

## Warmed-over flavour의 발생 방지를 위한 여러 가지 시도

이 옥 숙  
표준화연구부

이미 조리된 상태의 냉동 즉석 육제품의 수요가 연회부문에서나 소매부문에서 모두 증가될 것으로 전망된다. 이러한 제품들에 있어 warmed-over flavour(WOF)의 발생속도는 종종 그 제품의 저장수명을 결정하기도 한다. WOF는 소비자들에게 '뒷맛' 또는 산패된 맛으로 인식되는 것으로서, 조리된 육류를 냉장저장할 때 쉽게 발생되며 육류의 산화적 변패와 연관이 되어 있다.

몇가지 시도들이 그러한 WOF의 발생을 지연시키는 데 응용될 수 있다. 이 보문의 목적은 어떻게 하면 WOF의 발생을 지연시킬 수 있는가에 있으며, 산화방지제의 사용이나 가공 조건의 최적화에 그 강조점을 두고 있다.

조리된 육류를 냉장저장하면 곧 특유한 이취(off-flavour)가 발생한다. 이러한 이취에 대해서는 Tims와 Watts에 의해 처음으로 설명되었는데, 그들은 이취에 대하여 '여러번 데운(warmed-over)', '상한(stale)', '산패된(rancid)' 따위의 용어를 사용하고 있다. 그 후 warmed-over flavour(WOF)라는 용어가 조리된 육류에서 발생되는 이취를 표현하는 용어로 채택되었다.

WOF는 여러 가지 육류에 있어서 비슷한 경로로 발생되는 듯하다. 그 특징은 원래 신선한 육류가 가지고 있던 냄새가 소실되고 그와 동시에 냉장저장 1~3일 안에 '판지(cardboard)' 냄새가 발생되는 데 있다. 이취는 점차 '산화된/산패된/페인트 같은' 냄새로 대체되며 신 맛이 생기게 된다.

일반적으로 막(membrane) 인지질의 자동산화가 WOF의 형성요인으로 받아들여지고 있다. 산화과정 동안 일부 카아보닐 화합물들이 형성되는데, 이들은 저장 중에 발생하는 '판지' 냄새, '페인트' 냄새들과 밀접히 연관되어 있다. 그러나 WOF의 발생은 단지 산화과정에 의한 것만은 아니다. 신선하게 조리된 육류의 냄새에 관련된 단백질이나 이종원자(heteroatomic) 화합물들의 분해 또한 WOF의 발생, 특히 바람직한 육류 냄새의 소실과 연관이 되어 있다.

WOF의 발생은 그 개시가 빠르다는 점에서 가열하지 않은 육류의 산화와는 구별된다. 냉장된 원료육(raw meat)은 대개 몇 주 동안은 산화적으로 안정하나, 냉장하기 전에 가열하면 단 몇시간만에

산화가 일어난다. 가열은 마이오글로빈이나 그 밖의 철을 함유한 단백질들에서 촉매적으로 활성을 갖는 철을 유리시키거나, 마이오글로빈을 산화촉진성물질로 변형시킴으로써 또는 인지질과 산화촉진물질을 구획시켜 주는 세포막을 변성시키거나, 하이드로퍼옥사이드들을 열분해시킴으로써, 또는 변성을 방어하는 효소체계를 변성시킴으로써 인지질의 산화를 가속화시키는 것으로 생각되고 있다.

조리된 육제품들의 지질 산화는 몇 가지 요소들에 의해 그 용이성이 좌우된다. 여러 형태의 육류간의 차이점은 고도 불포화지방산, 철, 알파-토코페롤 및 그 밖의 산화방지제의 농도 차로 설명된다. 칠면조 고기와 닭고기는 고도 불포화지방산의 함량이 높기 때문에 쉽게 산화된다. 가금류의 적색육은 인지질과 철 함량이 높아 백색육보다 더 잘 산화된다. 또한 칠면조 고기는 알파-토코페롤의 함량이 낮아 닭고기보다 더욱 빨리 산화된다.

WOF의 발생은 식품연회사업에서 제공되는 육제품 및 고기음식의 대부분의 형태에 도사리고 있는 하나의 잠재적인 문제점이다. 그러한 제품들의 수요가 증가됨에 따라 비록 WOF가 소비자들의 기호에 미치는 영향에 대한 충분한 조사가 이루어지지 않았으나 WOF는 육류 산업에 있어 주요한 관심사가 되었다.

여러 가지 산화방지제들에 대해 가열된 육제품들의 냉장저장시 발생하는 산화에 대한 억제효과를 시험하였다. 많은 종류의 산화방지제들이 티오바비튜린산 반응물질(thiobarbituric acid-reactive substances, TBARS)량의 증가를 효과적으로 지연시켰으며, WOF에 대해 수용할만한 관능검사 수치를 유지하였다.

그러나, 관능검사의 대부분은 단지 종합적인 WOF만을 평가하고 있는데, 이때 산화방지제들은 좋지 않은 풍미의 발생을 억제하나, 바람직한 풍미의 소실은 영향을 주지 못할 가능성이 있다. 더욱이, 일부 산화방지제들은 제품에 풍미를 더해 주거나 물리적 외관을 변화시킨다.

## 1. 산화방지제에 의한 WOF의 방지

산화방지제들은 그들이 발휘하는 작용의 화학적 유형이나 식품 제조상의 기능성에 따라 분류된다. 여기서는 후자와 같은 접근방식으로 산화방지제를 아질산염과 인산염, 합성 산화방지제 및 항산화성 식물체 화합물을 포함하는 천연 산화방지제 등과 같은 범주들로 분류하였다. 산화방지제들은 그 작용방식의 화학적 유형에 따라 유리 라디칼 반응 종결물질(유리 라디칼 소거제), 유리 라디칼 생성 방지물질(킬레이트 화합물) 및 환경적인 요소(산소압이나 산화환원력 또는 수분활성도에 영향을 미치는 화합물이나 공정) 등과 같이 최소한 세가지의 서로 다른 유형들로 분류할 수가 있다.

### 1.1 아질산염과 인산염

아질산염과 인산염은 그들이 가지고 있는 항산화성보다는 그 밖의 다른 목적을 위해 첨가된다는 점에서 대부분의 항산화제들과는 구별된다. 이들은 육제품에 대해 여러 가지 변화를 가져오며 그 사용이 대개 절임 육류제품(cured products)에 제한되어 있다. 이들이 가지고 있는 항산화성은 첨가된 염이 산화적 변화들을 유발할 가능성을 가지고 있기 때문에 절임 육제품에 있어서 중요하다.

아질산염은 주로 나이트로실마이오글로빈(nitrosylmyoglobin)과 연관되어 육제품에 밝은 적색을 내는데 주로 사용되나, 또한 미생물에 대한 안정성과 산화안정성에 영향을 미치고 절임 육제품에 '절임된(cured)' 풍미를 부여하기도 한다. 아질산염은 WOF생성에 매우 효과적인 저해물질이다. 아질산염의 항산화효과는 나이트로실마이오글로빈의 형성과 밀접히 연결되어 있으며, 색깔의 변화없이 항산화효과를 얻는 것은 거의 불가능해 보인다. 절임 제품의 산화안정성은 나이트로실마이오글로빈이 산화되어 메트마이오글로빈(metmyoglobin)이 형성됨에 따라 서서히 감소된다. 최근 아질산염의 항산화효과에 대한 화학적 측면에서의 고찰이

Skibsted에 의해 이루어졌다. 이는 변성된 나이트로실마이오글로빈에 제일철(ferrous) 형태로 존재하는 철의 유지 및 유리된 상태의 철(free iron) 형성 방지에 근본적으로 기인하는 것이나, 지금은 주로 세포막의 안정화, 아질산염에 의한 유리 철의 킬레이션 및 산화질소에 의한 유리 라디칼의 소거에 기인하는 것으로 생각되고 있다.

삼인산염이 물과의 결합을 위해 일부 육제품에 첨가된다. Tims와 Watts는 삼인산염과 그밖의 인산염들이 WOF의 발생을 방지하며 그 항산화효과는 인산염이 금속과 킬레이트반응을 일으키는데 기인한다는 것을 발견했다. 인산염이 가지고 있는 WOF 발생지연작용에 대해서는 여러 사람들에 의해 확인된 바 있다. 원료육이나 가열처리된 육류에서의 산화적 변화는 낮은 pH에서 더욱 가속화되며, 인산염의 항산화효과는 상승된 pH에 기인하는 것인지도 모른다. 그러나, 여러 가지 인산염들이 pH가 조정된 냉동 원료육에 대해서 항산화력을 발휘한다.

## 1.2 합성 산화방지제

합성 산화방지제들은 주로 페놀성 화합물들 또는 금속 제거제들이다. 페놀성 산화방지제들은 유리 라디칼 제거제들로서 라디칼을 안정화시키고 지질의 산화반응에 있어서 전파반응을 중단시키는 한편, 금속 제거제는 금속 촉매제와 결합, 이들을 불활성화시킴으로써 식품 속에 존재하는 지질의 산화를 억제한다. Butylated hydroxyanisole(BHA), butylated hydroxytoluene(BHT), tertiary butylated hydroxyquinone(TBHQ) 및 propyl gallate는 가장 일반적인 페놀성 산화방지제이며, ethylenediamine tetraacetic acid(EDTA), citrate 및 여러 가지 인산염들은 육류 모델시스템에서 시험된 가장 일반적인 금속제거제이다.

일부 페놀성 산화방지제들은 금속 제거작용을 발휘함으로써 부가적인 산화방지효과를 내기도 한다. 여러 가지 합성 산화방지제들의 안전성에 대해서

의문이 제기되었으며, 법규상 또는 소비자보호단체들에 의해 육제품에 대한 합성산화방지제의 사용이 제한되어 있다.

몇가지 합성 산화방지제들은 WOF의 발생을 지연시키거나 방지한다. 0.01~0.02%의 BHA, BHT, TBHQ 또는 propyl gallate의 첨가나 0.24~0.5%의 EDTA 또는 0.02~0.5%의 citrate의 첨가는 조리된 육류의 산화안정성을 향상시키는 것으로 사료된다.

## 1.3 천연 산화방지제

최근 소비자들은 합성 산화방지제들이 최소한의 양으로 첨가된 식품을 선호하고 있으며, 육류에서의 지질산화에 대한 연구의 많은 부분이 자연적으로 존재하는 산화방지제나 산화방지제를 함유하는 원료에 대해 초점을 맞추고 있다.

WOF에 대한 천연 산화방지제들의 억제효과에 대해서는 St Angelo 등에 의해 광범위하게 논의되었다. 천연 산화방지제에 대해서는 그들이 가지고 있는 건강상의 잠재적인 유익들 때문에 관심이 증가하는 것이다.

항산화력을 가지고 있는 천연물질은 대개 식물체에 존재하는 것들이기 때문에 안정한 듯하다. 그러나 천연이라는 것이 독성에 대한 절대적인 보증서는 아니므로 식물체로부터 분리된 산화방지제라도 합성 산화방지제에 대해 실시하는 것과 동일한 독성실험을 통과해야만 한다. 그러나 항산화효과를 갖는 원료의 한 성분이 첨가된 경우에는 그 문제가 모호해진다. 예를들어, 덴마크 당국에서는 재료의 성분이 제품의 산화안정성을 향상시키려는 단일한 목적으로 첨가되었다면 이를 산화방지제로 간주한다. 만일 원료의 성분이 산화안정성을 향상시키는 이외에, 예를 들어 제품에 특징적인 풍미를 부여하기 위한 것이라면 이에 대해 독성검사를 받을 필요가 없으며, 이는 첨가물이 아닌 원료로 표시되어야 한다.

천연 산화방지제는 가공공정 중에 육류나 육제품에 직접 첨가('in vitro addition')될 수 있다. 그러

표 1. 천연 산화방지제들(in vitro)이 조리된 육제품의 산화안정성에 미치는 효과

산화방지제	육 제품	저장 조건	TBARS감소율
<b>토코페롤류</b>			
$\alpha$ -Tocopherol(0.02%)	Ground pork	4°C for 7 days	0%
$\alpha$ -Tocopherol(0.02%)	Ground beef	4°C for 2 days	+
$\alpha$ -Tocopherol(0.02%)	Ground fish	4°C for 7 days	+
DL- $\alpha$ -Tocopheryl acetate(0.02%)	Freeze dried, washed ground beef	5°C for 40 hrs	9%
$\alpha$ -Tocopheryl acetate(0.05%)	Ground beef patties	4°C for 2 days	+
Mixed tocopherols(0.02%)	Chicken and pork frankfurters	4°C for 18 days	80%
Mixed tocopherols(0.02%)	Ground turkey patties	5°C for 9 days	24 ~ 43%
$\delta$ -Tocopherol(0.05%)	Ground beef	4°C for 6 days	90%
<b>아스코르베이트류</b>			
L-Ascorbate(0.02%)	Ground fish	4°C for 7 days	+
L-Ascorbate(0.02%)	Freeze dried, washed ground beef	5°C for 40 days	+
Ascorbate(0.02%)	Ground beef	4°C for 2 days	+
Ascorbate(0.03%)	Ground beef	6°C for 8 days	0%
L-Ascorbate(0.5%)	Freeze dried, washed ground beef	5°C for 40 hrs	5%
L-Ascorbyl palmitate(0.02%)	Freeze dried, washed ground beef	5°C for 40 hrs	7%
Ascorbyl palmitate(0.02%)	Ground turkedy patties	5°C for 6 days	16 ~ 36%
Ascorbyl palmitate(0.5%)	Ground beef	4°C for 2 days	0%
L-Ascorbyl palmitate(0.5%)	Freeze dried, washed ground beef	5°C for 40 hrs	42%
<b>그 밖의 산화방지제류</b>			
Phytic acid(0.05%)	Chicken breast	4°C for 22 days	40%
Carnosine(0.5%)	Ground pork	4°C for 7 days	42%
Flavonoids(0.02%)	Ground fish	4°C for 7 days	40 ~ 90%
Polyphenols(0.02%)	Ground fish	4°C for 7 days	95%
<b>향신료류</b>			
Rosemary(0.04%)	Ground pork	4°C for 5 days	32%
Rosemary(0.05%)	Ground pork	5°C for 10 days	20%
Rosemary oleoresin(0.02%)	Chicken and pork frankfurters	4°C for 18 days	72%
Rosemary extract, type 0(0.05%)	Ground beef	4°C for 6 days	81%
Sage(0.04%)	Ground pork	4°C for 5 days	32%
<b>식물체 추출물류</b>			
Onion(1%)	Ground beef	6°C for 8 days	49%
Onion, celery, potato and tomato peel(20%)	Beef slices	3°C for 6 days	18 ~ 81%
<b>식물성 재료</b>			
Ground mustard seeds(0.5 ~ 2.0%)	Ground pork	4°C for 21 days	20 ~ 95%
Ground canola seeds(0.5 ~ 2.0%)	Ground pork	4°C for 21 days	10 ~ 90%
Cottonseed, peanut and soy protein(10% rehydrated)	Ground beef patties	4°C for 6 days	5 ~ 35%
Wild rice(15%)	Ground beef	4°C for 10 days	50%

+ : WOF 억제효과 없음, 즉 대조구보다 높은 TBARS값을 나타냄

나 최근에는 동물사료에 항산화효과를 갖는 비타민들을 보강('in vivo supplementation')함으로써 육류의 산화안정성을 향상시키는데 관심이 집중되고 있다.

#### 1.4 직접 첨가(In vitro addition)

여러 종류의 천연 산화방지제나 천연 원료들을 조리된 육류의 WOF발생을 막는데 사용할 것이 제안되고 있다(표 1). 많은 원료들이 그들 자체의 풍미특성을 가지고 있다. 따라서, 육제품의 바람직한 풍미가 역으로 영향을 받을 수 있으므로 이들 성분이 포함된 제품들에 대해서는 종합적인 관능적 평가를 실시하는 것이 필요하다.

알파-토코페롤이나 알파-토코페릴 아세테이트(표 1)의 직접 첨가는 WOF의 발생을 억제하지 못했다. 사실, 이들이 첨가될 경우 일부 조리된 육제품들의 산화적 활성이 오히려 증가하는 것으로 나타났다(표 1). 알파-토코페롤은 여러 생물학적인 체계에서 효과적인 항산화력을 발휘하고 있기 때문에 표 1에 나타난 결과는 좀 놀라운 것이다. 알파-토코페롤을 아세틸화하면 페놀기의 항산화 활성이 소실되기 때문에 알파-토코페릴 아세테이트는 그 효과가 없었던 것으로 생각된다. 일부 연구에 있어서, 항산화력은 알파-, 베타-, 감마-, 및 델타-토코페롤로 구성된 혼합 토크페롤에서 발휘되며, WOF의 뚜렷한 감소는 조리된 갈은 쇠고기에 델타-토코페롤을 첨가했을 때 얻어졌다.

모델 체계에 있어 아스코르브산이나 지용성의 아스코르빌 팔미테이트는 퍼록실 라디칼에 수소원자를 공여함으로써 생성된 토크페록실 라디칼을 토크페롤로 재생시켜 그 항산화효과를 강화시키는 것으로 생각된다. 최근 아스코르빌 팔미테이트와 토크페롤간의 상승작용이 조리된 다진 칠면조육에 대한 연구에서 입증되었으나 모델 체계에서 입증된 상승작용만큼 설득력이 있는 것은 아니다. 아스코르빌 팔미테이트가 단독으로 0.5%의 높은 농도로 첨가되었을 때 WOF의 상당한 감소가 입증되었다. 0.02%에서 0.03%의 낮은 농도로 첨가된 아스코

르브산은 WOF를 증가시켰다. 아스코르베이트의 농도에 따른 산화촉진성과 산화방지성에 대해서는 Roozen에 의해 논의된 바 있다.

최근, 그 밖의 흥미있는 산화방지제들의 WOF 발생에 대한 효과가 시험되었다. 예를 들어, 골격의 다이펩타이드 카아노신은 조리된 갈은 돼지고기의 TBARS형성을 감소시키며, 식물체 성분 파이틴산은 조리된 냉장 닭의 WOF 발생을 실질적으로 억제하였다.

많은 식물체 원료들이나 식물체 추출물들은 WOF의 발생을 지연시킨다. 플라보노이드들과 폴리페놀류들은 식물체내에 존재하는 잠재된 산화방지제들이며, 이들의 첨가는 조리된 어류에서 발생하는 WOF를 감소시키는 것으로 나타났다.

여러 향신료들은 산화방지성물질들을 함유하고 있으며, 로즈메리나 로즈메리 추출물은 조리된 돼지고기, 쇠고기, 닭고기의 산화를 방지하는 것으로 나타났다. 산화방지제로서 향신료를 사용하는데 있어 주요한 장애는 그들이 제품에 부여하는 특이한 풍미이다. 그러나, 조리된 육제품에 있어 그러한 향신료의 방향은 그들이 관능적으로 바람직한 양으로 첨가될 경우에는 오히려 이점이 될 수 있다. 조리된 돼지고기에 대한 연구에서, 0.05%의 로즈메리는 관능적으로 받아들일만 했으며, TBARS의 양을 정량한 결과 WOF를 최고 20%까지 감소시키는 것으로 나타났다.

#### 1.5 사료에의 보강

##### (In vivo supplementation)

식이에 알파-토코페롤을 보강할 경우 세포막, 특히 미토콘드리아와 마이크로솜의 알파-토코페롤 함량이 증가되며 막에서 일어나는 지질의 과산화과정이 상당수준 지연된다. 마이크로솜과 미토콘드리아에 존재하는 고도 불포화 인지질들이 WOF발생에 일차적으로 기인하는 물질이라는 것이 일반적으로 인정되고 있으며, 알파-토코페롤을 식이로부터 공급하여 이를 막구조에 통합시키는 것이 조리된 계

표 2. 알파-토코페롤의 식이에의 보강이 산화에 미치는 효과

동 물	$\alpha$ -토코페릴 아세테이트 보강	도살 전 보강기간	육제품	저장조건	TBARS감소율
Pig	30 or 200 mg/kg feed/ day	2 weeks	Ground pork	4°C for 6 days	20%
pig	<40 or 160 mg/kg feed/day	17.5 weeks	Ground pork	4°C for 6 days	33%
pig	<55 or 200mg/kg feed/day	Through the feeding period	Cooked pork patties	4°C for 4 days	33-39%
Steer	0, 250, 500 or 2000 mg/steer/day	42 or 126 days	Cooked muscles	4°C for 6 days	3-15%
Broiler chicken	0 or 22 mg/kg feed/day	36 days	cooked thigh	-40°C for 21 days	65%
Broiler chicken	0 or 220 mg/kg feed/day	12 days	cooked thigh	-40°C for 6 months	7%
Turkey	0 or 22 mg/kg feed/day	67 ~ 71 days	cooked breast or thigh	-40°C for 8 months	2 ~ 22%

품들에서 발생하는 WOF 문제를 감소시키는데 매우 효과적인 것으로 기대된다. 대개 알파-토코페롤은 사료의 저장 중에 일어나는 감소를 줄이기 위해 알파-토코페릴 아세테이트의 형태로 사료에 첨가된다. 이는 흡수되기 전에 소장내에서 알파-토코페롤로 가수분해되며, 항산화효과가 다시 재활된다. 몇몇 연구결과들은 알파-토코페릴 아세테이트를 식이에 보강하는 것이 조리된 육제품의 지질 산화에 영향을 미치는 것을 보여준다(표 2).

표 2의 결과를 보면 알파-토코페롤은 비록 적은 양을 단기간 보강한 경우에도 냉장 또는 냉동 저장된 여러 종의 조리된 육제품의 지질 산화를 억제하는 것을 명백히 알 수 있다. 산화를 방지하는데 필요한 식이 알파-토코페롤의 수준은 육에 함유된 고도 불포화지방산의 함량과 사료조제에 사용된 유지의 산화정도에 따라 달라진다. 아스타잔신(astaxanthin), 제아잔신(zeaxanthin), 베타-카로틴 등의 천연 식이성 산화방지제를 또한 육제품의 산화안정성 향상을 위해 사용되는 것이 관심거리가 될 수 있으나, 별로 연구가 이루어지지 않았다. Ajuyah 등은 혼합 토코페롤과 함께 캔사잔신을 식이에 첨가하면 냉장 저장된 broiler육의 산

화를 감소시킬 수 있다고 보고하였다.

## 2. 가공 및 저장조건 조절에 의한 WOF의 방지

몇몇 공정들은 가열된 육제품의 산화안정성에 영향을 미친다. 가열하기전 원료의 안정성은 고도 불포화지방산의 함량 및 산화촉진물, 산화방지제, 신선도, 미생물적인 품질, pH 등에 의해 영향을 받는다. 이러한 요소들을 사료, 도살, 도살 후 공정 등을 통해 어느 정도 조절하는 것이 가능하다.

원료육을 가공하면 최종제품의 산화안정성이 크게 영향을 받는다. 원료육을 분쇄(grinding)하면 산화적 변화가 가속화되며, 열처리는 일반적으로 그러한 변화를 가속화시키지만, 냉동 저장이나 적절한 포장으로 제품의 산화안정성을 보존할 수가 있다. 열처리와 포장의 효과는 다음과 같다.

### 2.1 열처리

대부분 열처리는 육류의 산화속도와 WOF의 발생을 가속화시킨다. TBARS 형성 속도는 수육조

상에서 가열시킨 육류 모델체계에 있어서 가열온도와 가열시간이 증가함에 따라 함께 증가하는 것으로 나타났다. Smith 등은 74°C 이하의 온도에서는 분쇄한 닭가슴살고기의 TBARS형성이 매우 느리게 진행된다고 보고하였다. 한편, 다른 연구자들은 이 온도 이하의 가열온도에서 닭고기가 상당 수준 산화됨을 관찰하였으나, 충분히 낮은 온도에서 가열함으로써 WOF의 발생을 방지할 수 있을 것으로 보고하고 있다. 그러나 그러한 온도에서의 가열로는 일반적으로 받아들일만하고도 미생물학적으로 안전한 제품을 생산하기가 어렵다는 문제점이 있다.

100°C가 넘는 온도로 가열하면 육의 표면이 마이알반응에 의해 갈색으로 되는데, 항산화력을 가진 마이알 반응생성물들(MRP)은 WOF의 발생을 억제한다. 마이알 갈색화는 WOF의 발생을 방지하는 효과적인 방법이기도 하나 육제품의 외관과 풍미에 상당한 변화를 초래한다. 제품의 보수력은 감소되어 어두운 갈색으로 변하고 강한 '탄' 고기 방향을 갖게 되나 이러한 변화들의 일부는 바람직할 수도 있다. Sato 등은 레토르트된 값싼 근육조직의 물 추출물을 육제품에 첨가함으로써 WOF의 발생을 억제할 수 있다고 보고하였다. 이러한 추출물들은 항산화효과뿐만 아니라 바람직한 풍미를 제공하기도 한다. 당류와 아미노산의 가열된 혼합물에서 형성된 MRP는 에멀전에서 좋은 항산화효과를 발휘하였으나 육에서 이루어지는 산화를 방지하지는 못했다. WOF 생성에 대한 MRP의 항산화효과는 Bailey에 의해 고찰된 바 있다.

조리방법의 선택 또한 WOF의 발생에 영향을 미친다. 구울 때(roasting or grilling)보다 마이크로파로 조리하는 동안 이취발생이 더욱 빠르며, 레토르트 처리는 WOF의 발생을 완전하게 방지할 수 있다. 장시간 가열하면 구워진 육류의 안정성이 향상된다. 이때 안정성의 차이는 대개 MRP 형성의 차이로 설명된다.

커다란 고기 덩어리(구운 것)의 산화안정성은 온도구배(temperature gradient)와 산소의 유통

성에 영향을 받는다. 높은 온도와 낮은 수분활성도 조건하에서 만들어진 튀김 및 구이제품들은 자연, 표면에 마이알형 갈색화가 일어나고 표면을 산화적 변화로부터 보호한다. 가열하거나 하지 않은 육류의 안쪽부분은 산소의 확산속도가 매우 낮고 산소 소비속도가 매우 빠르기 때문에 산소농도가 매우 낮다. 따라서 표면층이 WOF가 더 잘 생성되게 된다. 중심부에서 또는 표면부위에서 TBARS 생성속도가 빨랐었다는 일부 대조적인 연구결과들은 표면부위의 높은 산화방지제 농도와 중심부위의 낮은 산소이용성에 각각 기인한 것이다. 저미기(slicing)는 산소를 중심부까지 접촉시키므로 표면에서 생성되는 색소에 의한 보호작용이 소실된다.

조리방법과 가열온도는 육제품의 외관에 나쁜 영향을 미친다. 따라서 제품에 바람직하지 않은 변화를 주지 않고 이들 요소들을 조절함으로써 얻을 수 있는 산화안정성 향상효과는 매우 적다. 그러나, 표면의 갈색화로 인해 얻을 수 있는 산화방지효과와 가열된 육제품의 건전성을 가능한한 유지해야 하는 것의 중요성은 기억할만한 가치가 있을 것이다.

## 2.2 포 장

WOF의 발생은 육류에서 일어나는 산화과정에서 기인하는 것이다. 따라서, 산소의 부분 분압을 포장에 의해 감소시키면 WOF의 발생을 지연시킬 수 있으리라는 것을 예상할 수 있다. 진공포장이나 가스치환 포장(modified-atmosphere packaging) 모두 조리상태로 냉장, 냉동저장된 육제품의 WOF 발생을 지연시키는데 매우 효과적이다. 조리되어 냉장 저장된 저민 쇠고기나 같은 쇠고기 및 조리되어 냉장된 또는 냉동 저장된 저민 칠면조고기 또는 저민 돼지고기에서 진공포장의 좋은 효과들을 발견할 수 있다.

진공포장은 저민 육류를 포함하는 여러 가지 식품 품목에 대해 적합하지만, 고진공의 사용은 그레이비(gravy)나 쌀이 들어있는 즉석식품과 같은 한정된 제품에만 확실히 제한된다. 그러한 제품들에



있어서는 가스치환 포장의 매력적이고도 효과적인 방법이다. 그러나, 이러한 방법을 채택하는데 있어서 가장 큰 어려움은 WOF의 발생을 방지할 수 있을 정도로 포장내 잔존 산소함량을 충분히 낮추는데 있다. 잔존 산소를 제거하기 위해 포장재에 산소소거제를 사용하는 것도 WOF 발생을 감소시킬 수 있는 하나의 재미있는 가능성이 될 수 있다.

식사제공산업이나 소매 산업에서는 낮은 온도에서 장시간 가열된 진공포장 식품(sous-vide foods)에 대해 관심을 가지고 있다. 낮은 온도에서 처리된 로우스트비이프는 개봉하지 않은 상태로 저장하는 동안에는 WOF를 발생하지 않으나, 이를 개봉하여 썰은 다음에는 WOF의 발생이 급격히 증가한다.

### 3. 결 과

여러 가지 요인들이 냉장저장된 조리된 육류의 WOF 발생에 영향을 미친다. 원료육(즉, 비타민 E 함량, 원료육의 연령), 공정과 관련된 요인들(산화방지제의 첨가, 열처리, 포장) 및 저장과 관련된 요인(온도, 시간) 등이 이에 포함된다. 조리된 상태의 냉장저장 육제품의 품질을 최적화하기 위한 종합적인 접근이 이루어져야 하고, WOF의 발생을 최소화할 수 있는 모든 요소들에 주의를 기울여야 할 것이다.

출처 : Trends in Food Science & Technology (1994), Vol. 5, p. 322