

변형기체포장에 의한 어묵의 저장성 향상 및 유통기한 연장

박수연¹ · 안덕순^{1*} · 강준수² · 이동선¹

¹경남대학교 식품영양생명학과

²동의과학대학교 식품영양조리계열

Improved Preservation and Shelf-life Extension of Fish Cake by Modified Atmosphere Packaging

Su Yeon Park¹, Duck Soon An^{1*}, Jun Soo Kang², and Dong Sun Lee¹

¹Department of Food, Nutrition and Biotechnology, Kyungnam University, Changwon 51767, Korea

²Division of Food Nutrition and Culinary Art, Dong-Eui Institute of Technology, Busan 47230, Korea

Abstract Modified atmosphere packaging (MAP) of vacuum, 60% N₂/40% CO₂, 100% N₂ and 100% CO₂ were examined to preserve fried fish cakes and extend their shelf life. When product packages in air were stored at 5, 10, and 15°C with measurement in quality attributes, aerobic bacterial growth was found to be primary quality factor to determine the shelf life of the product. Huang's model was adopted to obtain the parameters for use in shelf life determination for a variety of packaging and storage conditions. Temperature dependence expressed in Arrhenius equation showed activation energies of 139.4 and 41.8 kJ/mol for inverse of lag time and growth rate of the microbial spoilage, respectively. MAP of 100% CO₂ could double the product shelf life at 10°C compared to air package. High CO₂ concentration MAP at low temperature was found to be effective to prolong the shelf life.

Keywords Fish cake, Bacterial growth, Huang's model, Shelf-life, Modified atmosphere packaging

서 론

어육가공품의 종류인 어묵은 쉽게 조리 가능한 반찬 및 기호 간편식으로 남녀노소를 불문하고 일반 소비자에 의해 널리 선호되는 단백질식품으로서 품질의 안전성을 위해 냉장 유통 및 판매되는 제품이다. 2014 가공식품 세분시장 현황조사¹에 따르면 어묵 생산량은 전체 어육가공품 시장의 73%를 차지하고 있으며 제조방식에 따라 구운어묵, 찐어묵, 튀김어묵으로 나누어지는데 튀김어묵의 생산 비중이 높은 편이다. 튀김어묵은 제조과정상에서 사용되는 튀김용 기름과 함께 지방함량이 높고 단백질 등 영양성분이 풍부하여 지질산화와 미생물에 의한 부패로 품질저하를 촉진시킬 수 있다. Jo 등²은 밀봉하지 않은 폴리에틸렌 백에 튀긴 어묵을 보관

할 경우 과산화물가와 산가는 30°C에서 3일 이내 약 2~3배 정도 증가하였고, 미생물 수는 15°C 이상에서 5일 이내 약 4~5배 정도 증가하는 것으로 보고하였다.

이러한 품질변화를 억제하기 위해 어묵제조 시 항산화성 물질이나 항균성 물질을 첨가하여 어묵을 만들 수 있는데, Park 등³은 양파의 항산화성분인 플라보놀을 추출하여 튀김어묵을 제조하고 품질변화를 살펴본 결과 산가와 TBA가, 총균수가 감소하여 저장기간을 1~2일 연장될 수 있음을 보고하였다. Kim 등⁴은 항산화와 항균 특성을 가진 프로폴리스를 단백질변성과 지질산화가 높은 적색육인 양미리 연육에 첨가하여 튀김어묵 제조 시 지방산화 억제와 일반세균의 성장억제로 2~3일의 저장기간을 연장한다고 보고하였다. 또한 항균성 물질인 grapefruit 종자 추출물⁵이나 chitosan⁶을 첨가하여 미생물의 성장을 억제시킴으로써 어묵의 저장기간을 연장하고자 하였다. 제조된 어묵의 위생성 향상을 위해 감마선조사⁷에 의한 효과와 이산화염소 처리 효과도 검토하였는데⁸, 어묵에 감마선 조사 처리하고 진공포장 시 미생물 성장의 억제효과를 보고하였으며, 이산화염소 처리하여

*Corresponding Author : Duck Soon An
Department of Food, Nutrition and Biotechnology, Kyungnam University, Changwon 51767, Korea
Tel : +82-55-249-2360; Fax : +82-505-999-2171
E-mail : ads2004@kyungnam.ac.kr

포장 및 저장하면 어묵의 미생물학적 안전성을 향상시켜 유통기한 연장에 효과가 있음을 제시하였다. 또 다른 측면에서 항균성 또는 항산화성물질이 첨가된 포장용 필름으로 어묵을 포장하여 제품의 품질안전성을 개선할 수 있다. Lee 등⁹⁾은 가식성 필름인 단백질 필름에 항산화제인 녹차 추출물을 첨가하여 튀김어묵을 포장하면 산화를 억제시키는 것으로 보고하였다.

위에서 제시한 방법 외에 어묵의 저장기간을 연장시킬 수 있는 기술로써 변형기체포장(MAP, modified atmosphere packaging)을 고려해볼 수 있다. 변형기체포장은 호기성 변패 미생물을 억제할 수 있도록 포장 내 이산화탄소와 질소 농도를 적절히 조절하여 포장하는 방식으로 지질산패와 호기성 세균의 증식을 촉진할 수 있는 산소를 제거하는 것이다. 이산화탄소는 지질과 수분에 용해되는 특성으로 어묵의 MAP에 적용되어 많은 변패성 미생물의 성장을 저해할 수 있으며, 특히 저온에서 큰 효과를 볼 수 있다¹⁰⁾. 질소는 이산화탄소처럼 식품 내에 용해되지는 않지만, 불활성기체의 특성을 가지고 있어 산소의 대체 가스로 지질산패 및 호기성 미생물의 성장을 억제한다.

따라서, 본 연구에서는 시중에서 생산 판매 비중이 높은 튀김어묵을 대상으로 하여 품질열화 요인을 파악하고, 주요 품질요인으로 확인된 호기성 변패 미생물의 성장 억제측면에서 MAP기술을 적용하여 저장성 확인 및 유통기한의 연장 효과를 확인하고자 한다.

재료 및 방법

1. 어묵

본 실험에 사용된 튀김어묵은 대광 F&C(부산, 한국)에서 당일 생산된 제품을 1시간 이내에 실험실로 수송하여 실험에 사용하였다. 어묵의 평균 무게는 개당 50 g으로 직사각형 형태이고 크기는 10.5×16.5×0.3 cm, pH는 약 6.5~6.8, 수분활성도는 0.93, 염도는 1.8~2.1%이다.

2. 어묵의 포장 및 저장 조건

품질변패 특성 및 미생물 성장에 미치는 저장온도의 영향을 확인하는 실험에서는 어묵을 510±10 g 단위로 PP/PE 필름봉지(68 µm, 15×29 cm)로 포장하고 5°C, 10°C, 15°C에 저장하면서 저장기간에 따른 품질을 측정하였다.

변형기체포장 조건이 미생물 성장에 미치는 영향에서는 적절한 기체농도를 선택하여 적용하였다. 대조구로써 합기포장, 처리구로써 진공포장, 혼합기체(60% 질소/40% 이산화탄소) 포장, 100% 질소 포장, 100% 이산화탄소 포장을 하였다. 300±10 g 단위 어묵을 nylon/PE(105 µm, 17×27 cm) 봉지에 포장하고, 위에서 제시한 기체조성으로 치환한 후 10°C에 저장하면서 저장기간에 따른 품질을 측정하였다. 포장어

묵의 기체치환은 진공포장기기를 사용하여 포장 내 적절한 농도로 진공 혹은 일정 농도의 가스를 주입하였다.

3. 포장 어묵의 기체조성 및 품질측정

포장 기체조성은 CTR I column(Alltech Associates, Deerfield, IL, USA)과 TCD가 장착된 gas chromatography (Model 3800, Varian Inc, Palo Alto, CA, USA)를 이용하여 측정하였다. 초기 시료 및 저장 중 어묵의 품질측정항목은 pH, 염도, 수분활성도, TBARS(thiobarbituric acid reactive substances), 호기성 총균수, 관능적 품질이었다. pH는 시료를 적당량 증류수로 균질화하여 pH meter기(Model 920A, Orion Research Inc., Boston, MA, USA)로 측정하였다. 염도는 시료를 적당량의 증류수로 균질화한 후 염도계(TM-30D, Takamura Electric works, Tokyo, Japan) 또는 식품공전에 제시된 Mohr법에 따라 K₂CrO₄ 지시약을 처리하고 AgNO₃로 적정하였다. 수분활성도는 측정용 cell에 적당량 넣고 수분활성도 측정장치(Model Humidat IC-3/2, Novasina AG, Switzerland)로 측정하였다. TBARS는 Buege 등¹¹⁾의 변형된 방법에 따라 시료를 처리한 후 분광광도계(Model X-ma, 1200V, Human Corporation, Seoul, Korea)를 사용하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였다¹²⁾. 호기성 총균수의 측정을 위하여 어묵 시료 10 g을 살균된 칼로 무작위적으로 취하였다. 이를 멸균 bag에 넣은 후 0.05%로 멸균된 펩톤수 90 mL와 혼합하여 Stomacher(Laboratory Blender 400, London, UK)기기를 이용하여 300 rpm에서 3분간 균질화하였다. 균질시료 1 mL를 순차적으로 희석하여 Plate Count Agar (PCA; Becton, Dickinson and Company, Sparks, NV, USA)배지에 분주하고 각각 30°C에서 2일간 배양한 다음 콜로니수를 계수하였다. 관능적 품질로서 풍미, 조직감, 종합적 기호도에 대하여 5명의 관능요원에 의하여 9점 기호도 척도에 의하여 평가하였다. 관능요원은 식품과학을 전공한 대학원생으로서 어묵의 품질에 대해서 충분한 지식을 가지고 있는 집단이었다.

결과 및 고찰

1. 저장온도에 따른 포장 어묵의 품질변패 특성 및 미생물 성장에 미치는 저장온도의 영향

5°C, 10°C, 15°C의 저장온도에 따라 어묵의 지질산패도 지표인 TBARS를 측정하고 Table 1에 제시하였다. TBARS는 지질의 산화에 의해 생기는 malonaldehyde와 thiobarbituric acid가 반응하여 생성되는 복합체를 측정하는 방법이다. 초기 32.3 mg MDA/kg에서 시작하여 저장초기 일부 감소하였고, 15°C에서 14.1~38.0 mg MDA/kg, 10°C에서 17.1~32.3 mg MDA/kg, 5°C에서 15.4~39.8 mg MDA/kg의 범위로서 각 온도별 최소값과 최대값의 진폭이 크게 나타났다

Table 1. TBARS of fish cake during storage

15°C		10°C		5°C	
Storage time (day)	TBARS (mg MDA/kg)	Storage time (day)	TBARS (mg MDA/kg)	Storage time (day)	TBARS (mg MDA/kg)
0	32.3±7.7	0	32.3±7.7	0	32.3±7.7
1	16.4±2.1	2	17.1±8.3	4	25.4±2.4
2	17.9±6.2	4	30.8±6.7	8	15.4±5.1
4	36.5±10.8	5	24.8±10.1	11	24.2±1.3
5	23.3±7.5	7	18.2±7.0	15	39.8±14.4
7	23.6±7.1	9	19.5±9.4	17	28.4±3.8
8	14.1±6.4	12	31.1±7.4	19	32.0±6.1
9	24.0±4.5			22	37.6±9.0
11	38.0±11.7			25	20.4±7.2
12	24.4±4.9			28	29.0±4.8
				35	29.2±2.0

Values are means±standard deviations.

며, 10°C에서 다소 낮은 진폭으로 유지되었다. 전체적으로 저장온도별 저장기간별로 일관성 있는 경향을 나타내지는 않았다. 실험에 사용된 어묵은 기름에 튀겨지는 과정 중에 일부 산화진행이 이루어졌으며, 튀김에 사용되는 기름의 신선도에 따라 영향을 받게 되어 시료 개체 간에 변이가 크게 나타난 것으로 간주된다. 또한, 기름의 신선도를 파악하기 위해 튀김공정에 사용된 기름의 상태를 확인하는 선행 검증 작업이 진행되지 못한 점은 어묵의 지질 산패도를 설명하는데 있어서 본 연구의 한계점으로 생각된다. 본 연구에서 TBARS 초기 값은 평균 32.3 mg MDA/kg으로 측정되었고, Shin⁸⁾ 등은 약 9.67 mg MDA/kg으로써 약 3~4배 정도의 차이를 보여 사용되는 기름의 신선도와 시료에 따른 개체간의 차이가 크게 나타나는 것으로 알 수 있었다. 비록 식품의 산화를 나타내는 TBARS 값이 저장 중 보편적으로 증가하지만 myosin과 같은 단백질 성분 등에 따라서 영향을 받을 수 있는 점이 있어서 여러 단백질을 함유한 어묵의 산화 정도를 나타내는 데에 한계가 있을 수도 있을 것으로 생각된다¹²⁾. 따라서, 지질산화도를 나타내는 TBARS는 개체간의 변이가 크게 나타남으로 인해 전체적인 증가 또는 감소 경향을 확인할 수 없어 어묵의 품질변패를 표현하는 품질인자로 적절하지 않은 것으로 간주하였다.

저장온도에 따른 어묵의 호기성 변패 미생물은 실험을 통해 확인해본 결과 시간에 따라 미생물 성장이 증가하는 것으로 확인되었다(Fig. 1). 저장온도가 높을수록 미생물 증가 속도가 빠르고, 유통기한은 짧아지는 것으로 확인되었으며, 최대 성장 균농도는 저장온도에 상관없이 비슷한 경향을 보였다. 실험에 적용된 저장온도가 다르기는 하나 Kang 등¹³⁾의 결과에서도 30°C, 35°C, 40°C에서 저장한 어묵에서 온도가 높을수록 최대증가속도는 증가하고, 유통기한은 짧아지는 것

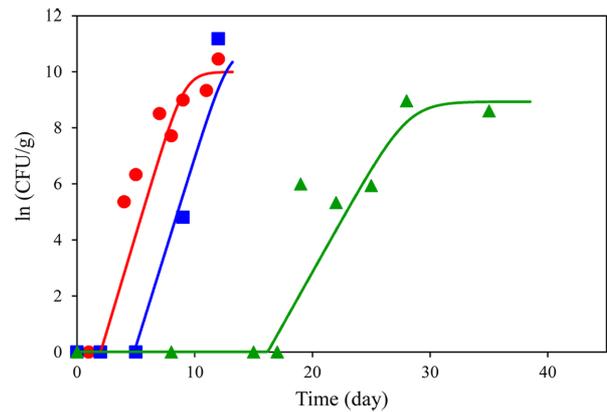
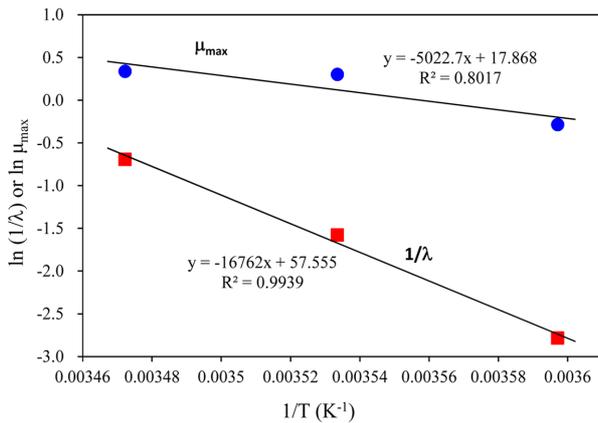


Fig. 1. Aerobic bacteria growth on fish cake during storage. Solid lines are fitting to Eq. (1). ●: 15°C; ■: 10°C; ▲: 5°C.

로 확인하였다. 저장 온도에 따른 미생물 성장이 증가하는 것으로 나타나서 호기성 변패 미생물을 어묵의 주요 품질인자로 결정하고, 체계적인 분석을 위해 미생물 성장에 대한 예측미생물학인 Huang의 모델을 사용하여 실험값과 예측값을 평가하였다(Fig. 1). 저장온도에 따른 미생물 성장 패턴에 있어 실험을 통한 실험값과 모델을 통한 예측값이 비교적 잘 일치하였으며, 온도가 낮을수록 미생물의 성장이 지연됨을 알 수 있고, 온도가 높을수록 유통기한이 짧고 성장속도는 빨랐다. 이는 미생물 성장을 그 parameter로 표현하는 Huang의 방정식 (1)로 나타내었을 때¹⁴⁾, 유통기한에 미치는 온도의 영향이 현저히 나타났고, 성장속도(μ_{max})에서는 상대적으로 둔감한 온도의 영향을 보여주었다(Table 2). 즉, 유통기한은 5°C, 10°C, 15°C의 저장온도에 따라 16.2일, 4.9일, 2.0일로 제시되었으며, 성장속도는 온도변화에 상관없이 0.75일에서

Table 2. Huang's model parameters for aerobic bacterial growth on fish cake

Index	15°C	10°C	5°C
Initial microbial number ($\ln N_0$)	0.01	0.01	0.01
Maximum specific growth rate (μ_{\max} , d^{-1})	1.40	1.35	0.75
Lag time (λ , d)	2.00	4.85	16.20
Maximum microbial number ($\ln N_{\max}$)	10.00	10.85	8.94

**Fig. 2.** Arrhenius plot showing temperature dependence of aerobic bacterial growth in fish cake.

1.40일 사이에 있었다. 30°C, 35°C, 40°C의 저장온도에서 Gompertz model을 활용한 Kang 등¹³⁾의 결과에서도 유도기는 온도의 영향을 받았고, 성장속도는 온도에 따른 유의적인 차이가 없었다.

$$\ln N = \ln N_0 + \ln N_{\max} - \ln \{ \exp(\ln N_0) + [\exp(\ln N_{\max}) - \exp(\ln N_0)] \cdot \exp(-\mu_{\max} B) \} \quad (1)$$

여기서 N 은 시간 t (d)에서의 미생물수(CFU/g), N_0 는 초기 미생물수(CFU/g), N_{\max} 는 최대 미생물수(CFU/g), μ_{\max} 는 최대비성장속도(1/d), B 는 아래 식 (2)와 같이 정의되며 유도기 λ (d)를 포함하고 있다.

$$B = t + \frac{1}{25} \ln \left(\frac{1 + \exp[-25(t - \lambda)]}{1 + \exp(25\lambda)} \right) \quad (2)$$

호기성 변태 미생물의 증식을 실제 포장 어묵의 일반적인 유통기한 설정의 의미로 보면, 10°C에서 현재 시중에 판매되는 어묵의 일반적인 유통기한 10일은 유도기 4.9일보다는 현저히 길고 미생물수 약 10^3 /g ($\ln N=6.95$)에 해당되는 것으로 확인된다.

5°C, 10°C, 15°C에서 호기성 세균의 증식에 미치는 온도의 영향은 Arrhenius 방정식(식 (3))의 관계를 통하여 나타내면, Fig. 2와 같이 나타낼 수 있었고, 이러한 온도의존성의

관계는 유도기와 최대비성장속도 값을 활용하여 추후에 어묵의 유통기한 설정에 활용하였다. Fig. 2에 제시된 결과로 보면, 유도기에 미치는 온도의 영향이 성장속도에 대해서보다 훨씬 커서 활성화 에너지 139.4 kJ/mol를 보였다. 그리고, 성장속도에 대한 활성화 에너지는 41.8 kJ/mol로 비교적 낮은 온도의존성의 범위에 있었다.

$$k = k_0 \exp\left(\frac{-E_a}{RT}\right) \quad (3)$$

여기서 k 는 온도 T (K)에서의 유도기의 역수($1/\lambda$)나 최대비성장속도(μ_{\max}), k_0 는 유도기의 역수나 최대비성장속도에 해당되는 상수($1/\lambda_0$, $\mu_{\max 0}$), R 은 기체상수($8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$), E_a 는 활성화 에너지(J/mol)이다.

2. 변형기체포장 조건이 미생물 성장에 미치는 영향 및 유통기한 설정

Fig. 3에서는 어묵의 여러 변형기체포장 조건에서 내부 기체조성의 변화를 나타내었는데, 진공포장조건은 포장재와 식품이 빈공간이 없을 정도로 수축하여 내부기체조성을 측정할 수 없어 제시하지 않았다. 미생물 성장에 미치는 영향 분석에서는 미생물 측정을 저장 29일까지 진행하였으며, 포장 내 가스농도 변화 측정 실험은 저장 22일까지 실시하여 저장 29일 데이터는 제시하지 않았다. 즉, 합기 포장에서는 저장 22일 이후 포장 내 과도한 곰팡이 성장으로 가스측정이 불가능하였다. 100% 이산화탄소 포장에서는 포장 내 빈공간이 감소하면서 식품과 포장이 밀착된 모양을 보였는데, 이는 이산화탄소가 식품에 지속적으로 녹아 들어감에 따른 현상으로 이해되었다. 이 상태에서 가스분석기의 기체시료 채취 과정에 외부 가스가 포장 내로 투입되는 현상으로 인하여 측정값에서 산소 및 질소 농도 증가와 함께 이산화탄소 농도의 감소로 나타나, 정확한 데이터를 측정할 수 없었다. 그래서, 다른 포장 처리구와의 일치된 데이터 해석을 위해 저장 22일까지 데이터만 제시하였다. 대체적으로 합기 포장은 초기 기체조성에서 저장동안 큰 변화를 보이지 않았다. 100% 질소치환 포장은 포장 초기 산소(2~3%)가 일부 남아 있었으며, 저장기간 동안 유지되다가 저장 22일에 산소 농도는 1.4%, 이산화탄소 농도는 0.6%로 측정되었다. 이산화탄소를 함유하고 있는 이산화탄소(100%) 포장 및 혼합

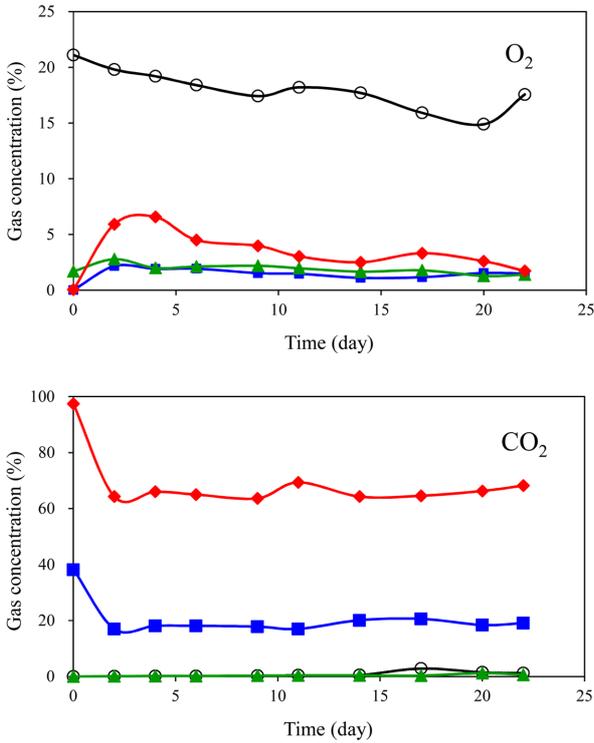


Fig. 3. Gas concentration in fish cake packaging during storage at 10°C. ○: Control; ■: 60% N₂/40% CO₂; ▲: 100% N₂; ◆: 100% CO₂.

기체(60% 질소/40% 이산화탄소) 포장에서는 초기 산소농도가 거의 0%로 잘 조절되었고, 저장 2일째 이산화탄소 농도의 감소와 질소 및 산소 농도의 증가가 나타났다. 이는 식품에 이산화탄소가 용해되어 포장 내 이산화탄소 양이 감소하면서 용해가 거의 없는 산소와 질소의 양은 일정하면서 기체 조성의 상대적 비율이 달라짐에 따른 것으로 추정된다. 그리고 이들 포장에서 그 이후에는 저장 22일까지 별다른 기체조성의 변화가 없었다.

Fig. 4에서는 여러 변형기체포장 조건에서 호기성 세균수의 증가를 보여주고 있다. 합기 포장에 비해 모든 변형기체포장이 억제된 호기성 세균 증식을 보였고, 특히 100% 이산화탄소 포장이 유도기의 연장과 성장속도의 현저한 감소

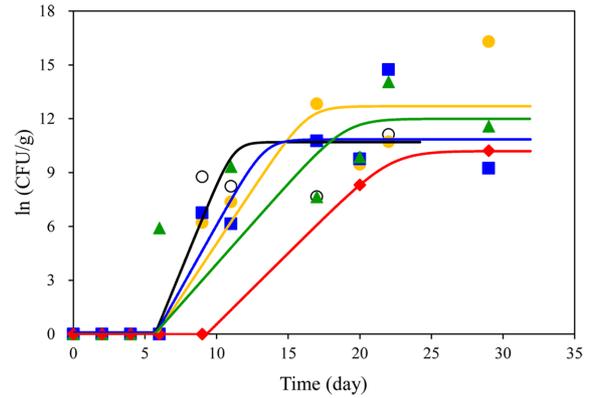


Fig. 4. Effect of MAP conditions on aerobic bacterial growth on fish cake during storage at 10°C. Solid lines are fitting to Eq. (1). ○: Control; □: Vacuum; ■: 60% N₂/40% CO₂; ▲: 100% N₂; ◆: 100% CO₂.

를 나타내었다. 진공, 100% 질소 및 혼합기체 포장의 효과는 합기포장과 비교 시 미생물 성장의 유도기는 비슷하고, 성장속도 부분은 감소한 것으로 나타났다. 이러한 효과는 식(1)로 표현한 미생물 성장의 parameter값으로도 나타났다 (Table 3). 앞에서 검토된 바에 따라, 현재 시중에서 판매되는 제품에 대한 유통기한에서의 미생물수 약 10³/g (ln N=6.95)에 이르는 시간을 연장시키는 데에는 변형기체 조건이 일정 부분 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 그 중에서도 100% 이산화탄소 치환 포장의 효과가 현저히 나타났다. 저장된 어묵의 관능적 품질에서는 관능요인을 대상으로 혼련을 통해 초기 품질 9점에서 시작하여 관능적 품질을 확인하였는데, 대부분 저장기간에서 합기포장에 비해 변형기체포장이 우수하였다(Table 4). 현재 시중에서 산소를 제거하는 목적으로서 철계 산소흡수제를 넣은 포장의 많이 이용되는데, 본 연구에서의 100% 질소 및 진공 포장에 대응할 수 있을 것으로 보인다. 다만, Fig. 3에서 진공 및 질소치환포장은 포장내부 산소가 일부 남아있으며, 실험실 조건이어서 완벽한 제거에 어려움이 있었고, 만약 생산공정 라인에 적용한다면 기기적으로 완벽한 제어가 가능할 것으로 본다.

진공, 혼합기체, 100% 이산화탄소 포장 등 내부 산소를

Table 3. Parameters of aerobic bacteria growth on fish cake packaged in different modified atmospheres and stored at 10°C

Index	Control	Vacuum	60% N ₂ / 40% CO ₂	100% N ₂	100% CO ₂
Initial microbial number (ln N ₀)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Maximum specific growth rate (μ _{max} , d ⁻¹)	1.95	1.20	1.42	0.90	0.79
Lag time (λ, d)	5.70	5.80	5.80	5.70	9.30
Maximum microbial number (ln N _{max})	10.70	12.70	10.85	12.00	10.20

Table 4. Sensory test of fish cake at storage 17 days

Storage time (day)	Flavor	Firmness	Overall acceptability
Control	2.18 ^b	2.27 ^c	1.73 ^c
Vacuum	4.36 ^a	4.18 ^a	3.82 ^a
60% N ₂ /40% CO ₂	4.45 ^a	4.45 ^a	4.09 ^a
100% N ₂	4.27 ^a	3.55 ^{ab}	3.64 ^{ab}
100% CO ₂	3.64 ^a	3.09 ^{bc}	2.82 ^b

Any two values in the same column followed by the same superscript are not significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

제거시킨 변형기체포장이 호기성 세균수의 증식을 억제하는 면과 이에 따른 관능적 품질 보존효과를 함께 고려하면 변형기체포장은 어묵의 저장성 향상을 위한 유용한 보존수단이 될 수 있을 것으로 나타났다.

앞에서 확인된 바에 따라서 유통기한 품질한계로서 호기성 총균수 $10^3/g$ ($\ln N=6.95$)에 이르는 시간으로 정의하고, 검토된 포장기술의 적용 시에 이에 도달할 수 있는 저장기간을 포장 기술과 저장온도조건에 따라 결정하여 제시하고자 하였다. 체계적인 유통기한 설정을 위하여 전체적인 연구 결과의 종합정리로부터 포장 및 저장 조건별 유도기(λ)와 최대비증식속도(μ_{max})를 얻고, 이로부터 품질한계에 이르는 시간(t_s)을 식 (4)에 의하여 결정하였다.

$$t_s = \lambda + \frac{\ln \frac{N_c}{N_0}}{\mu_{max}} \quad (4)$$

10°C 대조구인 합기포장에서 유통기한이 9.3일로 계산되었으며, 이러한 기간은 현재 시중에서 판매되는 어묵의 유통기한과 거의 일치한다. 이에 비해 진공포장에서 11.6일, 60% 질소/40% 이산화탄소 치환 포장에서 10.7일, 100% 질소 치환 포장에서 13.4일, 100% 이산화탄소 치환 포장에서 18.1일의 유통기한을 얻을 수 있다. 진공, 100% 질소 포장 및 혼합기체 포장의 경우에도 약 1~3일 정도의 유통기한을 연장할 수 있고, 100% 이산화탄소 포장은 약 8일 정도의 유통기한을 연장할 수 있다.

요 약

반찬이나 간식으로 이용되는 소비성이 높은 튀김어묵에 대해서 진공, 60% N₂/40% CO₂, 100% N₂ 및 100% CO₂의 변형기체포장조건을 사용하여 저장성 향상과 유통기한 연장을 얻을 수 있는 가능성을 검토하였다. 5°C, 10°C, 15°C의 온도 조건에서 저장하면서 품질변화를 측정된 결과 주요 품질열화요소로서 호기성 세균 증식임이 인지되었다. 호기성 세균수 성장을 Huang의 수학적 모델을 통하여 표현하고, 포

장 및 저장온도조건에 따른 모델 parameter를 구하였고, 이를 사용하여 한계 미생물 수준에 도달하는 기간으로서 포장 및 온도 조건에 따른 저장유통기한을 설정하여 제시하였다. Arrhenius 방정식으로 표현된 미생물 성장의 온도의존성에서는 유도기의 역수에 대해서 활성화 에너지 139.4 kJ/mol, 성장속도에 대한 활성화 에너지는 41.8 kJ/mol로 얻어졌다. 변형기체포장의 효과에서, 10°C에서 100% 이산화탄소 포장이 호기성 세균 증식을 효과적으로 억제하여 합기포장에 비하여 약 2배의 유통기한을 확보하여 저장성을 향상시킬 수 있었다. 고이산화탄소 상태에서 저온의 온도 조건을 활용하여 저장유통기한을 연장할 수 있을 것으로 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 (사)부산어묵전략식품사업단의 연구비 지원으로 수행되었으며, 어묵 실험에 도움을 준 조민경 학생에게 감사드립니다.

참고문헌

- 2014 Processed food subdivision market status survey. Korea Agro-Fisheries & Food Trade Corporation. Seoul.
- Jo, E. J., Ahn, E. S., and Shin, D. H. 1997. Lipid and microbial changes of fried foods at market during storage. *J. Food Hyg. Safety* 12: 47-54.
- Park, Y. K., Kim, H. J., and Kim, M. H. 2004. Quality characteristics of fried fish paste added with ethanol extract of onion. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 1049-1055.
- Kim, G. W., Kim, G. H., Kim, J. S., An, H. Y., Hu, G. W., Park, I. S., Kim, O. S., and Cho, S. Y. 2008. Quality of fried fish paste prepared with sand-lance (*Hypopterychus dybowskii*) meat and propolis additive. *J. Korean Fish. Soc.* 41: 170-175.
- Cho, S. H., Joo, I. S., Soo, I. W., and Kim, Z. W. 1991. Preservative effect of grapefruit seed extract on fish meat product. *Korean J. Food Hyg.* 6: 67-72.
- Cho, H. R., Chang, D. S., Lee, W. D., Jeong, E. T., and Lee, E. W. 1998. Utilization of chitosan hydrolysate as a natural food preservative for fish meat paste product. *Korean J. Food*

- Sci. Technol. 30: 817-822.
7. Kim, J. H., Jeon, J. Y., Ryu, S. R., Kim, Y. J., Suh, C. S., Lee, J. W., and Byun, M. W. 2004. Microbial quality and physicochemical changes of grilled fish paste in a group-meal service affected by gamma-irradiation. *Korean J. Food Preserv.* 11: 522-529.
 8. Shin, H. Y., Lee, Y. J., Park, I. Y., Kim, J. Y., Oh, S. J., and Song, K. B. 2007. Effect of chlorine dioxide treatment on microbial growth and qualities of fish paste during storage. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 50: 42-47.
 9. Lee, S. H., Lee, M. S., Park, S. K., Bae, D. H., Ha, S. D., and Song, K. B. 2004. Physical properties of protein films containing green tea extract and its antioxidant effect on fish paste products. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 33: 1063-1067.
 10. Sivertsvik, M., Jeksrud, W. K., and Rosnes, J. T. 2002. A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products-significance of microbial growth, activities and safety. *Int. J. Food Sci. Technol.* 37: 107-127.
 11. Buege J. A. and Aust, S. D. 1978. Microsomal lipid peroxidation. In: *Methods in Enzymology*, Vol. 51. ed. by Fleischer, S., Packer, L., Academic Press, New York, USA. pp. 303-310.
 12. Pettersen, M. K., Mielnik, M. B., Eie, T., Skrede, G., and Nilsson, A. 2004. Lipid oxidation in frozen, mechanically deboned turkey meat as affected by packaging parameters and storage conditions. *Poult. Sci.* 83: 1240-1248.
 13. Kang, J. H. and Song, K. B. 2013. Developing a predictive model for the shelf-life of fish cake. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 42: 832-836.
 14. Huang, L. 2011. A new mechanistic growth model for simultaneous determination of lag phase duration and exponential growth rate and a new Belehradek-typemodel for evaluating the effect of temperature on growth rate. *Food Microbiol.* 28: 770-776.
- 투고: 2017.04.04 / 심사완료: 2017.05.02 / 게재확정: 2017.08.10