pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 37, No. 3, pp. 173~180 (2022)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2022.37.3.173

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

저장유통 조건에 따른 오징어 품질예측 모델링

김소이[1] · 신지영[2] · 김현석[3] · 양지영[3]*

[1]식품의약품안전처 식품의약품안전평가원 식품위해평가부 잔류물질과
[2]부경대학교 식품연구소
[3]부경대학교 식품공학과

Kinetic Modeling for Predicting the Quality of Squid (*Todarodes pacificus*) during Storage and Distribution

So-i Kim[1], Jiyoung Shin[2], Hyunsuk Kim[3], Ji-young Yang[3]*

[1]*Pesticide and Veterinary Drug Residues Division, Food Safety Evaluation Dept., National Institute of Food and Drug Safety Evaluation, Ministry of Food and Drug Safety, Cheongju, Korea*
[2]*Institute of Food Science, Pukyong National University, Busan, Korea*
[3]*Department of Food Science and Technology, Pukyoung National University, Busan, Korea*

(Received April 1, 2022/Revised April 18, 2022/Accepted June 17, 2022)

ABSTRACT - There are a number of methods to evaluate the quality of squid. However, when purchasing the fish, consumers and retails rely only on the sensory test and flavor in the field. Therefore, this study was aimed to prove relationship between scientific indicator and sensory test. Total viable cell count (TVC), viable cell count of *Pseudomonas* spp., pH and volatile basic nitrogen (VBN) were selected as scientific indicators and mesured during the storage of squid at different temperature. The squid was storaged at 3 different temperature (5°C, 15°C, 20°C). Off flavor determination time was measured by R-index, and kinetic modeling was conducted. Activation energies of off-flavor determination time, TVC, *Pseudomonas* spp, VBN, and pH were 51.210 kJ/mol, 42.88 kJ/mol, 50.283 kJ/mol, 72.594 kJ/mol and 41.99 kJ/mol respectively. Activation energy of off-flavor determination time was approximated to viable cell count of *Pseudomonas* spp., TVC, pH and VBN as an order. Especially, viable cell count of *Pseudomonas* spp. had best match of the activation energy. Therefore, it was judged that indicator of off-flavor determine time was viable cell count of *Pseudomonas* spp..

Key words: *Todarodes pacificus,* Off-flavor development time, Kinetic modeling

오징어는 오징어과에 속하는 동물의 총칭으로 세계 전 해역에는 약 450-500종, 북태평양에는 약 90-100종, 우리나라 해역에는 약 10여종이 분포하고 있다[1]. 두족류의 세계어업 생산량은 362만 톤이었으며 오징어 어획량은 전체 두족류 어업의 약 34%를 차지하였다[2]. 우리나라의 오징어 생산량은 일반 해면어업을 기준으로 2018년 46,274톤이었으며 연체동물 중 생산량 1위로다소비되고 있는 종이다. 우리나라에 수입되는 오징어의 주요 종은 아르헨티나 짧은 지느러미 오징어, 웰링톤 오징어, 빨강오징어, 아메리카 대왕 오징어 등이 있다.

오징어의 품질을 평가하기 위한 여러 항목 들이 있으나 소비자 및 소매업자들의 경우 주관적인 관능평가에 의존하고 있다. 또한 소비자의 어류 구매의사 결정에 부패취가 직접적인 영향을 미칠 수 있다. 따라서 관능적 평가를 입증할 수 있는 과학적인 품질인자를 제시해야 할 필요가 있다. 어류의 이취를 발생시키는 화합물은 주로 미생물과 관련이 있으며 낮은 온도와 호기적인 조건에서 *Shewanella putrefaciens*와 *Pseudomonas* spp. 등의 세균이 주로 나타난다. 생물학적인 요인과 함께 오징어에서는 암모니아취, 황화수소취, 썩은취, 생선취와 같은 네 가지 종류의 이취가 발생한다[3]. 이러한 이취의 변화는 R-index를 적용하여

*Correspondence to: Ji-young Yang, Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, Busan, 48513, Korea
Tel: +82-51-629-5828, Fax: +82-51-629-5824
E-mail: jyyang@pknu.ac.kr

Copyright © The Korean Society of Food Hygiene and Safety. All rights reserved. The Journal of Food Hygiene and Safety is an Open-Access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution,and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

평가할 수 있다[4]. R-index는 관능평가를 실시할 때 초기 조건의 시료와 검사 시료를 함께 제공하여 두 시료의 차이를 정확하게 구별하여 평가하는 관능 기법이다. 이는 계산이 간단하고 다양한 곳에 적용이 가능하여 식품과학의 넓은 분야에 이용된다[5]. R-index를 이용한 연구 사례에는 명태의 보관시간에 따른 품질 예측 모델링[6], 이눌린 우유 음료의 관능적 차이 분석[7], 알로에 겔 가열 중 이취 발생의 관능적 분석[8] 등이 있으며 해당 연구 모두 정확도가 높은 결과를 얻어 내었다. 따라서 R-index 관능기법을 적용하면 오징어의 저장 중 이취 발생 검지에 대한 정확하고 객관적인 결과를 도출할 수 있다고 판단된다. 유통저장 중 오징어의 품질을 결정하는 인자는 보관 온도와 시간이라고 할 수 있으며, 이취 발생 또한 온도와 관련이 깊다[9]. 그러므로 온도의존성을 갖는 품질지표를 분석하고 이에 따른 이취발생 시간을 측정하여 오징어의 유통기간 중 품질을 예측할 수 있다. 수산물의 선도와 관련된 품질지표로는 휘발성 염기 질소(Volatile basic nitrogen, VBN), k-value, *Pseudomonas* spp. 총균수등이 있다.

따라서 본 연구는 오징어의 이취발생을 나타낼 수 있는 품질인자를 선정하고자 하였으며 온도 의존성 관점에서 상호관계를 분석하였다. 먼저, 세 가지 온도 조건에서 오징어를 보관하며 R-index에 의한 이취검지시간을 측정하였고, 이화학적, 생물학적 실험을 실시하였다. 온도의존성 관계식을 이용하여 이취검지 시간을 측정하였으며 그 결과를 바탕으로 이취발생 indicator를 선발하였다. 각 품질인자의 결과 값을 Arrhenius 식에 적용하였으며, 이취발생 indicator의 선발 요건과 비교분석 하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

본 연구에서는 우리나라 동해안에서 2020-2021년도 어획한 오징어를 시료로 사용하였다. 어획한 후 2일 이내의 선어상태의 오징어를 whole fish 형태로 온라인에서 구매하였다. 시료는 개체의 길이가 평균 58.71±8.4 cm, 무게가 평균 162.3±21 g인 오징어를 사용하였다.

Pseudomonas spp.분석에는 *Pseudomonas* agar base (OXOID, Basingstoke, UK)배지를 사용하였으며 TVC 분석에는 패트리필름 (3M™ Petrifilm™ Aerobic Count Plate, 3M, Seoul, Korea)을 이용하였다. pH 측정 시에는 pH meter (Orion™ 2-Star Benchtop pH Meter, Thermo Fisher Scientific Inc., Needham, MA., USA)를 사용하였다.

저장실험

시료는 1마리씩 whole fish 형태로 지퍼백에 포장하여 보관하였다. 온도는 5°C, 15°C, 20°C로 세 가지 조건으로 보관하였다. 생물학적 및 화학적 분석에 사용한 오징어는 실험 당일 한 마리씩 꺼내어 사용하였고 내장, 머리를 제거한 후 가식부에 대하여 실험을 실시하였다.

R-index 관능검사

관능평가는 세 가지 조건의 온도에서 보관된 오징어를 매일 동일한 시간에 진행하였다. 관능평가에 참여한 패널은 부경대학교 식품공학과 10명을 선정하였다. 패널들에게 이취가 발생된 오징어를 signal reference와 신선한 상태의 오징어를 noise reference로 설정하였고 실험을 오징어 풍미에 적응하는 사전훈련을 실시하였다.

20×13 일회용 접시에 시료를 담고 무작위 세 자리 숫자를 표기하였다. 패널은 오징어의 이취를 측정하고 평가표에 결과를 기재하도록 하였다.

평가는 “시료가 signal과 동일하다고 확신한다.”, “시료가 signal과 동일하지만 확신할 수 없다”, “시료가 noise와 동일하지만 확신할 수 없다.”, “시료가 noise와 동일하다고 확신한다.”의 4가지 선택지가 주어졌으며 해당되는 곳에 체크 하도록 하였다. 실험은 시료 별 3회 반복하여 수행되었다.

관능평가 결과는 식(1) 으로 계산하여 수치로 나타내었다[10].

	Signal sure	Signal unsure	Noise unsure	Noise sure	
Signal	a	b	c	d	Total = a+b+c+d
Noise	e	f	g	h	Total = e+f+g+h

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

미생물 측정

총균수 측정은 패트리필름(3M™ Petrifilm™ Aerobic Count Plate, 3M)을 이용하여 진행하였다. 시료 5 g을 취하여 멸균된 희석액(PBS phosphate buffered Saline 1.25 g/L of KH_2PO_4 adjusted to pH 7.2) 45 mL와 함께 멸균백(Bagfilter P400, Interscience, Saint Nom la Breteche, France)에 넣고 stomacher (easyMIX® Lab Blender, AES-Chemunex, Combourg, France)를 이용해 균질화 하였다. 검액은 희석액을 사용해 10배씩 희석한 후 필름에 접종하였다. 검액을 접종한 배지는 35°C에서 48시간 배양하였다. *Pseudomonas spp.*의 경우 *Pseudomonas* spp. 선택배지를 사용해 도말법으로 진행하였다. *Pseudomonas* spp. 선택배지를 10 mL/L glycerol과 함께 제조하여 멸균하였으며, 선택배지에 cephalosporin fucidin cetrimide (CFC) supplement (MB-C1849, Kisan Bio, Seoul, Korea)를 첨가한 후 Petri dish (SPL 10090, Pochon, Korea)에 부어 굳혔다. 검액을 접종한 배지는 30°C에서 48시간 배양하였으며 실험은 매일 3회 반복하였고 집락수는 g 당 colony for unit (CFU)으로 구하였다.

pH 측정

잘게 다진 시료 5 g에 증류수 50 mL를 첨가하고 stomacher (easyMIX® Lab Blender, AES-Chemunex)를 이용해 3분간 균질화 하였다. 균질화한 시료를 필터에 통과시킨 후 pH meter(Orion™ 2-Star Benchtop pH Meter, Thermo Fisher Scientific Inc.)를 이용하여 측정하였다.

Volatile basic nitrogen (VBN) 측정

휘발성 염기질소(VBN)는 식품공전 Conway법에 따라 측정하였다[11]. 균질화한 시료 10 g과 증류수 50 mL를 넣고 30분간 교반하여 여과하였다. 여액은 5% 황산용액을 이용하여 약산성으로 중화시킨 후 100 mL로 정용하여 시험용액으로 사용하였다. 확산기 내실에 0.01 N 황산 1 mL를 넣고 외실A와 외실B에 시험용액과 탄산칼륨 포화용액을 각각 1 mL 씩 넣어 기밀제를 바른 덮개를 덮어 외실의 용액을 혼합하였다. 25°C에서 60분 정치시킨 후 내실의 황산용액에 Brunswik 시약(메틸레드 0.2 g + 메틸렌블루 0.2 g)을 넣고 0.01 N 수산화나트륨 용액으로 적정하여 아래의 식을 이용해 계산하였다.

$$\mathrm{VBN(mg\%)} = 0.14 \times \frac{(b-a)\times f}{W} \times 100 \times 50 \quad (2)$$

a는 본 실험에서의 수산화나트륨 적정량, b는 공시험의 수산화나트륨 적정량, d는 희석배수, f는 0.01N 수산화나트륨 역가, W는 시료의 채취량을 의미한다.

R-index를 이용한 이취검지시점 분석

이취발생시점과 온도 의존성을 분석하기 위해 이취검지시점 t_R을 역수로 취하여 Arrhenius 식에 적용하였다[12].

$$\ln\left(\frac{1}{t_R}\right) = \ln A + \left(\frac{-E_{a..A}}{R}\right)\left(\frac{1}{T}\right) \quad (3)$$

t_R은 이취검지시간, A는 pre-exponential factor, $E_{a..A}$는 활성화 에너지, R은 이상기체상수, T는 절대온도를 의미한다.

저장 중 품질변화 kinetic 분석

저장 중 생물학적, 화학적 품질변화는 다음 식을 이용하여 계산하였다. 품질인자의 변화 kinetics는 다양한 반응차수를 나타낼 수 있으나 0차 또는 1차로 간주하였으며, 0차 반응일 경우 식(4), 1차 반응일 경우 식(5)를 이용하여 분석하였다.

$$y = k \cdot t + y_0 \quad (4)$$

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

k는 반응속도상수(1/h), t는 보관시간(h), y는 측정값, y_0는 초기값을 나타낸다. 식(5)는 exponetial 함수로 자연로그를 취해 선형함수식으로 변형하였으며 아래 식 (6)과 같았다.

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

보관기간 중 품질인자의 변화 양상에 따라 0차반응의 경우 식 (4), 1차반응의 경우 식(6)을 사용하였다. 다음과 같은 식을 이용하여, 온도 및 시간 조건에 따른 이취발생과 유사한 양상을 나타내는 품질인자를 도출하고자 하였다. 식(7)과 식(8)을 적용하여 이취검지시간의 활성화 에너지를 구하였으며, 이취검지시간의 활성화 에너지 $E_{a,A}$와 품질인자의 활성화 에너지 $E_{a,B}$를 비교하였다. 그 결과 $E_{a,A}$와 가장 유사한 지표를 이취발생시간을 나타내는 적합한 품질인자로 선별하였다.

$$y - y_0 = k \cdot t_R - \left(\frac{B \cdot \exp\left(\frac{-E_{a,B}}{R \cdot T}\right)}{A \cdot \exp\left(\frac{-E_{a,A}}{R \cdot T}\right)}\right) \quad (7)$$

$$\ln y - \ln y_0 = k \cdot t_R - \left(\frac{B \cdot \exp\left(\frac{-E_{a,B}}{R \cdot T}\right)}{A \cdot \exp\left(\frac{-E_{a,A}}{R \cdot T}\right)}\right) \quad (8)$$

통계처리

통계처리는 Minitab (R17)과 MS Excel 2016 을 이용하였으며 회귀분석을 통해 kinetic model 상수와 Arrhenius 상수를 산출하였다.

Results and Discussion

오징어 저장 중 이취발생에 대한 R-index

이취발생에 관한 관능평가 결과는 Table 1에 나타내었다. R-index 값은 온도가 높을수록 최고치(95%)에 도달하는 시간이 신속하였다. 20°C에서는 72시간, 15°C에서는 78시간을 기록하였으며 5°C에서는 최고 R-index 값에 도달하지 못하였다. 이취발생 R-index 경계점은 유의수준 a=0.01에서 34.05%, a=0.05에서 29.34% 이었으며 50% (chance value)를 더하여 79.34%와 84.05%로 결정하였다. 저장온도에 따른 패널의 개인별 이취검지시간을 구하고, 평균한 결과는 Table 2에 나타내었다. 유의수준 a=0.01 경계점을 15°C에서는 67.97시간에 도달하였으며 20°C에서는 43.10시간에 도달하였다. a=0.05 유의수준 경계점은 15°C에서 64.40시간, 20°C에서 34.54시간 만에 도달하였다. 5°C에서는 a=0.01, a=0.05 유의수준 모두를 도달하지 못하였다. 온도별 a=0.01과 a=0.05 유의수준경계점을 비교했을 때 20°C

Table 1. Changes in R-index for squid during storage at 5°C, 15°C and 20°C

Temp (°C)	Time (hr) vs R-index (%)								
	12	24	36	48	60	72	84	120	156
5	50.00 ±0.12	50.00 ±0.12	50.00 ±0.14	50.00 ±0.23	55.34 ±0.32	59.02 ±0.42	64.58 ±0.20	70.12 ±0.51	73.51 ±0.33
15	50.00 ±0	50.00 ±0.12	52.10 ±0.25	67.21 ±0.35	76.56 ±0.24	88.53 ±0.52	99.42 ±0.53	excess	excess
20	54.31 ±0.42	67.92 ±0.41	81.33 ±0.24	88.12 ±0.36	90.21 ±0.41	95.10 ±0.39	100.0 ±0.12	excess	excess

Table 2. Off-flavor development time for squid stored at R-index values of threshold at α=0.01 and 0.05

Significance level	5°C	15°C	20°C
a=0.01	ND[1)]	67.97±3.12[2)]	43.10±5.41
a=0.05	ND	64.40±4.10	34.54±5.39

[1)] Not detected.
[2)] Mean±SD.

에서 가장 큰 차이를 보였다. 본 실험에서 이취의 변화는 낮은 온도일 때 서서히 일어났으며 높은 온도에서는 급격하게 일어나는 양상을 나타내었다. 따라서 온도의존성 비교분석은 위 결과에 따라 α=0.05 유의수준의 이취검지시간을 이용하였다.

오징어 저장 중 생물학적 품질변화

저장온도 및 저장시간에 따른 오징어의 TVC, *Pseudomonas* spp. 증식 변화는 Fig. 1과 같았다. 본 실험에서 TVC는 5°C에서 6일차, 15°C에서 3일차, 20°C에서 1일차에 6 log CFU/g에 도달하였으며 이는 부패가 되었음을 의미한다. *Pseudomonas* spp. 또한 초기 0.5 log CFU/g에서 값이 점차 증가하여 최대 7.44 log CFU/g을 기록하였다. 미생물은 어패류의 trimethylamine nitrogen (TMA-N), dimethylamine nitrogen (DMA-N) 및 ammonia (NH_3)와 같은 휘발성 화합물을 생성하여 선도와 깊은 관련이 있다고 알려져 있다. 일반적으로 부패를 일으키는 미생물은 피부와 아가미 표면에서 발견되며 사후 조직 내에서 점차적으로 퍼져 나가게 된다[13)]. VBN의 결과와 비교하면, 5°C에서 6일차부터 부패 초기단계로 측정되었으며 이는 TVC, *Pseudomonas* spp. 증식 변화와 같은 양상을 나타내는 것을 알 수 있었다.

오징어 저장 중 pH의 변화

저장 온도 및 저장시간에 따른 오징어시료의 pH 변화를 검토한 것은 Fig. 2와 같았다. 구입 직후 신선한 상태의 오징어는 pH 5.97 이었으며 저장기간 동안 완만하게 증가하였다. 어류는 사후 젖산이 생성되어 pH가 저하되고, 자가 소화 및 염기성물질의 생성으로 다시 상승한다. 대부분 신선한 상태의 어류는 pH 5.5-6.5 로 알려져 있다[14)].

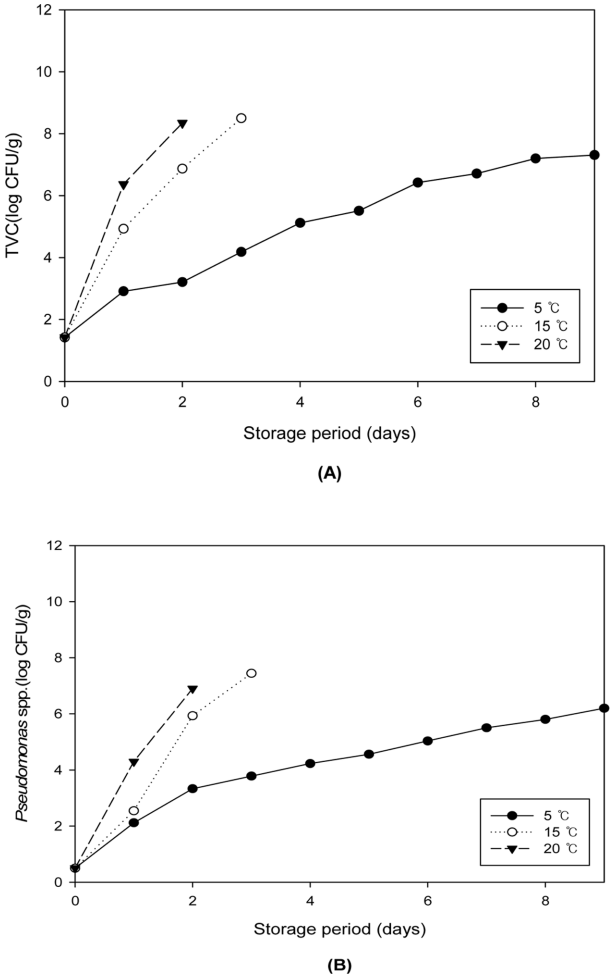

Fig. 1. Changes in total viable cell count (TVC) (A) and *Pseudomonas* spp. (B) of squid during storage at 5°C, 15°C and 20°C.

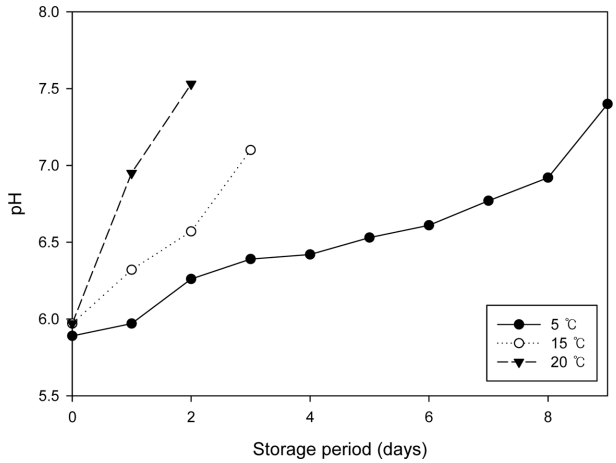

Fig. 2. Changes in pH of squid during storage at 5°C, 15°C and 20°C.

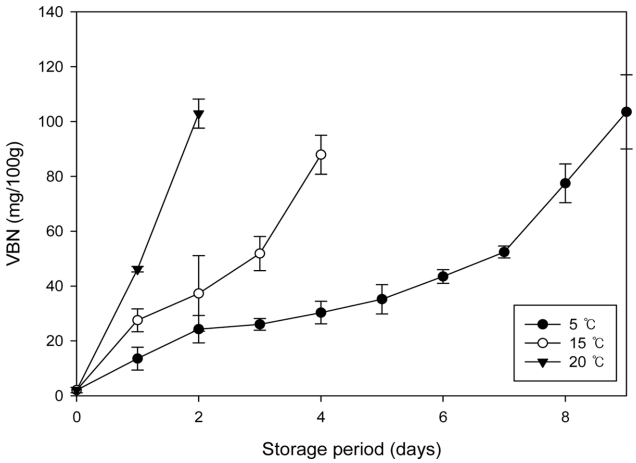

Fig. 3. Changes in volatile basic nitrogen (VBN) of squid during storage at 5°C, 15°C and 20°C.

일반적인 어류는 부패점이 pH 6.7 으로 본 실험에서는 5°C에서 7일, 15°C에서는 2일, 20°C에서는 1일차에 부패점에 도달하여 R-index와 동일한 양상을 나타낸 것을 알 수 있었다. 갈치의 보관기간에 따른 품질변화를 측정한 선행연구에 따르면 pH는 5°C에서 보관했을 때 6-9일차에 부패점에 도달하였으며, 이는 본 연구의 결과와 유사하다는 것을 알 수 있었다[15].

오징어 저장 중 Volatile Basic Nitrogen (VBN)의 변화

온도에 따른 오징어의 VBN 변화량은 Fig. 3과 같았다. 구입 직후 오징어의 VBN 함량은 2.07 mg/100 g으로 매우 신선한 상태였으며 보관기간이 증가함에 따라 VBN 함량 또한 유의적으로 증가하였다. 대다수의 어패류는 어획 후 시간이 경과함에 따라 암모니아 및 TMA, DMA 등 아민류가 생성되어 VBN 함량이 증가한다고 알려져 있다. VBN 지표 범위는 5-10 mg%이면 신선어육, 15-25 mg/100 g 보통어육, 30-40 mg/100 g, 부패 초기단계, 50 mg/100 g 이상은 부패한 어육으로 판단 한다[16]. 따라서 생물오징어의 유통온도를 5°C라고 하였을 때, 3일 차에서 24.06 mg/100 g으로 식용 및 유통에 적합하였으며 4일차부터는 초기부패단계로 측정되어 오징어는 5°C에서 3일 이내에 유통 및 소비가 이루어지는 것이 바람직하다고 판단하였다. 보관기간에 따른 명태의 품질변화를 측정한 연구에 따르면 5°C 보관하였을 때 72시간이 경과되면 수치의 상승폭이 30.10 mg/100 g 에서 58.36 mg/100 g 으로 28 mg/100 g 이 증가하였다[17]. 이는 본 연구와 비슷한 양상을 나타내어 오징어는 3일 이내에 유통과 소비가 이루어지는 것이 바람직하다고 판단되었다.

Table 3. Reaction rate response in 0^{th} and 1^{st} oder reaction of TVC, *Pseudomonas* spp., VBN, pH and k value

Quality variables	Temperature (°C)	0^{th} order reaction		1^{st} order reaction	
		k (1/h)	R^2	k (1/h)	R^2
Total viable count (log CFU/g)	5	2.681×10^{-2}	0.848	6.508×10^{-3}	0.965
	15	4.690×10^{-2}	0.830	1.090×10^{-2}	0.964
	20	7.210×10^{-2}	0.835	1.740×10^{-2}	0.951
Pseudomonas spp. (log CFU/g)	5	2.229×10^{-2}	0.654	8.201×10^{-3}	0.916
	15	5.040×10^{-2}	0.871	1.730×10^{-2}	0.981
	20	6.670×10^{-2}	0.832	2.540×10^{-2}	0.990
VBN (mg%)	5	3.858×10^{-1}	0.897	1.310×10^{-2}	0.788
	15	8.315×10^{-1}	0.961	3.130×10^{-2}	0.786
	20	2.097	0.995	7.430×10^{-2}	0.817
pH	5	5.800×10^{-3}	0.913	9.010×10^{-4}	0.923
	15	7.401×10^{-3}	0.985	1.103×10^{-3}	0.989
	20	1.630×10^{-2}	0.981	2.411×10^{-3}	0.972

Table 4. Arrhenius constants (Ea and R^2) and goodness of fit for squid quality variables from regression analysis with Arrhenius equation

Quality variables	K (1/h)	Ea (kJ/mol)	$R^{2,1)}$
Total viable count (log CFU/g)	7.950×10^4	42.888 (1^{st})	0.970
Pseudomonas spp. (log CFU/g)	4.935×10^7	50.283 (1^{st})	0.994
VBN (mg%)	3.401×10^{11}	72.594 (0^{st})	0.935
pH	8.207×10^4	41.99 (0^{st})	0.771
$1/t_R$	2.440×10^7	51.210	0.881

[1)] Determination coefficient (R^2).

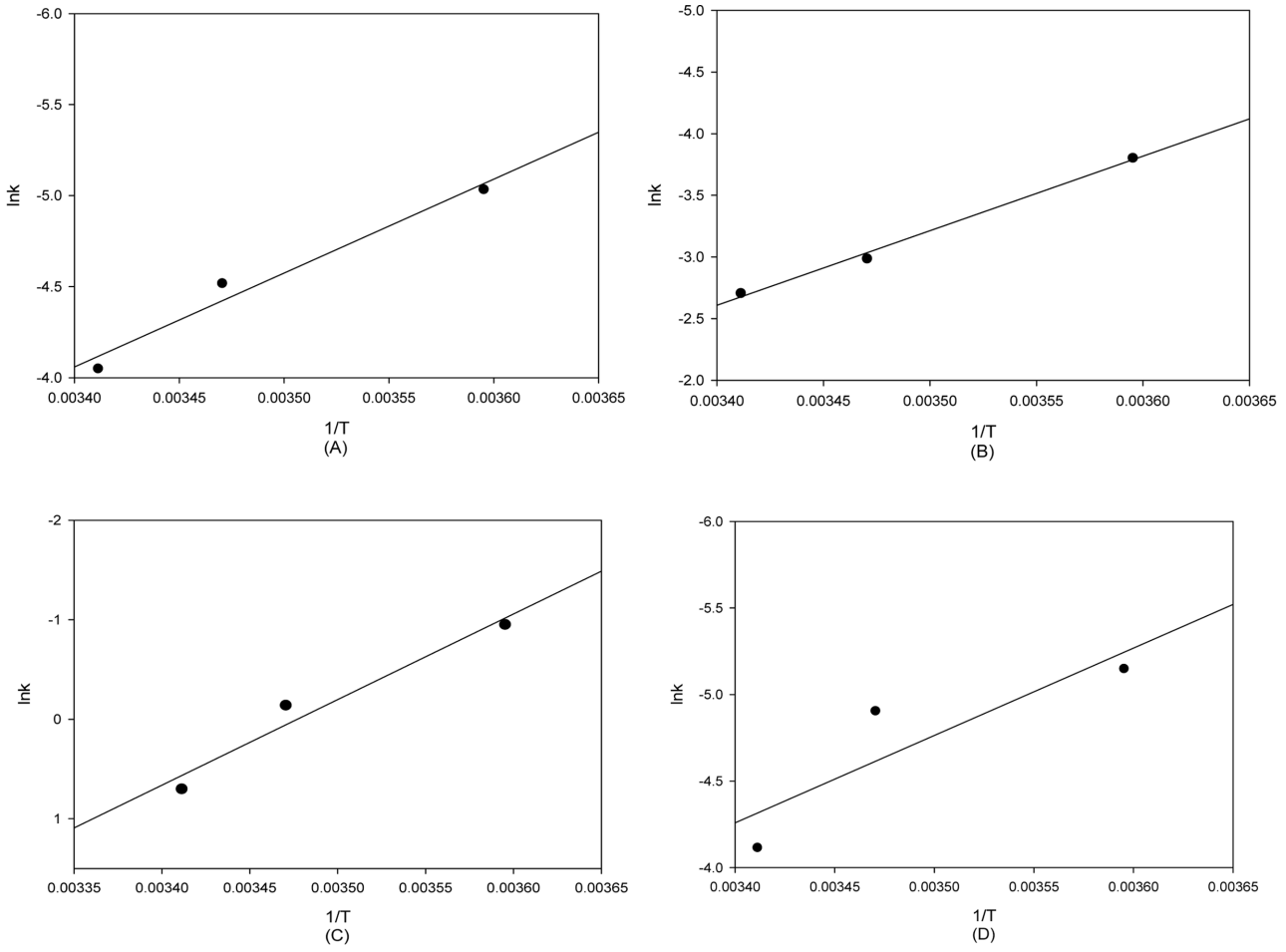

Fig. 4. Quality variable of squid stored at different temperature by regression analysis with Arrhenius equation. TVC (A), *Pseudomonas* spp. (B), VBN (C), pH (D) and k value (E).

오징어 저장 중 품질변화 kinetic 해석

이취발생을 나타내는 품질인자를 찾기 위하여 저장온도와 저장시간에 대한 결과를 분석하였다. 우선 각 품질지표의 kinetic 상수를 도출하기 위하여 0차 반응 경우 식 (4), 1차 반응일 경우 식(6)을 적용하여 저장 중 품질인자의 결과를 회귀분석 하였으며 그 결과는 Table 3에 나타내었다. 우선 반응차수를 결정하기 위하여 결정계수(R^2)를 비교하면 생물학적 인자인 TVC와 *Pseudomonas* spp. 는 1차 반응으로 나타났으며, pH 및 VBN은 0차 반응에 가까운 것으로 나타났다.

의존성 및 활성화 에너지를 포함한 Arrhenius 상수값을 구하기 위하여 식 (7) 또는 식 (8)을 사용하여 Fig. 4와 같이 회귀분석 한 결과는 Table 4와 같았다. 각각의 활성화 에너지를 비교 해 봤을 때, 품질 인자는 *Pseudomosnass* spp., TVC, pH, VBN 순으로 이취발생검지 시간의 활성화 에너지와 유사하였다. 특히 이취발생검지 시간의 활성화

에너지와 가장 유사하다고 판단되는 *Pseudomosnass* spp.의 실험결과를 보면 이취발생 시점을 기준으로 값이 급격하게 증가하였으며, 온도 및 시간에 따른 변화 양상 또한 유사하다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 오징어의 이취발생 indicator는 이취발생시간과 가장 유사한 양상을 나타내는 *Pseudomosnass* spp. 로 판단할 수 있었다.

수산물은 복잡한 유통경로와 불확실한 생산량으로 인해 품질관리에 어려움이 있다. 따라서 품질지수의 체계적인 분석을 위한 kinetic modelling을 통해 유통의 안전성과 효율성을 확보할 수 있다. 명태의 보관시간에 따른 품질예측 모델링연구[17]에서는 명태의 이취발생을 간접적으로 나타낼 수 있는 품질인자를 탐색하기 위해 이화학적, 생물학적 품질인자를 측정하였다. 측정된 품질지표의 결과를 활성화에너지로 나타내어 비교분석한 결과, 명태의 이취발생 indicators로 가장 적합한 것은 *Pseudomonas* spp.로 판정할 수 있었다. 또한, 흰다리새우의 품질예측 모델링 연구[18]에서도 흰다리새우의 품질변화 indicator로 *Pseudomonas* ssp.가 가장 적합하다고 판단하였다. 본 연구는 오징어의 이취발생을 나타낼 수 있는 품질인자를 선정하고자 하였으며 온도 의존성 관점에서 상호관계를 분석하였다. 각 품질인자의 결과 값을 Arrhenius 식에 적용하여 이취발생 indicator의 선발 요건과 비교분석 한 결과 *Pseudomosnass* spp.를 이취발생 indicator로 선정할 수 있었다. 이는 명태 및 새우 등에 대한 선행연구와 유사한 결과로 수산물의 품질변화 지표로 *Pseudomosnass* spp.를 이용할 수 있을것으로 판단된다.

국문요약

오징어의 품질을 평가하기 위한 여러 항목 들이 있으나 현장에서 소비자 및 유통업자들의 경우 주관적인 관능평가에 의존하고 있으며 소비자의 어류 구매의사 결정에 부패취가 직접적인 영향을 미칠 수 있다. 따라서 관능적 평가를 입증 할 수 있는 과학적인 품질인자를 제시하고자 하였으며, 온도와 저장시간에 따른 상호관계를 분석하였다. 과학적 품질인자로는 TVC, *Pseudomonas* spp., pH, VBN 으로 선정하였으며 세 가지 온도 조건에서 보관하였다. 이취발생검지시점은 R-index를 이용해 측정하고 kinetic 모델링을 진행하였다. 모델링 결과 활성화 에너지는 이취발생검지 시간이 51.210 kJ/mol, TVC는 42.888 kJ/mol, *Pseudomonas* spp.는 50.283 kJ/mol, VBN은 72.594 kJ/mol, pH는 41.990kJ/mol 으로 나타났다. *Pseudomonas* spp., TVC, pH, VBN 순으로 이취발생검지 시간의 활성화 에너지에 근사하였으며, 특히 *Pseudomonas* spp.는 이취발생검지 시간의 활성화 에너지와 가장 유사하였다. 따라서 오징어의 이취발생 indicator는 이취발생시간과 가장 유사한 양상을 나타내는 *Pseudomonas* spp. 로 판단 할 수 있었다.

Acknowledgement

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2021년)에 의하여 연구되었음.

ORCID

So-i Kim https://orcid.org/0000-0001-8806-7012
Jiyoung Shin https://orcid.org/0000-0002-1775-1818
Hyunsuk Kim https://orcid.org/0000-0002-4700-9673
Ji-young Yang https://orcid.org/0000-0002-4598-6542

References

1. Kim, J.S., Heu, M.S., Kim, H.S., Ha, J.W., Distribution and extraction condition of endoprotease and exopeptidase from viscera of *Illex argentinus*. *J. Korean Soc*., **50(4)**, 308-315 (2007).
2. FAO. 2018. The state of world fisheries and aquaculture 2018 - meeting the sustainable development goals, Rome, Italy, CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
3. Gram, L., Huss, H.H., Microbiological spoilage of fish and fish products. *Int. J. Food Microbio*., **33**, 121-137 (1996).
4. Argaiz, A., Pérez-Vega, O., López-Malo, A., Sensory detection of cooked flavor development during pasteurization of a guava beverage using R-index. *J. Food Sci*., **70**, S149-S152 (2005).
5. Lee, H.S., Hout, D., Quantification of sensory and food quality: the R-Index analysis. *J. Food Sci*., **74(6)**, R57-R64 (2009).
6. Shim, S.D., Kim, D.U., An, S.R., Lee, D.S., Kim, S.B., Hong, K.W., Lee, Y.B., Lee, S.J., Using modeling to predict Alaska Pollack quality during storage. *J. Fish Aquat Sci*., **43(3)**, 195-204 (2010).
7. Villegas, B., Carbonell, I., Costell, E., Inulin milk beverages: sensory differences in thickness and creaminess using R-index analysis of the ranking data. *J. Sens. Stud.*, **22(4)**, 377-393 (2007).
8. Park, H.J., Lee, S.J., Sensory detection of off-flavor development during pasteurization of aloe vera gel using R-index. *J. Food Eng. Prog*., **12(4)**, 235-240 (2008).
9. Corradini, M.G., Peleg, M., Shelf-life estimation from accelerated storage data. *Trends in Food Sci. Technol*., **18**, 37-47 (2007).
10. Bi, J., O'Mahony, M., Table for testing the significance of the R-index. *J. Sens. Stud*., **10**, 341-347 (1995).
11. Foodsafetykorea., (2022, April 20). Available from: https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=11142.
12. Byeon, K.E,., An, S.R., Shim, S.D., Lee, J.Y., Hong, K.W., Min, S.G., Lee, S.J,. Investigation on beef quality indicator of off-flavor development during storage. *J. Food Sci. Ani. Resour*., **29**, 325-333 (2009).

13. Pramod, K, P., Prem, P, S., Sant, S, P., Kinetics of total volatile basic nitrogen and trimethylamine formation in stored rohu (*Labeo rohita*) fish. *J. Aquat. Food Prod. Technol*., **28(5)**, 452–464 (2019).
14. Kim, H.S., Heu, M.S., Kim, J.S., Distribution and extraction condition of endoprotease and exopeptidase from viscera of *Illex argentinus. J. Appl. Biol. Chem*., **50(4)**, 308-315 (2007).
15. Yu, J.W., Kim, H.J., Seol, D.E., Ko, J.Y., Kim, S.H., Yang, J.Y., Lee, Y.B., Evaluation of Largehead Hairtail Trichiurus lepturus Freshness Using Sensory and Chemical Analyses, *Korean J. Fish Aquat. Sci*., **52(6)**, 735-739 (2019).
16. Yoon, H.J., Ham, I.T., Kim, J.S., Choi, J.D., Physicochemical and microbiological characteristics of raw anchovies and boiled-dried anchovies on the market. *JFMSE*., **29(6)**, 1945-1955 (2017).
17. Shim, S.D., Kim, D.U., An, S.R., Lee, D.S., Kim, S.B., Hong, K.W., Using modeling to predict Alaska Pollack quality during storage. *J. Fish Aquat. Sci*., **43(3)**, 195-204 (2010).
18. Don, S., MartinXavier, K.A., Devi, S.T., Nayak, B.B., Kannuchamy, N., Identification of potential spoilage bacteria in farmed shrimp (*Litopenaeus vannamei)*: Application of Relative Rate of Spoilage models in shelf life-prediction. *J. Food Sci. Technol*., **97**, 295-301 (2018).