

# 연구사례

## 훈연 공정중의 제변화

(주) 진주햄 박중희

### · 燻煙工程中的 諸變化

燻煙工程은 특히 축육제품 製造時 重要한 公程이다.

燻煙의 目的으로는

- 제품에 식욕을 돋구는 훈연취를 부여하고
- 제품의 풍미를 釀成시키고
- 외관에 특유의 훈연색을 부여하고
- 肉組織에 아름다운cured meat color를 發現시키고
- 제품의 보존성을 향상시키는 것이다.

이러한 목적을 달성시키기 위해서 행하는 훈연공정 에서는 훈연성분이 肉內에 서서히 감소한다. 또 훈연공정은 꽤 고온에서 행해지는 것이 대부분이기 때문에 단백질변성, 그외 기타성분의 변화를 볼수있다.

이러한 여러가지 변화에 근거하여 각각의 물성이 변화 한다.

### 1. 중량의 변화

훈연공정에서 주로 식품의 수분증발에 따른 제품의 중량은 감소한다.

수분의 감소에 의해 제품의 보존성은 향상되지만, 동시에 중량감소에 따른 제품단위 重量當의 생산비는 당연히 증대 한다.

#### 1) 수분의 변화

훈연공정은 일종의 건조공정이기 때문에 식품중의 수분은 점점 감소한다. 훈연중에 있어서 수분을 자유수와 결합수로 분류하

고, 청어fillet의수분 분포의 변화를 측정하여 표 1. 과 같은 결과를 얻었다. 표1. 에서 볼수있듯이燻乾의 진행에 따라서, 전 수분량은 감소하고 그 경우 자유수의 감소가 두드러진다. 乾物1g 당 결합수량도 감소한다. 燻乾후기에 있어서는 육단백질이 어느정도 분해가 일어나기 때문에 이시기의 결합수 감소의 경향은 단백질과물과의 결합력 저하를 나타내는 것이라고 생각되어진다. 훈제식품중의 水의 증발은 제품의 표면에서의 현상이

지만, 동시에 제품의 내부에 있어서의 水의 이동이 있어야 한다. 일반적으로 식품의 증발감소 속도는 표면의 증발속도에 의해 결정된다. 深部の水이표면에 이동하는 속도는 여러가지 因子에 좌우되지만 이 이동속도가 증발속도보다 적을때에는 표층의 水分을 잃고 건조하고 연화한다. 증발속도가 너무 빠를 때는 표면의 연화가 급격히 진행되고 거의 수축하는 것은 없고 견고한 벽을 형성한다.

표1. 청어fillet훈제증의 수분량의 변화

단위%

乾日數	全水分		自由水		結 合 水	
	原物中	原物中	全水分中	原物中	全水分中	乾物1g 當g數
風乾 후	73.14	69.65	95.23	3.49	4.77	0.13
燻乾1일후	64.92	55.45	85.41	9.47	14.59	0.27
“ 2	58.54	47.76	81.60	10.78	18.40	0.26
“ 4	43.19	38.01	88.17	5.11	11.83	0.09
“ 5	37.12	27.69	74.6	9.43	25.40	0.15
“ 6	43.48	35.00	80.50	8.48	19.50	0.15
“ 8	39.83	32.01	80.37	7.82	19.63	0.13
“ 9	33.34	30.01	90.01	3.33	9.99	0.05
“ 11	30.07	25.91	86.17	4.16	13.83	0.06
“ 14	25.28	21.54	85.28	3.72	14.72	0.05

다음표2는 당사의 SMOKE HOUSE를 이용, 제품별, PROGRAM별, LOSS율을CHECK한결과이다.

표2 품목별 SMOKE HOUSE PROGRAM별LOSS 을 비교 단위%

구분	호기	DRY %	HOT INTEN SMOKING	STBAN SMOKING	COOKING	SHOWER 후	냉각 1HR	2HR	4HR	15HR
PRESS HAM (230G)	4	0.95%	2.99%		1.77	0.41	2.99	3.40		5.17%
			2.04		-1.22	-1.36	2.58	0.41		1.77
PRESS HAM (330G)	4	0.57	2.28		1.24	0.29	2.57	2.95		4.47%
			1.71		+1.04	-0.95	2.28	0.38		1.52
PRESS HAM (1000G)	9	0.50	3.60	2.66	2.10	0.88	2.57	3.54		4.98
			3.1	-0.94	-0.56	-1.22	1.69	0.97		1.44
SAUSAGE (#26)	8	6.70	11.79	11.43	11.34	11.70	13.54	14.27	14.73	
			5.09	-0.36	-0.09	0.36	1.84	0.73	0.46	
SAUSAGE (#20)	8	6.9	12.01	11.85	11.70	12.06	13.92	14.75	15.21	
			5.11	-0.16	-0.15	0.36	1.86	0.83	0.46	

여기에서 훈연전에 행하는 DRY공정은 육을 저온에서 경도로 가볍게 건조시키는 것이며, 훈연이 육중심부에 잘침입 할수 있는 다공질적 조직을 만드는 데 목적이 있다. 건조의 정도는 최초 육표면에 물방울에 생기나 좀더 경과 하면 수분이 증발되고, 육표면에 팽택이 생기며, 단백질의 얇은 탄력있는 건조막이 되는데 이정도에서 훈연을 행한다.

건조시 주의 할점은 낮은 온도에서 실시해야 하며, 고온에서는 비교적 두꺼운 단백질의 열응고막이 형성되어 육표면에 다공질적 조직을 얻을수없다, 그러므로, 훈연하여도 연기가 육중심부에 침입하지 않고 표면만 굳어지고 내부는 수분이 많아서 불균질하고, 부패로 품질이 열등하게 된다.

2) 중량의 변화에 영향을 미치는 요인

① 온도와 습도

제품 중량의 감소율에 영향을 큰것은 온도와 습도이다.

圖1.에서 볼수있듯이 소재지를 여러가지 온도에서 가열하면 고온이 될수록 중량감소의 속도가 빠르다.

온도가 높을수록 최대 증기압이 증대하기 때문에 훈연량이 동일하면 습도가 상대적으로 저하하여 건조가 촉진되기 때문이다.

또 표3.과 같이 건조한 훈연재보다도 습한 훈연재를 사용하는 편이 제품의 중

량 손실이 적은것으로 나타났다.

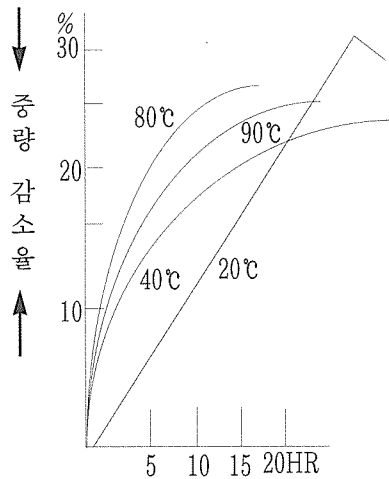


圖1. 가열 온도에 의한 제품중량의 감소율 변화

표3. CHIP수분함량에 따른 감량비교

품목: PRESS HAM330g

CHIP 수분함량	훈연전 중량	훈연후 중량	감량	비 고
45%	355.2g	345g	2.87%	S/H:3호기, 5회 실시 평균
50%	356.8g	348g	2.47%	DATA:10/1 -10/31

또 표3.과 같이 건조한 훈연재 보다도 습한 훈연재를 사용하는 편이 제품의 중량 손실이 적은것으로 나타났다.

② 공기의 유속

공기의 유속도 중량 감소율에 영향을 미친다.

예를 들면, 공기의 유속을 3M/SEC에서 1.5M감소시키면 건조의 속도는 80°C에서 약 25%는 늦어지는 것으로 알려져 있다.

③ 원료육의 종류에 의한 차이

원료육	雄牛(14세)	雌牛(6세)	雌子牛(1.5세)	豚(9개월)
감소율%	12.4%	12.9%	12.6%	11.2%

④ 지방의 첨가량에 의한 차이

지방첨가율	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%
감소율%	16.3	14.1	11.7	10.5	8.4	7.1	7.3

⑤ 水の첨가량에 의한 차이

水첨가량%	70%	85%	100%	비 고
감소율%	18.2	18.4	23.4	

⑥CASING SIZE에 의한차이

CASING구경	14-16m/m	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26
감소율%	14.7%	12.7%	10.8%	11.0%	10.0%	9.6%

2. 煙 成分의 蓄積

훈연 시간의 경과에 따라서 연기 성분은 육 내부까지 침투한다.

육중의 연기 성분을 분석 하면, 약 2000여종의 유기 화합물이 분리 또는 고정되어 있다. 이것들의 성분량에서 훈연의 침투도를 알수 있는 것이 가능하다. 훈연 제성분중, 훈연 침투 정도의 지표로서는 포름알데히드, 카르보닐류, 산류, 페놀류등이 이용된다.

· 훈연 성분 침투에 영향을 미치는 제인자

훈연 성분의 침투에는 훈연시간의 장단, 훈연 온도, 훈연재료의 차이, 육조직의 차이 등 여러가지 因子가 관여 한다.

1) 훈연시간의 장단

훈연을 장시간 행하면 서서히 알데히드 흡수량이 증가한다.

표4는 육의 훈연에 대하여 행한 실험 결과 이다.

구 분	훈연에 의한 수분 감소량%	對照100G에 상당하는 훈연중의 알데히드 함량
1. 對照(훈연하지않은것)	0.00%	1.72mg
2. 훈연2HR경우	9.86	2.07
3. 훈연4HR경우	13.98	2.78
4. 훈연6HR경우	17.50	3.53

표4. 훈연 시간 장단에 의한 포름알데히드의 변화

2) 훈연 온도의 차이

훈연온도를 변화하고 소세지를 시료로해서 동일시간 (4.5HR)에 CHIP 3KG를 사용해서 훈연을 행한경우의 소세지 내의 포름알데히드의 측정결과는 표5와 같다.

구 분	훈연에 의한 수분의 감량	대조100G에상당하는 훈연중의 알데히드 함량
1. 對照(훈연하지 않은것)	0.00%	1.09mg
2. 훈온도20℃경우	3.89	3.12
3. 훈온도40℃경우	12.20	3.27
4. 훈온도60℃경우	20.26	4.72

· 표5. 煙온도에 의한 SAUSAGE내의 포름알데히드의 변화

표5에서 볼수있듯이 훈연온도의 상승에의해 육중의 알데히드 함량이 증가한다.

### 3) 훈연 재료의 차이

훈연재의 차이에 의해 생성하는 알데히드량이 다르며, 알데히드 흡수량도 표6 처럼 각각 다르다.

참나무 톱밥을 사용하는 경우	4.92mg
삼나무(杉材) "	3.31
왕겨 "	4.03

· 표6. 훈연재료의 차이에의한 훈육의 알데히드 흡수량의 변화(훈육 100g 중의 전 알데히드량)

표6. 에서 볼수있듯이 , 경질목의 톱밥을 사용한 경우는 연질목의 톱밥을 사용한것 보다도, 다량의 알데히드를 흡수하고, 또 왕겨를 사용한 경우는 연질목을 사용한때 보다 다량의 알데히드를 흡수하고 있다.

· 육중에 흡수된 알데히드량은 톱밥자체를 발생 알데히드량과 거의 평행적인 관계를 갖고 있다.

구 분	톱밥수분 (%)	훈 연	
		2 HR	4 HR
신선한 톱밥 사용경우	37.6	2.77	3.60
건조한 "	10.54	2.05	2.16

· 표7. 톱밥의 건조에 의한 SAUSAGE의 포름알데히드흡수량(mg/100g)의 차이

같은류의 훈연재 일지라도 건조의 정도에 의해서도 알데히드의 육중에의 침투량이 다르다. 豚赤肉을이용, 신선한 톱밥과 건조한 톱밥을 사용, 훈연을 행하여 포름알데히드 흡수량을 정량하고 있다.

이결과를 표7. 에 나타냈다. 표7에서 볼수있듯이 습한 톱밥을 사용한때에는 건조한 경우를 사용한 경우 보다도 다량의 알데히드가 육중에 흡수된다.

### 4) 육 조직 차이

육 조직의 차이에 의해서도 포름알데히드의 흡수량이 다르다.

豚赤肉 (근육조직)과 지방조직에 대해서 대체로 같은 크기의 반원형의 육편을 염지후 혼연해서 육내부의 알데히드량을 정량한 결과를 표8과 같이 보고하고 있다.

· 표8. 육 조직 차이에 의한 알데히드 흡수량 (mg/100 g)

조직 구분	혼 연	
	12 HR	24 HR
적육 조직	2.94	4.64
지방 조직	0.46	0.50

이표에서 볼수있듯이 ,지방조직은 적육에 비해서 혼연침투가 적고, 알데히드 함량은 후자의 1/6-1/10정도이다.

지방조직이 알데히드 흡수량이 적은 이유에 대해서는

- 세포조직 구성상의 차이
- 지방조직에 있어서는 알데히드를 흡수하는 액기스성분, 더구나 아미노산, 암모니아 등의 화합물이 존재하지 않는것 이라고 주장하고 있다.

### 3. 단백질의 변화

축육 단백질은 표9와 같은 단백질 구성이다. 이 단백질들은 표9에 나타난 것처럼 MYOSIN은 42℃-51℃에서, MYOGEN류는 55℃-65℃에서 변성하고 응고한다. 따라서 육제품을 가열할때 그온도가 42℃이하, 42℃-55℃, 55℃이상의 경우에는 제품의 성질은 현저하게 달라진다.

예를들어 육주스를 가열하면 50℃에서는 단백질량의 55%가 응고 침전하고 60℃에서는 96%가 침전한다. 이때문에 육주스는 가열에 의해 단백질 함량이 줄어들고 동시에 점도등 물리성질도 변화 한다. 육제품에서는 이 영향이 硬度에 나타나 왔다.

SAUSAGE의 재료는 대단히 부드러운 EMULSION상태이지만 水煮하는 것에 의해 단백질은 응고를 일으켜 굳게 된다. SAUSAGE혼연온도를 여러가지로 變化시켜서 그 針入度を 측정 한 결과는 圖2와 같다.

표9. 축육 단백질의 구성

구 분	구성 (%)	변성온도(℃)
MYOSIN	50	42-51
STROMA	20	
MYOGEN+		
GLOBULIN	30	55-65

圖2. 가열온도에 의한 경도의 경시적 변화 (PORK SAUSAGE)

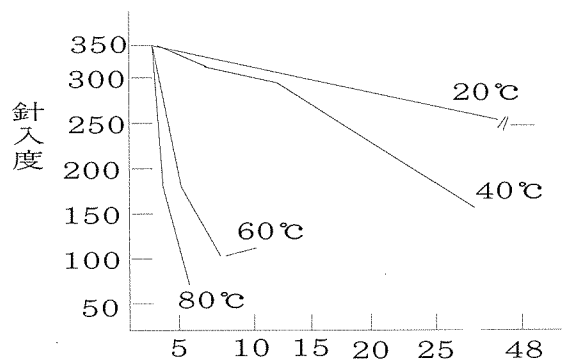
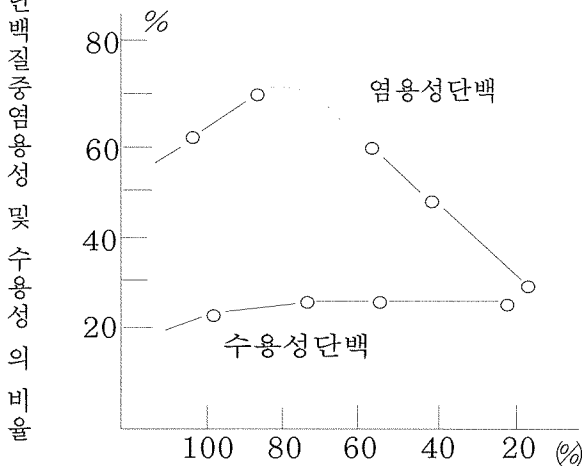


圖2에서 볼수 있듯이 60℃이상에 가열된 것은 단백질의 응고에 의해 굳게되고, 한편 20℃ 가열에서는 굳기에 영향을 미치는 것 같은 단백질의 변성은 일어나지 않는다 다시 말하면 이것들의 SAUSAGE를 훈연, 水蒸해서 針入度를 측정하면 훈연온도의 정도에 관계없이 어느것이나 100에 가까운 수치가 된다. 魚肉 건조중의 단백질 변성에 대하여 탈수에 따른 염용성 단백질(MYOSIN계 단백질) 및 수용성 단백질(알부민계 단백질, EX; MYOGEN)의 양적 변화를 추적하고, 히라메(ヒラメ)肉에 대하여 도 3 과 같은 결과를 얻고있다 이 결과에서 볼수 있듯이 건조공정에서 단백질의 변성(불용화)을 강하게 얻을 수 있는것은 염용성 단백질이고 수용성 단백질은 변성을 비교적 얻기 어렵다. 어류의 훈건중에 있어서도 이것과 같은 양상으로 생각할 수 있다.

전 · 圖3. - 건조수율(W/We×100) We: 건조전 중량 W: 건조후 중량



#### 4. 色調의 變化

HAM이나 SAUSAG의 독특한 담적색은 NITROSO CHROMOGEN의 색이다이색은 육제품의 CURED MEAT COLOR라고 불려지고 있다. 축육제품의 이색의 潑現은 제품의 품질을 평가하는 면에서 중요한 인자의 하나가 되었다.

##### 1) CURED MEAT COLOR의 潑現

육제품의 이CURED MEAT COLOR 의潑現에는 염지만이 아니고 훈연도 상당히 관여한다.

PORK SAUSAGE가 충분한 발색을 하는데에 필요한 조건은 표10. 과 같다.

이 표에서 볼수있듯이 염지조건과 훈연조건과는 서로 관련하고 있다.

生挽肉을원료로 하고 CUTTING시에 식염, 아질산나트륨을 첨가, 혼합하는 방법으로 제조한 PORK SAUSAGE의 단면色調를 가열의 조건을 여러가지로 변화한 경우에 있어서측정한 결과를 표11. 에 나타냈다.

이 표에서 볼수 있듯이 아질산염을 육에 첨가한것 만으로는 발색반응은 진행하지 않고 온도와 시간이 그 중요한 인자로 되어있다.

표10. PORK SAUSAGE가 충분발색 하는데 필요한 최저 조건.

염 지	훈 연
3.5℃ 8일	不要
3.5℃ 7일	50~60℃, 2시간
3.5℃ 2일	“, 6시간 ▼ →

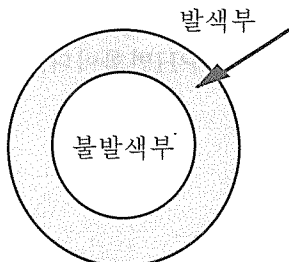
· 표11PORK SAUSAGE의色調에미치는 가열의 영향

가 온도		未가열		20℃		
열 시간	(對照)	1시간	4	8	20HR	
육안소견	미발색	미발색	중심부 조금발색	약간 발색	어느정도 발색	
60℃			0℃			
1시간	2	3	4시간	72시간		
상당히 발색	발색양호	발색양호	발색양호	중심부미발생		

2) SMOKE RING

SMOKE RING이라는것은PORK SAUSAGE에서 때때로 발생하는 것으로 圖4. 처럼 제품단면이 불균 일한 발색을 나타내는 것을 말한다.

圖4. SAUSAGE단면의 발색상태



이것은 硝石을 사용한 염지법에서 돈육을 3.5℃에서 2일간 침지하고 열훈법(최종온도60℃)으로 6시간훈연하여 PORK SAUSAGE를 제조할때 훈연중에 여러가지 시료를 채취

· 표12. 훈연경과와 SAUSAGE횡단면

경 과 시 간	횡 단 면	비 고
훈연전	균일한 회갈색	SAUSAGE의
훈연2시간 후	外周0.8cm폭의輪狀발색	徑:3.2cm
“ 4 ”	“ 1.0cm ”	
“ 6 ”	균일한 담적색(완전발색)	

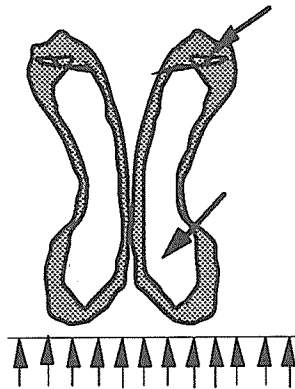
하고, BOILING하여 제품화 하면, 그 횡단면은 표12. 와 같은 발색상태를 나타냈다. 표12. 에서 볼수 있듯이 시간의 경과와 더불어 발색域이 증대하지만 훈연중의 것은 분명하게 SMOKE RING이 생긴다. 훈연중에 발색이 진행하지만 그 발색은 회갈색에서 담적색으로 일정한 형태로 색상이 전환하는 것은 아니고 가장자리에서 조금씩 중심부로 발색域이 넓어지는 것에 의해 발색이 완료한다. 그이유는 다음과 같이 설명되어 진다. 硝石에 의한 염지의 경우 발색반응이 진행하기 위해서는 우선 세균의 증식에 의한 아질산염의 생성이 필요하다. 이반응은 일반적으로 염지공정중에 진행하지만 염지가 저온에서 단시간일때는 전혀 진행되지 않고 아질산염은 거의 생성되지 않는다.



이러한 때는 이 반응을 훈연공정중에 진행시키지 않으면 안된다. 이를 위해서는 훈연이 질산환원균의 발육에 적당한 온도에서 행해지는 것이 바람직하다. 열훈법은 질산환원균의 발육에 적당한 온도에서 행해지는 것이 바람직하다. 열훈법은 질산환원균의 발육적은 보다도 높은 온도에서 행해지지만 肉의 열전도율은 낮기 때문에 外溫이 가령 60℃이어도 제품전체가 이것과 같은 온도에 도달하기에는 꽤 많은 시간이 필요하고 그 과정에 있어서 제품은 일시적으로 30-40℃(세균발육적은)에 유지되는 것이다. 그런데, 훈연온도가 세균의 발육에 적당한 온도가 아니어도 발색은 진행된다. 이 경우, 훈연중에 제품화하면 중심부 까지 충분히 열이 전달되지 않고 외측과 중심부간에 꽤 많은 온도차이가 있는, 그대로 제품화 된다. 결국 外周에서는 세균이 충분히 번식하여 아질산염의 생성이 진행되고 있지만 충분히 생성할 만큼 길게 그 온도가 유지되지 않아서 BOILING에 의해 살균되고 SMOKE RING이 형성되는 것이다. 또, 직화식 훈연실에서 훈연하면, 제품은 연기에 의한 전도열이

외에 복사열의 영향도 받는다. 이 복사열은 圖5.에서 화살표 표시처럼 열원과 마주본 부분만이 받게 된다. 그래서 타부분에 비교해서 이 부분이 받는 가열은 특히 크고 온도의 상승도 급격하다. 그 때문에 이 부분에서는 세균의 발육은 불충분하고 발색은 불량하게 된다. 圖5.에 있어서 불발색부의 넓어짐은 이렇게 해서 생긴다 또한 “종래 훈연실의 온도는 제품을 넣은 후 서서히 상승시키는 것이지만 미리 고온으로 유지된 실내에 제품을 넣고 훈연하면 SMOKE RING을 발생시키기 쉽다”고 말하여지는 이유도 여기에 기인한다.

圖5. SMOKE RING을 형성하는 SAUSAGE의 횡단면.



## 5. 항산화성 증가 및 미생물에 미치는 영향

1) 훈연 공정의 미생물에 미치는 효과에 대해서는 훈연 諸成分의 살균력과 훈연 처리중에 식품중의 수분이 서서히 감소하고, 수분활성이 감소하여 미생물이 생육하기 어렵게 된다는 것으로 알려져 있다.  
2) 훈연은 肉中 지방산화를 지연시키는 역할을 하고 이것은 훈연중에 항산화성을 가진 연기성분이 肉中에 침투하여 肉에 항산화성을 부여하기 때문이다.

## 6. 기타 품질의 변화

이외에도 훈연중에는 여러 가지 물리적 혹은 화학적 인 품질의 변화를 볼 수 있다.

### 1) 鹽清齊의 변화

圖6.은 이러한 변화에 대하여 조사한 하나의 예이다.

### 2) PH의 변화

훈연에 의한 육의 PH가 변화한다.

圖7은 PORK SAUSAGE를 각종의 온도에서 훈연할때의 PH변화이다.

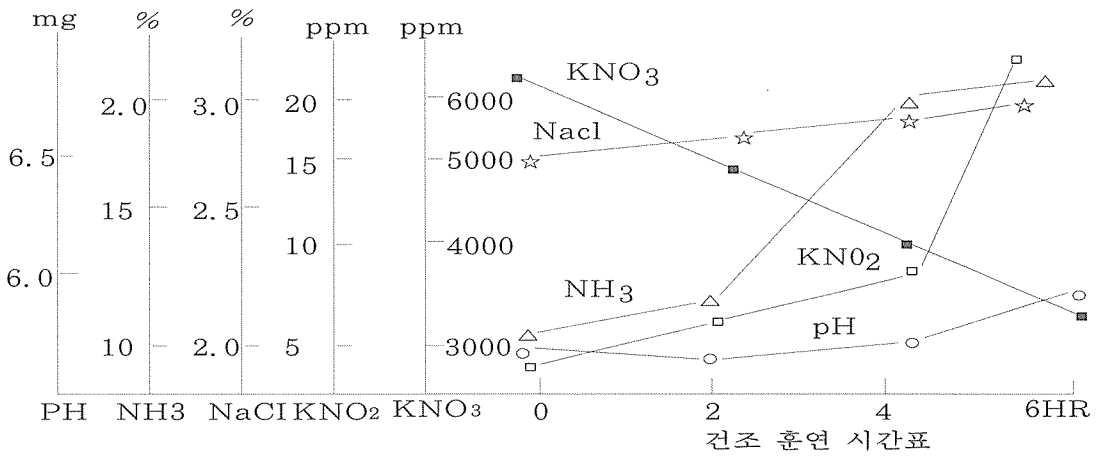


圖7. PORK SAUSAGE의 pH에 미치는 훈연온도의 영향

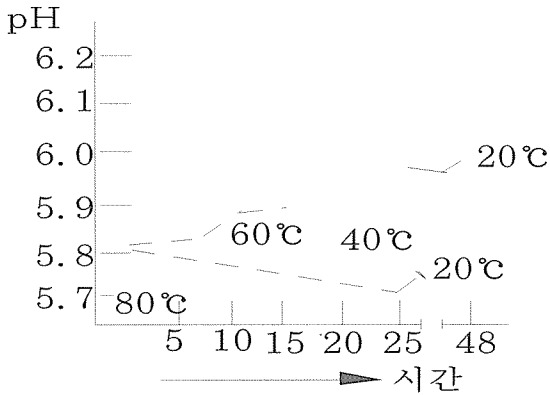
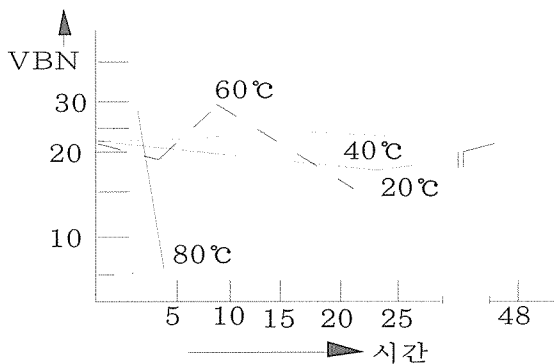


圖6. 훈연중의 염지제의 변화

3) VBN 변화

圖8. PORK SAUSAGE중의 VBN의 변화에 미치는 훈연시간과 훈연온도의 영향



4) TBA 변화

圖9는 PORK SAUSAGE가 열중 유지의 TBA치의 변화이다. TBA치는 지방 산화 정도를 나타내는 하나의 척도이지만 훈연중의 가열온도가 다르더라도 그렇게 큰 변화는 없는 것 같다.

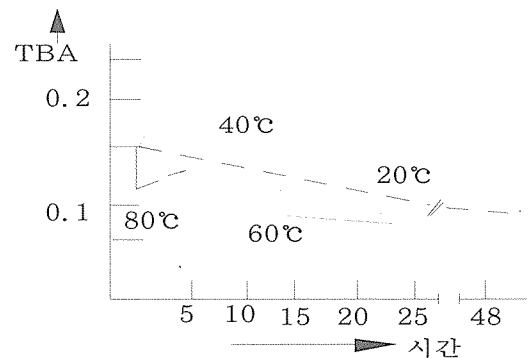


圖9. PORK SAUSAGE의 TBA치에 미치는 훈연시간과 훈연온도의 영향.

---

## ·참 고 문 헌

1. 食肉加工 핸드ブック — 天野慶之, 藤券正生  
安井 勉, 矢野幸男
2. くん製 食品 — 太田靜行
3. 畜産食肉 加工學 — 梁隆, 梁漢喆
4. 燻製食品 — 谷川英一
5. 日畜會報 — 齊藤道雄
6. FOOD MANUFACTURE — C. T HOUSE, C. L. CUTTING
7. 食肉の燻煙と微生物 — 金子精一