



저작자표시-비영리 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學碩士 學位論文

생굴 유통기한 설정 및 품질향상



2014年 8月

釜慶大學校 大學院

食 品 工 學 科

鄭 宇 永

工學碩士 學位論文

생굴 유통기한 설정 및 품질향상

指導教授 趙 永 濟

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함

2014年 8月

釜慶大學校 大學院

食 品 工 學 科

鄭 宇 永

鄭宇永의 工學碩士 學位論文을 認准함

2014年 8月



主 審 藥 學 博 士 金 榮 穆 (印)

委 員 工 學 博 士 沈 吉 輔 (印)

委 員 水 產 學 博 士 趙 永 濟 (印)

목 차

Abstract	X
서 론	1
재료 및 방법	5
1. 실험재료 및 균주	5
1. 1. 실험재료	5
1. 2. 실험균주	5
2. 실험 방법	5
2. 1. pH	5
2. 2. 글리코젠(Glycogen)	6
2. 3. 탁도(Turbidity)	6
2. 4. 가용성단백질(Soluble protein)	7
2. 5. 휘발성염기질소(VBN)	7
2. 6. 일반세균수	7
2. 7. 관능평가	8

2. 8. 품질지표 및 shelf-life 설정	8
3. 통계분석	9
결과 및 고찰	11
1. 저장온도별 생굴 및 충진수의 품질 변화	11
1. 1. 글리코겐(Glycogen), pH관능평가	11
1. 2. 가용성단백질(Soluble protein), 탁도(Turbidity)	20
1. 3. 휘발성염기질소(VBN)	28
1. 4. 일반세균수	33
1. 5. 관능평가	37
2. 생굴의 품질지표 및 shelf-life 예측	44
2. 1. 상관관계 분석	44
2. 2. 유통기한 산출	45
3. <i>Bacillus subtilis</i> DB9011균이 생굴의 품질에 미치는 영향	50
3. 1. 가용성단백질의 변화	50
3. 2. 탁도 변화	53
3. 3. 관능평가	56

요 약	66
참고문헌	69
감사의 글	76



List of Table

Table 1. Sensory characteristic scheme used to identify the quality index demerit scores	10
Table 2. Demerit scores of 130 g package raw oyster during storage 5℃	39
Table 3. Demerit scores of 130 g package raw oyster during storage 10℃	40
Table 4. Demerit scores of 130 g package raw oyster during storage at 20℃	41
Table 5. Demerit scores of 5 kg package raw oyster during storage at 5℃	42
Table 6. Demerit scores of 5 kg package raw oyster during storage at 10℃	43
Table 7. Pearson's correlation among physicochemical and sensory properties of raw oyster during storage at 5℃	46

Table 8. Pearson's correlation among physicochemical and sensory properties of raw oyster during storage at 10℃	47
Table 9. Pearson's correlation among physicochemical and sensory properties of raw oyster during storage at 20℃	48
Table 10. Correlation of raw oyster between soluble protein and storage	49
Table 11. Shelf-life prediction of oyster using soluble protein of liquor in package	49
Table 12. Demerit scores of 130 g package raw oyster not injected during storage at 5℃	58
Table 13. Demerit scores of 130 g package raw oyster injected as much as 10^3 <i>Bacillus subtilis</i> DB9011 during storage at 5℃	59
Table 14. Demerit scores of 130 g package raw oyster injected as much as 10^4 <i>Bacillus subtilis</i> DB9011 during	

storage at 5°C	60
----------------------	----

Table 15. Demerit scores of 130 g package raw oyster injected as much as 10^5 <i>Bacillus subtilis</i> DB9011 during storage at 5°C	61
---	----

Table 16. Demerit scores of 130 g package raw oyster not injected during storage at 10°C	62
---	----

Table 17. Demerit scores of 130 g package raw oyster injected as much as 10^3 <i>Bacillus subtilis</i> DB9011 during storage at 10°C	63
--	----

Table 18. Demerit scores of 130 g package raw oyster injected as much as 10^4 <i>Bacillus subtilis</i> DB9011 during storage at 10°C	64
--	----

Table 19. Demerit scores of 130 g package raw oyster injected as much as 10^5 <i>Bacillus subtilis</i> DB9011 during storage at 10°C	65
--	----

List of Figure

Fig. 1. Changes in pH of raw oyster during storage at 5℃.	
.....	14
Fig. 2. Changes in pH of raw oyster during storage at 10℃.	
.....	15
Fig. 3. Changes in pH of raw oyster during storage at 20℃.	
.....	16
Fig. 4. Changes in glycogen content of raw oyster during storage at 5℃.	17
Fig. 5. Changes in glycogen content of raw oyster during storage at 10℃.	18
Fig. 6. Changes in glycogen content of raw oyster during storage at 20℃.	19
Fig. 7. Changes in soluble protein of oyster liquor during storage at 5℃.	22

Fig. 8. Changes in soluble protein of oyster liquor during storage at 10°C.	23
Fig. 9. Changes in soluble protein of oyster liquor during storage at 20°C.	24
Fig. 10. Changes in turbidity of oyster liquor during storage at 5°C.	25
Fig. 11. Changes in turbidity of oyster liquor during storage at 10°C.	26
Fig. 12. Changes in turbidity of oyster liquor during storage at 20°C.	27
Fig. 13. Changes in volatile basic nitrogen of raw oyster during storage at 5°C.	30
Fig. 14. Changes in volatile basic nitrogen of raw oyster during storage at 10°C.	31
Fig. 15. Changes in volatile basic nitrogen of raw oyster during storage at 20°C.	32

Fig. 16. Changes in viable cell counts of raw oyster during storage at 5°C.	34
Fig. 17. Changes in viable cell counts of raw oyster during storage at 10°C.	35
Fig. 18. Changes in viable cell counts of raw oyster during storage at 20°C.	36
Fig. 19. Changes in soluble protein of oyster liquor injected <i>Bacillus subtilis</i> DB9011 during storage at 5°C.	51
Fig. 20. Changes in soluble protein of oyster liquor injected <i>Bacillus subtilis</i> DB9011 during storage at 10°C.	52
Fig. 21. Changes in turbidity of oyster liquor injected <i>Bacillus</i> <i>subtilis</i> DB9011 during storage at 5°C.	54
Fig. 22. Changes in turbidity of oyster liquor injected <i>Bacillus</i> <i>subtilis</i> DB9011 during storage at 10°C.	55

Prediction of Oyster Shelf Life and Quality Improvement

Woo-young, Jung

*Department of Food Science and Technology, Graduate School,
Pukyong National University*

Abstract

Currently, The giant pacific oyster (*Crassostrea gigas*) is the most common species in Korea and many consumers prefer eat to raw oyster. The oyster production in Korea at 2012 was 303,280 tons. korean people prefers to eat the most raw oyster called 'the milk of ocean' in winter and highest consumes in month Desember-February. Raw oyster mixed with seawater and freshwater are sold in the market an a small packet. After the auction, the raw oysters is often sold by a package, and high-capacity is 5 kg unit but raw oyster which is sold for material of natural state is possible to not indicate shelf-life. Therefore, raw oyster is being sold that its shelf-life is marked by producers their own way.

Also, during shelf-life of raw oyster supposing that turbidity occurs 2-3 days, so consumers misunderstand it that oyster is losing freshness. So sensory preference and consumption are decreasing, besides oyster disuse amount is increasing. therefore analyzing a physicochemical property of oyster which is sold kinds of capacity predicts with the turbidity. So glycogen, soluble protein, turbidity, pH are the factor to decrease freshness and be suitable for quality index of oyster. Correlation of each physicochemical characteristics was calculated and Pearson's correlation was used for calculating physicochemical and sensory properties. The result should that soluble protein seem to most significance. Quality index of soluble protein was 956.85 ± 36.86 mL/100 mL. It was applied to the Arrhenius equation about K value and calculate the activation energy. Then it was applied to the Arrhenius equation about K value and calculated the activation. The shelf-life is predicted 7.58 day. prediction of shelf-life was applied safety coefficient 0.8 and final shelf-life seem to 6.06 day. Therefore, increase in the distribution process of turbidity was irrelevant to hygienically. *Bacillus subtilis* DB9011 injected turbidity to reduce, so that quality and turbidity confirmed improvement impact.

in the result, group injected 10^3 showed the highest improvement effectiveness of turbidity and showed more effect as lower concentration. But group injected 10^5 showed quick decomposition. This means more study is needed about concentration of *bacillus sp.* and its characteristic flavor.

서론

굴은 연체동물의 부족강, 익각목 및 굴상과에 속하고 2과 8속으로 분류되고 있으며, 100종 이상인 것으로 알려져 있다(Kim, 1997). 현재 우리나라에 서식하고 있는 굴의 종류는 9종으로 알려져 있으며 가장 많은 종류로 참굴(*Crassostrea gigas*)이 있으며 소비자들이 가장 많이 접하고 있다(Park, 2006; Gwon, 2010). 2012년도 세계 굴 총생산량은 4,917,836 M/T으로 중국이 3,948,817 M/T이며 세계 총생산량의 80.3%를 차지하였다. 우리나라는 303,280 M/T으로 세계 2위의 생산국이며 다음으로 미국 237,316 M/T, 일본 161,116 M/T, 프랑스 83,163 M/T 순이다. 우리나라의 연간생산량은 2009년 265,165 M/T, 2010년 290,462 M/T, 2011년 306,007 M/T 그리고 2012년에는 303,280 M/T으로 매년 생산량이 증가하고 있는 추세이다(FAO, 2014). 굴 생산량의 증가는 수하식 굴 양식면적이 증가하면서 생산량이 늘어났다. 경남지역의 굴 생산량은 매년 증가하여 2007년에 최고를 보였으며, 2001-2010년 63.9-89.5%를 차지하였고, 전남지역은 2010년에 9.1%를 차지하였다(MAFRA, 2014). 생산된 굴은 냉동굴(반각굴), 생굴(반각굴, 알굴)의 형태와 건조굴, 굴젓, 굴통조림 등으로 가공한 형태가 있으며, 주로 냉동굴의 형태로 일본과 미국에 수출되며, 굴통조림의 형태로 미국에 주로 수출하고 있다. 하지만 우리나라사람들은 굴 특유의 향과 신선함을 선호하여 가공품에 비해 생굴을 선호하며 12-2월에 가장 많이 섭취한다. 굴은 영양 성분이 뛰어나 ‘바다의 우유’라고 불리며 비타민 A1, B1, B2, B12, 철분, 망간, 요오드, 인 등이 많아 산성식품에 해당된다. 또한 글리코젠 함량이 많아 소화 흡수가 잘되어 어린이, 노약자들도 부담 없이 섭취할 수 있으며, 혈액을 생

성하거나 생성된 혈액을 맑게 해주는 작용이 뛰어나 항암성 등 생리활성을 지니는 것으로 보고되고 있다(Hosoi et al., 2003; Kim et al., 1981; Sakaguchi and Murat 1989; Hur, 2002). 그리고 굴에는 Taurine, Glutamic acid, Alanine, glycine, Proline 등의 아미노산이 많이 함유되어 있으며 다른 수산물과 비교시 Taurine의 함량이 많은 것이 특징인데 심혈관계 기능유지 및 중추신경계 기능 조절 등 다양한 생리활성을 지닌다 (Kim, 2014; Park, 2002).

소비자들이 가장 선호하며 다량의 영양성분을 가진 생굴은 경매 이후, 5, 10 kg 단위로 해수와 함께 스티로폼 박스에 대용량의 단위로 판매되거나, 생굴은 해수와 담수를 혼합한 충진수와 포장되어 소포장 굴의 형태로 판매가 이루어지고 있다. 소포장 굴은 주로 유통기한이 7일로 유통되고 있는 실정인데, 식품 등의 표시기준에서 원료상태의 수산물은 유통기한 설정 및 표시가 생략가능하다. 그렇게 때문에 제조업자가 자율적으로 유통기한을 표시하거나 판매하는 대형마트에서 진열기간이라 표시하여 판매하고 있다. 포장지에 기재되는 유통기한은 올바른 실험설계를 통한 과학적 근거를 세워 설정된 것이 아닌 제조업자가 임의로 설정한 것으로 과학적 근거가 부족하다. 또한 소비자들은 유통과정에서 위생적 부분과 무관하게 충진수의 혼탁도가 증가한 것에 대해서 굴의 선도가 저하된 것으로 오인하여 소비를 꺼려하고, 판매가 저하되어 굴 폐기량 또한 늘어나는 실정이다.

또한 유통과정 중 증가하는 탁도는 생굴 내의 글리코젠 용출, 가용성 단백질의 용출, 부유 물질 등이 원인이 되는 것이며 이는 소비자들의 관능적 기호도 감소를 야기한다. 따라서 이를 저감화하여 생굴의 품질을 향상시키기 위한 연구가 필요하나, 식품 내 부유물의 생성을 저감화하는 연구는 전무한 실정임으로 수질 및 탁도를 개선한다고 보고된 바 있는

Bacillus subtilis DB9011균을 이용하여 생굴의 품질에 어떠한 영향을 미치는지 확인하였다.

Bacillus subtilis DB9011균은 1990년 일본 토양에서 분리 되었으며 메주균으로 세계 9개국의 특허를 획득하는 등 농업, 의학, 환경 부분에 현재까지 많은 연구가 진행 되고 있다. *Bacillus subtilis* DB9011균은 토양 속에 존재하며 비료 내의 병원성 곰팡이의 증식을 억제, 아플라톡신 분해 등의 효과를 보이며 농작물의 피해를 줄여준다고 보고되어 왔다 (Kubota, 1997; Kimura, 1990). 또한 Tsukahara et al.(2012)은 돼지에게 경구 투여시 대장균이 생성하는 시가독소를 억제하여 부종 질환을 줄인다고 보고하였다. 한편, 다양한 식품에서 품질을 향상시키는 작용을 하는데, Lee and Kim (1989)은 *Bacillus subtilis*가 저식염 고추장의 품질에 미치는 영향에 관하여 연구하여 *Aspergillus oryzae* 사용이 발효된 고추장보다 관능적으로 우수하다고 보고된바 있으며, Jung (2010)은 *Bacillus subtilis*균을 접종한 발효두유에서 다른 대조구에 비해 품질이 향상 되었다고 보고하였다. 그 외 장내 *E. Coli* 억제, *Salmonella* 증식 조절, 성장 촉진, 장내 유익균 증가, 혈청콜레스테롤 감소 등 식품에 적용시 품질을 향상시키는데 적합하며 일본 후생노동성에서 피부자극, 점막자극, 급성독성실험 등을 통해 인체에 무해하다고 보고하였다(Jin et al., 1998; Li et al., 2006; Park, 2008; Santoso et al., 1995). 또한 Yu (2007)는 *Bacillus subtilis* DB9011 균이 암모니아 발생량을 줄여 암모니아취를 줄인다고 보고하였고, 수질 및 탁도 개선에서 BOD 및 부유 물질을 분해하여 탁도를 개선하였다고 보고된바 있다(Megharaj, 2003).

현재까지의 생굴의 품질향상에 관련하여 초고압 처리, 유기산염 처리, 감마선 처리, 방사선 조사 등 굴에 다양한 처리를 실행한 연구는 많이 이루어 졌다(Chung, 1969; Kim, 1997; Kim, 2003; Park, 2006; Park,

2009). 이러한 처리방법은 부패에 관여하는 미생물을 사멸시킬 수 있으나, 굴 특유의 조직감 변화와 풍미를 떨어뜨릴 수 있으며, 조직의 색을 변화시킬 수 있는 단점을 가지고 있다. 지금까지 굴의 조직감을 보존할 수 있는 품질 향상법에 관한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 생굴의 이화학적 특성을 분석한 후, 유통기한을 예측하여 유통과정 중 발생하는 탁도와의 연관관계를 분석하였고, *Bacillus subtilis* DB9011균을 이용하여 유통과정 중 발생하는 탁도의 저감화 시키고 굴 특유의 향과 조직감 또한 보존하는 개선법을 연구하고자 하였다.



재료 및 방법

1. 실험 재료 및 균주

1. 1. 실험 재료

실험에 사용된 생굴은 통영 인근해역에서 채취하여 박신하고 굴수하식 수협을 통해 경매 이후, 굴 130 g과 충진수를 포장한 형태의 소포장굴과 5 kg 단위 구성으로 유통되는 대용량 굴을 구입하여 사용하였다. 시료의 전처리는 멸균된 채와 비커에 생굴과 충진수를 각각 분리하여 얻었고 시료의 저장은 항온기(PFC-PO-150, Taeshin bio science, Korea)에 각 온도별(5, 10, 20℃)로 저장하여 실험하였다.

1. 2. 실험 균주

실험에 사용된 균주는 *Bacillus subtilis* DB9011균을 사용하였으며, 균의 배양은 Tryptic Soy Broth(Difco, USA)에 37℃에 24시간 배양하면서 4시간마다 성장곡선을 분광광도계(UV mini-1240, Shimadzu, Japan)로 550 nm에서 흡광도를 측정하여 작성하였으며 24시간에 10^8 까지 증식한 것을 확인 할 수 있었다. 소포장굴 집종시 봉지굴 330 g 전체량의 10^3 , 10^4 , 10^5 이 되도록 균액을 희석 제조하여 멸균된 Cap tube에 보관하였다.

2. 실험방법

2. 1. pH

생굴을 Blender를 이용하여 마쇄하고 증류수와 1:9 비율로 혼합한 후 pH meter (Orion 3 star, Thermo Scientific Inc., USA)를 이용하여 측

정하였다.

2. 2. 글리코젠(Glycogen)

생굴의 글리코젠 함량측정은 먼저 30% KOH 용액을 5 mL 분주하고 20분간 끓는 물에 중탕 후 10분간 방냉하였다. 이 후 포화 Na_2SO_4 용액 0.5 mL와 95% ethyl alcohol 5 mL를 넣고 20분간 중탕한 후 10분간 방냉 하였다. 모든 샘플을 3500 rpm에 10분간 원심분리 후 상층액을 버리고 탈이온수를 2 mL 넣고 진탕하였다. 다시 95% ethyl alcohol 2.5 mL를 넣고 3500 rpm에 10분간 원심분리 하였다. 마지막으로 상층액을 버리고 5M HCl 2 mL를 넣고 진탕한 후 0.5M NaOH를 넣어 pH paper를 이용하여 pH 7을 맞추었다. pH 7이 맞춰진 용액에 탈이온수를 넣어 50 mL로 정용하였다(Wedemeyer et al). Anthron method법에 의하여 D-glucose 검액을 제조하여 5 mL씩 취한 후, 샘플 용액 5 mL에 Anthron 황산용액을 10 mL씩 분주한다. 10분간 끓는 물에 가열 후 5분간 방냉하고 분광광도계(UV mini-1240, Shimadzu, Japan)로 620 nm에서 흡광도를 측정하여 글리코젠 함량을 측정하였다(Montgomery, 1957).

2. 3. 탁도(Turbidity)

충진수의 탁도 측정은 휴대용 탁도계(2100P, HACH, USA)를 이용하였고 EPA method 180.1 (Hach, 1995)를 근거하여 0-1000 NTU (Nepheometric Turbidity Unit)의 범위를 나타내었다. 이를 이용하여 생굴을 보관하는 충진수의 탁도를 측정하였다.

2. 4. 가용성 단백질(Soluble Protein)

가용성 단백질은 Biuret (Gornall et al., 1949) 정색반응의 원리를 이용하여 측정하는데 이때 사용된 시약은 Biuret 시약을 사용하였고, 단백질 표준용액은 소혈청 albumin (Sigma, USA) 10 mg/ mL의 표준용액을 조제하였다. 작은 시험관에 1-10 mg의 단백질을 함유하는 시료용액 1 mL를 넣고 Biuret 시약 4 mL를 가하여 혼합하였다. 실온에서 30분간 방치한 후 분광광도계(UV mini-1240, Shimadzu, Japan)를 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하였다.

2. 5. 휘발성염기질소(Volatile basic nitrogen, VBN)

휘발성 염기질소 함량은 conway unit을 사용하는 미량확산법(日本厚生省, 1960)을 이용하여 측정하였다. Conway unit 확산기의 외실에 전처리한 시료 1 mL와 반대편 외실에 포화 K_2CO_3 용액을 1 mL씩 각각 넣고 내실에 0.01N H_2BO_3 용액을 1 mL 넣은 후, 혼합지시약을 가하였다. 37℃에 80분간 반응시킨 후 0.005M H_2SO_4 표준용액을 이용하여 적정한 후 핑크색으로 변할 때 종말점으로 하였다.

2. 6. 일반세균수

일반세균수는 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1970)의 방법에 의거하여 Standard plate count agar (SPC, Difco, USA)를 사용하여 37±0.5℃에서 24-48시간 배양한 후 Log colony forming unit (CFU)로 나타내었다. 생균을 무균적으로 10 g을 stomacher filter bag (3M, USA)에 취한 후, 0.85%희석수로 1/10 되도록 희석한 후 균질화하여 시료액으로 하였고 10^{-5} 까지 측정하였다. 이때 균질기는 stomacher (stomacher400, CMscience Co., Korea)를 이용

하여 시료를 균질화 하였다.

2. 7. 관능평가

생굴과 충진수에 대한 관능평가는 일본 후생노동성의 식품·첨가물 등의 규격기준(Ministry of Health, Labor and Welfare, 1984)에 의거하여 굴의 냄새, 굴의 색, 굴의 상태, 충진수의 상태, 충진수의 점성에 대하여 식품공학과 학생 8명을 대상으로 실시하였다(Table 1). 3점 척도법(0-2)을 이용하여 각 품질 특성에 대하여 점수화하였고, 모든 패널들이 섭취를 꺼려하는 시점을 품질한계점수인 1점으로 하였다. 품질한계지수는 유통기한 설정시 품질의 한계값으로 관능평가 기준을 1점으로 설정하였다. 낮은 점수일수록 고품질의 제품을 의미하며 시간에 따른 변화를 최소화하기 위해 전체 검사 소요시간은 5-10분으로 정하였다.

2. 8. 품질지표 및 shelf-life 설정

우리나라에서 굴은 냉장 유통제품에 속하여 0-10℃로 유통온도가 설정되어 있다(MSFD, 2014). 따라서 5℃ 저장시료를 대조군으로 하였고, 유통 최고온도 10℃와 이를 비교하기 위해 20℃에서 가속실험을 진행하였다. 저장 중 관능평가를 통하여 얻은 관능적 품질한계기준과 이화학적 분석간의 0차 회귀방정식(1)을 구한 후 각 항목별간의 상관관계 분석을 실시하였고, 유의성이 가장 높은 항목을 설정하였다. 이를 직선의 기울기에 의한 반응속도(k)를 구하였고 k를 Arrhenius식(2)에 대입하여 Arrhenius plot을 도시하고 활성화 에너지(Ea)를 계산하였다. 또 온도변화에 대한 반응의 민감도를 나타내는 척도로 Q₁₀ value(3)를 나타내었다.

$$C = C_0 + kt \quad (1)$$

C = measurements at time t C_0 = measurements at time t_0
 k = rate constant t = reaction time(day)

$$\ln k = - \frac{E_a}{R} \times \frac{1}{T} + \ln k_A \quad (2)$$

k = reaction rate constant k_A = Arrhenius equation constant
 E_a = activation energy R = gas constant
 (kJ/mol·K) (8.3144 J/mol·K)

$$\ln Q_{10} = \frac{E_a}{R} \times \frac{10}{T(T + 10)} \quad (3)$$

$Q_{10} = Q_{10}$ value T = absolute temperature (K)
 E_a = activation energy R = gas constant
 (kJ/mol·K) (8.3144 J/mol·K)

4. 통계분석

각 항목별 구해진 0차 회귀방식식의 상관관계를 SAS (Statistical Analysis System) 통계 프로그램으로 각각의 결과에 대한 ANOVA test를 이용하여 분산분석한 후 평균 및 표준편차를 구하고, Duncan의 다중 비교(Duncan's multiple range test)로 $P < 0.001$ 유의수준에서 유의차 검정을 실시하였다.

Table 1. Sensory characteristic scheme used to identify the quality index demerit scores

Parameter	Quality index being assessed	Demerit points
Smell	No changes	0
	Unpleasant smell	1
	Strong unpleasant smell	2
Color of oyster meat	No change (creamy white)	0
	Whitening of color (decolorization)	1
	White or gray color (discoloration)	2
Texture of oyster meat	No changes (firm, elastic)	0
	Swelling (expansion)	1
	Softened flesh and loosened digestive system	2
Appearance of oyster liquor	No changes (clear and transparent)	0
	Hazy (light milky)	1
	Very hazy, floating flesh pieces and fragments of digestive organs	2
Viscosity of oyster liquor	No changes (No viscosity)	0
	Mucus visible (Viscous)	1
	Large quantity of mucus visible	2
	(very viscous)	2

결과 및 고찰

1. 저장온도별 생굴 및 충진수의 품질 변화

1. 1. pH, 글리코젠(Glycogen)

생굴 저장시 pH의 변화는 품질 변화를 알려주는 주요한 지표이다. 굴에는 글리코젠(glycogen) 함량이 많고, 이는 굴의 부패에 기인하며, 글리코젠은 생굴의 생체변화 과정 중 효소계 해당과정을 거치면서 젖산을 생성하는데 이때 생성된 젖산에 의하여 pH가 감소한다(Park, 2006). Jay (1994)는 굴의 선도판정에 있어서 pH가 6.3이상 “Very good”, 6.2-5.9는 “good”, 5.8은 “off”, 5.7-5.5는 “musty”, 5.2이하는 “sour” 또는 “putrid”로 규정하였다.

생굴의 저장 중 pH변화는 Fig. 1-3과 같다. 저장온도별에 따라 130 g 소포장굴과 5 kg 대용량 포장굴의 초기 pH는 6.26-6.42의 범위를 보여 매우 선도가 좋은 상태였으며 저장 중 지속적으로 감소하는 경향을 보였다. 5℃ 저장 중 소포장 굴의 pH는 저장 10일차까지 5.98 ± 0.05 로 감소하였고, 대용량 포장굴은 5.38 ± 0.02 까지 감소하는 경향을 보였다. 10℃, 20℃ 저장시 감소의 폭이 더 커짐을 확인할 수 있었다. 따라서 저장온도가 높을수록 pH의 감소가 큰 것을 확인할 수 있는데, 이는 글리코젠의 분해가 온도에 영향을 미치는 것으로 판단된다(Yan et al., 2009). Songsaeng (2010)은 냉동 굴을 12개월간 -20℃에서 관찰한 결과 6.2-6.4의 결과 값을 보여 냉동과정 중 굴의 선도가 유지된다고 발표하였고, Kim (2003)의 생굴의 품질 연구 결과에서도 저장시간이 지남에 의해서 pH가 감소하는 동일한 결과 값을 보였다. 지금까지 보고된 생굴의 초기 pH 값은 6.2-6.4의 범위를 보여 선도가 좋은 생굴의 범위를 확인할 수

있었다(Aaraas et al., 2004; Kim, 2003; Cruz-Romero et al., 2007; Joo, 1999). 또한 저장시간이 지남에 따라 소포장굴(130 g)보다 대용량 포장굴(5 kg)의 선도저하가 더 빠름을 확인할 수 있는데 이는 굴을 보관하는 충진수의 차이로 판단된다. 소포장 굴의 경우, 해수와 담수를 혼합한 충진수를 정수 처리하여 굴과 함께 포장되고, 해수만을 이용하여 충진된 대용량 포장굴의 경우에 생굴의 선도저하가 더 빠름을 확인할 수 있었다. Oh (2007)의 연구에 따르면 해수 내에는 각종 유기물, 효소, 부패에 기인하는 미생물들이 해수의 위생 상태에 영양을 미친다 하였다. 따라서 정수되지 않은 해수로 충진된 대용량 포장굴의 경우 해수에 의해 선도가 저하된 것으로 판단된다.

당원질 또는 동물성 전분이라고 불리는 글리코젠은 포도당분자로 되어 있는 다당류이다. 굴에는 글리코젠이 풍부하여 혈당을 조절해 당뇨에 효과가 있고 콜레스테롤 수치를 조절하여 피를 맑게 해주며 혈압을 낮추어 준다(Kim et al., 1981; Park, 1995; Jeong et al., 1998; Yoon et al., 1986; Kang et al., 1974).

굴의 포장용량에 따른 글리코젠 함량의 변화는 Fig. 4-6과 같다. 5, 10, 20℃ 저장시 포장용량에 따른 초기 글리코젠함량은 평균 690.15-717.19 mg/100 g의 범위를 보였으며 저장 시간이 지남에 따라 감소하는 경향을 보였다. Byun (1981)의 연구에서도 저장 시간이 지남에 따라 글리코젠 함량이 감소하는 같은 결과를 보였다. Kang (1974)은 계절별에 따라 글리코젠함량이 다르며 12월부터 그 함량이 증가하여 4월 달에 글리코젠이 가장 많이 함유되어 있다고 하였다. 생굴의 글리코젠 함량은 2-3% 내외를 함유하고 있으며 어류와 달리 이를 에너지원으로 저장하고 있어 어류에 비해 월등히 높은 함량을 가진다.

결론적으로 생굴의 글리코젠의 함량은 저장시간이 지남에 따라 감소하

는 경향을 보이며 pH에 영향을 미친다. 따라서 생굴의 선도판정 및 유통기한을 예측에 있어 품질지표로 적용이 가능할 것으로 판단된다.



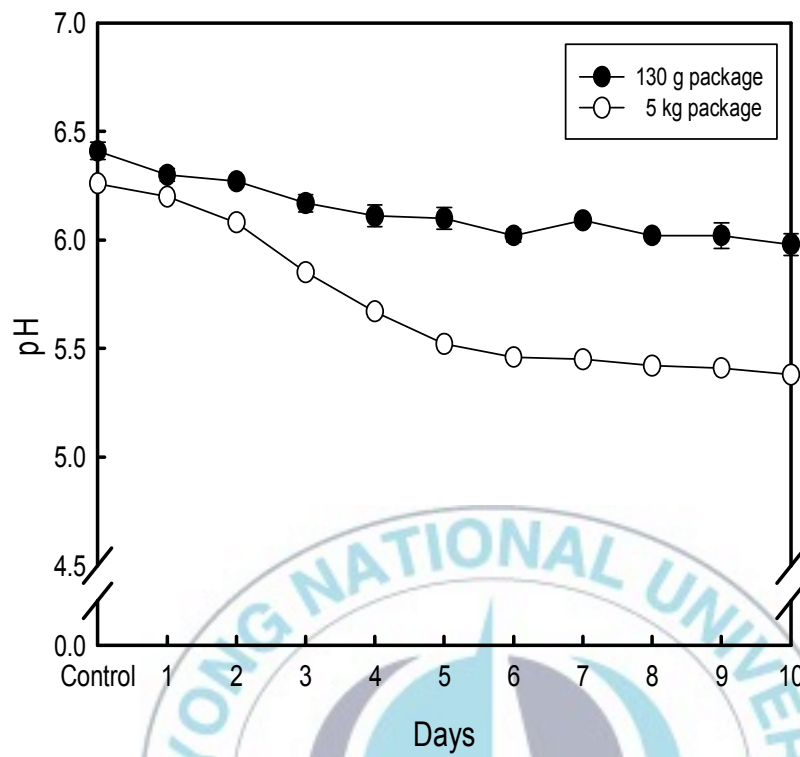


Fig. 1. Changes in pH of raw oyster during storage at 5°C.

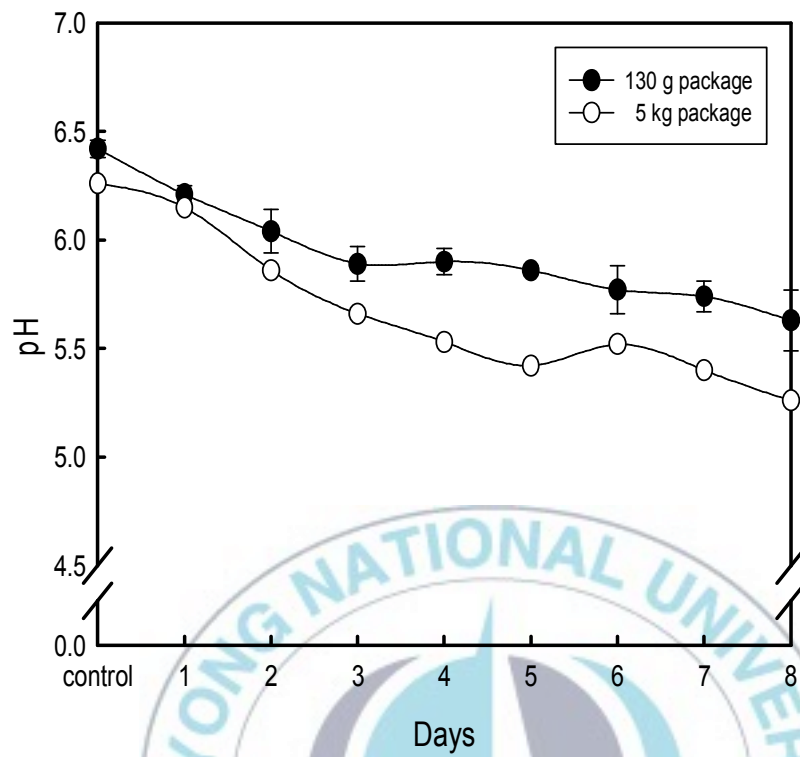


Fig. 2. Changes in pH of raw oyster during storage at 10°C.

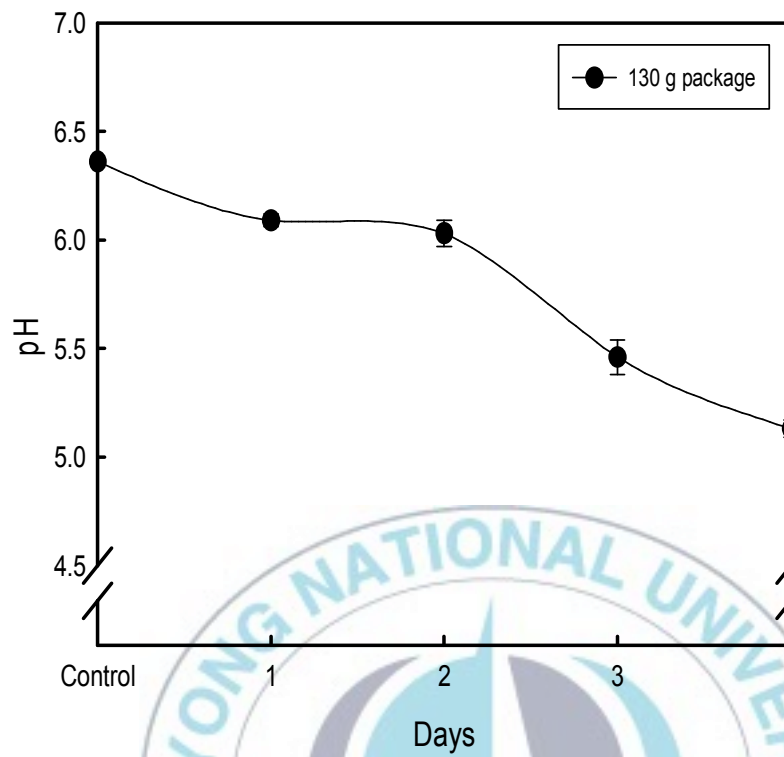


Fig. 3. Changes in pH of raw oyster during storage at 20°C.

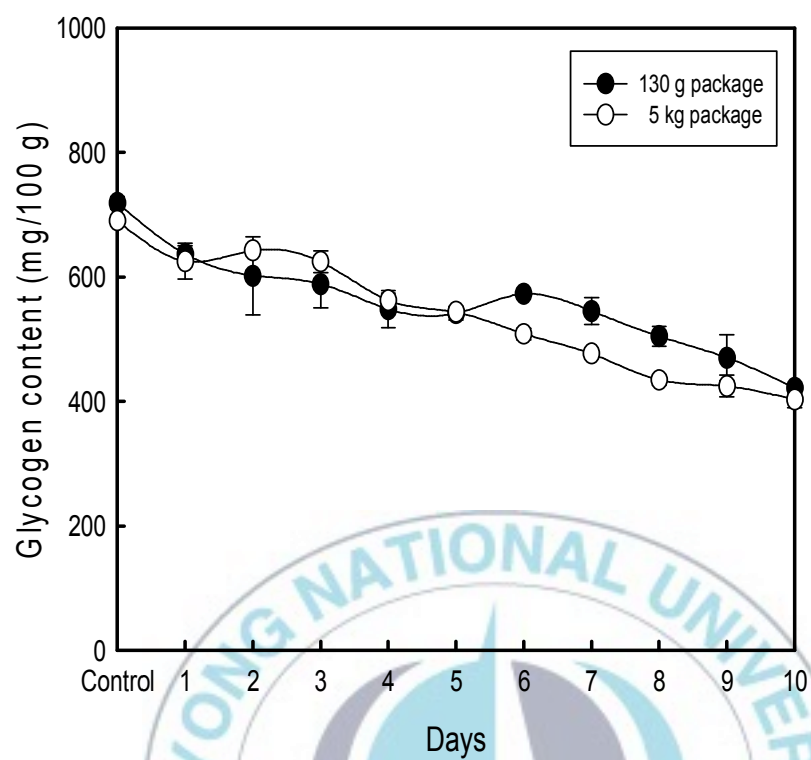


Fig. 4. Changes in glycogen content of raw oyster during storage at 5°C.

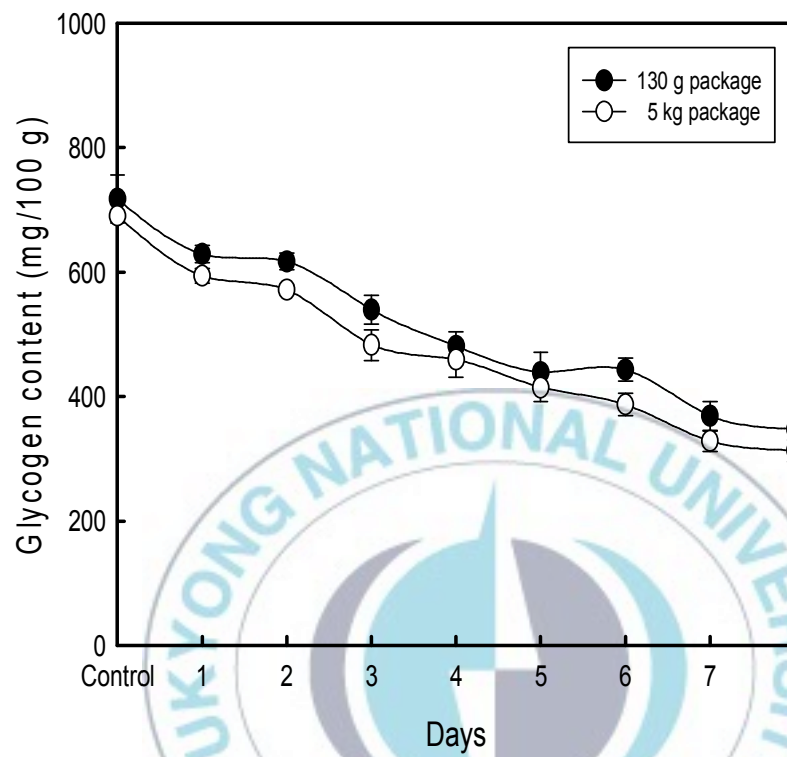


Fig. 5. Changes in glycogen content of raw oyster during storage at 10°C.

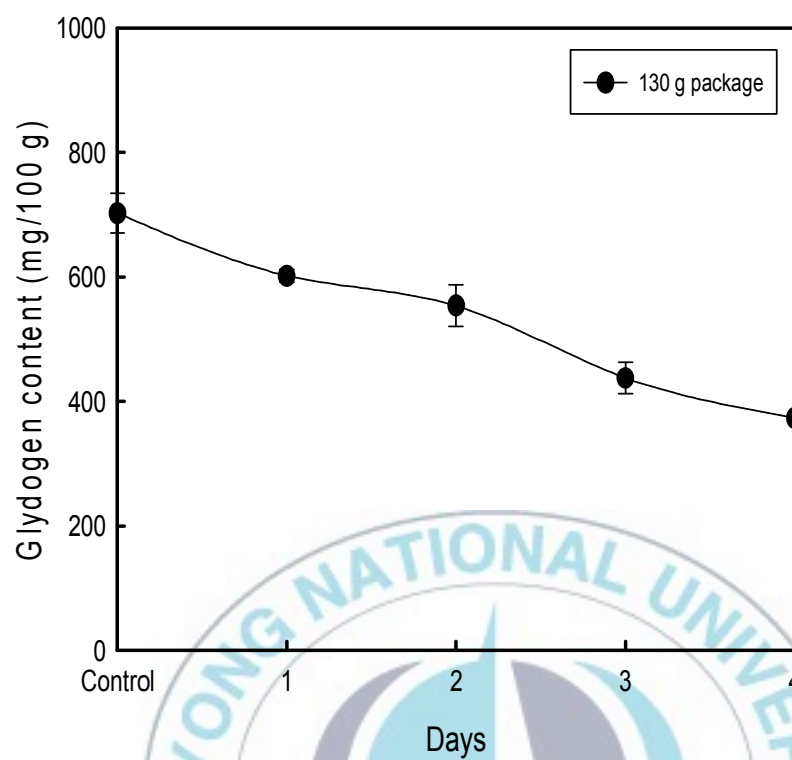


Fig. 6. Changes in glycogen content of raw oyster during storage at 20°C.

1. 2. 가용성 단백질(Soluble Protein), 탁도(Turbidity)

굴은 육질이 연하고 쉽게 부패하는 특성을 가지는데, 굴의 사후변화 과정에서 굴의 단백질은 효소활성에 의하여 맛, 색, 향 등의 손실이 일어난다(Park et al., 2006; Oh and Heu, 1998). 이러한 손실에 의해서 단백질은 용매에 대한 용해성 차이로 용출되는데 저농도 염용액에 용출되는 근형 단백질, 고농도 염용액에 용출되는 근원섬유 단백질 그리고 불용성인 근기질 단백질로 나눌 수 있다. 그래서 이들 단백질을 각각 수용성 단백질, 염용성 단백질, 불용성 단백질로 구분되며, 충진수에 용출되는 단백질은 수용성 단백질과 염용성 단백질이다(鴻巢章二 and 橋本周久, 1992). 단백질이 가수분해 되어 수용성 단백질, 염용성 단백질이 되기 때문에, 용출된 가용성 단백질 함량을 측정하여 생굴의 이화학적 특성을 확인하였다. 그 결과 포장용량에 따른 충진수 내의 가용성 단백질 함량은 Fig. 7-9과 같다. 소포장굴 충진수의 초기 가용성 단백질 함량은 364.05-445.97 mg/100 mL의 범위를 보였으며 평균 470.54 ± 31.41 mg/100 mL을 나타내었다. 저장 시간이 지남에 따라 가용성 단백질의 함량이 점차적으로 증가하는 경향을 보였다. 대용량 포장굴의 경우, 초기 가용성 단백질 함량은 490.46-586.52 mg/100 mL의 범위를 보였으며 평균 538.49 ± 26.93 mg/100 mL을 보였다. 소포장굴의 가용성 단백질 함량보다 대용량 포장굴의 초기 가용성 단백질이 높음을 확인할 수 있었다.

충진수는 굴의 선도가 저하될수록 굴 조직의 파편과 글리코겐 및 가용성 단백질의 용출 등으로 탁도가 높아지며, 이는 생굴 판매시 소비자들로 하여금 굴의 선도가 저하된 것으로 오해하여 소비자들의 기호도가 감소로 인해 판매량감소를 야기한다. 생굴 유통과정 중 관능적 기호도를 감소시키는 탁도의 이화학적 특성은 다음과 같다(Fig. 10-12). 소포장굴 충진수의 초기 탁도는 12.46-17.45 NTU의 범위를 나타냈고, 대용량 포장

굴은 146.24 ± 2.36 NTU를 나타내며 초기 탁도 값이 소포장굴에 비하여 비교적 높게 나타났다. 이러한 차이는 소포장굴 포장시 해수를 정수한 후 담수와 일정한 비율로 혼합하여 포장하는데 반해, 대용량 포장굴은 정수되지 않은 해수로만 포장하기 때문이다. 따라서 해수 내의 부유물질 및 각종 요소들에 의해 가용성 단백질의 용출이 증가하였고, 이로 인한 탁도의 증가로 사료된다. 따라서 가용성 단백질의 증가 및 글리코겐 함량의 감소는 충전수의 탁도에 영향을 미치므로 생굴의 품질지표로 적합하다고 판단된다. 전반적으로 저장 2-3일이 지난 시점에 탁도가 증가하는 것을 확인 할 수 있었는데, 이는 유통 판매시 관능적 기호도에 영향을 미칠 것으로 판단되며 이를 저감화하는 방안이 필요할 것으로 사료된다.



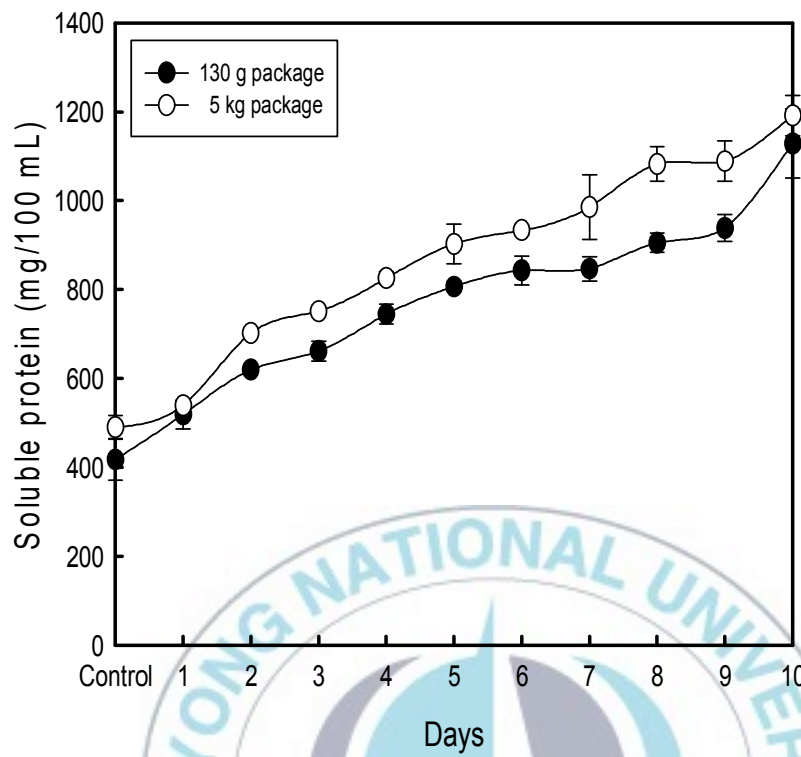


Fig. 7. Changes in soluble protein of oyster liquor during storage at 5°C.

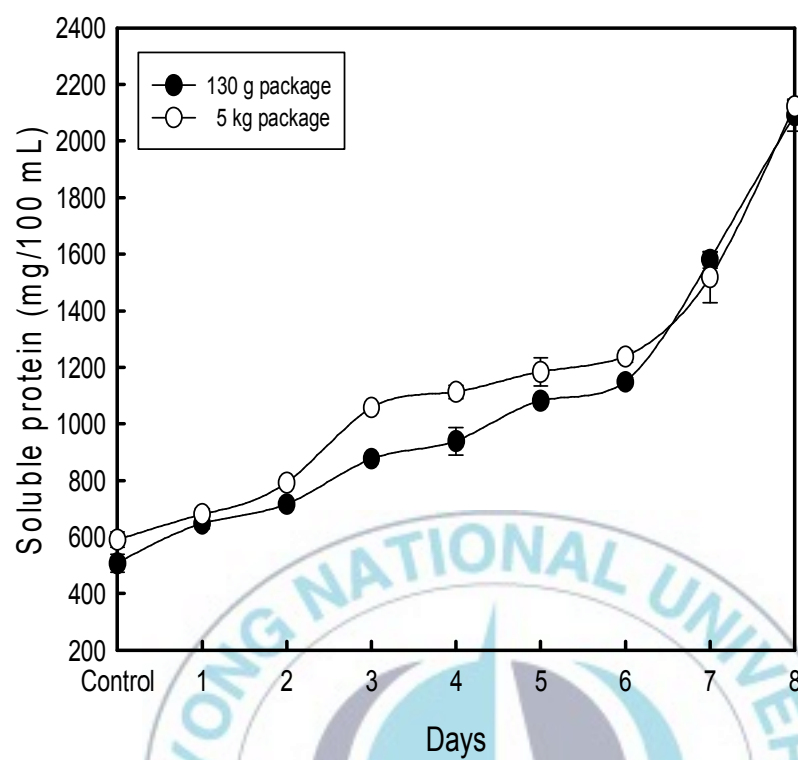


Fig. 8. Changes in soluble protein of oyster liquor during storage at 10°C.

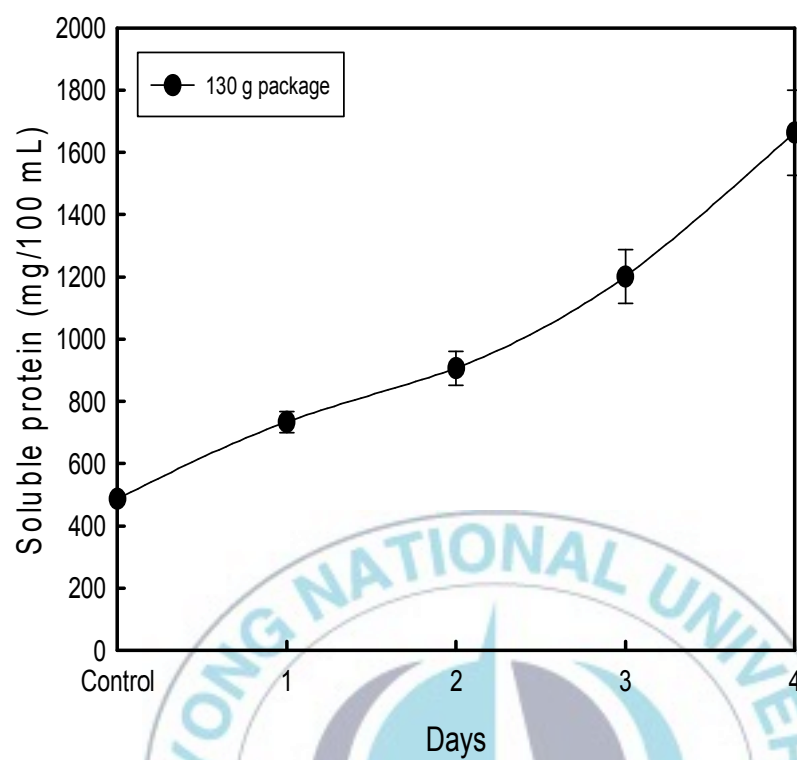


Fig. 9. Changes in soluble protein of oyster liquor during storage at 20°C.

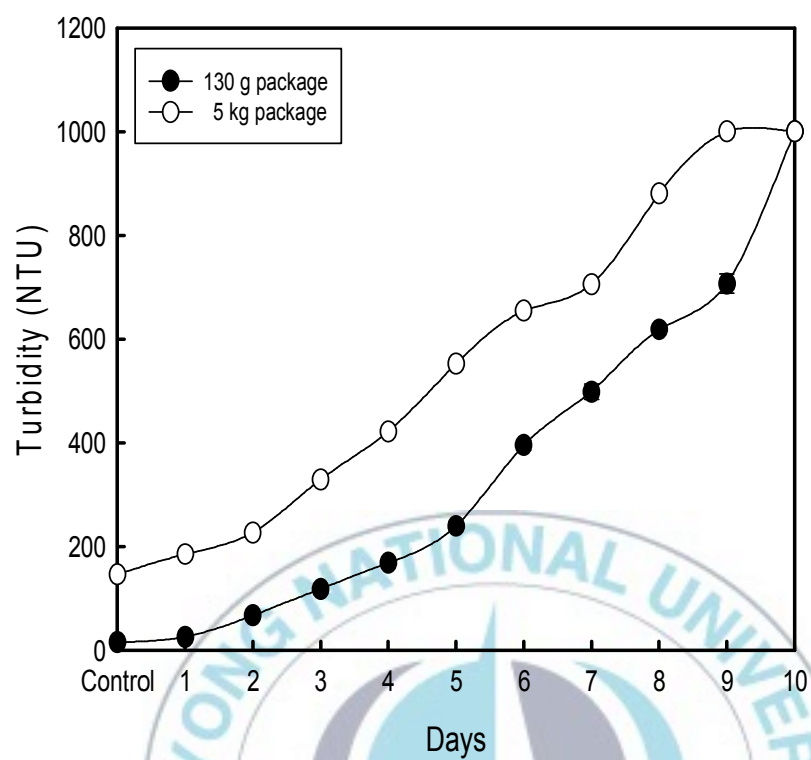


Fig. 10. Changes in turbidity of oyster liquor during storage at 5°C.

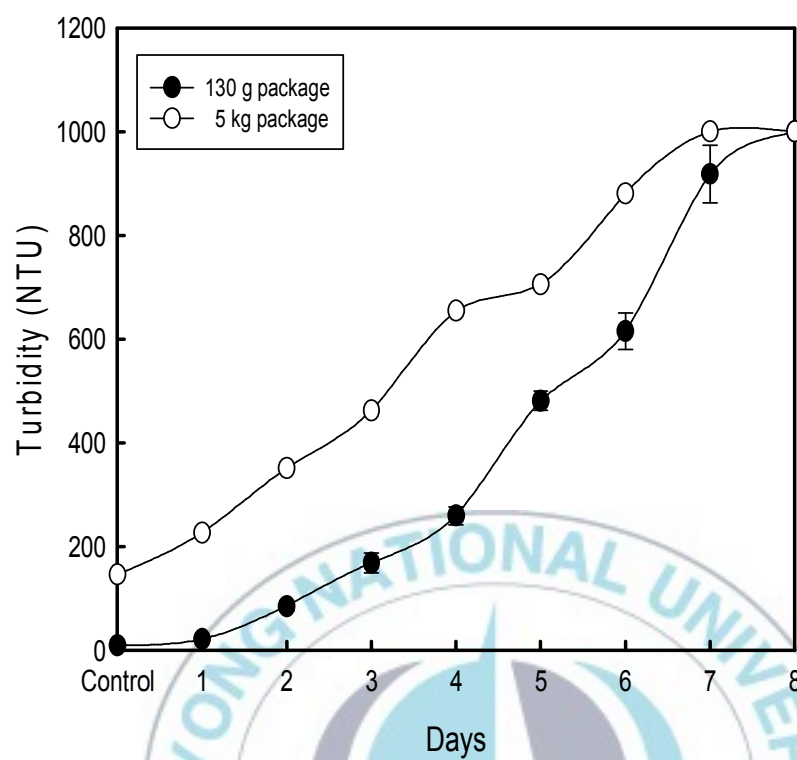


Fig. 11. Changes in turbidity of oyster liquor during storage at 10°C.

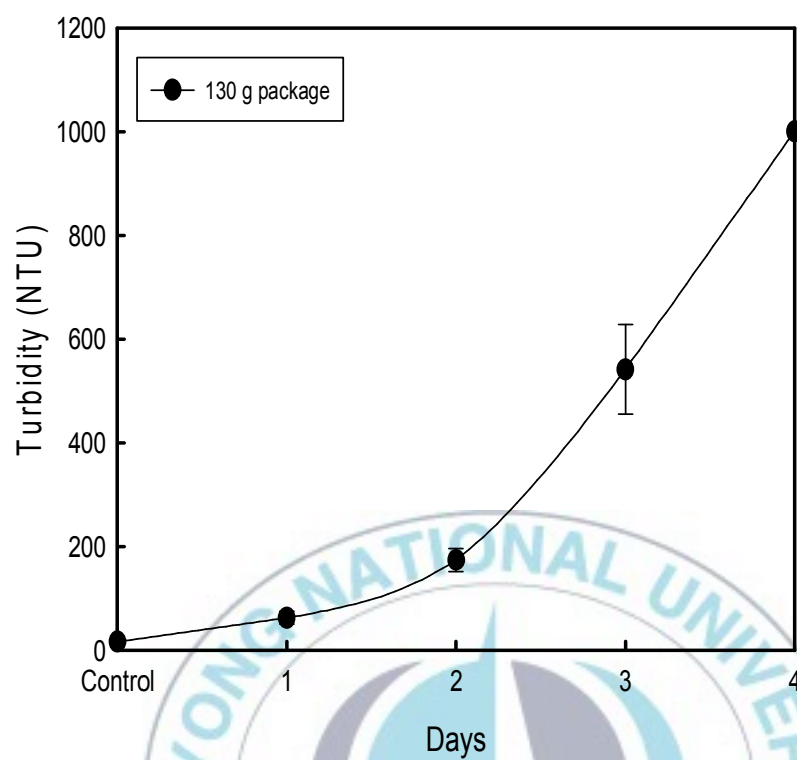


Fig. 12. Changes in turbidity of oyster liquor during storage at 20°C.

1. 3. 휘발성염기질소(Volatile basic nitrogen, VBN)

선도판정에서 가장 많이 이용되는 화학적 판정법으로 휘발성염기질소(Volatile basic nitrogen, VBN)가 이용된다. 휘발성염기질소는 암모니아를 주로하여 DMA (Dimethyl amine) 및 TMA (Trimethyl amine) 함량이 선도가 저하될수록 증가하게 되는데, 증가한 휘발성염기질소를 측정하여 선도를 판정하는 방법이다. 휘발성염기질소 함량은 일반적으로 신선한 어육에서는 5-10 mg/100 g, 보통선도의 어육에서는 15-25 mg/100 g, 초기부패의 어육에서는 30-40 mg/100 g, 부패한 어육에서는 50 mg/100 g 이상이다. 생굴 저장시 휘발성염기질소 함량의 변화는 Fig. 13-15와 같다. 소포장굴 경우, 5℃ 저장시 초기 휘발성염기질소 함량은 4.77-5.70 mg/100 g의 범위를 보였다. 저장 6일차까지 큰 변화가 없었으며, 8일차에서 평균 13.60 ± 0.49 mg/100 g으로 증가하는 경향을 보였다. 대용량 포장굴의 초기 VBN 함량은 3.70 ± 0.48 mg/100 g이 나타났으며 5일차에서 12.55 ± 0.99 mg/100 g으로 증가하는 경향을 보였다.

10℃ 저장시 초기 휘발성염기질소 함량이 소포장굴은 7.86-8.30 mg/100 g, 대용량 포장굴은 3.70-8.18 mg/100 g의 범위를 보였다. 하지만 저장 5일차부터 이취를 형성하였지만 휘발성염기질소 함량은 평균 7.99 ± 1.71 mg/100 g으로 유지 되었으며 초기의 휘발성염기질소 함량과 차이를 나타내지 않았다. 소포장굴의 경우, 20℃ 저장시 초기 휘발성염기질소 함량은 3.39-5.10 mg/100 g으로 모든 저장구간과 비슷한 값을 보였고, 이취를 형성한 3일차의 휘발성염기질소 함량은 평균 11.18 ± 0.15 mg/100 g으로 증가한 경향을 보였다. 휘발성염기질소 함량은 굴의 품질이 저하될수록 증가하는 경향을 확인할 수 있었다. MFDS (2014)의 유통기한 가이드라인에 설정된 품질한계지수는 20 mg/100 g으로 설정되어 있지만, 생굴은 부패가 진행됨에도 불구하고 품질한계기준에 미치지 못하였다.

Lopez-Caballero et al.(2000)은 무처리한 탈각한 굴에 초기 휘발성염기 질소 함량은 13.3 mg/100 g이었지만 2℃에서 10일 저장 후에는 25-30 mg/100 g에 이르렀고 부패취가 감지되지 않았다고 보고하였는데 이는 저장온도에 따른 선도 저하의 차이로 판단되며, 본 실험의 결과와 반대되는 경향을 보였다.

결론적으로 휘발성염기질소는 생굴의 품질지표로 설정하는데 있어서 불확실한 평가방법이라 판단되며, 생굴의 선도 판정법으로도 적합하지 않은 것으로 사료된다.



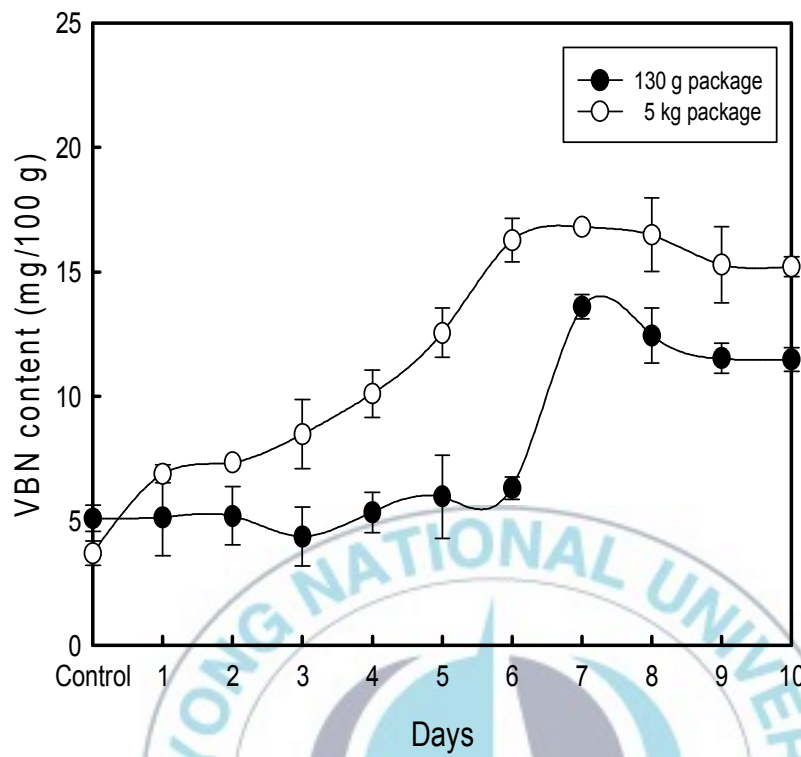


Fig. 13. Changes in VBN of raw oyster during storage at 5°C.

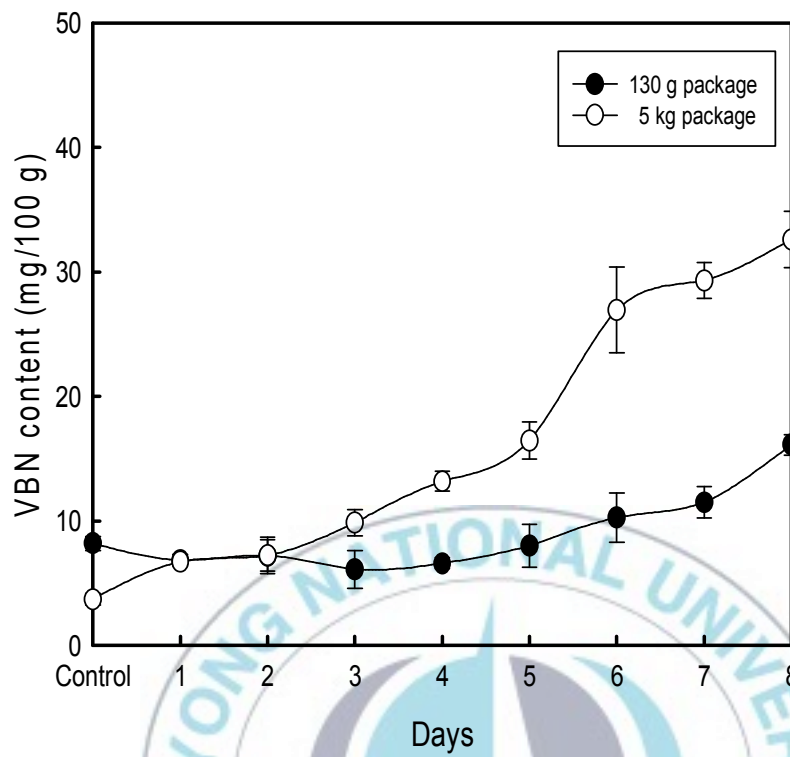


Fig. 14. Changes in VBN of raw oyster during storage at 10°C.

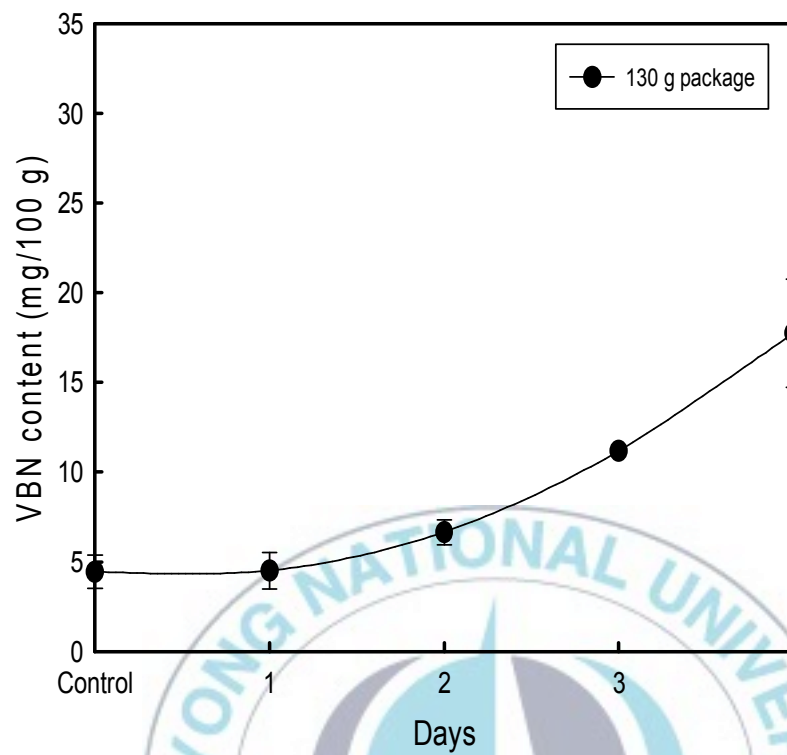


Fig. 15. Changes in VBN of raw oyster during storage at 20°C.

1. 4. 일반세균수

일반세균수는 제품의 제조일로 부터 품질변화를 미생물학적 분석법에 의해 평가하는 것이다. 이는 객관적인 지표로서 국내·외적으로 법규에서 정한 공정서의 실험법과 규정을 준수해야한다. 법규에 정한 규격이 없는 경우 국제규격(CODEX)을 참조하여야하며 그 기준은 미생물학적 초기 부패 시점인 5.0 Log CFU/ mL이하로 규정하고 있다(MFDS, 2014).

포장용량에 따른 생굴의 생균수 변화는 Fig. 16-18와 같다. 소포장굴과 대용량 포장굴 굴의 초기 생균수는 2.36-2.68 Log CFU/ mL를 보였다. 5℃ 저장시 소포장 굴은 10일차에 생균수는 국제규격에 미치지 못하는 4.0-4.34 Log CFU/ mL의 범위를 보였으며, 대용량 포장굴은 6-7일차에 범위를 초과 하였다. 10℃ 저장 중 소포장 굴은 7일차에 5.65 ± 0.65 Log CFU/ mL, 대용량 포장굴은 6일차에 5.94 ± 0.59 Log CFU/ mL를 나타내며 국제규격을 초과하였다. 20℃ 저장시 3일차에 5.31 ± 0.11 Log CFU/ mL를 나타내었다. 저장 중 발생하는 탁도와 이취에 관하여 미생물학적 기준에 미치지 못하였다. 결과적으로 포장별, 온도별에 따른 굴을 저장시 모든 구간에서 국제규격에 미치지 못하는 양임을 확인할 수 있었다. 위생적 측면에서 세균은 생굴과 충진수에 영향을 미치지만 생굴의 유통기한을 예측하는데 있어서 품질지표로 적합하지 않은 것으로 판단된다.

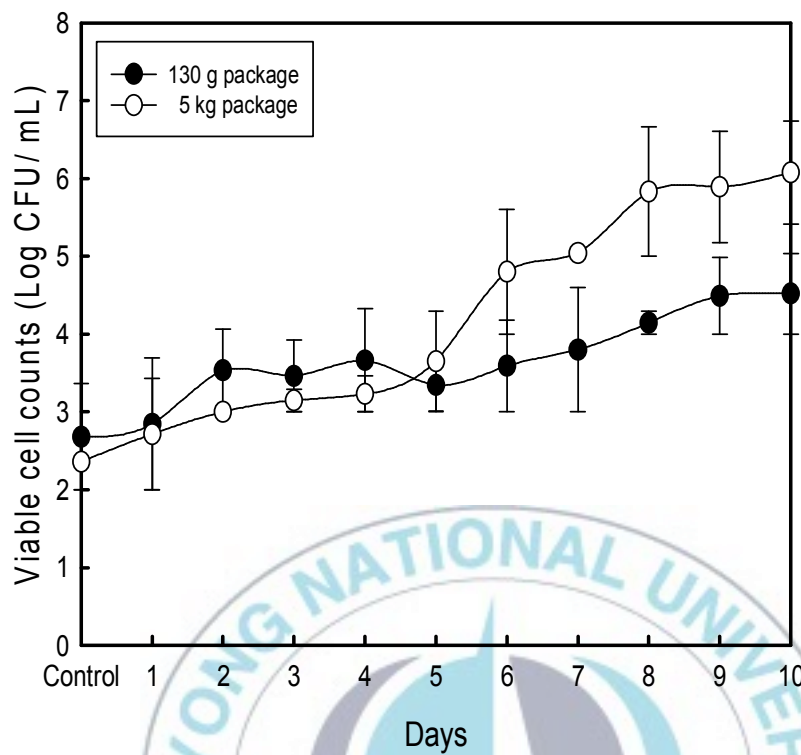


Fig. 16. Changes in viable cell counts of raw oyster during storage at 5°C.

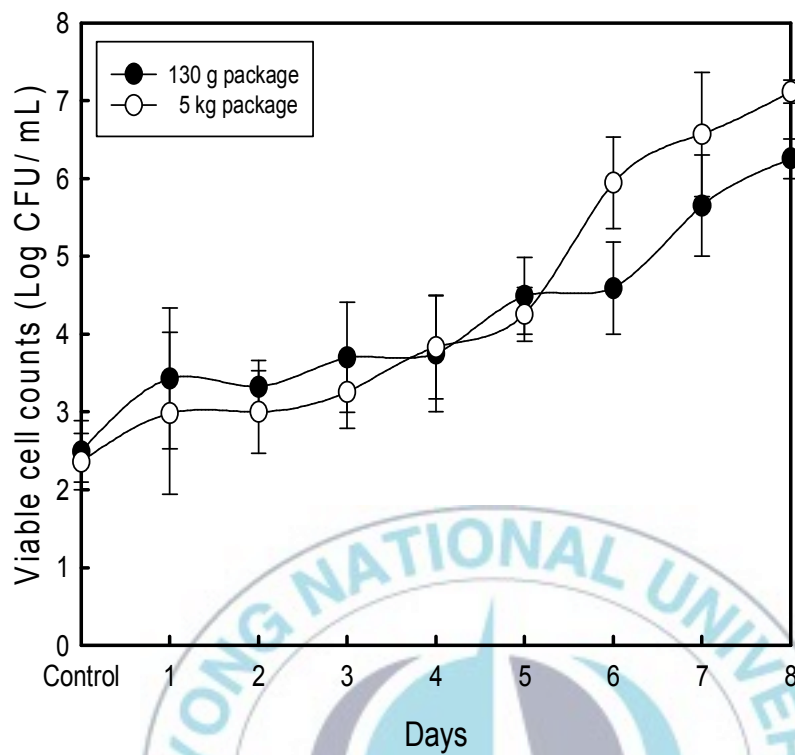


Fig. 17. Changes in viable cell counts of raw oyster during storage at 10°C.

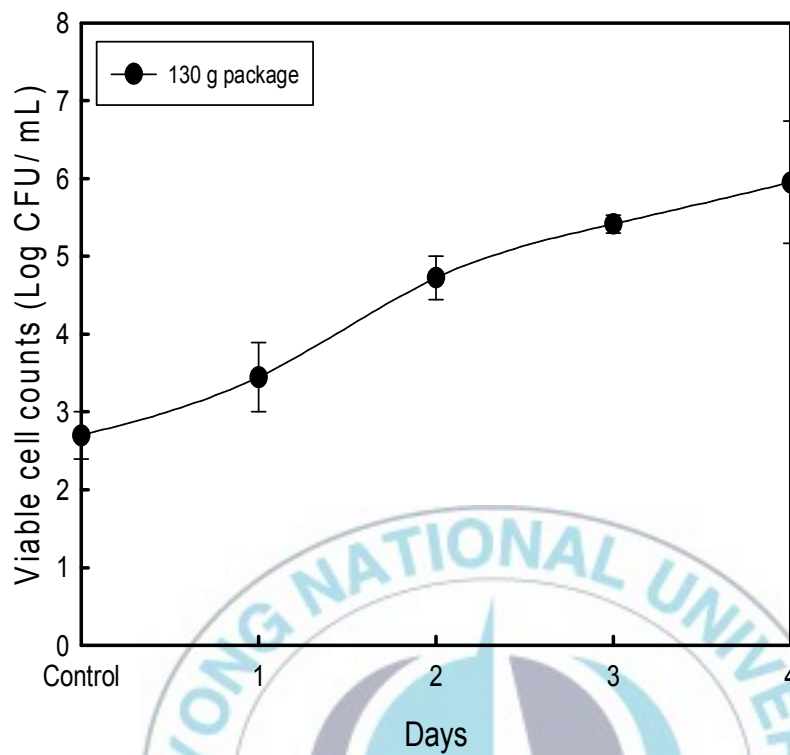


Fig. 18. Changes in viable cell counts of raw oyster during storage at 20°C.

1. 5. 관능평가

생굴 및 충진수의 관능적 평가를 demerit score와 일본 후생노동성의 식품·첨가물 등의 규격기준(Ministry of Health, Labor and Welfare, 1984)을 참고하여 굴의 냄새, 굴의 색, 굴의 상태, 충진수의 혼탁도, 충진수의 점성을 측정하였으며 점수가 낮을수록 고품질을 의미한다(Table 2-4). Nielsen and Jessen (1997)은 수산물의 관능적 품질과 저장수명의 상관관계를 표현하는 demerit score가 수산물의 유통기한 설정실험의 중요한 지표가 된다고 하였고, Joo(2002)는 생굴의 품질이 변화하는 과정이 뚜렷하고 변화하는 시기가 거의 일치하여 선도판정지표로 적당하다고 하였다(Labuza and Shmidl, 1985; Labuza and Taoukis, 1996; Schwimmer et al., 1955; Lee et al., 1999; Lee et al., 1997). 따라서 저장 중 관능평가를 통하여 얻은 생굴의 한계지수와 이화학적 특성 간의 상관관계를 측정하였다. 관능적 품질한계 점수는 모든 패널들이 섭취를 꺼려하는 시점을 1점으로 하여 품질한계기준으로 정하였다.

포장용량에 따라 소포장굴(130 g)과 대용량 포장굴(5 kg)을 나누어 실험을 행하였고 그 결과는 Table 2-4와 같다. 소포장굴의 경우, 5℃ 저장시 3일차부터 충진수의 색이 탁해져 0.86을 나타내 패널들이 탁도를 인지하였다. 저장 6일차에는 품질한계지수인 1.00을 초과하였으나, 7일차까지 이취를 형성하지 않았다. 10℃ 저장시 2일차에 탁도를 인지하기 시작하였으며 저장 3일차에 이취를 형성하여 품질한계점수인 1점을 나타내었다. 20℃ 저장시 저장 2일차에 냄새, 굴의 색, 충진수의 상태가 관능적으로 감소하기 시작하여 품질한계점수인 1점을 나타내었다. 그 결과 5℃ 저장시 품질한계기준은 8일, 10℃ 저장시 3일, 20℃ 저장시 2일로 평가된다. 또한 5℃ 저장시 2-3일부터 탁도가 발생하여 모든 패널들이 탁도를 인지하였으며, 이취가 발생한 시점보다 탁도의 발생이 더 빨리 진행됨을

확인하였다. 대용량 포장굴의 관능평가 결과는 Table 5-6과 같다. 5℃에 저장시 초기 굴을 저장하는 충전수의 탁도가 0.29을 나타내었으며 품질한계기준인 4일까지 증가하는 경향을 보였다. 저장 5일에 이취가 발생하여 품질한계기준인 1점을 나타내었다. 10℃ 저장시에도 같은 경향을 보였으며 4일차에 품질한계기준인 1점을 나타내었다. 대용량 포장굴은 5℃ 저장시 5일, 10℃ 저장시 4일에 섭취를 꺼려하는 품질한계기준임을 확인할 수 있었다. 관능평가 결과, 대용량 포장굴이 소포장 굴에 비하여 선도 저하가 더 빠름을 확인할 수 있었다.



Table 2. Demerit scores of 130 g package raw oyster during storage at 5℃

parameters	Days									
	Control	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Smell	0	0	0	0.14	0.57	0.71	0.71	0.86	1.00	1.57
Color of oyster meat	0	0	0.14	0.14	0.14	0.43	0.88	0.67	0.71	1.00
Texture of oyster meat	0	0	0	0.57	0.57	0.71	0.88	0.78	0.86	1.14
Apperance of oyster liquor	0	0	0.14	0.57	0.86	0.86	1.13	1.00	1.00	1.57
Viscosity of oyster liquor	0	0	0	0.14	0.14	0.25	0.25	0.67	0.86	0.71

Table 3. Demerit scores of 130 g package raw oyster during storage at 10℃

parameters	Days							
	Control	1	2	3	4	5	6	7
Smell	0	0	0	1.00	1.14	1.57	2.00	2.00
Color of oyster meat	0	0	0	0.86	1.29	1.71	1.88	2.00
Texture of oyster meat	0	0	0.43	1.14	1.14	1.43	1.75	2.00
Apperance of oyster liquor	0	0.38	0.43	1.14	1.29	1.71	2.00	2.00
Viscosity of oyster liquor	0	0.38	0	0.14	0.71	0.57	0.88	0.78

Table 4. Demerit scores of 130 g package raw oyster during storage at 20℃

parameters	Days				
	Control	1	2	3	4
Smell	0	0	0.86	1.29	2.00
Color of oyster meat	0	0	0.86	1.14	2.00
Texture of oyster meat	0	0.29	0.71	1.43	2.00
Apperance of oyster liquor	0	0	1.14	1.57	2.00
Viscosity of oyster liquor	0	0	0.14	0.29	0.57

Table 5. Demerit scores of 5 kg package raw oyster during storage at 5℃

parameters	storage time(day)									
	Control	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Smell	0	0	0	0.29	0.43	1.00	1.14	1.71	2.00	2.00
Color of oyster meat	0	0	0	0.43	0.43	1.14	1.29	1.86	1.86	2.00
Texture of oyster meat	0	0	0.14	0.71	0.86	1.43	1.43	1.71	1.86	2.00
Apperance of oyster liquor	0.29	0.43	0.43	0.71	1.00	1.14	1.43	1.71	2.00	2.00
Viscosity of oyster liquor	0	0	0	0.29	0.29	0.29	0.29	0.86	1.43	1.43

Table 6. Demerit scores of 5 kg package raw oyster during storage at 10℃

parameters	storage time(day)						
	Control	1	2	3	4	5	6
Smell	0	0	0.14	0.43	1.00	1.86	2.00
Color of oyster meat	0	0	0.14	0.43	0.86	1.86	1.86
Texture of oyster meat	0	0	0.43	0.86	1.29	1.86	2.00
Apperance of oyster liquor	0.29	0.57	0.79	1.00	1.43	1.71	1.86
Viscosity of oyster liquor	0	0	0	0.43	0.43	0.43	0.57

2. 생굴의 품질지표 및 shelf-life 예측

2. 1. 상관관계 분석

Labuza and Shmidl (1985)은 20-40℃ 범위 내 5℃ 또는 10℃ 간격이 적합하며 5℃ 저장시료가 대조군이 될 수 있다고 하였고 실험에서는 대조군의 품질 유지를 위하여 5℃로 설정하였고, 유통 최고온도 10℃와 이를 비교하기 위해 20℃에서 가속실험을 진행하였다.

생굴의 품질변화 지표를 설정하기 위해 각 온도별에 따른 관능평과와 이화학적 변화와의 상관관계를 나타냈다(Table 7-9). 품질함수의 차수를 결정하기 위하여 0차식과 1차식에 대입한 결과, 1차식의 경우, Arrhenius plot이 유의적으로($p < 0.05$) 성립되지 않았기 때문에 0차식을 선택하였다. Labuza (1985)에 의하면 1차식은 salad oil이나 건조된 채소의 지방산화, 육류와 어류의 미생물 생육과 이로 인한 관능적 품질변화, 캔 제품과 건조식품의 비타민손실, 건조식품의 단백질 손실에 적합하다고 하여 본 실험에서는 0차식을 이용하였다.

앞서 생굴의 이화학적 변화를 나타낸 결과, 생굴의 선도가 저하할수록 글리코젠, pH 가용성 단백질, 탁도는 품질지표로 적합하다고 판단되었으나, 휘발성염기질소 및 생균수는 품질지표로 적당하지 않았다. 모든 온도에서 관능적 품질지표와 이화학적 변화에 대한 상관관계가 서로 유의적으로 나타났다($p < 0.001$). 따라서 실험항목들로부터 가장 높은 유의성을 나타내는 가용성 단백질을 선택하였다.

2. 2. 유통기한 산출

각 온도별에 따른 가용성 단백질의 0차 회귀방정식은 Table 10과 같으며 5℃에서 가장 높은 유의성을 나타내었다. 각 회귀방정식에 관능적 품질한계기준을 대입하여 가용성 단백질의 품질한계 지수를 나타내었으며 그 값은 956.85 ± 36.86 mL/100 mL를 나타내었다. 이들의 기울기와 절대온도(K)로 변환된 저장온도의 회귀분석을 통해 Arrhenius plot에 적용하여 활성화 에너지를 산출하였고, 유통기한을 예측한 결과 7.58일이 나왔다. 여기에 안전계수 0.8을 대입하여 최종유통기한을 산출한 결과 6.06일이 예측되었다(Table 11). 따라서 소포장굴의 최종유통기한은 6일이 적합한 것으로 판단된다. Q_{10} value는 온도변화에 대한 반응의 민감도를 나타내는 척도이다. 5-10, 10-20℃변화할 때의 Q_{10} 값은 각각 1.60, 1.26이었는데, 이를 통해 5-10℃ 반응이 10-20℃에서보다 온도에 민감한 것을 알 수 있었다.

생굴 유통과정 중 발생하는 탁도로 인해 소비자들로부터 선도가 저하된 것으로 오해를 하여 소비의 감소가 일어났었다. 하지만 생굴의 이화학적 분석을 통하여 과학적·체계적인 방법으로 유통기한을 산출한 결과 6일로 나타났는데, 이러한 결과로 유통과정 중 발생하는 탁도는 위생적인 부분과 무관함을 알 수 있었다. 따라서 관능적 기호도를 상승시키기 위해 탁도를 저감화하기 위한 연구가 필요하다고 판단된다.

Table 7. Pearson's correlation among physicochemical and sensory properties of raw oys storage at 5℃

	Smell	Color	Texture	Apperance	Viscosity	Turbidity	pH	VBN	Glycogen	Soluble protein
Smell	1	0.93301*	0.94578*	0.96234*	0.91241*	0.83000	0.85551	0.78657	0.91400*	0.94064*
Color		1	0.92027*	0.92962*	0.87264	0.79894	0.86145	0.76341	0.83499	0.92628*
Texture			1	0.97273*	0.86770	0.87989*	0.89370*	0.67067	0.90532*	0.95755*
Apperance				1	0.84475	0.77968	0.93397*	0.69109	0.91891*	0.96255*
Viscosity					1	0.79404	0.78702	0.82571	0.85586	0.88516*
Turbidity						1	0.64078	0.60141	0.78083	0.82098
pH							1	0.64156	0.93968*	0.95137*
VBN								1	0.69000	0.73348
Glycogen									1	0.96582*
Soluble protein										1
Viable cell Count										

* p>0.0001

Table 8. Pearson's correlation among physicochemical and sensory properties of raw oys storage at 10℃

	Smell	Color	Texture	Apperance	Viscosity	Turbidity	pH	VBN	Glycogen	Soluble protein
Smell	1	0.99398*	0.98112*	0.98803*	0.86868	0.83803	0.78441	0.55534	0.85627	0.80012
Color		1	0.97304*	0.98489*	0.88465*	0.82964	0.77859	0.54891	0.87011	0.79774
Texture			1	0.98163*	0.81173	0.86545	0.82916	0.58164	0.86620	0.83707
Apperance				1	0.87618	0.83165	0.81086	0.54185	0.91624*	0.80696
Viscosity					1	0.78987	0.71099	0.56845	0.82819	0.75121
Turbidity						1	0.87103*	0.84113	0.64977	0.98310*
pH							1	0.86753	0.73899	0.91972*
VBN								1	0.35721	0.89410*
Glycogen									1	0.64311
Soluble protein										1
Viable cell Count										

* p>0.0001



Table 9. Pearson's correlation among physicochemical and sensory properties of raw oys storage at 20℃

	Smell	Color	Texture	Apperance	Viscosity	Turbidity	pH	VBN	Glycogen	Soluble protein
Smell	1	0.99710*	0.98148*	0.98671*	0.97816*	0.95535*	0.94604*	0.94083*	0.95026*	0.96912*
Color		1	0.97257*	0.97673*	0.98184*	0.95567*	0.93456*	0.96296*	0.93734*	0.96948*
Texture			1	0.95984*	0.97622*	0.97468*	0.99010*	0.97103*	0.98585*	0.98990*
Apperance				1	0.93204*	0.90056*	0.91318*	0.90631*	0.94090*	0.93274*
Viscosity					1	0.99287*	0.96016*	0.99644*	0.93140*	0.97959*
Turbidity						1	0.97509*	0.99880*	0.93376*	0.97816*
pH							1	0.96571*	0.98275*	0.98356*
VBN								1	0.92434*	0.97453*
Glycogen									1	0.97826*
Soluble protein										1
Viable cell Count										

* P>0.0001

Table 10. Correlation of raw oyster between soluble protein and storage

Temperature(℃)	Correaltion equation	Correlation coefficient
5	$Y = 59.606X + 468.64$	0.9767
10	$Y = 197.51X + 334.48$	0.9431
20	$Y = 282.26X + 433.53$	0.9829

Table 11. Shelf-life prediction of oyster using soluble protein of liquor in package

Quality index	Quality limit (mL/100 mL)	Ea (kJ/mol·K)	Correlation coefficient	Shelf-life (day)
Soluble protein	956.85±36.86	-17877.39	0.9767	6.06

3. *Bacillus subtilis* DB9011균이 생굴의 품질에 미치는 영향

3. 1. 가용성 단백질의 변화

Bacillus subtilis DB9011는 안전성검사 결과 급성 및 만성 실험에 아무런 문제가 발생하지 않았고, 피부자극, 안구 점막 자극 시험에서도 증상이 발견되지 않았다고 보고된바 있다. 따라서 인체에 무해한 *Bacillus subtilis* DB9011균을 본 실험의 균주로 사용하게 되었다(PMDA, 1994). 유통과정 중 증가하는 탁도를 선도저하로 오해함에 있어 이와 같은 문제를 해결하기 위해 *Bacillus subtilis* DB9011 균주를 주입하였고, 균접종 실험구와 비접종균을 대조구로 하여 저장기간에 따른 개선효과를 알아보았다. 탁도에 영향을 미치는 가용성 단백질의 변화는 Fig. 19-20와 같다. 5℃ 저장시 초기의 가용성 단백질 함량은 534.61 ± 36.28 mg/100 mL를 나타내며 저장 일차가 지날수록 증가하는 경향을 보였다. 10^3 주입한 실험구에서 가용성 단백질 함량이 가장 낮았으며 10^5 주입한 실험구는 5일차에 1063.71 ± 11.34 mg/100 mL값을 보였다. 대조구에 비하여 높은 가용성 단백질 함량을 나타내는 경향을 보였으며 저장시간이 지날수록 감소하였다. 10℃ 저장시 5℃ 저장 결과와 비슷한 경향을 보였으며 균접종 농도가 낮을수록 가용성 단백질 함량이 낮음을 확인할 수 있었다. 결론적으로 대조구와 비교하였을 때 *Bacillus subtilis* DB9011균에 의하여 가용성 단백질 함량이 줄어들어 탁도 개선에 효과가 있는 것으로 판단된다.

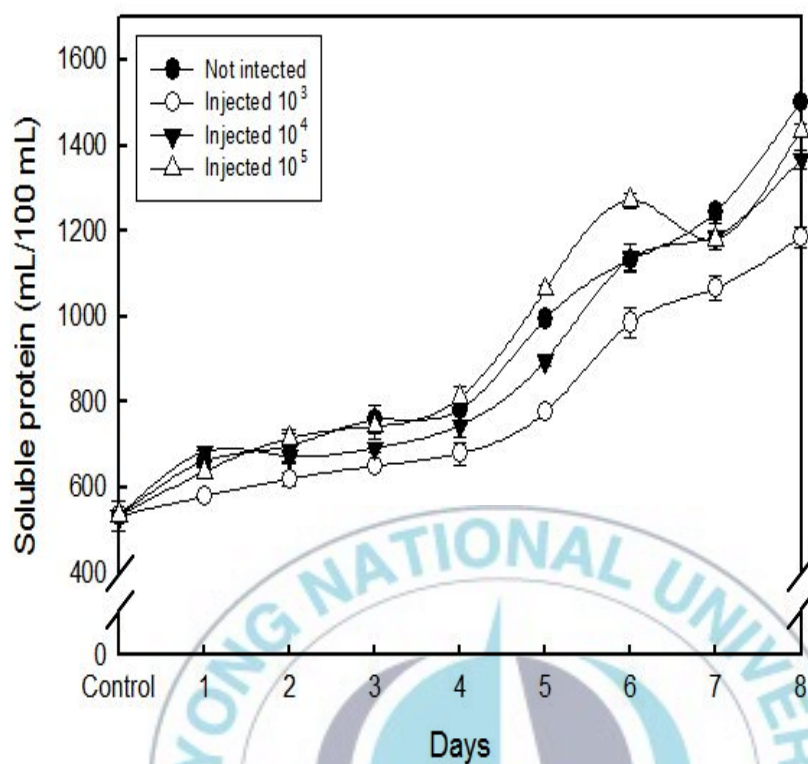


Fig. 19. Changes in soluble protein of oyster liquor injected *Bacillus subtilis* DB9011 during storage at 5°C.

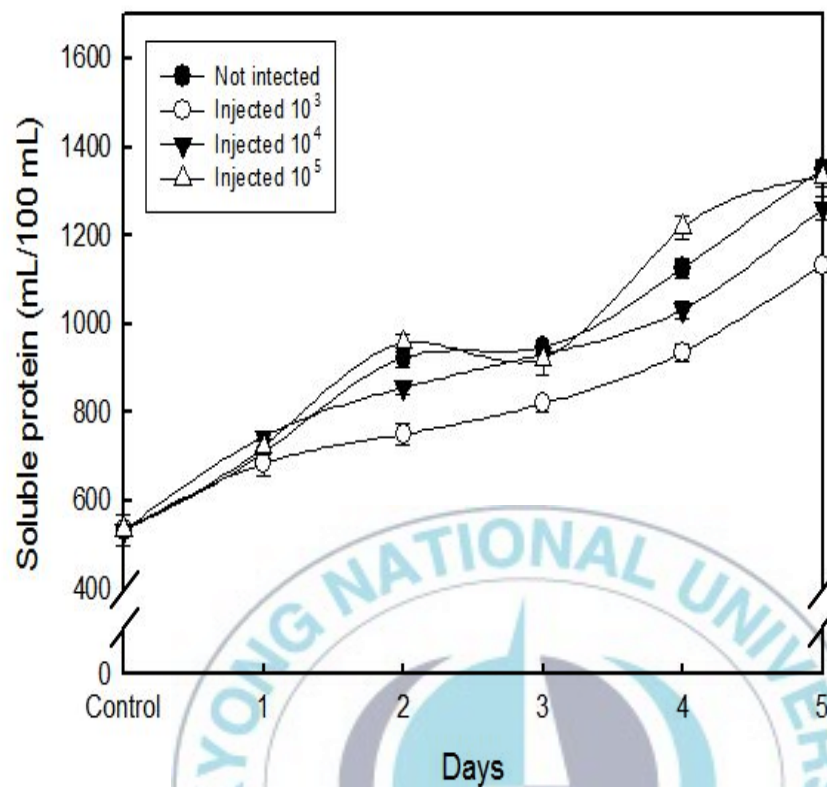


Fig. 20. Changes in soluble protein of oyster liquor injected *Bacillus subtilis* DB9011 during storage at 10°C.

3. 2. 탁도 변화

소포장굴에 *Bacillus subtilis* DB9011을 접종 후 탁도의 변화를 관찰하였다(Fig. 21-22). 탁도는 관능적 기호도를 판단하는데 있어서 매우 중요한 요소로 작용된다. 5℃ 저장시 대조구와 실험구의 초기 탁도는 29.9 ± 0.20 NTU를 나타내 탁도가 매우 낮음을 확인할 수 있었고, 저장시간이 지남에 따라 증가하는 경향을 볼 수 있었다. 또한 10^3 주입한 실험구에서 탁도가 가장 낮은 값을 보였고, 농도가 낮을수록 그 효과가 뛰어남을 확인할 수 있었다. 하지만, 10^5 주입한 실험구에서 5일차 이후 급격한 선도저하를 보이며 대조구와 비슷한 경향을 보였다. 10℃ 저장시에도 같은 경향을 보였으며 10^3 주입한 실험구에서 가장 효과가 뛰어남을 확인할 수 있었고, 균 접종 농도가 낮을수록 탁도 개선에 효과를 나타내었다.

Bacillus subtilis DB9011균을 주입한 결과 탁도의 개선에 효과를 보여 기호도가 상승하였다. 하지만 *Bacillus* sp. 특유의 시큼한 이취를 형성하여 이에 관한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 굴은 이취 및 부패가 발생하기 전에 충전수의 혼탁도가 먼저 증가하여 소비자들의 기호도를 감소시키는데, *Bacillus subtilis* DB9011을 접종함으로써 인해 탁도를 개선하여 품질을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다. 실제로 *Bacillus subtilis* DB9011균을 하천에 적용한 결과 BOD 및 SS를 감소시켜 정화의 효과를 나타내었고, 이취의 제거 효과를 보였다(Kazuhiro, 1997).

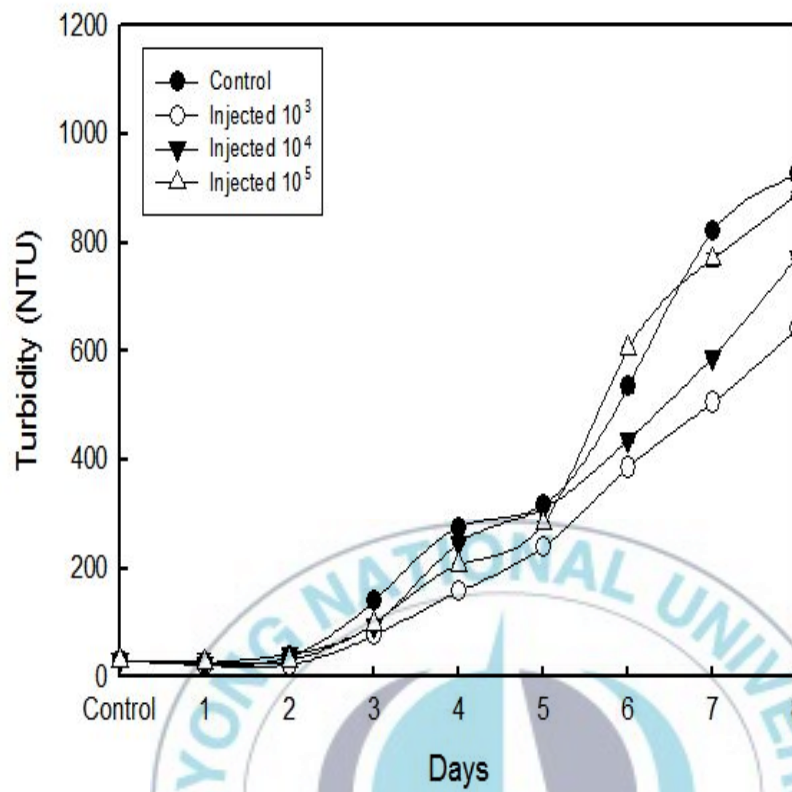


Fig. 21. Changes in turbidity of oyster liquor injected *Bacillus subtilis* DB9011 during storage at 5°C.

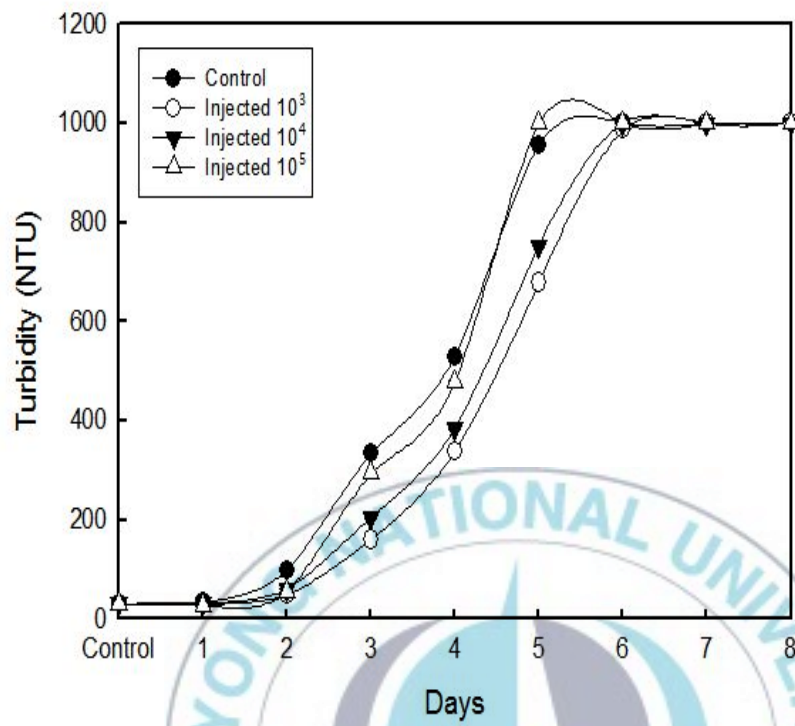


Fig. 22. Changes in turbidity of oyster liquor injected *Bacillus subtilis* DB9011 during storage at 10°C.

3. 3. 관능평가

생굴 및 충진수의 관능적 평가를 demerit score와 일본 후생노동성의 식품·첨가물 등의 규격기준(Ministry of Health, Labor and Welfare, 1984)을 참고하였다. 관능적 품질한계 기준인 1점은 모든 패널들이 섭취를 꺼려하는 시점으로 하였다. 생굴의 기호도 감소의 원인을 탁도의 증가로 보았고 이를 보완하기 방안으로 *Bacillus subtilis* DB9011을 접종함으로써 그 효과를 검토해 보았다.

생굴을 5, 10℃에서 저장하며 균을 접종한 실험구와 무처리구를 대조구로 하여 실험을 실시하였다. 굴의 냄새, 굴의 색, 굴의 상태, 충진수의 혼탁도, 충진수의 점성에 대하여 측정한 결과 5℃ 저장 중의 관능평가는 Table 12-15와 같다. 대조구의 경우 7일에 이취 및 탁도가 형성되어 관능적 품질한계 점수인 1점을 나타내었으며, 10^3 주입한 실험구는 8일까지 탁도가 서서히 증가하였지만, 관능적 품질한계기준인 1점에 미치지 못하였다. 10^4 주입한 실험구에서 이취는 7일에 발생하여 1점을 나타냈지만 혼탁해지는 정도는 8일에 1점을 나타내었다. 하지만 패널들은 실험구에서 *Bacillus* sp. 특유의 시큼한 향이 난다고 응답하였다. 또한 10^5 주입한 실험구에서는 10^4 주입한 실험구와는 다르게 오히려 7일에 이취와 충진수의 탁도가 관능적 품질한계 기준인 1점을 나타내었다.

10℃ 저장 중의 관능평가는 Table 16-19와 같다. 대조구의 경우 3일에 품질한계지수인 1점을 나타내었고, 이취는 4일에 1점을 나타내었다. 10^3 주입한 실험구에서 이취는 5일에 1점을 나타내었고, 6일에 충진수의 탁도가 1점을 나타내었다. 10^4 주입한 실험구에서는 충진수의 혼탁도가 4일에 발생하였으며 이취는 5일에 발생하였다. 10^5 주입한 실험구에서는 5℃ 저장시의 결과와 유사한 결과를 보였지만 다른 실험구에 비하여 부패 진행속도가 빨랐다.

관능평가를 실시한 결과, 대조구에 비하여 *Bacillus subtilis* DB9011을 처리한 실험구에서 굴의 이취 및 충전수의 혼탁한 정도가 감소된다고 평가되어 굴의 관능적 기호도를 향상시킬 수 있음을 확인하였다. 하지만, *Bacillus* sp. 특유의 이취 형성으로 인해 시큼한 향이 나타나 이에 관한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.



Table 12. Demerit scores of 130 g package raw oyster not injected during storage at 5℃

parameters	Days							
	Control	1	2	3	4	5	6	7
Smell	0	0	0.22	0.33	0.67	0.67	0.78	1.00
Color of oyster meat	0	0	0	0.44	0.56	0.67	0.89	1.22
Texture of oyster meat	0	0	0	0.22	0.67	0.67	0.78	1.00
Apperance of oyster liquor	0	0.33	0.56	0.78	0.78	0.78	0.78	1.00
Viscosity of oyster liquor	0	0	0	0.22	0.44	0.22	0.44	0.44

Table 13. Demerit scores of 130 g package raw oyster injected as much as 10^3 *Bacillus DB9011* during storage at 5°C

parameters	Days							
	Control	1	2	3	4	5	6	7
Smell	0	0	0.22	0.44	0.67	0.56	0.78	1.00
Color of oyster meat	0	0	0	0.44	0.44	0.44	0.67	1.00
Texture of oyster meat	0	0	0.22	0.22	0.56	0.67	0.78	1.00
Apperance of oyster liquor	0	0.11	0.33	0.67	0.56	0.56	0.67	0.78
Viscosity of oyster liquor	0	0	0	0.22	0.22	0.22	0.22	0.44

Table 14. Demerit scores of 130 g package raw oyster injected as much as 10^4 *Bacillus DB9011* during storage at 5°C

parameters	Days							
	Control	1	2	3	4	5	6	7
Smell	0	0	0.22	0.44	0.67	0.56	0.78	1.00
Color of oyster meat	0	0	0	0.56	0.56	0.44	0.67	1.23
Texture of oyster meat	0	0	0.22	0.22	0.56	0.67	0.78	1.00
Apperance of oyster liquor	0	0.11	0.33	0.67	0.78	0.56	0.67	0.89
Viscosity of oyster liquor	0	0	0	0.22	0.44	0.22	0.44	0.44

Table 15. Demerit scores of 130 g package raw oyster injected as much as 10^5 *Bacillus DB9011* during storage at 5°C

parameters	Days							
	Control	1	2	3	4	5	6	7
Smell	0	0	0.11	0.33	0.67	0.67	0.78	1.44
Color of oyster meat	0	0	0	0.56	0.56	0.44	0.89	1.23
Texture of oyster meat	0	0	0.22	0.33	0.67	0.78	0.78	1.23
Apperance of oyster liquor	0	0.11	0.22	0.56	0.56	0.67	0.78	1.22
Viscosity of oyster liquor	0	0	0	0.22	0.44	0.22	0.44	0.56

Table 16. Demerit scores of 130 g package raw oyster not injected during storage at 10°

parameters	Days						
	Control	1	2	3	4	5	6
Smell	0	0.11	0.11	0.56	1.00	1.22	1.44
Color of oyster meat	0	0	0.33	0.56	0.78	1.00	1.33
Texture of oyster meat	0	0.11	0.22	0.44	0.89	1.00	1.22
Apperance of oyster liquor	0	0.44	0.67	1.00	1.33	1.44	1.56
Viscosity of oyster liquor	0.	0	0.11	0.33	0.56	0.44	0.56

Table 17. Demerit scores of 130 g package raw oyster injected as much as 10^3 *Bacillus DB9011* during storage at 10°C

parameters	Days						
	Control	1	2	3	4	5	6
Smell	0	0.11	0.33	0.67	0.78	1.11	1.22
Color of oyster meat	0	0	0.22	0.56	0.89	0.89	1.00
Texture of oyster meat	0	0.11	0.33	0.56	0.89	0.89	1.00
Apperance of oyster liquor	0	0.44	0.78	0.78	0.89	0.89	1.00
Viscosity of oyster liquor	0	0	0.33	0.33	0.44	0.33	0.56

Table 18. Demerit scores of 130 g package raw oyster injected as much as 10^4 *Bacillus* *DB9011* during storage at 10°C

parameters	Days						
	Control	1	2	3	4	5	6
Smell	0	0.11	0.33	0.67	0.78	1.11	1.22
Color of oyster meat	0	0	0.22	0.56	0.89	0.89	1.00
Texture of oyster meat	0	0.11	0.33	0.56	0.89	0.89	1.00
Apperance of oyster liquor	0	0.44	0.78	0.89	0.89	1.00	1.33
Viscosity of oyster liquor	0	0	0.33	0.33	0.44	0.33	0.56

Table 19. Demerit scores of 130 g package raw oyster injected as much as 10^5 *Bacillus DB9011* during storage at 10°C

parameters	days						
	Control	1	2	3	4	5	6
Smell	0	0	0.22	0.89	1.22	1.78	2.00
Color of oyster meat	0	0	0.22	0.78	0.78	1.11	1.33
Texture of oyster meat	0	0.11	0.22	0.78	0.89	1.11	1.24
Apperance of oyster liquor	0	0.56	0.33	1.00	1.11	1.67	2.00
Viscosity of oyster liquor	0	0	0.22	0.33	0.56	0.56	0.56

요 약

유통과정 중 발생하는 탁도에 대한 소비자들의 관능적 기호도 감소로 인해 판매가 저하될뿐만 아니라 폐기량 또한 늘어나 처리비용이 늘어나고 있는 실정이다. 본 연구에서는 유통과정 중 발생하는 탁도와 생굴의 이화학적 특성을 분석하여 각 항목별 품질 연관성을 분석하였다. 생굴은 소용량의 소포장굴(130 g)의 형태와 경매 이후 대용량 포장굴(5 kg)로 유통되는데 이에 품질지표를 설정하고 품질한계 지수 및 유통기한을 산출하고, 산출된 유통기한과 식품의 위생적인 부분과의 연관관계를 알아보았다. 또한 유통과정 중 발생하는 탁도를 저감화하기 위해 생굴에 *Bacillus subtilis* DB9011 균을 주입하여 탁도 개선 및 품질향상 여부를 살펴보았다.

1. 생굴은 에너지를 글리코겐의 형태로 저장하여 글리코겐 함량이 어류에 비해 많다. 글리코겐은 생체변화 중 효소계 해당과정을 거치면서 당이 분해되어 젖산을 생성한다. 이때 생성된 젖산에 의해 pH가 감소한다. 따라서 생굴의 소포장굴과 대용량 포장굴의 글리코겐 및 pH 함량을 측정한 결과, 저장시간이 지남에 따라 감소하는 경향을 보였고, 글리코겐 함량의 감소와 pH의 감소는 밀접한 관계를 나타내었다. 따라서 생굴의 품질지표로써 적합하다고 판단된다.

2. 가용성 단백질의 함량과 탁도를 비교 분석한 결과, 가용성 단백질 함량이 증가함에 따라 탁도 또한 증가하는 경향을 볼 수 있었다. 소포장굴에 비하여 대용량 포장굴은 소포장굴에 비하여 가용성 단백질함량이 높

았는데, 이는 정수처리하지 않은 충전수에 의해 초기 탁도 및 가용성 단백질 함량이 높은 것으로 판단된다. 또한 대용량 포장굴의 탁도 및 가용성 단백질 함량이 더 빨리 저하되는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 가용성 단백질의 증가는 탁도에 영향을 미치며 생굴의 품질지표로 적합하다고 판단된다.

3. 휘발성염기질소는 어패류 선도판정에 화학적 선도판정법으로 많이 이용되어지고 있다. 하지만, 생굴의 경우 저장기간이 증가함에 따라 이취 및 탁도를 형성하였지만, 휘발성염기질소함량이 초기부패인 20 mg/100 g에 미치지 못하였다. 일반생균수는 미생물학적 선도판정으로 국제규격 기준(CODEX)인 5.0 Log CFU/ mL에 미치지 못하여 균에 의한 부패가 아님을 확인할 수 있었다. 따라서 휘발성염기질소 및 일반생균수는 생굴의 품질지표로써 적합하지 않은 것으로 판단된다.

4. 품질지표 설정 및 shelf-life 예측을 행한 결과, 생굴의 이화학적 분석을 실시하여 각 항목별간 0차 회귀방정식을 구하여 각 항목별 상관관계를 나타내었다. 각 항목별 상관관계 유의성이 가장 높았던 가용성 단백질을 이용하여 품질한계기준을 구한 결과 956.85 ± 36.86 mL/100 mL를 나타내었으며, 최종유통기한은 6일로 예측되었다. 따라서 유통과정 중 발생하는 탁도는 위생적인 부분과 무관함을 확인할 수 있었다.

5. 생굴의 유통과정 중 발생하는 탁도를 저감화하기 위하여 *Bacillus subtilis* DB9011을 각 농도별로 생굴에 주입하였다. 이때 비접종균인 대조구와 균 접종균인 실험구로 실험을 진행하였고, 균 접종 농도는 10^3 ,

10^4 , 10^5 을 주입하여 실험을 행한 결과, 10^3 , 10^4 주입한 실험구에서 가용성 단백질 함량을 감소시켜 탁도 개선에 효과를 보였지만, 10^5 주입한 실험구에서는 대조구와 비슷한 경향을 보이며 오히려 빠른 선도저하를 보였다. 따라서 *Bacillus subtilis* DB9011을 주입한 결과 탁도 개선에 효과를 보였으며, 농도가 낮을수록 그 효과가 뛰어남을 확인할 수 있었다. 하지만, 위생적인 문제에 있어서 균의 농도 및 *Bacillus* sp. 특유의 시큼한 이취에 관한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 과학적 근거를 바탕으로 생굴의 유통기한을 예측하여 위생안전성을 규명하였고, 생굴의 유통 판매시 증가하는 혼탁도 개선을 통해 소비자 기호도를 높힘으로써 기존의 굴산업을 활성화 시키고 과학적 체계화 구축을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.



참 고 문 헌

APHA. 1970. Recommended procedures for the examination of seawater and shellfish 4thed. American Public Health Association. Washington D.C.

Devakie MN and Ali AB 2000. Effects of storage temperature and duration on the setting and post-set survival of the tropical oyster, *Crassostrea iredalei*(Faustino). J Aquacult, 190(3), 369-376.

Gornall A, Bardawill CJ and David MM. 1949. Determination of serum proteins by means of the Biuret reaction. J Biol Chem. 177(2), 751-766.

Hagen KJA, Sloan EM, Lancette GA, Peeler JT and Sofos JN. 1994. Enumeration of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio vulnificus* in various seafoods with two enrichment broths. J Food Protection, 57(5), 403-409.

Holiday JE, Allan GL and Frances J. 1991. Cold storage effects on setting of laevae of the Sydney rock oyster, *Saccostrea commercialis* and the Pacific oyster *Crassostrea gigas*. J Aquacult, 92(1), 179-185.

Hosoi M, Kubota S, Toyohara M, Toyohara H and Hayashi I. 2003.

Effect of salinity change on free amino acid content in Pacific oyster.
J Fisheries Sci, 69(2), 395-400.

Hur SH, Lee HJ and Hong JH. 2002. Characterization of materials for retort processing in oyster porridge. J Korean Soc Food Sci Nutr, 31(5), 770-774.

Jay JM, Loessner MJ and Golden DA. 1994. Modern food microbiology. New york Chapman Hall. 127.

Jeong BH, Choi BD and Lee JS. 1998. Proximate composition cholesterol and α -tocopherol content in 72 species of Korean fish. J Korean Fish Soc, 31(2), 160-167.

Jin LZ, Ho YW, Abdullah N and Jalaudin S. 1998. Growth performance, intestinal microbial population and serum cholesterol of broilers fed diets containing Lactobacillus cultures. J Poultry Sci, 77(9), 1259-1265.

Kang HE, Byun JH, Kim JG and Kim SH. 1974. Seasonal Variation in Chemical Constituents of the cooked released Fluid of oyster. J Korean Fish Soc, 7(1), 37-40.

Kang HI, Kim JK, Kim SH and Pyeun JH. 1974. Evaluation in the utility of the by-products of oyster processing. J Korean Fish Soc,

7(1), 37-40.

Kim YM. 2002. Efficacy of aqueous chlorine dioxide in controlling *Vibrio parahaemolyticus* and improving the quality of oyster. M.S thesis, Mokpo National University. Mokpo, Korea.

Kim CY, Pyeun JH. and Nam TJ. 1981. Decomposition of glycogen and protein in pickled oyster during fermentation with salt. J Korean Fish Soc, 14(2), 66-71.

Kim SH, Park MS, Kim YH and Park DW. 1997. Genetic analysis of Mitochondrial DNA from Korean oyster, "*Crassostrea gigas*". J Korean Fish Soc, 30(5), 804-808.

Kosaka T, Maeda T, Nakada Y. Yukawa M and Tanaka S. 1998. Effect of *Bacillus subtilis* spore administration on activation of macrophages and natural killer cells in mice. Vet Microbiol, 60(2), 215-225.

Labuza TP and Shmidl MK. 1985. Accelerated shelf life testing of foods. Food Technol, 39(9), 57-65.

Lee SG, Lee GB and Son JY. 1999. Prediction of shelf-life and quality changes of dried noodle during storage period. J Korea Soc Food Sci, 15(2), 127-132.

Lee KY, Kim HS, Lee HG, Han O and Jang UJ. 1997. Studies on the Prediction of the Shelf-life of Kochujang through the physicochemical and sensory analyses during storage. J. Korean Soc Food Sci Nutr, 26(4), 588-594.

Linehan LG, O'Connor TF and Burnell G. 1999. Seasonal variation in chemical composition and fatty acid profile of Pacific oyster (*Crassostrea gigas*). J Food Chem, 64(2), 211-214.

Li L, Xu CL, Ji C, Ma Q, Hao K, Jin ZY and Li K. 2006. Effect of a dried *Bacillus subtilis* culture on egg quality. J Poultry Sci, 85(2), 364-368.

Loosanoff VL and Davis HC. 1963. Rearing of Bivalve Mollusks. J Mar Biol, 1(1). 1-136.

Lopez-Caballero ME, Perez-Mateos M, Montero P and Bonderias AJ. 2000. Oyster preservation by high-pressure treatment. J Food Protect, 63(2), 196-201.

Megharaj M, Avudainayagam S and Naidu R. 2003. Toxicity of Hexavalent Chromium and Its Reduction by Bacteria Isolated from Soil Contaminated with Tannery Waste. Curr Microbiol, 47(1), 51-54.

Montgomery R. 1957. Determination of glycogen. Arch Biochem

Bioph, 67(2), 378-386.

Mora I, Cabrefiga J and Montesinos E. 2012. Antimicrobial peptide genes in *Bacillus* strain from plant environments. *J Int Microbiol*, 14(4), 213-223.

Nielsen J and Jessen K. 1997. New development in sensory analysis for fish and fishery product. In "Seefood from producer to consumer integrated approach to quality". 537-547.

Oh KS, Heu MS and Park HY. 1998. Taste compounds and reappearance of functional flavoring substances from low-utilized shellfishes. *J Korean Fish Soc*, 31(6), 799-805.

Park WJ. 2006. High hydrostatic pressure sterilization and quality changes of raw oyster during storage. Ph.D. thesis, Cheju National University. Cheju, Korea.

Park WJ, Jwa MK, Hyun SH, Lim SB and Song DJ. 2006. High hydrostatic pressure sterilization of *Vibrio parahaemolyticus* and *Escherichia coli* in raw oyster. *J Korea Soc Food Sci Nutr*, 35(7), 935-939.

Park SK, Ryu HS and Lee SY. 2008. Characterization of an antibacterial substance produced by *Bacillus subtilis* HS 25 isolated

from fermented soybean foods. J Korea Food Preserv, 15(2), 300-305.

Sakaguchi M and Murat M. 1989. Seasonal variations of free amino acid on oyster whole body and adductor muscle. J Japanese Soc Fisheries Sci, 55(11), 2037-2041.

Sehwimmer S, Ingraham LL and Hughes HW. 1955. Temperature tolerance for frozen food processing effective temerature in thermally fluctualting systems. Ind Eng Chem, 47(6), 1149-1151.

Santoso S, Tanaka K and Ohtani S. 1995. Effect of dried *bacillus subtilis* culture on growth, body composition and hepatic lipogenic enzyme activity in female broiler chicks. J Br Nutr, 74(4), 523-529.

Songsaeng S, Sophanodora P, Kaewsrithong J and Ohsima T. 2010. Quality changes in oyster(*Crassostrea belcheri*) during grozen storage as affected by freezing and antioxidant. J Food Chem, 123(2), 286-290.

Yoon HD, Byun HS, Chun SJ, Kim SB and Park YH. 1986. Lipid composition of oyster, ark-shell and sea-mussel. J Korean Fish Soc, 19(4), 321-326.

Yan L, Jiang Q, Xiaoxu L, Kirsten B. 2009. Monthly variation of condition index, energy reserves and antibacterial activity in Pacific

oysters (*Crassostrea gigas*) in Stansbury (South Australia). Aquacult, 286(1), 64-71.



감사의 글

먼저 본 논문이 완성될 수 있도록 끊임없는 격려와 조언 해주신 모든 분들께 고개 숙여 감사의 인사드립니다. 하나부터 열까지 부족한 저를 가르쳐 주시고 삶 전체의 스승이신 존경하는 조영제 교수님께 가장 먼저 감사의 말씀 전하고 싶습니다. 또한 학부시절 저를 배움의 길로 이끌어주신 이남걸 교수님, 논문발표 심사과정 중 조언을 아끼지 않으시고 세세한 부분까지 신경써주신 민진기 선배님, 심길보 선배님, 김보경 선배님께 진심으로 감사의 말씀 올립니다.

대학원 과정에서 진정한 학문의 길을 가르쳐 주신 김선봉 교수님, 양지영 교수님, 이양봉 교수님, 전병수 교수님, 김영목 교수님께도 깊은 감사를 전하고 싶습니다. 끝 없는 관심과 사랑을 베풀어 주신 수산가공실험실에 김태진, 민진기, 이남걸, 김세환, 박정우, 김배의, 정호진, 김윤철, 오상민, 박철윤, 여해경, 김지연, 최윤석, 편성식, 김승미, 손명진, 정상원, 하두성, 박희진, 김명하, 김용훈, 김지연, 정진호, 석진욱 선배님들을 비롯한 모든 수산가공 실험실 선배님들께 늘 감사드립니다. 처음 대학 편입을 와서 부족한 저를 많이 도와주었던 수산가공실험실 가족들인 이흥희, 정민홍 선배님과 곽효준, 한정엽, 서태룡, 이태관, 최우석, 황재열, 계현진, 김병조, 김상원, 양경오, 이운영, 문소현, 배가영, 정연겸, 김선규, 류웅성, 이성규, 차중훈, 김혜림, 손세희, 정효정, 김지원, 우민정, 최가람, 이소현, 전회원 동기, 후배님께 진심으로 감사드립니다. 항상 사고만 치고 뒷수습 해주던 대학원 후배 현진아 정말 고생많았다. 이 논문이 완성되기까지 많은 우여곡절이 있었지만, 정신적지주가 되어주신 진호형님, 성식형님, 보경이누나 정말 감사드리고 힘들고 어려울 때 친구라는 이름으로 항상 힘이 되어주던 내 10년 지기 친구 성용, 재만, 성주, 상민, 진혁, 민철이에게도 고마움을 전합니다. 마지막으로 늘 저를 응원해주시고 믿어주신 우리 아버지, 어머니 사랑합니다. 그리고 감사합니다. 새벽마다 오빠라면 끓여주며 징징대던 내 하나뿐인 동생 지은아 사랑한다.

이 논문을 배움의 끝이라 생각하지 않고 하나의 과정이라 생각하며 더욱 노력하고 발전하는 모습을 보여드릴 것을 약속드립니다. 감사합니다.