 수용성 영양소가 손실된다. 분명히 식품을 저미거나 잘게 토막을 낸으로써 손실이 증가되지만 표면적:容積比가 작은 식품이라도 상당한 손실이 있다. 예를 들면 감자나 당근의 경우 20~30%가 손실된다. 얇게 썬 햄은 비교적 표면적이 커서 물을 1시간 마다 갈아 주면서 4시간 담그면 그 손실은 50%에까지 이른다.

2) pH: 알칼리성의 효과에 관해서는 쌀 조리시의 티아민 파괴의 예에서 검토되고 있다. Roy와 Rao(1963)는 쌀을 증류수 속에서 조리하면 전혀 손실이 없지만 수도물에서는 8~10%, 우물물에서는 30%의 손실이 있다고 보고하고 있다. 따라서 손실은 溶出로 인한 것은 아니라는 것이다. 쌀죽을 만드는데 다량의 물을 사용하는 것이 인도에서의 일상습관인데, 증류수에서는 5%, 우물물에서는 80%나 손실된다.

밀가루 제품의 제빵시의 티아민 파괴에 관해서는 알칼리성의 베이킹파우더를 사용하는 경우에 중대하다. 즉, 보통 제빵시 15~20%가 파괴되며 주로 外皮 속의 손실이 많은데 알칼리성에서는 50%에까지 이른다.

3) 二酸化硫黃: 아황산은 肉粉이나 가공 청과물의 저장에 널리 쓰이고 있다. 이산화황은 pH3에서는 서서히 티아민을 파괴하지만 pH5에서는 신속히 그리고 pH6에서는 순간적으로 분해한다. Hormus(1970)는 0.1% SO₂로 저민고기를 처리할 때 4°C라도 48시간에 90%가 파괴되며 그 손실의 대부분은 최초의 1시간내에 일어난다는 것을 발견했다. SO₂가 0.04%라는 낮은 농도에서도 티아민의 55%는 파괴되며 그 다음에 기름에 튀기면 90%가 파괴된다.

양배추는 블렌칭과 탈수처리로 티아민의 25%를 잃지만 블렌칭수 속에 아황산염을 첨가하면 85%가 손실된다(감자에 관해서는 제 8장 참조).

식품성분표 중의 티아민의 數値에 있어서는 식품 원료의 것에서 인용한 가공품중의 그것은 그릇된 결론에 도달할 우려가 많다. 이를 보면 영국에서는 옥류분말제품은 흔히 아황산염으로 저장하지만 다른 나라에서는 반드시 이렇게 처리하고 있지는 않기에 때

문에 티아민 함량을 육류중 함량에서 계산할 수도 없고 또한 미처리 원료의 분석치를 편집한 표에서 산출하는 것도 불가능하다.

4) 가열 및 산소: 제빵시의 티아민 손실은 15~30%이지만 대부분은 외피중의 것이어서 이후는 안정되어 있다. 토스트할 때의 손실에 관해서는 어떤 실험에 의하면 30~70초간에 10~30% 이상 파괴되었다. 이 경우에 파괴의 정도는 확실히 빵의 두께, 시간, 온도, 수분함량에 따라서 다르다.

全粒으로서 저장되고 있는 곡물 속의 티아민의 파괴도는 수분량에 의존한다. 17% 수분(높은 수준)의 조건에서의 일련의 실험결과로는 밀은 5개월간에 30%의 티아민을 잃었지만 보통의 수분(12%)의 경우는 12%를 손실하고 6% 수분에서는 손실은 확인할 수 없었다. 쌀의 경우는 더욱 안정되어 있어서 2년간 전혀 손실이 없었다. 티아민을 강화한 밀가루의 경우는 실온에서 6개월 이상이나 안전하다.

강화는 보통 염산염 형태로 행해지고 있는데 티아민—硝酸鹽의 안정성에 관한 보고들은 일치하지 않으며 염산염이 보다 더 안정되어 있는 것은 어느 특정조건하(이들때면 약품이나 닭 사료로 사용되는 경우 등)에서 뿐이다. 다른 조건(완충액, 효모 추출액, 가공치즈 등)에서는 이들 2종류의鹽 사이에 차이가 발견되지 않고 있다. 강화식품의 경우는 일초산염의 손실은 염산염의 손실의 절반이라는 보고도 있다.

(4) 안정화된 영양소

티아민은 안정형의 것이 이용된다. 예를 들면 디세틸 황산염은 냉수에 녹지 않는다. 穀粒과 같은 식품을 이런 티아민 용액속에 담가서 강화하면 그 후 세정처리를 해도 보지된다. 마찬가지로 벤조일티아민이나 나프탈렌-2, 디수르폰산 유도체가 실용화되고 있다(미국 특허 3 623 886, 1971). 같은 특허내용으로 밥을 지어도 첨가된 티아민이나 리진은 젤라틴의 코팅을 함으로써 溶出로부터 보호되는 방안을 제출하고 있다.

아황산염은 저장에 사용되는데, 티아민을 파괴한다. 건조 감자의 경우는 이런 결결을 아황산 첨가 후 티아민을 첨가함으로써 극복하고 있는데 티아민의 손실은 8% 밖에 안된다(미국 특허 3 343 970).

또한 캡슐에 넣은 비타민에 의한 강화도(미국 특허 3 833 739, 1974) 실시되고 있는데 실온에서 30주 후에도 티아민, 리보플라빈, 나이아신은 매우 안정

되어 있다. 한편 아스코르빈산의 손실은 25%이다.

(5) 가공의 유용효과

티아민 파괴인자가 식물속에 천연으로 존재한다. 이를테면 양치류 속에서 3,4-디하이드록시 桂皮酸이 검출되고 또한 커피속의 클로로젠산, 피로가테킨류 및 디하이드록시 제피산은 抗 티아민 작용을 보인다.

o-位 하이드록시화한 페놀 유도체는 두드러지게 항 티아민 작용을 보이지만 m-위에서는 중정도 그리고 p-위에서는 전혀 작용이 없다. 여러 가지 식물성 페놀에 의한 티아민 파괴는 폴리페놀 옥시다제에 의해 촉매되고 있다. Chan과 Hilker(1976)는 활성을 잃은 티아민량을 형광법으로 측정하는 것을 가능케 했다. 카테콜의 분해는 pH가 7에서 7.5로 증가하는 데 직선적으로 비례하며 불활성화는 폴리 페놀옥시다제의 농도와는 무관계함이 제시되었다.

티아민의 메틸렌橋 부분에서 분해되는 호소티아민 나제는 여러 가지 어류나 甲殼類 속에서 발견된다. 이 분해반응은 생물적으로 불활성인 피리미딘과 치아졸을 생성한다. 그러나 후자는 그 식품속의 순도에 따라 좌우되는 타일의 풍미를 단맛, 고기 모양, 매운 맛 등의 형태로 부여한다. 가열로 인한 티아민 나제, 폴리페놀옥시다제의 파괴는 분명히 가공에 의한 이점의 하나이다.

쇠고기, 돼지고기, 참치고기에 함유되는 헴단백질은 티아민의 형태로 바꾸거나 파괴한다(Porzio 등 1973). 그들은 식품중의 티아민 함량(또는 생물적 유효성)을 분석할 경우의 문제점을 서술하고 있다. 즉, 대부분이 피로린산염이거나 단백질결합형이며 이들 형에서는 헴(haem)과 결합하기 어렵지만 분석할 때 티아민이 遊離하면 헴과 결합함으로써 분석오차가 생긴다.

(6) 파괴의 동력학

티아민이나 아스코르빈산을 일정 실온하에서 저장할 때의 손실은 일차반응 형태로 표시된다(단, 모든 조건에 해당되지는 않는다). Freed 등은 식품을 21, 32 및 38°C에서 저장했을 때 이들 2종류의 비타민의 손실에 관해 계산도표를 보고한 바 있다(1949)

Farrer(1950)는 가공치즈 속의 티아민 손실에 관한 실험에서 얻어진 係數를 쓰고 또한 통조림이나 탈수돼지고기에 대한 문헌치를 계산의 기초로 써서 손실량을 예상할 수 있다고 했으며 연구소들 사이의

수치의 차이를 비교하는 것을 가능케 했다.

그러나 Mulley 등(1975)은 확실히 완중액 속에서의 티아민의 파괴는 일차반응적이지만 식품들 중에는 많은 치우침이 있다고 결론지었다. 또한 파괴는 온도에만 의존하는 것인지 산화요인도 포함되는 것인지 아직도 모순성이 있다고 주장하고 있다.

(7) 리보플라빈(비타민 B₂)

대부분은 플라빈모노클레오치드의 인산염으로서 존재하고 있는데 우유속에서는 그 遊離型이 있다. 서유럽적인 식사에서는 평균적으로 추정섭취량보다 현저히 많지는 않으며 발전도상국에서는 리보플라빈 결핍은 흔히 볼 수 있는 것의 하나이다. 따라서 어떠한 加工上의 손실에 대해서도 관심이 두어진다.

리보플라빈은 수용성이기 때문에 처리수중에서 溶出된다는 것은 제 7장 블렌칭 항에서 서술하는 바와 같다. 한편 산소 또는 산 속에서는 안정된다.

가열 자체는 130°C라도 無害하지만 알칼리성에서는 파괴당한다. 티아민과는 대조적으로 아황산염은 효과가 없다.

리보플라빈은 빛에 민감하다는 특이성이 있으며 특히 영향을 받기 쉬운 식품은 우유이다(제 8장 우유 항 참조). 산성이나 중성에서는 빛은 리보플라빈을 루미크롬으로 또한 알칼리성에서는 루비플라빈으로 변하게 한다. 이 반응은 不可逆的이고 온도의 존성이며 일차반응에 따르고 있는 것으로 생각할 수 있다. 루비플라빈은 순차로 우유속의 비타민 C를 파괴하는데 소량의 리보플라빈의 손실(약 5%)이라도 50%의 비타민 C를 손실케 한다.

빛은 또한 소형 물빵 속의 리보플라빈에도 영향을 끼치며 8시간씩의 照光 실험에서 리보플라빈의 17%가 파괴되지만 호박색의 착색 필름으로 싸면 13%로, 그리고 오렌지색 필름으로 포장함으로써 2%로 저하시킬 수 있다.

(8) 나이아신(niacin)

식품속의 나이아신은 니코틴산 및 그 아미드의 2종의 형식이 있으며 생물적 활성은 같다. 니코틴 아미드는 보통 補酵素 니코틴아미드아데닌디뉴클레오치드(NAD) 및 그 인산염(NADP)의 형태로 존재한다. 그러나 육류 속에서는 유리형이 발견된다. 이것은 가축의 도살 후 뉴클레오치드가 분해하기 때문이다.

대부분의 곡물 속에서는 다당류나 펩티드(pepti-

des)로 결합되어 있기 때문에 생물적으로 유효하지 못한 형태로 되어 있다. 이들 형태는 당초에 나이아시틴(niacytin)이라 불리었다. 다당류는 셀룰로오스 또는 헤미셀룰로오스 형태이기 때문에 소화에 의해서도 加水 分解되지 않는다. 그러나 산 및 알칼리에서는 水解되며 Clegg(1963)는 시판 밀가루 속의 나이아신의 77%는 유효성은 아니지만 알칼리성 베이킹파우더를 사용한 제빵 과정에서 유리하는데 그 量은 시간에 의존하고 pH9.6에서는 완전히 유리한다고 보고한 바 있다. 식사 속의 나이아신 함량을 계산할 경우 보통은 곡물속의 것에 대해서는 무시하고 있다.

왜냐 하면 가공 후라도 어느 정도 유효성인지 추정이 불가능하기 때문이다. 유리 나이아신으로 강화하는 경우는 당연히 완전한 유효성을 보인다.

아미노산의 트립토판(tryptophan)은 체내에서 60mg으로부터 1mg의 비율로 나이아신으로 전환한다. 따라서 비타민 함량으로는 나이아신 當量으로 표시하고 유리 나이아신과 트립토판량의 1/60의 합계로 한다.

옥수수는 유리 나이아신이나 트립토판이 모두 부족하기 때문에 옥수수를 주식으로 하는 지역에서는 펠라그라(영양부족으로 인한 피부형의 한 가지)가 빈번히 발생한다. 멕시코에서는 토티야(tortillas, 옥수수 겹병의 일종)를 만들 때 옥수수를 하루 밤 석회수에 담금으로써 나이아신을 유리시키고 있는 것은 식품가공 유효화의 좋은 예이다(제 2장 나이아신 항 참조).

각종 식품의 가열로 인한 遊離化는 가지각색이어서 옥수수에서는 30배, 쌀장공에서는 1/3, 그리고 쌀에서는 겨우 1/10 밖에 증가하지 않는다.

결론으로서 곡물식품은 精白과정에서 기울이나 胚를 버리기 때문에 다량의 나이아신을 잃지만 가열이나 알칼리 처리에 의해서 결합형에서 유리되기 때문에 비타민으로서는 증가되는 셈이다.

육류에 관해서는 육즙속으로 다른 비타민 B군과 함께 나이아신이 유실되지만 그 육즙을 고기와 함께 사용하는 한 회수되게 된다(제 8장 육류 및 육류가공품 항 참조).

나이아신은 매우 안정된 편이어서 통상적 처리에 의한 유일한 손실은 물속으로 溶出되는 경우이다. 가열, 공기, 빛 또는 전체 pH영역에서 안정되며 亞黃酸鹽에도 영향을 받지 않는다. 블렌칭으로 인한 손실은 리보플라빈과 마찬가지로 당근, 양파, 감자

등에서는 10% 손실되지만 고구마에서는 손실되지 않는다. 이췌든 야채류 속의 나이아신은 아주 적으며 곡물류 특히 기울과 胚芽 및 육류가 가장 중요한 공급원이다.

(9) 엽산(葉酸)

엽산은 식품 속에 여러 가지 형태로 존재하며 생물적 力價나 안정성도 서로 다르다. 이 사실이 이 비타민이 역사상 다양한 이름이 붙여져 있다는 것으로도 알 수 있으며(비타민 Bc, M인자, Wills인자, *Lactobacillus casei*(인자등), 현재까지도 국제영양과학 연합(IUNS)과 국제순정응용화학연합(IUPAC) 사이에서 推獎名이 일치되어 있지 않다.

	IUNS	IUPAC
일반명명	Folacin	Folic acid
특정화합물	Folic acid	Pteroylglutamic acid
	Folic acid(2)	Pteroyldiglutamic acid
	Folic acid(3)	Pteroyltriglutamic acid
	Tetrahydrofolic acid	Tetrahydropteroyl glutamic acid

여러 가지 형태의 엽산은 프테로일글루타민산 當量으로 표현한다. 식품 속의 엽산(folate)은 글루타민산 殘基의 수가 다른뿐 아니라 호르밀, 메틸 및 그밖의 유도체가 있는데 양배추 속의 엽산의 90%는 글루타민산 5개 이상을 함유하고 콩 속의 것의 50%는 모노 글루타민산 형태로 또한 우유속의 것은 mono에서 헵타글루타민산(7개)의 복합형으로서 존재하고 있다.

과연 이들 복합형의 것이 인체에 유효한지 또는 遊離 글루타민산형만이 유효한지는 분명치 않다. FAO/WHO 보고(1970)에서는 여러 가지 형에 대한 지식이 더 많이 축적될 때까지는 유리형만을 고려하도록 제안하고 있으며, 프테로일글루타민산 3개 이상의 것은 무시하는 것으로 되어 있다. 인간의 腸液 속에는 복합체의 일부를 유리시키는 산소 콘쥬가제가 함유되어 있는데, 야채 속에도 콘쥬가제가 있어 물에서 軟化될 때 유리형 비타민이 생성되지만, 그 정도 여하는 분명치 않다.

엽산에 있어서는 1일 필요량에 관한 명확한 증거가 없다는 점이 문제를 복잡하게 하고 있다. 1972년의 WHO보고에서는 1970년의 數値의 2배가 되어 있

지만, 어떤 劑의 비타민이 인체에 유효한가라는 문제와는 관계없이 서술되어 있다.

엽산의 定量은 오랫동안 부정확한 것으로서 알려져 있어서 일반적으로 1970년 이전의 데이터는 그 분석조건이 특수해서 신뢰하기 어렵다. 예를들면 우유에 있어서는 어느 정도까지 젖소 사료의 영향이 있긴 하지만, 1950년의 보고에서는 1~2 μ g/l로 되어 있었으나 1960년대 후반의 것에서는 그보다 100배나 많다.

같은 연구실내에서 측정된 식품 함량과 같이 일견 단순해 보이는 비교에서도 식품 처리 전후의 수치에 차이가 보인다. 이것은 서로 다른 생물적 역가를 가진 몇 종류의 복합체가 여러 가지 分解性을 나타내기 때문이다.

엽산은 미생물법으로 定量하는데, 여러 가지 미생물들이 각각 다른 형의 비타민에 대해 감수성을 나타내는 데에 문제가 있다. 예를 들면 *Streptococcus faecalis*는 메틸호레이트에 대해서는 감수성이 없지만, 이 형의 것은 인체에 유효하다.

한편 이 균은 인체에 유효하지 않은 프테로일산에도 감응한다. *Lactobacillus casei*의 경우에는 인간의 이용도에 가까운 결과를 준다.

엽산의 문제는 식품의 가공에 있어 매우 중요하다. 즉, 가공시에 엽산이 많이 손실된다고 믿어지고 있다.

또 동시에 적어도 妊婦, 미숙아, 그리고 고령자의 경우 엽산의 결핍 직전의 상태를 널리 생각해볼 수 있다. 엽산의 결핍으로 인해서 大血球性 빈혈이나 불임증이 생긴다. 新生兒의 경우는 지능발달이 늦어진다. 엽산이 풍부한 식품은 간장, 腎臟이며, 다음으로 암록색 葉菜에도 많다. 육류, 생선, 곡류 및 과일에는 적다.

(10) 엽산의 손실

엽산은 微酸性의 pH에서는 비교적 안정되어 있으나, pH5 이하에서는 불안정해진다. 그러나 복합체는 여러 가지로 안정성을 나타내며, 모노글루타민산형에서는 안정되어 있지만 트리-글루타민산형 및 헵타-글루타민산형은 산성이어서 가열하면 불안정해진다. 그러나 만약 조리중에 重合體로부터 유효한 비타민이 유리된다면 力價도 증가되리란 것도 생각할 수 있다.

엽산은 酸化로 인해 파괴되기 쉬운데, 이를 떠낸 UHT우유 속의 엽산은 가공시와 그 후 저장기간 중

에 손실되며, 산소의 존재량에 따라 20%에서 100%까지 손실량이 달라진다.

분석시에 培地에 첨가함으로써 알 수 있듯이 아스코르빈산에는 보호작용이 있다. 이와 비슷한 효과를 볼 수 있는 예로서 우유를 한 번만 가열해서 농축 또는 건조시킬 때 엽산의 손실이 없는 것은 한 번의 가열로 아스코르빈산이 손실되기 때문이다. 그러나 두번째로 가열할(예를 들면 유아용의 조절우유) 경우는 비타민 C가 적기 때문에 파괴가 현저히 증대한다.

엽산은 또한 특히 리보플라빈과 공존시에 일광으로 인해 파괴된다. 투명유리병 속에 1년간 보존한 토마토쥬스의 경우는 30% 손실되었지만, 暗色병 속의 것은 7%에 불과하다는 보고도 있다.

Hurdle 등(1968)은 닭고기나 소간을 끓이거나 튀길 경우 엽산은 전혀 손실되지 않지만, 감자를 끓이거나 튀기면 90%, 양배추를 끓이면 100%, 달걀 노른자를 끓이면 70%, 튀김은 30% 손실된다고 보고한 바 있다. Lin 등(1975)은 가공시의 손실이 누적되는 예를 들고 있다. 이를 예로 Garbanzo 콩(*Cicer arietinum*)을 12시간 물에 담그면 5%가 유출되고, 물속 100°C에서 블랜칭하면 5분간에 20%가 상실된다. 그리고 10분간에는 25%, 20분간에는 45% 손실된다. 통조림을 118°C에서 30분간 멸균하면 다시 10% 파괴된다. 엽산은 통조림 속같은 微酸性 pH의 상태에서는 비교적 안정되어 있으므로 장시간의 멸균조건에서는 그 이상 손실되지 않는다.

Keagy 등(1973)은 밀가루 속의 엽산은 29°C에서 12개월 저장 후에도 불과 15%밖에 손실되지 않았다고 보고 했다. 49°C의 고온에서는 1개월에 40%를 잃는다. 제빵시에는 본래 있었던 엽산의 1/3가 파괴되지만, 첨가를 한 것은 10%만 손실된다. 즉 强化 처리를 한 것은 50°C에서도 12개월간 안전하며, 보통 빵 개량제로 쓰이는 過臭素酸칼륨, 아조디카르본 아마이드, 과산화 벤조일 등에도 영향받지 않는다.

여러 가지 야채, 과일, 유제품 같은 식품에서의 엽산의 손실은 가공 전반 또는 조리단계에서, 유리형은 70%, 전체 엽산은 45%로 되어 있다. Malin(1975)은 불안정한 것은 유리형 엽산뿐이고, 결합형은 안정성이 있다고 설명하고 있다. 증기에 의한 블랜칭에서는 0~10% 손실되지만, 가압조리에서는 20%, 끓이면 25~50%를 잃는다. 이들 손실량은 끓이는 시간과는 관계가 없다. 냉동시 및 그 후의 조리에서는 손실되지 않지만, Hoppner 등(1973)은 30

중의 배합식품을 재가열하면 유리엽산의 22%가 손실된다고 보고한 바 있다.

(11) 비타민 B₆

비타민 B₆는 피리독신(pyridoxin), 피리독사르, 피리독사민의 3가지 형태로 존재하고 있다. 앞의 둘은 식물성식품의 주요한 형태로 그리고 뒤의 둘은 동물성 식품속에 많으며, 약 2/3는 양자의 혼합이지만, 우유에서는 유달리 90%는 유리형으로서 존재하고 있다.

분석은 미생물법에 의하지만, 사용하는 미생물이 이들 서로 다른 비타민의 형에 따라 감수성도 달라지고 가공시에 비타민의 형도 달라지기 때문에 그다지 정확하다고는 말할 수 없다. 예를 들면 우유를 멸균할 때 피리독신의 대부분은 amine의 형태가 된다. 그 밖에도 이 여러 가지 형태의 비타민의 인체에 대한 유효성에 관한 문제가 있다. 가공시에 예상되는 비타민 B₆의 손실은 서유럽 제국의 평균 섭취량이 거의 한계점에 가깝다는 점을 고려해 보면 특히 임신시 등에서 중요하다.

(12) 안정성

피리독신 그 자체는 가열해도 안전하고 멸균시에도 손실되지 않지만, 아민형과 알데하이드 형은 보다 더 민감하다. 한편, 우유속에서는 보다 더 불안정하며, 멸균이나 건조시에 많이 손실된다. 이것은 단백질속의 -SH基와의 반응으로 인한 것으로 생각된다.

저장시에 아민형은 -SH화합물과 반응해서 복합체를 만든다. 예를 들면 비스-4-피리독시르디수르피드는 위의 비타민 B₆활성의 12~23% 밖에 안된다.

조리에 쓰이는 온도의 범위에서는 3종류의 비타민 형은 모두 파괴되지 않는다. 또한 酸, 알칼리 및 산화에 대해서는 안전하다. 손실은 주로 물에 대한 용해성으로 인한 것이며, Raab 등(1973)은 리마콩의 통조림 멸균시에 손실은 없으나 물로 블랜칭할 경우 20%, 증기블랜칭에서 15%를 각각 잃게 된다는 것을 발견한 바 있다.

Tepley 및 Derse(1958)는 시험한 냉동 야채류의 반수 이상이 조리후 비타민 B₆의 20~40%를 잃는다고 했다. 이 손실량은 티아민이나 리보플라빈보다 많다. Lushbough 등(1959)은 육류속의 비타민 B₆는 반량이 조리중에 손실된다는 보고를 했는데, 분명히 조건 여하에 따라 많이 다른 결과를 나타내는

것 같다.

Schroeder(1971)는 가공시의 손실에 관한 데이터를 집계했는데, 통조림육류에서 40%, 통조림 야채에서 60~80%, 냉동야채에서 40~60%의 손실이 각각 있다고 했다. 유제품 속에서나 육류 건조시에는 손실이 없다.

단, 이들 수치는 원료와 가공식품의 각 평균치에서 추정된 것이며, 대조실험에서 얻어진 것은 아니다(우유를 고열처리한 경우의 비타민 B₆에 대한 영향에 관해서는 제 8장 우유항 참조).

Bunting(1965)은 조리시에 물과 함께 손실되는 양은 50%이지만, 저장시에는 매우 안정되어 있다고 말했다. 비타민 강화를 한 콘밀(cornmeal) 속에서는 38°C, 50% 상대온도하에서 1년간 저장해도 5% 밖에 손실되지 않는다. 그밖에 제빵시에도 손실은 없다. 밀가루를 정분할 때에는 다른 여러 영양소와 마찬가지로 많은 손실이 있다(표 3-4 및 3-5).

표 3-4 각 정분도의 밀가루의 비타민 B₆ 함량 (μg/g)

	정분비율	μg/g	손실(%)
캐나다산	100%	4.5	
	85	1.95	57
	80	1.2	74
	70	0.73	84

표 3-5 비타민 B₆의 손실

	처 리	손실(%)
강화 빵	제빵	0
" 옥수수가루	12개월 38°C	5~10
" 마카로니	" "	0
유아용 우유(조정)	가열처리	50
" " (건조)	분무건조	20~30
닭고기	통조림	40
"	조사(照射)	30

(13) 비타민 C

조리시에 식품속의 비타민 C의 손실에 관해서는 1920년대부터 기록이 있지만, 이것은 비타민 C가 單離되기 보다 이전이며, 또한 Chick 및 Dalyell

(1920)에 의한 화학적 분석법이 보고되기 보다 전의 연대이다. 즉, 오스트리아의 빈의 어떤 병원에 입원한 64명의 어린이 중의 40명이 야채를 상당량 섭취하고 있음에도 불구하고 壞血病에 걸려 있다든가, 생물적으로 측정된 양배추속의 괴혈병 因子의 활성은 100°C에서 20분에 70% 그리고 70~80°C에서 60분 조리에 90%나 저하되었다는 보고가 있다. 당시에는 두번째 재가열(현대의 식사 조리 습관에도 전혀 없는 것은 아니지만)하는 습관이 있어서 먹기 전에 거의 모든 비타민이 손실되었었다.

그 후 반세기 동안에 많은 연구보고가 있지만, 이 교환은 오늘날까지도 충분히는 참작되고 있지 못하다.

비타민 C라는 명명은 아스코르빈산(AA)와 테히드로아스코르빈산(DHA)의 兩者를 가리킨다. AA는 용이하게 可逆的으로 DHA로 酸化하는데, DHA는 열에 불안정하여 불가역적으로 디 케토콜론산이 되지만, 이 물질은 생물적 활성이 없다. pH6에 있어서의 DHA의 열로 인한 분해의 半減期는 100°C에서 2분 이내, 70°C에서 2분이며, 산소의 존재에는 관계가 없다.

비타민 C는 저리수 속에 쉽게 녹아 나가지만, 이런 결과는 관계없이 가장 불안정한 비타민이라고 말할 수 있다. 식물조직 속에서는 산화효소인 아스코르빈산 옥시다제, 페록시다제, 티토크롬 옥시다제, 페놀옥시다제에 의해 파괴되며, 또한 非酵素的인 褐變등이 알려져 있다. 공기중에서의 산화는 구리나 철에 의해 강하게 촉매된다. 분해가 매우 빠를 때는 빛의 영향을 받지 않지만, 리보플라빈이 존재할 때는 예외이며, 이것은 특히 우유의 경우에 한해서 중요한 문제가 된다(제 8장 우유항 참조).

비타민 C는 이온화 照射에는 비교적 안정되어 있다. 果汁의 保藏에 흔히 사용되는 아황산염은 비타민 C의 산화를 막아 주는 작용이 있다. 예를 들면 탈수한 양배추는 비타민 C의 무처리시의 2배나 保持한다고 한다. 그러나 다른 연구자는 보호작용에는 여러 가지 정도의 차이가 있다고 보고하고 있는데, 이것은 식품이나 실험조건의 차이에서 오는 것 같다.

<다음호에 계속>