

슈퍼칠링 유통을 위한 포장광어 (*Paralichthys Olivaceus*)의 유통기한 설정 연구

양수정 · 김종경*

엔로지스, 한국건설생활환경시험연구원

Determination of Shelf-life of a Packaged *Paralichthys Olivaceus* for Super-chilled Distribution

Soo Jung Yang and Jongkyoung Kim*

N-Logis, Korea Conformity Laboratories

Abstract Maintaining steady and low temperature during distribution process is a key technique to inhibit microbial growth, one of the most important factors in determining the shelf life. It is possible to provide high-quality fresh products to consumers only when precise and adequate temperature control is guaranteed throughout the entire distribution process for fresh seafood. This study investigated the shelf-life of packaged fresh flounder (*Paralichthys Olivaceus*) in order to learn the feasibility of super-chilled distribution of fresh seafood. To estimate the shelf life, weight, number of bacteria such as *E. coli*, pH, sensory test and volatile basic nitrogen were investigated. As a result of the study, the difference in shelf life of 6 days at the super-chilling temperature ($0\pm1^{\circ}\text{C}$) and 1 day at the general refrigeration temperature ($8\pm2^{\circ}\text{C}$) (based on volatile base nitrogen) showed the market possibility of super-chilling distribution. Through additional empirical studies such as packaging methods and economic feasibility, it is expected to promote commercialization of super-chilling containers and packaging system developed in the future and secure customer reliability.

Keywords Super-chilling, Packaging, Cold chain, *Paralichthys Olivaceus*, Distribution

서 론

최근 코로나 사태의 여파와 온라인 식품구매의 증가, 국민 소비수준의 증가 등으로 비조리 신선식품에 대한 소비자들의 구매력은 물론 품질에 대한 요구도 점점 높아지고 있다. 가열이나 건조, 염장하지 않은 비조리 신선식품(회, 과일, 채소 등)은 유통기한이 상대적으로 매우 짧고 온도변화에 민감하므로 제조는 물론 유통 전반에 걸쳐 적정온도를 유지하는 것이 제품의 품질을 유지하고 설정된 유통기한 (shelf life)을 보장하는 중요한 요소이다¹⁾.

지금까지 비조리 신선식품의 저장성을 높이는 가장 보편적이고 효과적인 방법으로 꼽히는 것이 냉장냉동, 또는 콜드체인 (cold chain) 기술이며 상업화된 것은 1930년 미국에서

부터로 90년의 역사를 가지고 있다. 콜드체인기술은 단순히 온도를 낮추는데 그치지 않고 제품에 적합한 온도를 가능한 한 변화없이 유지하는 것이 중요하다. 특히, 신선식품을 냉장 또는 콜드체인(저온유통) 상태로 유통하는 것은 기술적으로 높은 수준으로 유지되어야 가능하다. 콜드체인으로 유통되는 식품은 신선 뿐만 아니라 안전과 밀접한 관련이 있어 우리나라에서도 법적으로 제품에 따른 온도기준이 마련되어 있으며, 제품에 따라 상당히 복잡한 편이다 (Figure 1).

특히, 우리나라 국민들이 즐겨 찾는 생물회 등 신선 수산물 높은 단백질, 낮은 지방, 낮은 콜레스테롤로 신선식품에 대한 수요가 높다. 그러나, 아직도 생물을 수조에 담아 소비자로 이동시키는 전근대적인 방식을 사용하고 있어 환경오염은 물론 위생적으로도 문제가 되고 있다. 주 등 (2008)²⁾은 우리나라 저온유통시스템 구축에 대한 현황을 소개하면서 농산물에 비해 수산물의 저온유통 지원 및 연구가 부족하다고 주장하면서 저온상태로 유지되어야 할 수산물이 상온에 노출되어 선도관리가 제대로 이루어지지 못하

*Corresponding Author : Jongkyoung Kim
N-Logis, Korea Conformity Laboratories
Tel : +82-2-6912-2319, Fax : +82-2-2102-2789
E-mail : logiscodi@kcl.re.kr

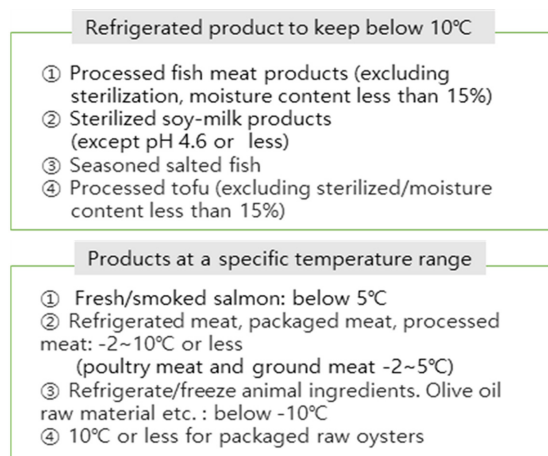


Fig. 1. Distribution temperature regulation excerpted from Korea Ministry of Food and Drug Notice No. 2019-56 (2019. 07.02.)

고 있다고 하였다.

이 문제를 해결하고 신선 수산물의 품질변화를 최소화하는 기술 중 하나가 슈퍼칠링(superchilling 또는 supercooling) 기술이다. <Figure 2>와 같이 슈퍼칠링은 식품의 저장 또는 유통 온도를 제품 내 수분이 얼음결정이 생기지 않을 정도, 보편적으로 빙결점 전후의 온도 ($0 \pm 2^\circ\text{C}$) 범위에서 일정하게 유지시키는 기술이다²⁾.

대부분의 연구 결과에 따르면 슈퍼칠링은 유통기한을 상당부분 연장시키는 효과를 내는 것으로 나타났다. Duun¹⁾, Duun³⁾, Nordtvedt⁴⁾, Stevik 등⁵⁾은 슈퍼칠링이 식제품의 보관수명을 연장시키고 채소, 과일 뿐만 아니라 육제품의 선도유지에도 큰 도움이 된다고 보고하였다. 슈퍼칠링을 유지하는 경우 일반적으로 저온저장방식에 비하여 상업적으로 6일 정도 유통기한이 길어지는 것으로 보고되었다⁶⁾. 일반적인 저온유통방식으로는 6일 정도 유통되던 것이 슈퍼칠링을 적용하면 -2.5°C 에서 20일, -4°C 에서 36일까지 저장이 가능하다는 연구도 있었다⁷⁾. 또, Lilian 등⁸⁾, Sman 등⁹⁾은

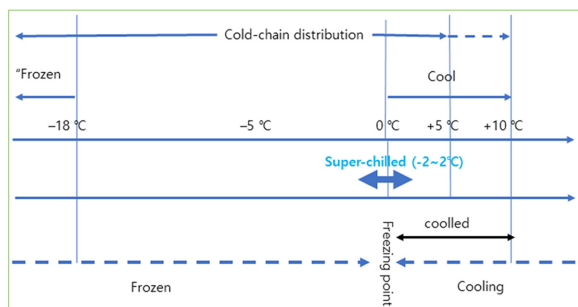


Fig. 2. Temperature range of typical food distribution in Korea
※ Note: Re-illustrated based on the Joo & Lee (2008) and Korea Ministry of Food and Drug Notice No. 2020-117(2020.12.01.)

슈퍼칠링은 냉동으로 제품 내부의 발생하는 얼음결정의 발생을 막거나 생기더라도 크기를 최소화시켜 유통기한 동안 수분 손실 (liquid loss (LL))와 드립 손실을 막을 수 있다고 보고하였다.

국내에서도 최근 슈퍼칠링기술을 상업적으로 연구하기 시작하였다. 양 (2018)등은 슈퍼칠링유통과 관련된 포장기술을 소개하면서 슈퍼칠링기술을 MAP, 정온유지포장 등 포장기술과 접목하고 유통중 철저한 온도관리가 이루어진다면 비조리 신선식품의 가치를 획기적으로 높일 수 있는 전망있는 기술이라고 주장하였다. 다만, 슈퍼칠링기술의 상업화를 위해서는 온도유지기술 외에 이를 보완해줄 수 있는 포장 및 온도모니터링기술 등 제반 인프라도 충분히 갖추어야 한다고 지적하였다¹⁰⁾.

양 (2019)등은 슈퍼칠링 유통을 위해 온도와 포장방법이 신선수산물(광어, 생새우)의 신선도에 미치는 영향을 알아보고자 포장방법과 온도가 다른 6가지 모의 유통조건에서 2주일간 저장하여 비교하였다. 연구 결과, 생물 광어와 생새우의 경우 슈퍼칠링온도 (-1°C)에서 환경기체조절포장(MAP: Modified Atmosphere Packaging) 기술을 적용한 시료의 선도가 모든 면에서 가장 우수한 것으로 나타나 적절한 슈퍼칠링 온도와 포장방법을 적용한 수산식품 신선유통의 가능성을 보여주었다¹¹⁾.

한편, 최 등 (2017)은 돈육 등심 (*Longissimus thoracis et lumborum*)을 진공포장하여 액체 침지 식 급속 냉동기를 이용하여 -70°C s를 유지한 냉매에 약 20분간 침지하여 급속 동결한 후 송풍 및 유수식 해동과 27.12 MHz 라디오파 급속해동을 비교하였다. 이 결과 슈퍼칠링 (과냉각)상태의 얼음결정 형성과 조직손상을 최소화하여 품질유지 및 미생물 생장 지연에 효과가 큰 것을 확인하였다¹¹⁾.

또, 농촌진흥청¹²⁾은 목표 온도(-2.5°C)에서 $\pm 0.3^\circ\text{C}$ 이내의 온도 편차가 유지되도록 하는 냉각저장으로 담근 김치맛을 최대 12주까지 유지하는 김치 과냉각 저장기술을 개발하였다고 발표하였다. 보통 김치를 저장하는 온도인 1°C 에서 보관할 경우 0.6% 산도에 도달하는 시간은 3주가 걸렸지만, 영하 2.5°C 에서 김치를 저장하면 호기성 미생물의 발효를 늦추어 12주까지 보관이 가능하고 식감도 좋아진다고 하였다.

본 연구는 기존 연구결과를 바탕으로 슈퍼칠링 유통의 상용화를 위하여 반드시 필요한 유통기한 설정을 목표로 진행되었다. 대상 제품은 국내에서 가장 일반적으로 유통되는 횡감 중 하나인 광어를 선택하였으며 기존 유통방법과 슈퍼칠링 유통방법에 따른 품질변화와 유통기한을 비교하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용된 재료는 서울 수산센터에서 구매한 신

선한 생물 광어(*Paralichthys Olivaceus*)를 사용하였다. 시료는 도착 즉시 $2\pm0.5^{\circ}\text{C}$ 로 미리 예냉한 냉장고로 옮겨졌다. 광어는 예냉 냉장고에서 꺼낸 후 곧바로 머리와 꼬리 부분을 제거하고 몸통 부분만 약 $90\pm5\text{g}$ 씩 절단하여 포장하였다.

2. 실험조건

유통기한의 측정은 시료에 대해 아래 2가지 온도조건을 비교하여 수행하였다. 온도조건은 슈퍼칠링온도 ($0\pm1^{\circ}\text{C}$)와 일반 냉장온도 ($8\pm2^{\circ}\text{C}$)로 나누었으며, 포장은 시중에 사용하는 발포스티렌 트레이(치수: $10\times10\times2.5\text{ cm}$, 두께: 3 mm)를 폴리에틸렌계 수축플라스틱 필름(평균두께: $20\pm2\mu\text{m}$)으로 감싸서 밀봉하였다. 실험조건은 <Table 1>과 같다.

3. 실험방법

구매한 재료는 일정한 크기로 절단하여 개별포장하여 온도조건에 따라 슈퍼칠링 저장고 (자체 제작)와 시험용 저장고 (모델명: HB-103L, 한백과학) 에 각각 9일간 저장하면서 품질변화를 관찰하였다. 시험에 사용된 저장고는 아래 <Figure 3>과 같다.

Table 1. Test sample and testing conditions

Product	Storage temperature	Packaging method	An example of test sample
Flatfish	$8\pm2^{\circ}\text{C}$ (Low temperature incubator)	EPS tray+PE wrapping	
	$0\pm1^{\circ}\text{C}$ (Super-chilling storage)		

4. 품질지표

식품의 유통기한을 설정하기 위한 지표는 여러 가지가 있으나 식품의약품안전처의 가이드라인^{14,15)}을 참고하여 비조리 수산물의 품질지표에 적합한 미생물학적(세균수, 대장균, 황색포도상구균), 이화학적(휘발성염기질소, pH), 그리고 관능적 (성상) 품질시험을 수행하였다.

세균수의 측정은 표준평판법(표준한 천배지에 검체를 혼합 응고시켜 배양 후 발생한 세균 집락수를 계수하여 검체 중의 생균수를 산출하는 방법)을 사용하였다. 시험용액 1 mL와 10단계 희석액 1 mL씩을 멸균 페트리접시 2매 이상씩에 무균적으로 취하여 약 $43\sim45^{\circ}\text{C}$ 로 유지한 표준 한천배지 약 15 mL를 무균적으로 분주하고 검체와 배지를 혼합하여 응고시켰다. 응고시킨 페트리 접시는 뒤집어 $35\pm1^{\circ}\text{C}$ 에서 48 ± 2 시간 배양하였다. 집락수의 계산은 확산집락이 없고 1개의 평판당 15~300개의 집락을 생성한 평판을 택하여 집락수를 계산하였다. 배양 후 총균수를 세어 집락계수 (colony form unit: CFU)로 표기하였다.

대장균수의 측정은 미생물 생장에 필요한 영양성분과 cold water soluble gel, 그리고 염색지시약 등을 필름에 특수 코팅하여 미생물 검사를 할 수 있도록 개발된 시험법으로 실험의 편리성, 실험시간이 감소되는 장점으로 미생물 검사에 많이 이용되는 방법이다. 건조필름에 시험용액을 점종하고 배양한 후 집락계수(CFU)를 계산하였다.

황색포도상구균은 시료 검체 25 g을 취한 후, 225 mL의 희석액을 가하여 2분간 고속으로 균질화하여 시험용액으로 하여 10배 단계 희석액을 만든 다음 각 단계별 희석액을 Baird-Parker 한천배지(배지 63) 3장에 0.3 mL, 0.4 mL, 0.3 mL씩 총 점종액이 1 mL이 되게 도말하였다. 사용된 배지는 완전히 건조시켜 사용하고 점종액이 배지에 완전히 흡수 되도록 도말한 후 10분간 실내에서 방치시킨 후 $35\sim37^{\circ}\text{C}$ 에



Super-chilling refrigerator



Low temperature incubator

Fig. 3. Refrigerators used for experimentation.

서 48±3시간 배양한 다음 투명한 띠로 둘러싸인 광택의 검정색 집락을 계수하였다. 군수는 확인 동정된 군수에 희석 배수를 곱하여 계산하였다.

휘발성 염기질소(VBN, volatile basic nitrogen)는 암모니아질소(Ammoniac nitrogen)와 트리메틸아민(Trimethylamine) 등 휘발성 아민의 총칭으로 부패육(신선도) 판정기준으로 많이 사용되며 미량화산(Conway)법을 사용하여 측정하였다. 일반적으로 신선육은 10~20 mg가 검출되며 식품의약품 안전처에서는 포장육은 20 mg 이하로 규정하고 있다.^{14,15)} 다만, 부위에 딸 부분적으로 품질이나 조성이 다르기 때문에 임의로 3~5개소로부터 각각 20 g 씩을 취하여 이를 잘게 썰어 증류수로 침출하여 여과액을 시험용액으로 사용하였다. 시험용액과 K₂CO₃ 포화용액을 잘 섞고 일정시간 정지한 후 0.01N-NaOH 용액으로 적정하였다. 환산공식은 아래와 같다.

$$\text{휘발성염기질소}(m.q\%) = 0.14 \times \frac{(b-a) \times f}{W} \times 100 \times d$$

여기서,

W : 검사시료 채취량(g)

f : 0.01N-NaOH 역가

a : 시험용액 적정 ml

b : 대조구 적정 ml

pH는 AOAC official method 981.12에 의하여 유리전극으로 된 pH 측정기(모델명: Thermo Orion 1119001 5-Star, Thermo사)를 사용하여 측정하였다.

관능검사(성상)는 사전에 교육받은 5명의 패널테스트를 통해 5개 항목(외관, 색깔, 활력도, 선도, 풍미)을 판단하였다. 기호도는 매우 나쁘다(1점), 나쁘다(2점), 보통이다(3점), 좋다(4점), 매우 좋다(5점)의 5점 척도법으로 평가하였다. 제공된 시료는 관능검사의 오류를 제거하기 위하여 무작위로 순서를 정하여 제공되었다. 모든 실험은 3회 반복으로 진행하였으며, 통계처리는 Microsoft Excel 2013 program을 사용하여 분석하였다.

5. 품질한계

유통기한을 측정하고 비교하기 위해서는 식품으로서 상품성을 가지기 위한 각 품질지표의 품질한계를 사전에 설

Table 2. Quality indicator and limit for the packaged raw flatfish

Quality indicator	Quality limit
Number of bacteria	below 100,000 CFU/g
E. coli count	below 10 CFU/g
Staphylococcus aureus count	below 100 CFU/g
Volatile base nitrogen	Calculated value according to storage temperature
pH	As a reference
Sensory evaluation	Average 3 or higher

정해야 한다. 품질한계는 식품의약품안전처의 가이드라인^{14,15)}과 각 고시사항^{16,17)}을 참조하여 결정하였다. 아래 <Table 2>는 본 시험에 기준이 되는 품질지표와 한계를 표시한 것이다.

결과 및 고찰

1. 미생물 분석

두 시료 모두 저장기간 동안 대장균과 황색포도상구균은 발생하지 않았다. 그러나 8°C에 저장한 대조구는 급격한 미생물 증식으로 사실상 3일 후 섭취가 불가능한 것으로 나타났다. 그러나 0°C로 저장한 시료는 시험 종료 (8일째)까지 비교적 낮은 미생물 증식을 보이고 있었다 (Table 3, Figure 4).

2. 휘발성 염기질소 분석

휘발성 염기질소의 산출은 식품의 유통기한설정 가이드라인¹⁶⁾에 따르며 저장온도에 따라 아래와 <Table 4>와 같이 계산된다.

분석결과 슈퍼칠링조건에서 저장한 시료는 6일 만에, 일반 냉장유통조건에서는 단 하루 만에 품질한계치를 넘어섰다.

3. 관능검사

시료의 경우 부위별로 색상이 다르고 저장기간 중 색상 변화가 거의 이루어지지 않아 육안으로는 품질변화를 구분하기 어려웠다. <Table 5>

<Table 6>, <Figure 5>와 같이 24시간마다 관능검사를 실시한 결과, 일반냉장온도에 저장한 포장 광어의 경우 2일 차부터 탄성이 약해지고 이취가 발생하기 시작하여 5일 후

Table 3. Bacteria counts of flatfish stored at different temperature conditions

Storage condition	Time, Days								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Refrigerated at 8°C	510	820	7,200	3,100	390,000	N/A*	-	-	-
Super-chilled at 0°C	510	110	280	1,300	1,820	2,200	4,300	7,200	51,000

* Tests were stopped from day 5 due to overgrowth of microorganisms

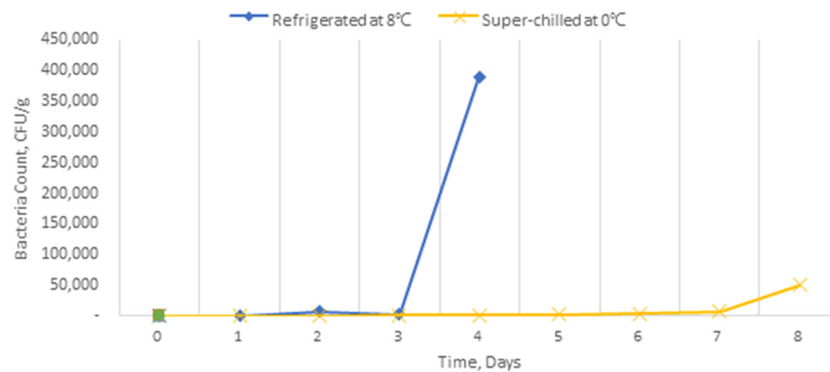


Fig. 4. Changes in bacteria counts of packaged row flatfish stored at different temperature conditions.

Table 4. Calculation of volatile basic nitrogen according to storage temperature

Storage condition	Regression equation	Calculation	Quality limit
Refrigerated at 8°C	$y = 0.8952x + 16.1307$	$y = 0.8952 \times 3 + 16.1307$	13.45
Super-chilled at 0°C	$y = 2.0055x + 20.3664$	$y = 2.0055 \times 3 + 20.3664$	14.35

Table 5. Apparent comparison of packaged row flatfish stored at different temperature conditions

Storage time, day	0±1°C	8±2°C
0		
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

에는 취식이 불가능할 정도가 되었다. 반면, 슈퍼칠링온도에서 저장한 포장 광어는 6일째에서도 관능검사에 있어 현저한 변화가 없었으며 취식이 가능한 수준이었다.

4. 품질지표별 유통기한 비교

실험 결과 설정된 품질지표별 품질한계 규격값에 따라 유

Table 6. Results of sensory evaluation of packaged row flatfish stored at different temperature conditions

days	Temperature	Appearance	Color	Elasticity	Freshness	Zest	Average
0	-	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
1	0°C	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
	8°C	4.5	4.5	4.0	4.0	4.0	4.2
2	0°C	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
	8°C	4.0	4.0	3.5	4.0	3.5	3.8
3	0°C	4.5	4.0	4.0	4.0	4.0	4.1
	8°C	4.0	3.5	3.0	3.0	3.0	3.3
4	0°C	4.5	4.0	3.5	4.0	4.0	4.0
	8°C	3.5	3.0	2.5	3.0	3.0	3.0
5	0°C	4.5	4.0	3.5	4.0	4.0	4.0
	8°C	3.0	3.0	2.5	3.0	3.0	2.9
6	0°C	4.0	4.0	3.5	3.5	4.0	3.8
	8°C	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.4
7	0°C	4.0	3.5	3.5	3.5	3.0	3.5
	8°C	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.2
8	0°C	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.1
	8°C	2.0	2.0	1.0	1.0	1.5	1.5

통기한을 산정한 결과는 <Table 7>과 같다. 유통기한은 품질한계값에 이르기 바로 직전 시험일을 기준으로 하되 품질지표 중 한계값에 가장 먼저 도달한 품질지표를 제품의 유통기한일로 산정하였다.

<Table 7>에 따르면 가장 먼저 품질한계에 도달한 지표는 휘발성암기질소이므로 일반 냉장온도에 저장한 신선 광어는 1일, 슈퍼칠링온도에 저장한 광어는 6일까지 유통이 가능한

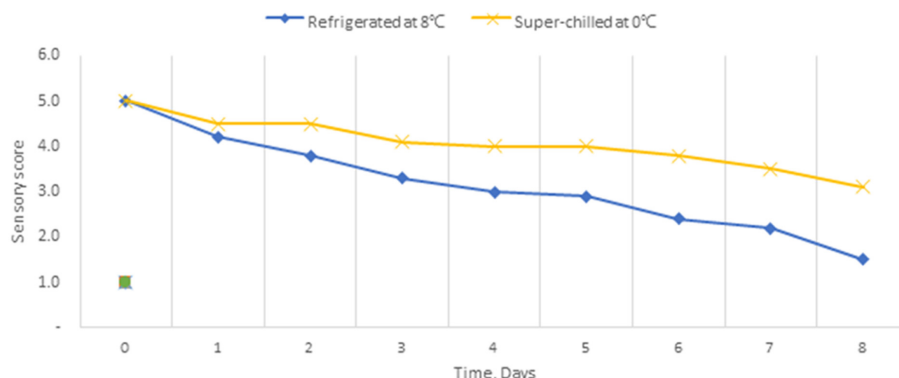


Fig. 5. Results of sensory evaluation of packaged row flatfish stored at different temperature conditions.

Table 7. Calculation of shelf-life of packaged row flatfish

Quality indicator	Quality limit	Shelf-life (Day)	
		Refrigerated at 8°C	Super-chilled at 0°C
Number of bacteria	below 100,000 CFU/g	3	>8
E. coli count	below 10 CFU/g	>6	>8
Staphylococcus aureus count	below 100 CFU/g	>6	>8
Volatile base nitrogen	Calculated value according to storage temperature	1	6
pH	As a reference		-
Sensory evaluation	Average 3 or higher	5	7

것으로 나타났다. 다만, 유통시 온도관리가 얼마나 균질하게 이루어지느냐에 따라 유통기한의 변수가 발생할 수 있다.

고찰

온도는 가장 중요한 요소 중의 하나이며 미생물 증식억제를 위한 중요한 수단이다. 이 연구는 광어회를 휘발성염기질소를 기준으로 슈퍼칠링온도(0°C)에서 6일까지 유통기한 설정이 가능함을 보여줌으로서 슈퍼칠링 기술을 통한 수산식품의 신선유통 가능성을 확인해주었다. 슈퍼칠링유통에서 특히 신선식품유통관리 (cold food supply chains (FSCs))가 중요하며 유통망 전체의 온도관리가 정확해야만 신선식품 유통기한 예측이 명확해진다.

슈퍼칠링은 전 유통과정에 걸쳐 식품을 안전하고 신선하며 높은 품질을 유지한 채 소비자에게 전달하기 위한 고차원의 온도유지기술이며 관리서비스이다. 지속적인 신선수산물 유통의 증가와 물류비용의 급증, 고급유타감에 대한 소비자요구로 슈퍼칠링기법을 적용한 물류기술에 대한 수요는 지속적으로 증가할 것이며, 이 연구는 그 가능성을 보여주었다. 슈퍼칠링기술은 MAP 등 패키징기술과 접목되고 유통중 철저한 온도관리로 신선식품의 가치를 높일 수 있는 전망있는 기술임은 틀림없다. 다만, 어종과 포장방법에 따라 결과가 다를 수 있으며 최초 포획시 생물의 상태에 따라서도 크게 달라 슈퍼칠링기술을 확대 적용하기 위해서는

다양한 어종과 포장방법, 수산물 외 다른 신선제품에 대한 추가적인 실증연구가 뒤따라야 할 것이다.

요약

유통과정에서 균질한 저온을 유지하는 것은 식품의 유통기한을 결정하는 가장 중요한 요소 중 하나인 미생물 증식을 억제하는 핵심 기술이다. 신선수산물의 전과정에서 정확하고 적절한 온도관리가 보장되었을 때 높은 품질의 신선제품을 소비자에게 공급할 수 있다. 이 논문은 슈퍼칠링 신선수산식품의 상업성을 확인하기 위하여 포장된 신선 광어 (*Paralichthys Olivaceus*)의 유통기한을 연구한 것이다. 유통기한 측정을 위하여 중량, 대장균 등 세균수, pH, 관능검사, 색상, 휘발성 염기질소 등이 조사되었다.

연구결과, 휘발성염기질소를 기준으로 슈퍼칠링 온도(0±1°C)에서의 유통기한이 6일인데 비하여 일반 냉장온도 (8±2°C)의 경우 1일에 불과하여 슈퍼칠링 유통의 가능성을 보여주었다. 상업화 추진을 위해서는 소비자 신뢰도를 높이고 경제성을 향상시킬 수 있도록 슈퍼칠링 기법과 포장시스템에 대한 추가적인 포장방법 연구가 필요한 것으로 사료된다.

사사

본 연구는 산업통상자원부의 글로벌전문기술개발사업(디

자인혁신역량강화)의 지원으로 수행되었음을 밝힙니다.

참고문헌

1. Duun A.S., Hemmingsen, A.K.T., Haugland, A., & Rustad, T. 2008. Quality changes during superchilled storage of pork roast, *Food Science and Technology*, 41(10):2136-2143
2. Joo, M.B. & Lee, H.D., 2008. Problems with the current cold chain system and measures for improvement. Korea Maritime Institute
3. Duun A.S. & Rustad T. 2007. Quality changes during superchilled storage of cod (*Gadus morhua*) fillets, *Food Chemistry*, 105(3):1067-1075
4. Nordtvedt, T.S. 2003. Super chilling - State of the art review. In SINTEF Energy Research, Trondheim – Norway.
5. Stevik A.M., Duun A.S., Rustad T., O'Farrell M., Schulerud H., & Ottestad S, 2010. Ice fraction assessment by near-infrared spectroscopy enhancing automated superchilling process lines. *Journal of Food Engineering*, 100(1):169-177
6. Zhu, Y.C., Ma, L.Z., Yang, H., Xiao, Y., & Xiong, Y.L., 2016. Super-chilling (-0.7°C) with high- CO_2 packaging inhibits biochemical changes of microbial origin in catfish (*Clarias gariepinus*) muscle during storage. *Food Chemistry*, 206(1):182-190
7. Lan Y, Shang Y, Song Y, & Dong Q., 2016. Changes in the quality of superchilled rabbit meat stored at different temperatures. *Meat Sci.* Jul;117: 173-81.
8. Lilian D., Kaalea T., & Magne E. 2014, The development of ice crystals in food products during the superchilling process and following storage, a review. *Trends in Food Science & Technology*, 39(2):91-103
9. Kaale. L.D., Eikevik, T.M., Rustad, T., Nordtvedt, T.S., Bardal, T. & Kjorsvik E., 2013. Ice crystal development in pre-rigor Atlantic salmon fillets during superchilling process and following storage. *Food Control*. 31(2):491-498
10. Yang, S.J., Choi, S. & Kim, J.K. 2018. Superchilling and Packaging Technology for High-quality Perishable Food Distribution: A Review, *Korean Journal of Packaging Science and Technology*, 24(3):159-165
11. Yang, S.J., Kim, M.Y. & Kim, J.K. 2019. A Study on Super-Chilling Distribution Methods for Fresh Sea Foods by Various Storage Temperatures and Packaging Techniques, *Korean Journal of Logistics*, 27(4):47-56
12. Choi, E.J., Park, H.W., Chung, Y.B., Kim, J.S., Park, S.H. & Chun, H.H. 2017. Effect of supercooling on the storage stability of rapidly frozen-thawed pork loins, *Korean Journal of Food Preservation*, 24(2):168-180
13. Kim, J.S., (2020, Nov. 18). Maintains freshly marinated kimchi flavor for up to 12 weeks by supercooled storage. Rural Development Administration. <https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156421491>
14. Korea Food and Food additive Code (2019), Ministry of Food and Drug Safety. <https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode>
15. Guidelines for testing expiration dates for food, livestock products and health functional foods (2018), Ministry of Food and Drug Safety.
16. Notice No. 2019-56(2019.07.02.). Criteria for setting shelf life of food, food additives, livestock products and health functional foods. Ministry of Food and Drug Safety.
17. Notice No. 2020-117 (2020.12.01.). Preservation and distribution standards. Ministry of Food and Drug Safety.

투고: 2020.12.14 / 심사완료: 2020.12.15 / 게재확정: 2020.12.16