

치즈의 熟成



李 炯 周

〈서울大·農大 敎授〉

로 한다.

1. 서 론

치즈의 숙성이란 미생물학, 생화학, 화학적인 변화에 의해 각 치즈 특유의 맛, 냄새, 물리적인 성질, 조직, 그리고 색깔을 형성하는 과정을 말한다. 치즈의 종류는 천 가지가 넘고 각 종류는 각각 특유한 風味를 갖고 있으므로 치즈의 熟成을 논하는 것은 그리 간단한 문제가 아니다. 또한 치즈와 치즈원료인 우유의 특성자체가 문제를 더욱 복잡하게 하고 있다. 하나의 생물학적인 액체로서 우유는 지방, 단백질, 탄수화물, 광물질, 비타민, 효소 등을 함유하고 있는데 치즈 제조과정 중에 한 종류 이상의 미생물과 효소를 첨가하게 된다. 미생물들은 여러 효소의 공급원이 되며 이러한 효소들은 우유중의 효소, 첨가된 효소와 함께 수 많은 생화학 반응을 일으켜 풍미성분을 생산하는 것이다. 여기서는 치즈 숙성의 미생물학적인 면, 생화학적인 면, 그리고 주요 치즈의 중요한 풍미성분들을 간단히 정리해 보기

2. 숙성중의 미생물

발효를 거치는 모든 식품에서와 마찬가지로 치즈도 좋은 제품을 얻기 위해서는 미생물의 발육을 적당히 조절하는 것이 필수적이다. 치즈에 중요한 미생물은 두 종류로 나뉘볼 수 있다. 하나는 乳酸種菌(lactic starter bacteria)으로서 風味와 pH조절에 중요한 乳酸을 생산하고 또한 단백질과 지방질 분해에 관여하여 풍미성분을 생산하는 기능을 맡고 있다. 이들 유산종균은 치즈 제조과정 중이나 숙성중 초기에 최고 숫자에 달하게 된다. 또 하나는 非種菌微生物로서 이것은 치즈 각 종류마다 독특한 경우가 많은데 예를 들면 웨다치즈의 *Lactobacillus casei*, 스위스치즈의 *Propionibacterium*, 브링과 림버거치즈의 *Brevibacterium*, 블루, 락슈트, 카렘버트치즈등의 *Penicillium*등이다. 이들 非種菌微生物은 대개 숙성 中期에 최고숫자를 이루며 치즈의 「背景風

味」보다는 「特異風味」에 관여하는 수가 많다. 배경과 特異風味에 대하여는 후에 설명하기로 한다.

거의 모든 치즈제조에 사용되는 乳酸種菌은 中溫菌 또는 好熱性 中溫菌이다.

中溫菌인 *Streptococcus cremoris*와 *Streptococcus lactis*는 체다, 콜비, 카티지 및 크림 치즈제조에 쓰이며 好熱性菌인 *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus helveticus* 등은 스위스, 프로볼로니, 로마노, 파미산치즈 제조시 사용된다. 이들 乳酸種菌이 치즈의 숙성과 풍미성분 형성에 깊이 관여하는 것은 잘 알려져 왔고 특히 최근에 실험실에서 無菌치즈와 레닛없는 치즈를 만드는 방법이 알려진 후에 그 효과가 뚜렷이 증명되고 있다. 여러가지 凝乳酵素와 함께 乳酸種菌도 숙성중 단백질 분해에 크게 작용하는데 이들은 주로 aminopeptidase 역가를 나타내고 약간의 endopeptidase 역가도 있는 것으로 알려지고 있다. 따라서 단백질분해에 관한 乳酸種菌의 역할은 주로 아미노산과 低分子량의 펩타이드 생성에 있고 이에 반해 凝乳酵素들은 주로 高分子량의 펩타이드를 생성한다.

어떤 종류의 乳酸種菌은 쓴 맛을 생성시키는데 이는 레닛 또는 乳酸種菌에 의해 생산된 쓴맛 펩타이드를 분해할 수 없기 때문이다. 乳酸種菌이 단백질 분해에 깊이 관여하는데 비해 지방질 분해능력은 아주 미미하거나 우유내 지방분해효소보다 훨씬 약하다. 유산중균에 의한 지방분해는 아주 제한되어 있고 또 monoglyceride, diglyceride, 저급지방산으로 이뤄진 triglyceride에 대해 선택성을 나타내고 있다. 유산중균의 또 하나 기능은 *Salmonella*, *Staphylococcus* 같은 병원균의 발육을 억제하는 것이다.

*Lactobacillus*菌은 체다치즈에서 非種菌微生物의 80%를 차지하는데 숙성 초기 2주일 동안 수가 증가하다가 3~6주째 최고 숫자에 다르다. 이균은 체다치즈에서 항상 검출되어 박테리아 숫자의 많은 부분을 차지하고 또 치즈의 풍미가 현저해질 때에 그 숫자도 최고에 이르므로 체다치즈 숙성에 중요한 미생물로 생각되어 왔다. *Lactobacillus*균의 숫자와 풍미형성과는 관계가 없다는 보고도 있었지만 대부분의 연구에서는 *Lactobacillus*균이 좋은 풍미에 직접 관계가 있거나 이균을 첨가함으로써 치즈풍미가 좋아진다고 발표하고 있다. 이중 특히 *Lactobacillus casei*는 아미노산 분해, H₂S 생성, 카보닐 화합물 형성에 관계하는 것으로 알려져 있다.

스위스치즈의 숙성중에는 *Propionibacterium*균이 乳酸을 발효하여 프로피온산과 초산, 탄산가스를 생성하는데 프로피온산은 스위스 치즈 특유의 감미로운 풍미를 주고 탄산가스는 모여 이 치즈 특유의 가스구멍을 만들게 된다. *Propionibacteria*는 단백질 분해력이 없으나 peptidase, proline imidopeptidase, proline iminopeptidase의 효소역가가 있으며 이들 효소에 의한 프롤린 생산이 스위스치즈의 堅果風味를 주는 것으로 생각된다.

브링과 림버거치즈와 같이 表面熟成하는 치즈에서는 그 제조와 숙성기간중 乳酸種菌, 酵母, Micrococci, *Brevibacterium linens*의 순으로 主微生物 분포가 바뀐다. 초기 酵母의 생육은 乳酸을 분해 대사함으로써 표면 pH를 높이고 대사산물을 생산해 다음 균의 성장에 필요한 조건을 마련한다. 다음에 오는 Micrococci와 *B. linens*가 브링과 림버거치즈 특유의 풍미성분을 생산하는데 이들 성분은 치즈 표면에서 내부로 확산되어 간다. *B. linens*는 강한 단백질 분해력을 나타내며 소량의 아

미노산과 함께 주로 폴리펩타이드를 생산한다. 몇가지 종류의 치즈에서는 *Penicillium*속의 곰팡이가 숙성에 크게 관여하는데 블루와 락튀트치즈에서는 *Penicillium roqueforti*, 카렘버트치즈에서는 *P. camemberti*, 고곤졸라치즈에서는 *P. glaucum*이 사용된다. *Penicillium* 곰팡이는 endo- 및 exopeptidase 역가가 높아 다량의 아미노산을 생산하며 이렇게 높은 단백질분해력의 결과로 전질소에 대한 수용성 질소화합물의 비율이 카렘버트치즈에서 32%, 블루치즈에서는 50%에 이른다. *P. roqueforti*는 또한 lipase를 생산해 지방산을 생성하게 하는데 지방산중 특히 octanoic acid는 대사되어 heptanone-2로 되고 이것은 블루와 카렘버트치즈에서 매우 중요한 풍미성분이다.

3. 숙성중의 생화학 반응

치즈의 주요성분, 즉 탄수화물, 단백질, 지방질 모두가 숙성중 변화를 거치게 된다. 이러한 주요기질들은 일단 乳酸, 아미노산, 지방산으로 분해되었다가 제 2차 반응을 거쳐 다시 분해대사되게 된다. 이러한 반응에 관여하는 중요한자들은 乳酸種菌, 非種菌微生物, 우유효소, 첨가된 효소, 미생물세포에서 나오는 exo- 또는 endoenzyme등이다. 이와같은 각 생화학반응이 일어나는 정도와 상대적인 비율은 각 치즈 종류마다 다르게 된다.

우유의 탄수화물인 乳糖의 분해는 모든 치즈의 숙성중 가장 먼저 일어나는 반응으로 치즈제조 과정중이나 숙성초기 24시간 안에 대부분의 乳糖이 분해된다. 乳糖은 일단 글루코스과 갈락토스로 분해되었다가 glycolysis와 TCA (Tri-Carboxylic acid) Cycle을 거쳐 lactic, acetic, propionic acid와 TCA cycle

중간대사물질을 생산한다. 乳酸은 치즈생산중 몇가지 역할을 하는데 우선 그 자체가 치즈의 풍미성분이고, pH를 조절하여 숙성반응을 조절하고 불필요한 미생물의 발육을 저지하며 치즈의 저장성을 높인다. 대사물질중 propionic acid는 스위스치즈의, acetic acid는 스위스 치즈와 웨다치즈의 중요 풍미성분이다. 숙성중 일어나는 단백질 분해는 치즈의 조직과 풍미 모두에 영향을 크게 미친다. 단백질 분해에 관여하는 효소에는 凝乳酵素와 乳酸種菌에서부터 유래된 것의 두가지가 있다. 이미 얘기한 바와 같이 凝乳酵素는 주로 高分子量의 펩타이드를 생산하고 이것이 다시 乳酸種菌에 의해 저분자량의 펩타이드와 아미노산으로 분해되게 된다. 숙성중 각 케이스린 성분은 각각 다른 속도로 분해된다. 우유효소의 α_{s1} -케이스린 분해율은 무척 커서 숙성초기 24시간안에 40% 정도를 분해하며 숙성이 끝날 때 쯤이면 5% 미만만이 미분해 상태로 남게 된다. 우유효소는 α_{s1} -케이스린의 Phe₂₃-Phe₂₄ 결합을 쉽게 가수분해하는 것으로 알려져 있다. β -케이스린은 α_{s1} -케이스린에 비해 훨씬 더디게 분해되며 Leu₁₃₀등 세 군데의 펩타이드 결합을 가수분해하는 것으로 보인다. 이렇게 β -케이스린의 분해가 더딘 것은 β -케이스린의 C-末端부분이 치즈커드의 α_{s1} -케이스린에 결합되어 있기 때문이 아닌가 추측되고 있다.

乳酸種菌은 주로 aminopeptidase 역가를 나타내며 약간의 endopeptidase역가도 보이고 있다. Aminopeptidase의 반응에 의해 생산된 여러 아미노산들은 그것 자체가 背景風味로서 작용하기도 하고 또 더 분해되어 amines, Keto acids, fatty acids, aldehydes등의 2차 풍미성분을 형성하기도 한다. 아미노산의 decarboxylation반응은 tyramine, tryptamine, histamine, cadavarine, putresine과 같은

아민화합물을 생산하고 deamination은 Keto acid를 형성하는데 이것은 특히 림버저, 카렘버트치즈의 풍미에 중요하다. 또한 아미노산과 키토산 사이의 transamination 반응은 체다, 스위스, 브릭치즈의 숙성에 중요한 반응이다. Keto acid는 다시 decarboxylation 반응을 거쳐 aldehyde로 된다. 이렇게 해서 생산된 여러 화합물이 어떻게 치즈풍미에 관여하는가 하는 것은 나중에 다시 얘기하기로 한다.

숙성중의 脂肪分解 역시 매우 중요한 반응으로서 치즈중의 지방성분은 풍미성분의 基質 또는 運搬體로서 작용하게 된다. 지방성분으로부터 脂肪酸의 생산은 블루, 락튀트와 같아 푸른 곰팡이에 의해 숙성되는 靑脈치즈 (Blue-veined cheese) 그리고 이태리식 치즈에서 특히 중요하다. 이러한 지방분해는 우유내 lipase, 미생물로부터의 효소 그리고 첨가된 지방분해효소등에 의해 이뤄진다. 원료우유중의 오염된 미생물중 특히 *Alcaligenes*, *Achromobacter*, *Pseudomonas*, *Serratia* 등은 지방분해력이 높은 것으로 알려져 있다. 우유내의 lipase는 살균과정 중에서도 일부가 남게 되며 이들에 의한 지방분해는 乳酸種菌에 의한 것보다 중요한 것으로 여겨지는데 유산종균으로부터의 lipase 효소역가는 매우 제한된 것이다. *Penicillium roqueforti*의 lipase는 특히 지방분해력이 높으며 이에 의해 생산된 지방산은 직접 간접으로 靑脈치즈의 풍미에 관여한다. 몇 종류의 이태리식 치즈에서는 풍미 성분 생산을 위해 lipase를 첨가한다. 전통적으로는 凝乳酵素외에 lipase도 함유하고 있는 rennet paste를 사용하여 왔으나 현재는 대부분 pregastric 또는 fungal esterase를 사용하고 있다.

지방산과 그 분해산물들은 여러가지 방법으

로 치즈 풍미에 관여한다. 지방산의 경우 모든 치즈 종류에 소량이나마 존재하여 背景風味로서 작용하며 특히 이태리식 치즈에서 중요하게 여겨지는 것은 이미 얘기한 바와 같다. 지방산의 주요 반응경로는 TCA cycle과 β -oxidation이며 이에 의해 생산된 β -keto acid는 특히 블루, 로마노, 프로볼로니 치즈에서 중요하다. 또한 β -keto acid에서 생성되는 methyl ketone 중 pentanone-2, heptanone-2, nonanone-2등은 블루 락튀트 카렘버트 치즈의 중요 풍미성분이다.

4. 치즈의 風味成分

치즈의 풍미라 함은 맛과 냄새를 주로 하는 복합적 감각 현상이다. 치즈의 풍미는 우선 치즈의 종류가 많고 또 풍미에 관계되는 요소도 많아 이를 일반적으로 얘기하기가 어렵고 수많은 화합물이 각 치즈 종류의 풍미 성분으로 알려져 왔다. 치즈의 풍미를 얘기할 때 가장 많이 인용되는 학설은 風味成分調和說 (Component Balance Theory)로서 다음과 같은 2이론에 기초를 두고 있다. 1) 치즈의 풍미는 지방, 단백질, 乳糖으로부터 형성된 여러가지 물질에 의한 것이다. 2) 치즈의 풍미는 이와같은 여러가지 물질이 정확한 비율로 調和될 때 얻어진다. 3) 調和되는 여러가지 물질중 몇가지는 나머지 물질보다 더 중요하다. 위의 것중 1)의 여러가지 물질은 背景風味로 3)의 몇가지 물질은 特異風味成分으로 얘기할 수 있을 것이다. 즉 어떤 치즈의 풍미는 모든 치즈에 공통되는 背景風味와 치즈 각 종류에만 독특한 特異風味로 구성되어 있다고 보는 것이다. 이러한 風味成分調和說은 발효와 숙성 과정을 거치는 모든 식품에 통용될 수 있을

1. 背景風味成分

Lactic acid	Amino acids
Fatty acids	Carbonyls
Aldehydes	Amines
Alcohols	Diacetyl
Peptides	Sulfur compds.
Salt	

2. 特異風味成分

- 1) Cheddar : $[\text{Fatty acids}]/[\text{Acetate}] = 0.55 - 1.0$
 $[\text{F.A.} > \text{C}^*]/[\text{H}_2\text{S}] \times 100 = 1.5 - 5.0$
 $[\text{Acetate}]/[\text{H}_2\text{S}] \times 100 = 4 - 9$
 Cheddar quality = 0.25 [methanethiol] + 0.008 [methanol]
 + 0.018 [2-pentanone] + 2.04
- 2) Swiss : Propionate 4mg/g : proline 2mg/g
- 3) Italian : Fatty acids
 Glutamate 2mg/g : butanoate 1mg/g
- 4) Blue, Rocquefort, Camembert : C₄-C₈ Fatty acids
 2-pentanone, 2-heptanone, 2-nonanone

것으로 보인다. 이 같은 견해에서는 풍미를 얘기할 때 한 가지 풍미 성분보다 여러가지 성분의 조화가 더욱 중요시되며 어떤 성분은 그것 자체의 함량보다 만 성분과 어떤 비율로 존재하느냐에 따라 좋은 풍미 또는 나쁜 풍미를 준다고 생각하게 된다.

치즈 풍미성분에 관계된 것으로는 수많은 화합물이 알려져 왔는데 일반적으로 맛에 관계

되는 성분과 향수에 관계되는 성분으로 나뉘어진다. 맛에 관계되는 화합물에는 乳酸, 아미노산, 비휘발성 지방산, 비휘발성 아민類, 鹽類, 단백질과 지방의 분해물질 등이 있다. 향수 성분에는 amines, fatty acids, aldehydes, ketones, alcohols, esters, 휘발성 유황 화합물 등이 있다. 주요 치즈 종류의 중요한 풍미 성분들을 요약해 보면 표와 같다.

—食品·添加物 規格基準 發刊—

韓國食品工業協會는 全國食品製造業體의 편의를 도모해 주기 위해 「食品·添加物 規格基準」을 발간하여 배부중에 있습니다.

이를 필요로 하는 業體에서는 아래 요령에 따라 신청하여 주시기 바랍니다.

—아 래—

- ① 供給 價格 : 卷當 6,000원
- ② 申請 場所 : 서울特別市 中區 忠武路 4街 125-1(進洋아파트 610號)
- ③ 代金納付方法 : 對替口座(計座番號 610501)를 利用하거나 本協會로 直接納付하시면 됩니다.

1980年 10月 日

社團 韓 國 食 品 工 業 協 會
 法 人