

명태의 보관시간에 따른 품질 예측 모델링

심수동·김대욱¹·안수림·이다선¹·김선봉¹

홍광원·이양봉¹·이승주*

동국대학교 식품공학과, ¹부경대학교 식품공학과

Using Modeling to Predict Alaska Pollack Quality during Storage

Soo Dong Shim, Dae Uk Kim¹, Soo Rim An,
Da Sun Lee¹, Seon Bong Kim¹, Kwang Won Hong,
Yang Bong Lee¹ and Seung Ju Lee*

Department of Food Science and Technology, Dongguk University,
Seoul 100-715, Korea

¹Department of Food Science and Technology, Pukyong National University,
Busan 608-737, Korea

Several quality parameters affecting Alaska pollack, *Theragra chalcogramma*, were measured and modeled kinetically under storage at different temperatures: the K-value, trimethylamine (TMA), volatile basic nitrogen (VBN), Torry meter, pH, acid value (AV), total viable cell count (TVC), and colony forming units (CFU) of *Pseudomonas* spp. The off-flavor development time (ODT) was also measured using the R-index sensory test and modeled kinetically. Among the quality parameters, the CFU of *Pseudomonas* spp. was an indicator of the ODT according to a similarity in the Arrhenius temperature dependence, which was derived as a criterion mathematically. The temperature dependence was represented by the Arrhenius's activation energy (E_a). On comparing the E_a of the quality factors and the ODT, the similarity in the temperature dependence was found to be high in the order *Pseudomonas* spp., pH, VBN, TVC, K-value, TMA, AV, and Torry meter. Therefore, *Pseudomonas* spp. was identified as the primary indicator of ODT.

Key words: Indicator of off-flavor development time, Alaska pollack, Fish quality, Temperature dependence, Kinetic modeling

서 론

명태, Alaska pollack (*Theragra chalcogramma*)는 한국의 동해안으로부터 북미캘리포니아 남부에 걸쳐 북태평양 및 동해, 오토츠크해, 베링해의 대륙붕과 그 주변해역에 넓게 분포하는 한류성 어종이다 (Tsuzi, 1978). Alaska pollack은 미국 내에서 1990-1997 수산식품 소비량 3위에 해당할 만큼 소비량이 많은 어종 (Lehrer et al., 2003)으로서 이에 따른 surimi의 원료로 많이 사용된다. 국내에서는 연근해안에서 선어 형태로 어획하여 다양한 형태로 가공을 하므로 가공공정 및 유통저장 중 품질유지와 위생관리에 대한 연구가 필수적이다.

명태의 품질 평가는 생물학적, 이화학적 측정 방법 등의 다양한 평가 방법들이 있지만 실제 소비지에서 소비자의 구매를 결정짓는 요인은 주관적인 관능적 평가에 의한 것이 대부분이다. 따라서 관능적 성질을 대변할 수 있는 객관적인 품질 인자를 고려해야 할 필요가 있다.

생선의 이취발생 화합물들은 주로 미생물에 의한 자연적 부패와 연관이 있다 (Shewan, 1962). 호기적인 조건과 냉동온도에서 저장된 생선은 *Pseudomonas* spp.와 *Shewanella*

*putrefaciens*의 미생물이 주로 발생된다 (Gram and Huss, 1996). 그러나 이취발생은 미생물에 의해 발생하는 것뿐만 아니라 생선의 종과 그 서식지에 의존한다. 명태와 같은 온난기후 생선들의 부패취는 암모니아취 (ammoniacal), 생선취 (fishy), 썩은취 (rotten), 황화수소취 (hydrogen sulfide)와 같은 네 가지로 분류된다 (Gram and Huss, 1996). 또한 이취는 향기성분이 주를 이루므로 SPME-GC-MS를 이용한 연구 (Iglesias et al., 2009)와 같은 기기분석 혹은 일반적인 기호도 관능평가 (Morita et al., 2003)로 이루어져진 것이 대부분이지만, 특수관능기법인 R-index를 적용하여 이취의 미세한 변화를 평가한 바 있다 (Argaiz et al., 2007; Park and Lee, 2008).

명태의 기존 연구사례들은 명태 수리미의 품질연구나 수리미로부터 생성된 식용필름의 속성에 대한 연구가 대다수이다 (Velazquez et al., 2008; Jin et al., 2007; Weng et al., 2007; Shiku et al., 2004). 한편 전통적 명태식혜의 저온 발효 중 생물학적 활성에 대한 연구 (Cha et al., 2004), 명태의 frame protein 가수분해물로부터 나온 새로운 angiotensin-I converting enzyme 저해 펩타이드 연구 (Je et al., 2004) 등이 있다. 하지만 기기분석이든 관능평가든지 간에 명태의 품질인자에 관한 연구는 시도된 바가 없다. 그러나 기체조절저장장 진공포장조

*Corresponding author: Lseungju@dongguk.edu

건에 따른 정어리의 화학적, 관능적, 미생물적 변화에 대한 연구 (Özogul et al., 2004)가 수행된 바 있다. 이 연구는 화학적 평가인 TVB-N, TMA, K-value 측정, 생물학적 평가인 TVC, Histamine-forming bacteria (HFB) 측정, 관능적 평가인 demerit score를 이용한 외관평가를 통해 정어리의 다양한 품질평가를 했다. 하지만 화학적, 미생물적 실험을 통하여 얻은 객관적인 실험값들과 관능을 통하여 얻은 주관적인 값들 간의 상호작용을 연구한 것은 미비하였다.

이온 유통성 분석기 측정에 기반한 생선 선도 지수의 다변량 모델링 연구 (Raatikainen et al., 2005)는 이를 보완하여 객관적 실험값들과 관능적 품질변화의 연관성을 N-mode partial least squares 를 이용하여 분석한 바 있다. 그 결과 관능 품질 변화에 직접적인 영향을 주는 이화학적, 생물학적 변화를 알아낼 수 있었다. 하지만 이에 적용된 일반적 관능평가는 패널의 상황적 변수가 고려되지 않았고, 관능검사 시 발생하는 맛 및 냄새의 변화가 미미할 경우 검지에 어려움을 줄 수 있다 (Park and Lee, 2008).

R-index는 매 회 관능검사 시 초기 시료와 검사 시료를 동시에 제시하여 초기 상태의 시료를 얼마나 정확히 구별하는지를 평가하는 특수관능기법이다 (Lee and Hout, 2009). 따라서 맛의 역치 분석에 사용되는 시료 반복 수와 패널의 정확도를 평가할 수 있는 이점이 있다 (Robinson et al., 2005). 또 다른 R-index 연구사례에는 isoflavone의 역치 분석 (Robinson et al., 2004), guava 음료의 가열 이취검지시간의 탐색 (Argaiz et al., 2005), 이눌린 우유 음료의 관능적 차이 분석 (Villegas et al., 2007), 알로에 겔 가열 중 이취 발생의 관능적 분석 (Park and Lee, 2008) 등이 있다. 위의 연구들 모두 패널의 정확도가 향상된 관능검사 결과를 얻을 수 있었고, 따라서 명태의 steady 저장 중의 이취 발생검지에도 특수관능기법인 R-index를 적용하면 보다 정확한 결과를 얻을 수 있다고 예상된다.

명태의 유통저장 중 품질 변화를 결정하는 환경인자는 저장 기간에 따른 저장 온도라고 할 수 있으며, 이취 발생 시간 또한 저장의 온도-시간 이력에 의하여 결정된다. 저장 온도가 변하는 조건에서 품질 변화는 온도 의존성에 따라 변하는 양상이 아주 다양하다. 온도 의존성이 높은 경우 온도 차이에 의한 품질 변화가 큰 반면, 낮은 경우에는 품질 변화가 작게 된다. 즉, 온도 의존성 분석으로 품질 변화를 예측할 수 있게 된다 (Scott and Heldman, 1990; Corradini and Peleg, 2007). 이와 같이 이취발생을 검지할 수 있는 간접수단으로써의 품질인자를 온도의존성으로 분석함으로써, 이취발생의 온도의존성과 가장 가까운 온도의존성을 갖는 품질지표를 탐색할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 명태의 이취발생을 간접적으로 나타낼 수 있는 품질인자를 탐색하고자 온도 의존성 관점에서 상호관계를 분석하였다. 먼저, 명태의 steady 저장 중 특수관능기법인 R-index에 의한 이취검지시간을 검지하였고, 이화학적, 생물학적 품질인자를 측정하였다. 이취검지시간의 온도의존성의 관계식 알고리즘 (Byeon et al., 2009)을 이용하

여, 이에 따른 이취발생 indicator의 선발 요건을 유도하였다. 저장 중 온도-시간 이력에 대한 kinetic 상수 및 Arrhenius 상수를 각 품질인자에 대하여 산출하여, 이취발생 indicator의 선발 요건과 비교 분석하였다.

재료 및 방법

재료

본 연구에서는 일본 북해도에서 어획한 명태를 약 1°C 전후의 온도를 유지한 채로 최대 9일 이내 whole fish의 선어상태에서 로부터 구매하였다. 명태의 전장은 평균 44.3 (± 0.5) cm, 무게는 평균 451.3 (± 5.7) g을 기준으로 선택하였다.

저장 실험

시료는 3마리씩 whole fish 형태로 70 cm \times 70 cm 크기의 비닐팩으로 포장하여 보관하였다. 각 시료들은 5, 10, 15, 20°C로 설정된 항온배양기 (SH-75B, Biofree Co., Korea)에 보관하여 관능검사, 생물학적 분석, 이화학적 분석에 한 마리씩 꺼내어 이용하였다.

관능 검사

패널 선정

패널은 동국대학교 식품공학과 대학원생 12명을 선정하였다. 패널들에게 선어상태의 명태를 70°C에서 4시간 동안 가열한 후 25°C에 48시간 보관되어 이취가 발생된 명태인 signal reference와 선어상태의 명태를 냉장 온도인 1°C에서 보관되어 신선한 명태인 noise reference로 설정하였고 일주일간 매일 20분씩 제공하여, 명태 풍미에 적응하는 사전훈련을 실시하였다. 사전훈련 후 차이식별검사를 실시하여 패널의 구별 능력을 시험하였다 (Robinson et al., 2004; Park and Lee, 2008).

R-index 관능검사

지름 15 cm의 하얀 접시에 시료를 10 g씩 준비하고, 무작위 세 자리 숫자로 표기하였다. 패널은 명태의 이취를 20°C 실온에서 10초간 맡고 다음 시료에 미치는 영향을 줄이기 위하여 3분간 신선한 공기를 들이마시게 했다. 평가 결과는 제공된 평가표에 기재하였다.

제공된 평가표에는 시료의 확신 정도에 따라 "실험시료가 signal과 동일하며 확신한다." signal sure (S), "실험시료가 signal과 동일하지만 확신할 수 없다." signal unsure (S?), "실험시료가 noise와 동일하지만 확신할 수 없다." noise unsure (N?), "실험시료가 noise와 동일하며 확신한다." noise sure (N)의 4가지 카테고리로 평가하였다. 관능검사 중에도 패널들이 noise reference의 확신도가 떨어져 다시 인지하기를 원할 때마다 제공하였다. 실험은 시료 별 총 5회 반복하여 측정하였다 (Robinson et al., 2004; Park and Lee, 2008).

R-index 및 저장 중 이취 발생 검지시간(threshold) 산출 측정된 R-index는 (Bi and O'mahony, 1995)에서 보고된 식 (1)로 계산하여 수치로 변환하였다. 이취검지를 구분하는 경계점의 R-index값은 (Bi and O'mahony, 2007)에 의해 정리된

통계표를 이용하여 산출하고, 유의 수준은 $\alpha=0.05$ 또는 $\alpha=0.01$ 의 양측검점 (2 tails)을 적용하였다. 이취검지를 구분하는 경계점인 R-index는 통계표의 값의 50%를 더하여 평가하였다. 그 이유는 통계표의 critical value는 이취가 검지되지 않은 값인 50%로부터 얼마나 떨어졌는지를 표현한 값이기 때문이다 (Bi and O'mahony, 1995; Park and Lee, 2008).

	Signal sure (S)	Signal unsure (S?)	Noise unsure (N?)	Noise sure (N)	
Signal	a	b	c	d	Total= a+b+c+d
Noise	e	f	g	h	Total= e+f+g+h

$$R = \frac{a(f+g+h) + b(g+h) + c(h) + \frac{1}{2}(ae+bf+cg+dh)}{(a+b+c+d)(e+f+g+h)} \quad (1)$$

이취검지시간은 패널 각각의 산출된 값을 평균하였다 (Robinson et al., 2004). 실험 반복 횟수는 5회이므로 통계표에 n=5를 대입하여 경계점을 정하였다. 경계점일 때의 R-index를 해당 저장 온도의 이취 발생시간으로 정하였다 (Park and Lee, 2008).

생물학적 분석

Total Viable Cell Count (TVC) 측정

시료를 잘게 갈은 후, 5 g을 취하여 50 mL 용량의 conical tube (BD falcon 352070, USA)에 담는다. 멸균된 회석액 bufferfield's phosphate buffer (IDF phosphate buffer 0.0425 g/L of KH_2PO_4 adjusted to pH 7.2)를 20 mL 넣고 vortex mixer (MS1 minishaker, IKA USA)를 사용하여 1분간 균일하게 혼합한 후, bufferfield's phosphate buffer 25 mL를 첨가하였다. 검액은 0.9% NaCl을 사용하여 십진희석하여 알맞은 희석배수로 만들었다. 적정량의 검액을 petri dish (SPL 10090, Korea)에 부은 후, 미리 제조해 놓은 배지를 부어 검액과 잘 섞은 후 균혀주었다. 고형화된 배지는 35°C에서 48시간 배양하였다 (IB-600M, Jeio, Korea). 배지는 Difco의 PCA (plate count agar)를 사용하여 제조하였다. 3회 반복하여 실험을 진행하였고, 집락수는 시료 g당 colony for unit (CFU)로 구하였다.

Pseudomonas spp. 측정

시료를 잘게 갈은 후, 5 g을 취하여 50 mL 용량의 conical tube (BD falcon 352070, USA)에 담는다. 멸균된 회석액 bufferfield's phosphate buffer (IDF phosphate buffer 0.0425 g/L of KH_2PO_4 adjusted to pH 7.2)를 20 mL 넣고 vortex mixer (MS1 minishaker, IKA USA)를 사용하여 1분간 균일하게 혼합한 후, bufferfield's phosphate buffer 25 mL를 첨가하였다. 검액은 0.9% NaCl을 사용하여 십진희석하여 알맞은 희석배수로 만들었다. 적정량의 검액을 미리 petri dish (SPL 10090, Korea)에 균혀 놓은 배지 (MB-P1071 [peptone, casein, potassium sulfate, magnesium chloride, agar], Kisan Bio Korea)에 도말 한 후, 30°C에서 48시간 배양하였다 (BI-600M, Jeio, Korea). 배지는 멸균해 놓은 *Pseudomonas* 선택배지에 2 mL의

cephalosporin fucidin cetrinide (CFC) supplement (MB-C1849, Kisan Bio Korea)를 첨가한 후 균혔다. 3회 반복하여 실험을 진행하였고, 집락수는 시료 g당 colony forming unit (CFU)로 구하였다.

이화학적 분석

K-value 측정

명태의 근육 내 nucleotides의 사후 변화는 ATP (adenosine triphosphate)로부터 IMP (inosine monophosphate)가 생성되는데 이 정도를 나타내는 값을 식품선도 측정기 (HF-1000, Hutech Co., Korea)를 이용하여 측정하였다. 5% Perchloric Acid 용액 600 μ L가 담겨져 있는 튜브에 시료 200 mg을 넣은 후, 마쇄하고, KOH 40~50 μ L를 넣어 중화 (pH 4~6 정도)시켜 추출액을 제조하였다. 측정기의 전기 영동조에 영동액 적당량 (300 mL 정도)을 넣고, 영동지에 영동액을 충분히 적신 후에 +, - 극을 구분하여 영동조에 영동지를 세팅하였다. 준비된 추출액을 4 μ L를 영동지에 떨어뜨리고 전기영동을 하였다. 영동이 끝나면 영동지를 건조시키고, 컴퓨터에 연결 되어있는 카메라를 이용하여 사진을 촬영하고, SPOT ANALYZER software를 이용해서 촬영한 화상을 분석하여 K값을 산출하였다.

TMA (Trimethyl amine)

Trimethyl amine은 Murray and Gibson (1972) 방법을 이용하여 측정하였다. 균질하게 마쇄한 생선 10 g을 취해 막자사발에 넣고 이것에 증류수 약 10 mL를 넣은 다음 막자로 잘 으갠 후, 비커에 담고 10% trichloroacetic acid용액 20 mL를 가해 호일로 씌운 뒤 30분간 추출하였다. 추출 후 50 mL의 메스플라스크에 여과해 넣고, 잔사는 trichloroacetic acid용액으로 세척하여 세액을 여액에 합쳐서 50 mL로 정용한 후 시험 용액으로 사용하였다. 본 실험은 시료추출액 2 mL (TMA-N으로서 2 μ g이하를 함유하는 시료용액)를 용량 15 mL의 마개가 있는 시험관에 취해 10% formalin 용액 1 mL를 가해 혼합하고, 탈수 toluene 10 mL 와 K_2CO_3 포화용액 3 mL를 넣고 즉시 마개를 하였다. 30°C에서 약 10분간 가온하고 1분간 강하게 진탕하여 추출하고 실온에서 약 5-10분간 정지한 후 상층의 toluene층의 약 반량인 5 mL를 적정하여 0.5 g의 무수황산이 들어있는 마개가 있는 시험관으로 이동하고 잘 흔들어 탈수시켰다. 탈수 toluene용액의 3 mL를 별도의 건조한 시험관에 취해 0.02% picric acid-toluene solution의 3 mL를 혼합하여 410 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Volatile basic nitrogen (VBN) 측정

휘발성 염기 질소는 식품공전 (KFDA, 2002)의 Conway법을 이용하여 측정하였다. 마쇄한 시료 5 g에 증류수 25 mL를 넣고 잘 섞어 30분 간 침출 후 여과하고, 확산기 덮개에는 기밀제를 고무 발라주었다. 여과액에 5% 황산을 사용하여 약산성으로 중화시킨 후 확산기 외실 아래쪽에 1 mL를 넣었다. 확산기 내실에 0.01 N 황산을 1 mL 가한 뒤, 확산기 외실 위쪽에 탄산칼륨 포화용액 1 mL를 넣고 덮개를 덮어 외실의 용액을 혼합하여 주었다. 이때 외실과 내실의 용액이 혼합되

지 않게 주의하여야 한다. 25°C에서 60분 정치 후 황산용액에 Brunswik 시약 (methyl red 0.2 g 및 methylene blue 0.1 g을 에탄올 300 mL에 녹이고 여과한 시약)을 한 방울 떨어뜨렸다. 이어서 0.01 N 수산화나트륨 용액으로 적정하여, 아래의 식 (2)를 이용하여 환산하였다.

$$VBN(mg/100 g) = 0.14 \times \frac{(b-a) \times f}{W} \times 100 \times d \quad (2)$$

여기서 a는 본 실험에서의 적정치 (mL), b는 공실험의 적정치 (mL), d는 회석배수, W는 시료의 양 (g), f는 0.01 N NaOH의 역가를 의미한다 (KFDA, 2002).

pH 측정

Fillet 처리된 어육을 균질기를 이용하여 마쇄한 후 시료 5 g을 채취하여 증류수 45 mL와 함께 원심관에 넣고 vortex mixer를 이용하여 3초~1분 정도 섞어준 뒤, 원심분리하여 상층액을 100 mL로 정용하여 pH meter (Seven Multi, Mettler Toledo. Co., Ltd., USA)로 측정하였다.

Acid value 분석

시료 채취 기준량에 맞게 시료를 5 g 칭량하여 250 mL 삼각 flask에 취하고, ether-ethanol (2:1) 혼합액 100 mL를 가하여 시료를 완전히 용해시킨 후, 1% phenolphthalein 지시약을 2~3방울 떨어뜨려서 0.1 N KOH-ethanol 용액으로 적정하였다.

Torry meter

저장한 시료를 해당 시간대에 꺼내어 어체 표면에 측정기를 대고 측정기를 작동시키면 화면에 디지털 형식의 숫자로 결과가 표시된다. 이때 어체 표면이 건조한 상태가 되면 측정이 되지 않으므로 약간의 물을 어체 표면에 적셔준다. 한 어체에 16번 반복 조작하여 평균 값을 결과로 표현하였다.

저장 중 품질변화 kinetic 및 온도의존성 분석

관능적 R-index에 의한 이취검지시점

관능적 이취검지시점을 온도 의존성으로 비교 분석하기 위하여 이취검지시점인 t_R 의 역수를 취하여 이취생성 반응속도의 개념으로 간주한 Arrhenius-like 식을 적용하였다 (Byeon et al., 2009).

$$\frac{1}{t_R} = A \cdot \exp\left(\frac{-E_{a,A}}{R \cdot T}\right) \quad (3)$$

여기서 t_R 는 이취검지시간 (hr), A는 pre-exponential factor (1/hr), $E_{a,A}$ 는 활성화에너지(kJ/mol), R은 이상기체상수 (8.314×10^{-3} kJ/K·mol), T는 절대온도 (K)를 의미한다. 식 (3)의 양변에 로그를 취하여 식(4)를 유도하였으며 Arrhenius 상수값을 회귀분석하여 산출하는데 사용하였다.

$$\ln\left(\frac{1}{t_R}\right) = \ln A + \left(\frac{-E_{a,A}}{R}\right)\left(\frac{1}{T}\right) \quad (4)$$

생물학적, 이화학적 품질인자

저장 온도 별 실험 결과인 생물학적, 이화학적 품질인자의 반응속도상수를 구하는 식은 아래와 같다. 품질인자의 변화 kinetics는 여러 반응차수를 가질 수 있지만 0차 혹은 1차로 간주하였으며, 0차 반응일 경우 식 (5), 1차 반응일 경우 식 (6)을 이용하였다.

$$y = k \cdot t + y_0 \quad (5)$$

$$y = y_0 \cdot \exp(k \cdot t) \quad (6)$$

여기서 k는 반응속도상수 (1/hr), t는 경과 시간 (hr), y는 측정값, y_0 는 초기값을 의미한다. 1차 반응일 경우의 식 (6)은 exponential 함수이므로 양변에 자연로그를 취하면 식 (5) 형태의 1차 함수식이 된다. 다시 말하여 선형 함수식으로 변형되며 식 (7)과 같다.

$$\ln y = \ln y_0 + k \cdot t \quad (7)$$

품질인자가 0차 반응인지 1차 반응인지 여부에 따라 식 (5) 또는 식 (7)을 사용하였다. 각 품질인자의 반응속도상수는 온도의존성을 나타내는 Arrhenius 식 (8)으로 표현된다.

$$k = B \cdot \exp\left(\frac{-E_{a,B}}{R \cdot T}\right) \quad (8)$$

여기서 k는 반응속도상수 (1/hr)이고 B는 식 (3)의 A와 같이 pre-exponential factor를 의미한다. 식 (8)의 양변에 로그를 취하여 식 (9)를 유도하였으며 Arrhenius 상수값을 회귀분석하여 산출하는데 사용하였다.

$$\ln k = \ln B + \left(\frac{-E_{a,B}}{R}\right)\left(\frac{1}{T}\right) \quad (9)$$

이취발생 indicator의 선발요건 알고리즘

저장 중 온도 조건과 무관하게 이취가 발생하는 시점에서는 항상 일정한 값을 보이는 품질인자를 탐색하기 위하여 한우의 품질인자 실험에 사용 (Byeon et al., 2009)한 다음과 같은 알고리즘을 사용하였다. 이취검지시점 t_R 까지의 품질인자의 변화는 0차 반응의 식 (5) 또는 1차 반응의 식 (7)에 식 (4)를 대입하여 다음과 같이 계산된다.

$$y - y_0 = K \cdot t_R - \frac{B \cdot \exp\left(\frac{-E_{a,B}}{R \cdot T}\right)}{A \cdot \exp\left(\frac{-E_{a,A}}{R \cdot T}\right)} \quad (10)$$

$$\ln y - \ln y_0 = K \cdot t_R - \frac{B \cdot \exp\left(\frac{-E_{a,B}}{R \cdot T}\right)}{A \cdot \exp\left(\frac{-E_{a,A}}{R \cdot T}\right)} \quad (11)$$

식(10)과 식(11)로 부터 이취검지시간의 활성화에너지 $E_{a,A}$ 와 생물학적 또는 이화학적 품질인자의 활성화에너지 $E_{a,B}$ 가 서로 같으면 품질변화는 B/A (일정한 상수값)로 계산되어 이취검지시점에서는 온도와 상관없이 항상 일정한 값을 보임을 알 수 있다. 결과적으로 이취발생을 대변할 수 있는 최적의 품질인자는 이취검지시간의 온도의존성과 동일해야 한다는 법칙을 개발하였으며, 이에 따라 가장 적합한 품질인자를 선별하였다.

통계분석

패널 각각의 R-index 값의 12인에 대한 평균 및 표준편차를 산출하였고, $\alpha=0.01$ 과 0.05 수준에서의 R-index 값들의 비교는 t-test을 통하여 그 유의성을 검정하였다. 품질인자의 kinetic model 상수와 Arrhenius 상수는 회귀분석하여 산출하였다. 통계 프로그램으로 MS Excel 2007 과 SPSS 17 을 사용하였다.

결과 및 고찰

명태 이취에 관한 패널의 R-index

패널의 시료에 대한 친숙도를 향상을 위하여 실시된 사전 훈련과 3점검사는 A (signal reference), B (noise reference) 두 개의 시료를 AAB, ABA, BAA, ABB, BAB, BBA 총 6가지 배치 방법으로 5회 실시 하였다 (Kim and Koo, 2003). 그 결과 패널 모두 정답률 60% 이상을 통과하여 추가 사전훈련 없이 바로 관능검사를 실시하였다.

R-index 값은 O'mahony (1995)에 의해 정리된 식 (1)을 이용하여 수치로 환산하였고, 명태 저장 온도 별 시간에 대한 R-index의 평균값은 Table 1로 나타내었다. R-index 값의 최고치 (95%)는 저장 온도가 높은 20°C에서 가장 신속하여 72시간, 15°C에서는 78시간, 10°C에서는 138시간에 기록하여, 저장 시간이 길어질수록 signal reference로 변화함을 알 수 있었다 (Argaiz et al., 2005). 반면, 5°C에서는 최고 R-index 값에 도달하지 못했다.

Table 1. R-index vs. storage time for Alaska pollack stored in an airtight container at 20°C, 15°C, 10°C and 5°C

Temperature	Time(h) vs. R-index (%)									
	Time	12	24	36	48	60	72	84		
20°C	R-index	55.22	68.95	80.27	87.26	89.26	95.26	100.0		
		$\pm 5.68^1$	± 4.56	± 5.26	± 6.53	± 2.68	± 0.25	± 0.23		
15°C	R-index	50.00	50.00	51.69	66.69	75.96	88.56	99.47		
		± 0.12	± 4.36	± 6.32	± 5.88	± 3.69	± 4.98	± 3.68		
10°C	R-index	50.00	50.00	50.00	53.33	65.38	78.87	88.98	95.46	
		± 0.12	± 4.56	± 3.98	± 3.89	± 2.57	± 2.41	± 2.11	± 0.25	
5°C	R-index	50.00	50.00	50.00	50.00	54.34	58.87	62.68	68.55	72.53
		± 0.12	± 4.52	± 4.69	± 4.99	± 4.23	± 3.56	± 3.44	± 3.85	± 4.21

¹⁾ Mean±standard deviation (n=12).

Table 2. Off-flavor development time for Alaska pollack stored in an airtight container at R-index values of threshold at $\alpha=0.05$ and 0.01

Significance level	Off-flavor development time (h)			
	20°C	15°C	10°C	5°C
$\alpha=0.05$	34.89±5.16 ^{1)a}	63.10±3.69 ^b	72.42±2.35 ^c	ND ²⁾
$\alpha=0.01$	42.42±5.02 ^a	68.05±3.55 ^b	78.10±2.21 ^c	ND

¹⁾ Mean±standard deviation (n=12).

²⁾ Not detected.

^{a-c} Means with different superscripts in the same rows are significantly different ($P<0.05$, n=12).

R-index에 의한 이취검지시간

이취검지시간은 Bi 와 O'mahony (2007)에 의해 보고된 통계표를 사용하여 경계점의 R-index를 정하였다. 통계표에 의한 유의적 수준은 $\alpha=0.05$ 에서 29.22%, $\alpha=0.01$ 에서 34.01%였으며, 각 50% (chance value)를 더하여 79.22%와 84.01%를 이취 발생 R-index 경계점으로 정하였다. 패널 개인의 온도 별 이취검지시간을 구하고, 전체 평균한 결과는 Table 2와 같다. 온도별 이취검지시간은 20°C에서는 $\alpha=0.05$ 유의수준의 경계점을 약 34.89시간에 $\alpha=0.01$ 유의수준의 경계점을 약 42.42시간에 도달하여 이취가 검지되었고, 15°C에서는 $\alpha=0.05$ 유의수준의 경계점을 약 63.10시간에 $\alpha=0.01$ 유의수준의 경계점을 약 68.05시간에 넘어 이취가 검지되었으며, 5°C에서는 $\alpha=0.05$, $\alpha=0.01$ 유의수준의 경계점을 모두 도달하지 못했다. R-index 값은 이취검지시간을 넘은 후에는 서서히 증가하였다. 저장 온도 별 $\alpha=0.05$ 와 $\alpha=0.01$ 유의수준의 경계점 시간을 비교하면 20°C에서 보관된 것이 약 7.53시간으로 가장 큰 차이를 나타내었다. 보통 낮은 온도일 때 이취의 변화 양상이 서서히 일어나고, 실험 결과 역시 같은 양상을 보였다. 하지만 유의수준에 따라 경계점까지 도달하는 시간의 차이는 높은 온도에서 더 큰 차이가 나는 것으로 보아 육류의 이취검지 양상과는 차이가 있었다 (Byeon et al., 2009). 온도의존성 비교 분석은 $\alpha=0.01$ 유의수준의 이취검지시간을 이용하였다.

저장 중 생물학적 품질변화

온도 별 저장 중 명태의 TVC, *Pseudomonas* 증식을 측정하는 것은 Fig. 1 (a), (b)와 같다. 명태의 TVC, *Pseudomonas* 증식 모두가 저장 기간의 증가와 저장온도가 높으면 균이 빠른 속도로 증가하였다. Fernández-Segovia et al. (2007)은 명태 유사어종인 대구를 4°C 온도조건에서 TVC에 해당되는 주요 미생물인 mesophilic bacteria를 측정하고 일반포장조건에서는 14일째 약 6 log CFU/g에 도달하였고, 진공포장조건에서는 28일째 거의 6 log CFU/g에 도달하였으며, MAP (modified atmosphere packaging)포장조건에서는 42일째 약 6 log CFU/g에 도달하였다고 보고한 바 있다. 한편, Stamatis and Arkoudelos (2007)는 정어리를 MA 포장하거나 진공포장한 경우 *Pseudomonas*가 각각 약 4.3, 6.5 log CFU/g에 도달했을 때 이취가 발생되어 섭취가 어렵다고 보고된 바 있다. 명태는 20°C에서 저장 22.01시간, 15°C에서 저장 33.16시간, 10°C에서

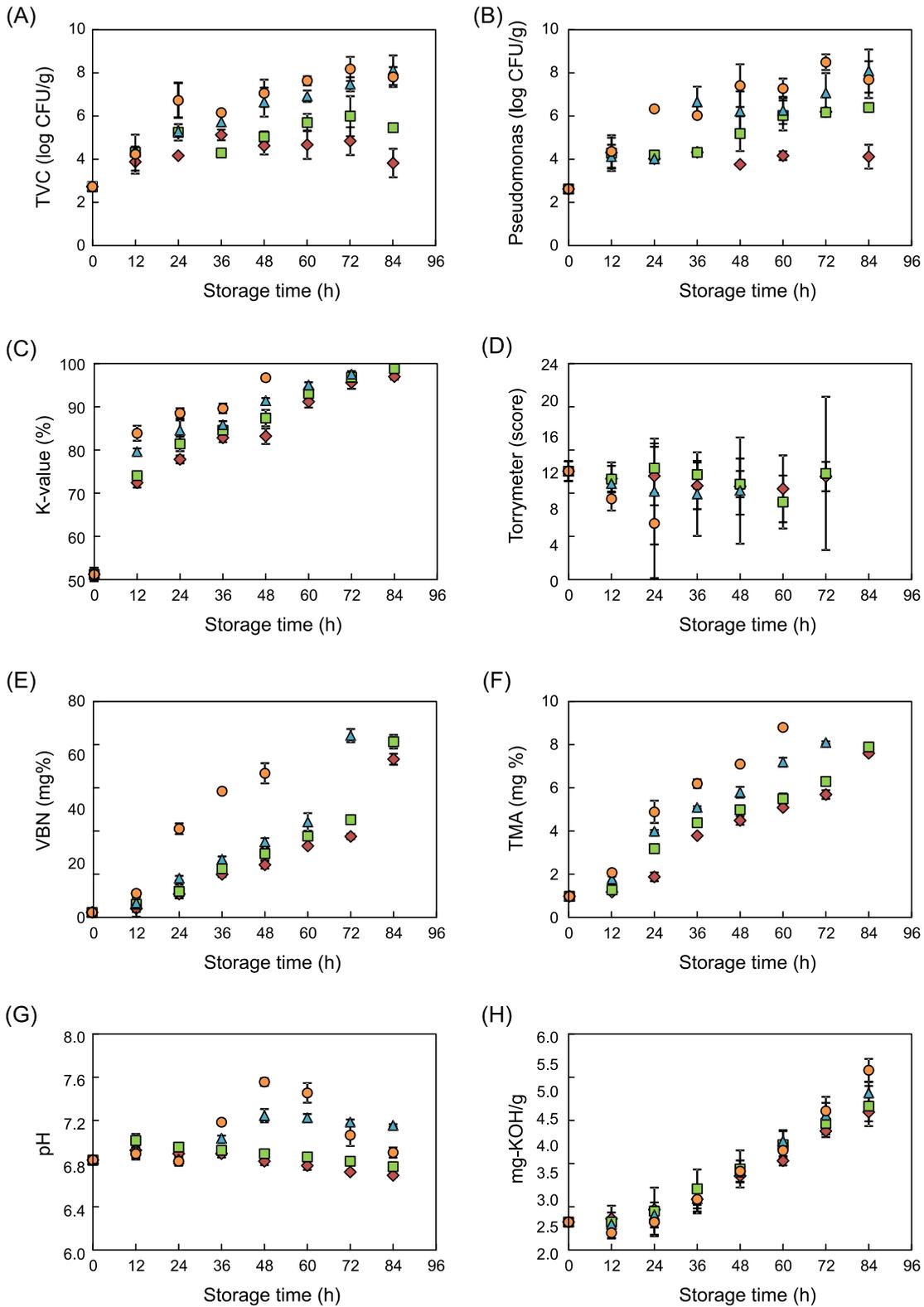


Fig. 1. Time course of the quality variables of Alaska pollack during storage at different temperatures. \blacklozenge : 5°C, \blacksquare : 10°C, \blacktriangle : 15°C, \bullet : 20°C. (a): Total viable cell count (TVC), (b): Pseudomonas spp., (c): K-value, (d): Torry meter, (e): Volatile basic nitrogen (VBN), (f): Trimethyl amine (TMA), (g): pH, (h): Acid value (AV).

저장 60시간, 5°C에서 저장 70.99시간 일 때 약 6 log CFU/g에 도달하여 부패가 시작되었음을 알 수 있었다. 그 후에도 저장 온도 별 *Pseudomonas*의 수는 7~8 log CFU/g까지 증가하는 양상을 보였다. TVC에 비해 *Pseudomonas*의 최대 CFU/g이 낮은 이유는 저온성 미생물이기 때문이라 생각된다. 그리하여 TVC보다는 *Pseudomonas*의 증식이 실제 저온 저장 중 이취 발생에 깊은 연관성이 있다고 예상된다.

저장 중 이화학적 품질변화

명태의 사후 ATP의 분해 생성물측정을 위해 저장시간에 따른 K-value의 함량 변화는 Fig. 1 (c)에 나타내었다. 초기 값은 51.7057% 이었고 저장시간의 경과, 저장온도가 높을수록 급격히 증가했다. 신선도 측정기는 50%를 시작값으로 정하여 다른 K-value 관련 연구 (Hattula and Kiesvaara, 1996)에서의 수치값과는 차이를 보였다. 즉, 신선도 측정기로는 약 52~98%의 수치 범위를 보였는데 이것은 기존 연구 수치값의 약 2~48%의 범위에 해당되는 것이다.

Torry meter 값은 명태의 외형 보존여부 정도를 알려주는 값이며 Fig. 1 (d)에 나타냈다. 초기 값은 약 12.25±1.09로서 표면에 점액질이 많이 남아 있는데 시간이 지나고 저장 온도가 증가함에 따라 감소하는 것을 알 수 있었다.

저장시간에 따른 VBN의 함량의 변화는 Fig. 1 (e)에 나타내었다. VBN 초기 값은 2.10±0.99 mg/100 g 이었으나 저장시간의 경과, 저장온도가 높을수록 급속하게 증가하였다. VBN의 함량이 11~15 mg/100 g 이상이 되면 이취가 발생한다고 보고 (Vaz-Pires et al., 2008)되었고, 참고로 식육 단백질 변성도 값은 국내 식품공전에서는 원료육 및 포장육은 20 mg/100 g이어야 한다고 보고하고 있다. 저장 온도가 20°C일 경우 12~24시간, 15°C일 경우 12~24시간, 10°C일 경우 24~36시간, 5°C일 경우 24~36시간에서 VBN 값이 14 mg/100 g 이상으로 증가하여 부패되었음을 알 수 있었다. 본 연구에서 정한 기준이 조금 다른 이유는 이 시점을 지난 후부터 변화양상이 뚜렷하여 kinetic적으로 더 타당하기 때문이다. 또한 15°C에서 72시간일 때 최고치인 67.33±2.43 mg/100 g를 기록하였다.

TMA의 함량변화는 Fig. 1 (f)에 나타내었다. TMA 초기 값은 1.00 mg/100 g 이었으나 저장시간의 경과, 저장온도가 높을수록 증가하였다. TMA의 함량이 25 ppm 이상이 되면 이취 발생이 시작한다고 보고 (Barbuzzi et al., 2009)되었고, 저장 온도가 20°C일 경우 12~24시간, 15°C일 경우 12~24시간, 10°C일 경우 12~24시간, 5°C일 경우 24~36시간에서 TMA 값이 2.50 mg% 이상으로 증가하여 부패되었음을 알 수 있었다. 또한 20°C에서 60시간일 때 최고치인 8.80±0.10 mg% 를 기록하였다.

모든 생선들은 저장 중 초기에 lactic acid의 생산으로 pH가 조금 낮아지다가 미생물들의 성장으로 인해 생산되는 혐기성 화합물에 의해 다시 증가한다고 보고되어 있다 (Simeonidou et al., 1998). 저장 시간에 따른 pH의 변화 양상은 Fig. 1 (g) 같으며, 본 연구도 초기 pH 6.86±0.04 에서 pH 7.59±0.04 까지 상승하여, 기존 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

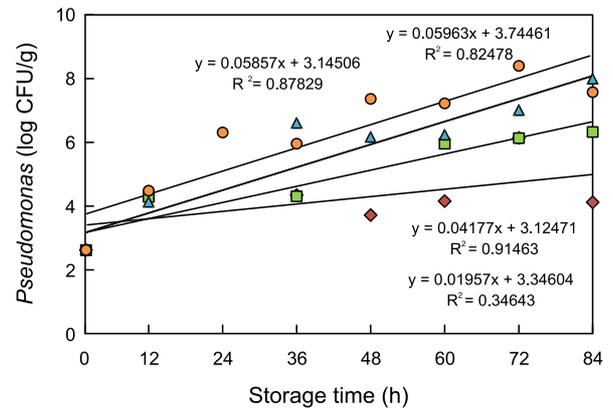


Fig. 2. Sample data fitting for one quality variable (*Pseudomonas* spp.) of Alaska pollack stored in an airtight container by regression analysis with kinetic Eq. (7) of 1st order reaction.

Table 3. Kinetic constant (k) in Eq. (5) and (6), and goodness of fit for Alaska pollack quality variables from regression analysis with 0th and 1st order reactions

Quality variables	Temperature (°C)	0 th order reaction		1st order reaction	
		k (1/h)	R ²⁽¹⁾	k (1/h)	R ²⁽¹⁾
Total viable count (log CFU/g)	5	-	-	1.341x10 ⁻²	0.265
	10	-	-	2.951x10 ⁻²	0.679
	15	-	-	5.871x10 ⁻²	0.952
	20	-	-	5.866x10 ⁻²	0.814
<i>Pseudomonas</i> spp. (log CFU/g)	5	-	-	1.957x10 ⁻²	0.346
	10	-	-	4.177x10 ⁻²	0.915
	15	-	-	5.857x10 ⁻²	0.878
K-value (%)	20	-	-	5.963x10 ⁻²	0.825
	5	4.714x10 ⁻¹	0.873	6.231x10 ⁻³	0.802
	10	4.795x10 ⁻¹	0.845	6.269x10 ⁻³	0.767
	15	5.240x10 ⁻¹	0.765	6.974x10 ⁻³	0.691
Torry meter (score)	20	8.039x10 ⁻¹	0.738	1.105x10 ⁻²	0.688
	5	-1.551x10 ⁻²	0.304	-1.376x10 ⁻³	0.300
	10	-2.258x10 ⁻²	0.214	-2.136x10 ⁻³	0.213
	15	-4.538x10 ⁻²	0.708	-4.146x10 ⁻³	0.711
VBN (mg%)	20	-2.410x10 ⁻¹	0.999	-2.662x10 ⁻²	0.997
	5	5.808x10 ⁻¹	0.862	3.728x10 ⁻²	0.944
	10	6.581x10 ⁻¹	0.889	3.714x10 ⁻²	0.942
	15	8.003x10 ⁻¹	0.881	4.391x10 ⁻²	0.931
TMA (mg%)	20	1.169	0.962	6.757x10 ⁻²	0.873
	5	7.837x10 ⁻²	0.967	2.492x10 ⁻²	0.933
	10	8.016x10 ⁻²	0.972	2.392x10 ⁻²	0.876
	15	1.009x10 ⁻¹	0.983	2.803x10 ⁻²	0.883
pH	20	1.317x10 ⁻¹	0.977	3.515x10 ⁻²	0.884
	5	-2.361x10 ⁻³	0.697	-3.453x10 ⁻⁴	0.699
	10	-1.657x10 ⁻³	0.394	-2.393x10 ⁻⁴	0.395
	15	4.851x10 ⁻³	0.706	6.871x10 ⁻⁴	0.708
AV (mg-KOH/g)	20	3.571x10 ⁻³	0.136	5.017x10 ⁻⁴	0.140
	5	2.524x10 ⁻²	0.950	7.320x10 ⁻³	0.972
	10	2.792x10 ⁻²	0.969	7.994x10 ⁻³	0.977
	15	3.103x10 ⁻²	0.941	8.740x10 ⁻³	0.958
20	3.505x10 ⁻²	0.910	9.736x10 ⁻³	0.935	

¹⁾Determination coefficient (R²).

산가는 저장 중 명태의 유리지방산 함량을 측정된 것으로 변화 양상은 Fig. 1 (h) 에 나타났다. 초기 상태는 2.60 mg-KOH/g이었고, 저장시간의 경과, 저장온도가 높을수록 증가하였다.

저장 중 명태 이취발생 indicator의 선발

이취발생을 간접적으로 나타낼 수 있는 품질인자를 탐색하기 위하여 이취발생 indicator의 요건인 온도 의존성을 분석하였다. 먼저 각 품질인자의 kinetic 상수를 산출하기 위하여 가능한 0차 반응인 식 (5)와 1차 반응인 식 (7)을 적용하여 저장 중 각 품질인자의 측정 데이터를 Fig. 2와 같이 회귀분석 결과는 Table 3과 같다. 먼저 반응차수를 결정하기 위하여 결정계수 (R²)를 비교해보면 기존에 알려진 바와 같이 TVC와 *Pseudomonas*는 1차 반응이었으며, K-value 역시 1차 반응이었다. Torry meter, VBN, TMA, pH, AV 의 함량 변화는 0차 반응에 더 가까웠다.

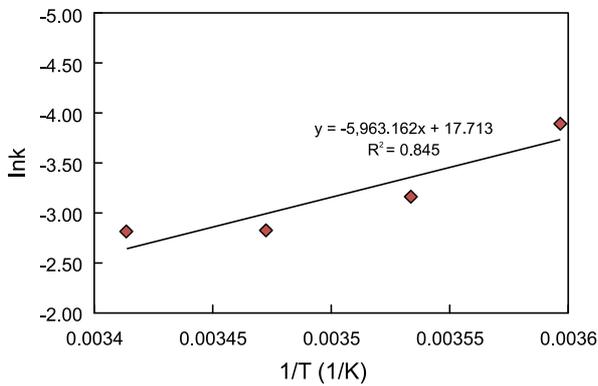


Fig. 3. Sample data fitting for one quality variable (*Pseudomonas* spp.) of Alaska pollack stored in an airtight container by regression analysis with *Arrhenius* equation Eq. (9).

Table 4. *Arrhenius* constants (A, B, and Ea) in Eq. (4) and (9), and goodness of fit for Alaska pollack quality variables from regression analysis with *Arrhenius* equation

Quality variables	A (1/h)	B (1/h)	Ea(kJ/mol)	R ² (¹)
Total viable count	-	3.382x10 ¹¹	71.003 (1 st) ²	0.888
<i>Pseudomonas</i> spp.	-	4.928x10 ⁷	49.578 (1 st)	0.845
K-value	-	5.139x10 ²	26.498 (1 st)	0.776
Torry meter	-	2.331x10 ²⁰	118.650 (0 th) ³	0.885
VBN	-	3.543x10 ⁵	30.929 (0 th)	0.932
TMA	-	2.810x10 ³	24.414 (0 th)	0.901
pH	-	8.303x10 ⁴	40.668 (0 th)	0.670
AV	-	1.674x10 ¹	15.044 (0 th)	0.998
1/tR	2.318x10 ⁷	-	50.158	0.879

¹)Determination coefficient (R²).

²)1st order reaction (1st).

³)0th order reaction (0th).

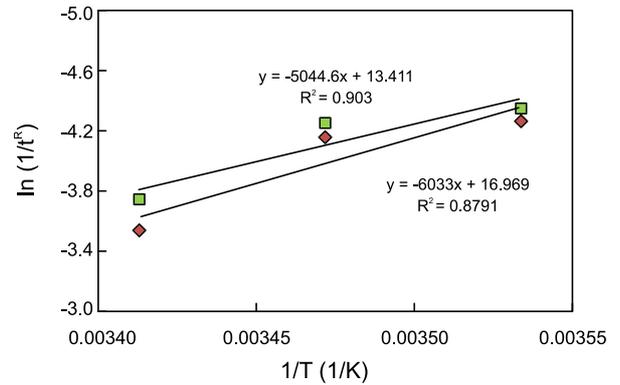


Fig. 4. Data fitting for reciprocals of off-flavor development time (1/t_r in Eq. (3)) based on R-index of Alaska pollack stored in an airtight container by regression with *Arrhenius* equation Eq. (4).

다음 단계로 명태 품질인자의 반응속도 상수에 대한 온도의존성 및 활성화에너지를 포함한 *Arrhenius* 상수값을 구하기 위하여 식 (10) 또는 식 (11)을 사용하여 Fig. 3과 같이 회귀분석한 결과는 Table 4와 같았다. *Pseudomonas*와 pH의 활성화에너지가 매우 유사하였으며, 그러나 pH의 경우 결정계수가 0.670으로 나와 품질인자로 선별되기는 불충분하다. 최종적으로 이취검지시간의 온도의존성은 본 연구에서 사용된 식 (4)를 사용하여, α=0.05 유의수준의 이취검지시간을 회귀분석하였다. 회귀분석 결과는 Fig. 4과 같았으며 *Arrhenius* 상수값은 Table 4와 하단에 나타내었다. 이취발생 indicator의 요건인 온도의존성은 결과적으로 *Pseudomonas*, pH, VBN, TVC, K-value, TMA, AV, Torry meter 순의 활성화에너지가 이취검지시간의 활성화에너지와 유사하게 나타났다. 이취검지시간의 활성화에너지와 유사하다고 판단되는 상위 그룹인 *Pseudomonas*, pH, VBN 등의 실험 결과를 살펴보면 이취가 검지되는 시점의 전, 후로 값들이 급격히 상승하는 양상을 보이며, 온도와 상관없이 이취검지시간에 대부분 일정한 값들을 나타내었다. 이는 회귀분석의 결과와 동일하게 온도의존성이 유사함을 의미한다. 또한 TVC와 K-value는 이취검지시간의 활성화에너지와 유사성이 중간 정도로 평가되었는데, 이는 미생물의 특성상 온도 조건에 따른 활성이 다르고 사후경직에 의해 발생된 ATP분해 생성물 때문에 그러한 결과를 얻었다고 보여진다. 이에 반하여 TMA, AV, Torry meter는 온도의존성이 유사하지 않고, 변화 추세를 보이더라도 이취검지시점에서의 값들이 일관성이 없어, 저장 중 변화하지만 이취발생에는 직접적으로 작용하지 않는 사실을 유추할 수 있다.

결과적으로 명태의 이취발생 indicator는 여러 품질인자 중 변화의 양상이 뚜렷하고 가장 온도의존성이 유사한 *Pseudomonas*인 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 한국해양수산기술진흥원에서 주관하는 해양과학기술연구개발사업의 일부로 이루어진 바, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Argaiz A, Pérez-Vega O and López-Malo A. 2005. Sensory detection of cooked flavor development during pasteurization of a guava beverage using R-index. *J Food Sci* 70, S149-S152.
- Barbuzzi G, Grimaldi F and del Nobile MA. 2009. Quality decay of fresh processed fish stored under refrigerated conditions. *J Food Safe* 29, 271-286.
- Bi J and O'Mahony M. 1995. Table for testing the significance of the R-index. *J Sens Stud* 10, 341-347.
- Bi J and O'Mahony M. 2007. Updated and extended table for testing the significance of the R-index. *J Sens Stud* 22, 713-720.
- Byeon KE, An SR, Shim SD, Lee JY, Hong KW, Min SG and Lee SJ. 2009. Investigation on Beef Quality Indicator of Off-Flavor Development during Storage. *Korean J Food Sci Ani Resour* 29, 325-333.
- Cha YJ, Jeong EJ, Kim H, Cho WJ and Nam GJ. 2004. Biological activity in traditional Alaska pollack *sikhae* during low temperature fermentation. *Bio-Factors* 22, 319-321.
- Corradini MG and Peleg M. 2007. Shelf-life estimation from accelerated storage data. *Trends in Food Sci Technol* 18, 37-47.
- Fernández-Segovia I, Escriche I, Fuentes A and Serra JA. 2007. Microbial and sensory changes during refrigerated storage of desalted cod (*Gadus morhua*) preserved by combined methods. *Int J Food Microbio* 116, 64-72.
- Gram L and Huss HH. 1996. Microbiological spoilage of fish and fish products. *Int J Food Microbio* 33, 121-137.
- Hattula T and Kiesvaara M. 1996. Breakdown Products of Adenosine Triphosphate in Heated Fishery Products as an Indicator of Raw Material Freshness and of Storage Quality. *Lebensm-Wiss u-Technol* 29, 135-139.
- Iglesias J, Medina I, Bianchi F, Careri M, Mangia A and Musci M. 2009. Study of the volatile compounds useful for the characterisation of fresh and frozen-thawed cultured gilthead sea bream fish by solid-phase microextraction gas chromatography-mass spectrometry. *Food Chem* 115, 1473-1478.
- Je J-Y, Park P-J, Kwon JY and Kim S-K. 2004. A Novel Angiotensin I Converting Enzyme Inhibitory Peptide from Alaska pollack (*Theragra chalcogramma*) Frame Protein Hydrolysate. *J Agric Food Chem* 52, 7842-7845.
- Jin S-K, Kim I-S, Kim S-J, Jeong K-J, Choi Y-J and Hur S-J. 2007. Effect of muscle type and washing times on physico-chemical characteristics and qualities of surimi. *J Food Eng* 81, 618-623.
- KFDA. 2002. Food code. Korea Food and Drug Administration. Seoul, Korea, 222-223.
- Kim WJ and Koo GH. 2003. Sensory Evaluation of Food. Hyoil Publishing Co, Korea, 40-45.
- Lee H-S and van Hout D. 2009. Quantification of Sensory and Food Quality: The R-Index Analysis. *J Food Sci* 74-6, R57-R64.
- Lehrer SB, Ayuso R and Reese G. 2003. Seafood allergy and allergens: a review. *Mar Biotechnol* 5, 339-348.
- Morita K, Kubota K and Aishima T. 2003. Comparison of aroma characteristics of 16 fish species by sensory evaluation and gas chromatographic analysis. *J Sci Food Agric* 83, 289-297.
- Murray CK and Gibson DM. 1972. An investigation of the method of determining trimethylamine in fish muscle extracts by the formation of its picrate salt-Part. *Int J Food Technol* 7, 35-46.
- Özogul F, Polat A and Özogul Y. 2004. The effects of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on chemical, sensory and microbiological changes of sardines (*Sardina pilchardus*). *Food Chem* 85, 49-57.
- Park HJ and Lee SJ. 2008. Sensory detection of off-flavor development during pasteurization of Aloe vera gel using R-index. *Food Eng Prog* 12, 235-240.
- Raatikainen O, Reinikainen V, Minkkinen P, Ritvanen T, Muje P, Pursiainen J, Hiltunen T, Hyvönen P, von Wright A and Reinikainen S-P. 2005. Multivariate modelling of fish freshness index based on ion mobility spectrometry measurements. *Analytica Chimica Acta* 544, 128-134.
- Robinson KM, Klein BP and Lee SY. 2004. Utilizing the R-index measure for threshold testing in model soy isoflavone solutions. *J Food Sci* 69, S1-S4.
- Robinson KM, Klein BP and Lee S-Y. 2005. Utilizing

- the R-index measure for threshold testing in model caffeine solutions. *Food Qual Prefer* 16, 283-289.
- Scott EP and Heldman DR. 1990. Simulation of temperature dependent quality deterioration in frozen foods. *J Food Eng* 11, 43-65.
- Shewan JM. 1962. The bacteriology of fresh and spoiling fish and some related chemical changes. In: *Recent advances in Food Science*. Hawthorn J and Leitch JM, eds. Butterworths, London, U.K., 167-193.
- Shiku Y, Hamaguchi PY, Benjakul S, Visessanguan W and Tanaka M. 2004. Effect of surimi quality on properties of edible films based on Alaska pollack. *Food Chem* 86, 493-499.
- Simeonidou S, Govaris A and Vareltzis K. 1998. Quality assessment of seven Mediterranean fish species during storage in ice. *Food Resear Inter* 30, 479-484.
- Vaz-Pires P, Seixas P, Mota M, Lapa-Guimarães J, Pickova J, Lindo A and Silva T. 2008. Sensory, microbiological, physical and chemical properties of cuttlefish (*Sepia officinalis*) and broadtail shortfin squid (*Illex coindetii*) stored in ice. *LWT-Food Sci Technol* 41, 1655-1664.
- Tsuzi S. 1978. Regarding Alaska pollack's phyletic group near the water of Hokkaido. *Buksusi Monthly* 35, 1-57.
- Velazquez G, Miranda-luna P, López-echevarría G, Vázquez M, Antonio TJ and Ramírez JA. 2008. Effect of pacific whiting wash water proteins on alaska pollack surimi gels. *J Text Stud* 39, 296-308.
- Villegas B, Carbonell I and Costell E. 2007. Inulin milk beverages: Sensory difference in thickness and creaminess using R-index analysis of the ranking data. *J Sens Stud* 22, 377-393.
- Weng WY, Hamaguchi PY, Osako K and Tanaka M. 2007. Effect of endogenous acid proteinases on the properties of edible films prepared from Alaska pollack surimi. *Food Chem* 105, 996-1002.

2009년 10월 15일 접수
 2010년 4월 26일 수정
 2010년 6월 5일 수리