

냉동저장을 통한 싱싱회 저장기간 연장에 관한 연구

박진일 · 윤소미 · 윤호동 · 박희연 · 변한석 · 장미순[†]
국립수산물연구원 식품안전연구단

Shelf-Life Extension of Sing Sing Hoe (Fresh Sliced Raw Fish) by Frozen Storage

Jin-Il Park, So-Mi Yoon, Ho-Dong Yoon, Hee-Yeon Park,
Han-Seok Byun and Mi-Soon Jang[†]

Food and Safety Research Center, National Fisheries Research & Development Institute, Busan 619-705, Korea

Abstract

Changes in pH, viable microbial count, chemical freshness, texture, and sensory qualities of Sing Sing Hoe (SSH, fresh-sliced raw fish) were measured over 15 days at 4°C, -20°C, and -80°C. The initial pH of SSH was 6.25 at all three storage temperatures, and pH increased slightly after 12 days to pH 6.48 and pH 6.55 at -20°C and -80°C, respectively. The range in viable cell count was 104 - 106 CFU/g, regardless of storage temperature. The initial content of volatile basic nitrogen (VBN) was 5.8 mg/100 g and became 8.2 mg/100 g or less, and 7.9 mg/100 g or less after 15 days at -20°C and -80°C, respectively. However, pH and VBN values increased significantly after 3 days of storage at 4°C. At this temperature, the K-value was 22.3% after 6 days and 40% or more after 15 days. At -20°C, the K-value was 9.6% or less after 6 days and 21% or less after 15 days of storage. At -80°C, the K-value was 8.5% or less after 9 days and 20% or less after 15 days of storage. Compared with the K-value of live fish muscle (10%), freshness similar to that of live fish was maintained for 6 days under both -20°C and -80°C storage conditions. There was no significant change in texture during storage of SSH at -20°C or -80°C, but SSH stored at 4°C showed a decrease in texture quality during storage. Sensory scores were high for material stored for up to 3 days at 4°C and 6 days at -20°C or -80°C. The overall freshness of SSH was maintained for up to 6 days, in comparison with fresh-sliced raw fish, under both frozen storage conditions.

Key words : sing sing hoe, VBN, K-value, fish, texture

서 론

양식 어류의 연간 생산량은 1995년 8,360톤에서 2007년에는 약 12배나 증가한 97,663톤으로 전체 양식 수산물의 절반가량을 차지하고 있다(1). 이러한 공급측면에서의 양적증가로 인해 수요측면에서는 다양한 소비행태의 변화가 나타나고 있다. 그 예로 싱싱회(또는 선어회), 스시전문점의 확산 등과 같은 새로운 회 소비문화의 등장을 꼽을 수 있다. 싱싱회는 활어를 가공한 후 진공 포장하는 선어회의 일종으로 주로 회의 순살 무게를 기준으로 거래되기 때문에 수율

이 높은 넙치가 가장 많이 생산되고 있으며 전국 싱싱회 가공업체를 조사한 결과, 가공원어로 넙치를 이용하는 비율이 최소 65% 이상인 것으로 나타났다(2). 한편, 우리나라의 생선회 식문화는 일본과는 다르게 활어회를 선호하는 문화로 구매자의 주문을 받아 즉석에서 내장, 껍질 등 비가식 부위를 제거하고 단순 절단하여 회로 제공하는 판매 방식이 주를 이루어 왔으며(3), 싱싱회의 주요 판매처로는 직거래(전화 또는 인터넷), 싱싱회 전문점, 대형소매점 등이 있지만 판로가 일정치 않고 유동적이다. 이러한 방법은 복잡한 유통단계, 활어의 수송 및 보관에 있어 시설비, 인건비, 관리비 등으로 인한 가격 상승, 활어수조 관리의 어려움에 따른 위생적 문제로 생선회의 수요가 대규모인 오늘날에는

[†]Corresponding author. E-mail : suni@nfrdi.go.kr,
Phone : 82-51-720-2651, Fax : 82-51-720-2619

적합하지 못한 판매 방식이라 할 수 있겠다. 반면, 싱싱회는 수송비용 및 운용비용을 절감하여 고가의 활어회보다 가격이 저렴하고 위생적인 처리로 인해 안전하다(4). 또한 시간과 장소의 구애 없이 언제 어디에서나 먹을 수 있다는 장점이 있으며 저온저장에 의한 근육 수축으로 육질이 단단하고 감칠맛 성분인 이노신산이 많아 혀로 느끼는 맛이 좋다(5). 이처럼 싱싱회는 많은 장점을 가지고 있음에도 불구하고 유통시간이 10시간으로 매우 짧고, 일부에서는 수익성만을 고려하여 유통기한을 5일까지 설정하여 씹힘성이 떨어져 있는 싱싱회를 마트에서 판매하고 있는 실정이다(3). 이와 같이 싱싱회 맛이 유지되는 시간을 지키지 않는 것은 싱싱회 산업의 근간을 흔들고 있으며 나아가 생선회 소비촉진에 걸림돌이 되고 있다. 따라서 본 연구에서는 싱싱회 육질의 쫄깃함이 유지되는 시간을 연장시키기 위해 저장온도에 따른 저장일수별 신선도, 조직감, 관능검사를 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료

시료로 사용된 싱싱회는 거제 수협 수산물 종합가공공장에서 구입한 것으로 운송 중 온도를 4℃ 안팎으로 유지하여 실험실로 이송한 후 즉시 4℃로 저장한 것과, -20℃ 또는 -80℃로 급속 동결하여 보관하였다. 0일부터 15일간 3일차 간격으로 저장일수에 따른 신선도 및 물성, 관능검사를 실시하였고, 매 실험시마다 급속동결한 것은 4℃에서 섭취 가능한 온도까지 해동시켜 사용하였다.

pH 측정

pH는 냉장에서 해동시킨 시료 5 g에 증류수로 45 mL를 가하여 homogenizer로 5분간 마쇄한 후, pH meter(Orion 3star, Thermo, USA)를 이용하여 측정하였다.

총균수

냉장에서 해동시킨 시료 100 g을 무균실에서 취하여 멸균한 0.1% peptone수로 5배 희석시켜 마쇄하였다. 시료 희석액을 멸균한 0.1% peptone수로 단계 희석시킨 후, 1 mL를 petrifilm(3M, USA)에 취하여 37℃ incubator에서 24시간 배양시켜 나타난 colony를 counting하였다.

K-value

생선의 신선도 측정법 중 하나인 K-value는 다음과 같은 방법으로 측정하였다. 해동시킨 시료를 약 200 mg 취하고 5% perchloric acid 600 µL가하여 단백질을 침전시켰다. KOH 50 µL로 중화시켜 신선도 측정기(Freshness checker system HF-100, Hutech, Korea)로 측정하여 다음과 같은 방법으로 계산하였다.

$$K(\%) = \left[\frac{HxR + Hx}{ATP + ADP + AMP + IMP + HxR + Hx} \right] \times 100$$

휘발성염기질소(VBN) 측정

휘발성 염기질소(Volatile basic nitrogens)는 Conway unit를 이용한 미량확산(micro-diffusion)법(6)을 개량하여 측정하였다. 즉, 시료 10 g에 10% trichloroacetic acid 20 mL를 가한 후 마쇄하고 3000 rpm에서 10분간 원심분리 하여 상층액을 취한 다음 50 mL로 정용하였다. Conway unit 내실에 3 mL의 붕산혼합액을 넣고 외실 하부에 3 mL의 시료추출액을 넣은 다음 포화탄산칼륨용액 3 mL를 가한 후 즉시 unit 뚜껑을 덮어 37℃의 항온기에서 80분간 방치하였다. 내실의 용액을 0.01 N 염산용액으로 적정하였다.

관능검사 및 통계처리

싱싱회를 4±1℃ 냉장고에서 해동시킨 후 보관 온도 및 저장 일수에 따른 식감, 이취, 신선도, 외관의 변화에 대한 관능평가를 실시하였으며, 간장을 동반식품으로 하였다. 기호도 검사는 식품관련 연구원 및 일반인 20명을 대상으로 색(color), 맛(taste), 냄새(flavor), 조직감(texture)에 대해 5점 평점법(5점: 아주 좋다, 3점: 보통, 1점: 아주 나쁘다)을 사용하여 설문지 방식으로 실시하였다. 관능검사의 통계처리는 SPSS program(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 One-way ANOVA-test를 실시하여 Duncan's multiple range test(7)로 평균간의 유의성을 검정하였다.

물성측정

싱싱회를 가로로 폭이 0.5 mm 절편으로 만들어 호일에 찢 뒤 얼음위에 1시간정도 올려 둔 것으로 물성측정을 하였다. 싱싱회 절편은 Rheometer(COMPAC-100, Sun Scientific Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 경도(hardness), 강도(gel strength), 씹힘성(chewiness), 응집성(cohesiveness), 탄력성(elasticity)을 측정하였다. 측정조건은 plunger diameter 15 mm, load cell 2 kg, table speed 120 mm/min으로 하였고, 모든 측정은 5회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

Table 1. Condition for texture analysis by rheometer

Parameter	Mastication test
Test mode	Mode 21
Press/Traction	Press
Load cell	2 kg
Table speed	120 mm/min.
Deformation ratio	50%
Plunger type	Cylinder No. 25 φ 15 mm
Sample size	55 mm × 20 mm × 10 mm

결과 및 고찰

pH의 변화

거제 수협 수산물 종합가공공장에서 구입한 싱싱회를 보관 온도(4°C, -20°C, -80°C)와 저장 기간에 따른 pH변화를 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 저장 직전 pH는 4°C, -20°C, -80°C 각각 6.25였으며 저장 후 해동하여 pH의 변화를 살펴본 결과, 4°C에서는 3일째 이후 pH가 7.0이상으로 급격히 상승하였다. -20°C에 저장한 경우 6일째까지 pH의 변화가 거의 없었고 그 이후부터 다소 증가하는 경향을 보였으며 보관 12일째에 6.48로 최고치에 도달한 후 그 이후부터 일정한 상태를 유지했다. -80°C에서는 보관 6일째에 다소 증가하는 경향을 보였고 12일째 이후 pH 6.55로 급격히 증가하였으며 그 이후부터 일정한 상태를 유지했다. -20°C와 -80°C의 저장 온도에서 6일째 이후 pH의 변화는 0.6~0.7로 저장온도에서의 차이는 거의 없었다. Reddy 등(8)의 연구에 따르면 생선회를 장기간 보관 시 미생물의 번식과 효소류의 작용으로 단백질이 분해되면서 다양한 염기성기의 노출과 암모니아 생성 등에 의해 pH가 상승하고 완효효과가 높아진다고 한다. 따라서 냉장저장의 경우 저장시간이 경과 할수록 pH가 급격히 상승하였던 것으로 사료된다.

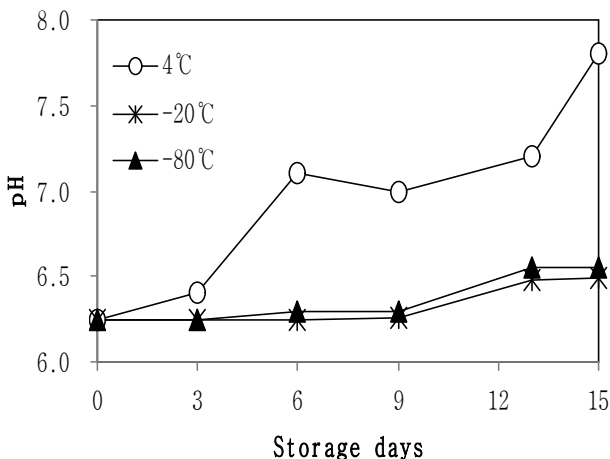


Fig. 1. Changes in pH of Sing Sing Hoe (fresh sliced raw fish) during storage at 4°C, -20°C and -80°C

총균수의 변화

4°C, -20°C, -80°C에 보관한 싱싱회의 저장일이 증가함에 따른 총균수의 변화를 조사한 결과는 Fig. 2와 같다. 대체적으로 냉동보관은 저장일수에 상관없이 $1 \times 10^4 \sim 10^5$ CFU/g이었고 전반적으로 -20°C에 비해 -80°C에서 총균수의 변화가 적은 편이었다. 하지만 냉장보관은 3일째 이후부터 1×10^6 CFU/g 이상 증가하여 냉장 수산물에 대한 식품공전 규격에 적합하지 못하였다(9).

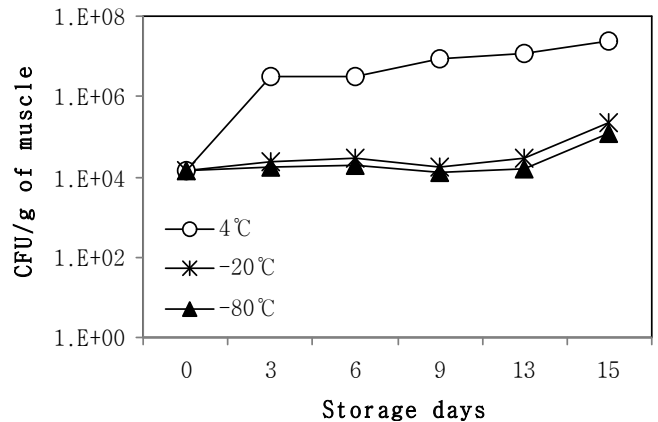


Fig. 2. Changes in the viable counts of Sing Sing Hoe (fresh sliced raw fish) during storage at 4°C, -20°C and -80°C

화학적 선도 지표의 변화

수산물의 품질은 신선도에 의하여 크게 좌우되므로 선도 분석은 어육의 품질평가 검사에 있어 중요한 항목 중의 하나이다. 어육의 신선도를 나타내는 여러 지표 중 하나인 화학적 선도지표로는 사후의 경과 시간에 따라 K-value (10-12), 휘발성 염기질소(13)의 함량이 유효하다고 보고되고 있다. 이 중 K-value는 어육의 정미성분으로 중요한 ATP 분해산물 함량의 상대적 비율을 나타내는 것으로 어패류의 선도를 판정하는 주요한 지표로서 보고되고 있다(14). 일반적으로 K-value는 살아있는 어육에서 10% 이하이고 횡감용 신선어는 10~20%, 일반어육은 20~50%, 가공원료는 35~60% 범위내에 있으며, K-value가 60%를 넘으면 1단계 부패 상태라고 한다(15). 본 실험에서 싱싱회의 보관온도 및 저장일수에 따른 K-value는 Hutech의 신선도 측정기를 이용하였으며, 그 결과는 Fig. 3와 같다. 싱싱회의 저장 직전의 K-value는 각각 3.45%였고 저장온도 4°C에서 6일째 22.3%였고 13일째 이후부터 약 40% 이상으로 저장 6일째부터 횡감용으로 사용할 수 없었다. 저장 -20°C에서 6일째 보관까지는 9.6% 이하로 아주 신선한 상태를 유지하였으며 저장 15일째까지 21% 이하로 횡감용으로 가능한 신선도를 나타내었고, -80°C에서도 15일째까지 20% 이하로 역시 횡감용으로의 사용에 무리가 없었다. 한편, VBN의 함량은 Fig. 4에서 보는 바와 같다. 본 실험에서 보관직전 VBN 함량은 각각 5.8 mg/100 g이었고, 4°C에서는 보관 6일째 이후부터 초기 부패가 진행되어 13일째 이후부터 부패치가 났으며 VBN 함량은 52.3 mg/100 g이었다. 냉동보관에서는 15일째까지 시간이 경과됨에 따라 점차 그 값이 증가하였고 -20°C에서는 8.2 mg/100 g 미만, -80°C에서는 7.9 mg/100 g 미만이었다. 일반적으로 VBN지표가 5~10 mg/100 g 이하이면 아주 신선하고 20 mg/100 g 이하에서는 신선하며 50 mg/100 g 이상이면 부패가 된 상태라고 보고 되어져 있다(16). 따라서 싱싱회는 냉동보관에서 보름이 지나도 신선한 상태를 유지하였다.

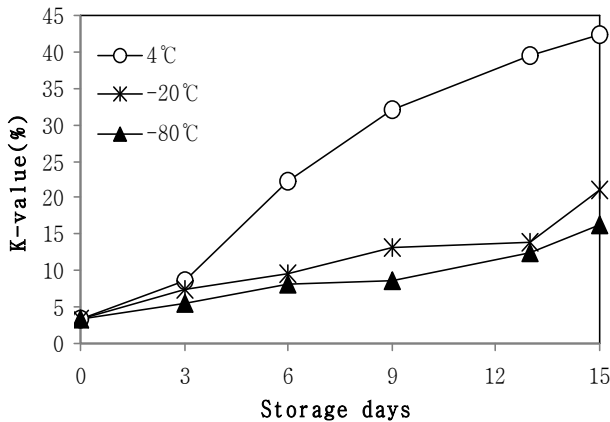


Fig. 3. Changes in K-value of Sing Sing Hoe (fresh sliced raw fish) during storage at 4°C, -20°C and -80°C

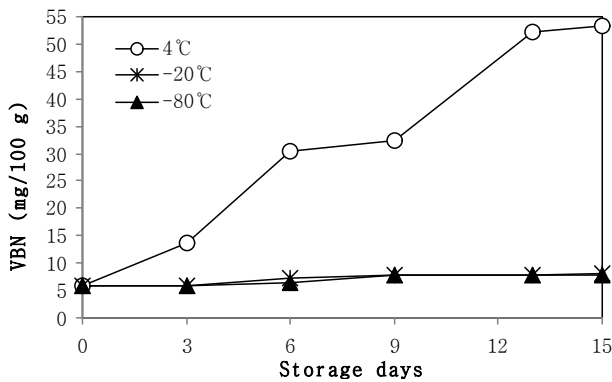


Fig. 4. Changes in VBN of Sing Sing Hoe (fresh sliced raw fish) during storage at 4°C, -20°C and -80°C

관능평가

싱싱회의 저장기간 및 저장온도를 달리하여 5점 평점법 (5점: 아주 좋다, 3점: 보통, 1점: 아주 나쁘다)으로 관능검사를 실시한 결과는 Table 2와 같다. 냄새, 외관, 맛 및 조직감에 있어 냉동보관에서 저장 6일째까지 평균 3.5 이상으로 선호도가 양호하였고, 종합적인 기호도면에서도 냉동저장은 6일째까지 기호도가 4.0 이상으로 비교적 양호하였던 반면, 냉장보관에서는 저장 3일째까지 종합적인 기호도가 양호하였다. Ioka 등(17)에 의하면 넙치는 저지방 백색어류로 담백한 풍미를 가지는 육질이기에 때문에 아주 미량의 체성분등의 변화에 의해 맛이 변하기 쉬운 것이라고 보고하였다. 또한 흰살 어육의 경우 어육의 조직감이 맛의 판단에 더 중요한 역할을 할 것으로 생각되어 Jang 등(18)과 같은 방법으로 물성측정 실험을 실시하였다.

물성측정

저장온도 및 보관일수 경과에 따른 싱싱회의 물성측정 결과는 Table 3과 같다. 경도(Hardness)는 저장직전 각각 1.0388 kg/cm²이었고 냉장보관 시 저장일수가 경과할수록

Table 2. Sensory scores of Sing Sing Hoe (fresh sliced raw fish) during storage in different temperature

	Storage temperature	Storage days					
		0	3	6	9	12	15
Color	4°C	4.6	3.1 ^{cde}	2.9 ^{de}	2.8 ^{de}	2.4 ^e	1.6 ^f
	-20°C	4.4 ^a	4.1 ^a	4.1 ^a	3.7 ^{abc}	3.1 ^{cde}	2.8 ^{de}
	-80°C	4.8	4.7	4.4 ^a	4.0 ^a	3.7 ^{abc}	3.3 ^{bcd}
Flavor	4°C	4.5	3.4 ^{bcd}	3.2 ^{cd}	2.5 ^{ef}	2.0 ^f	2.3 ^f
	-20°C	4.4	4.1	3.9 ^{abc}	3.3 ^{bcd}	3.0 ^{de}	3.0 ^{de}
	-80°C	4.7	4.2 ^a	4.3	4.0 ^{ab}	3.5 ^{abcd}	3.6 ^{abcd}
Taste	4°C	4.8 ^a	3.1 ^{def}	3.0 ^{ef}	2.8 ^f	1.9 ^g	1.4 ^g
	-20°C	4.7 ^a	4.3 ^{ab}	3.7 ^{def}	3.2 ^{def}	2.7 ^f	2.8 ^f
	-80°C	4.9 ^a	4.3 ^{ab}	4.2 ^{cd}	3.9 ^{bc}	3.6 ^{cd}	3.5 ^{cde}
Texture	4°C	4.8	3.1	2.8	2.5	2.0	1.7
	-20°C	4.5	3.9	3.5 ^{ab}	2.9 ^{bcd}	2.5 ^{de}	3.0 ^{bcd}
	-80°C	4.5	4.4	3.7 ^a	4.0	3.7 ^a	3.3 ^{abc}
Overall acceptability	4°C	4.5	3.2 ^{bcd}	2.7 ^e	2.5 ^e	2.6 ^e	1.5 ^f
	-20°C	4.7	4.5	4.0 ^a	3.8 ^{ab}	3.2 ^{bcd}	2.8 ^{de}
	-80°C	4.7	4.7	4.2	3.7 ^{ab}	3.4 ^{bc}	2.9 ^{cde}

점차적으로 감소하였다. 강도(gel strength), 씹힘성(chewiness), 응집성(cohesiveness)은 4°C 저장에서 일수가 경과함에 따라 점차적으로 감소하였으나 -20°C, -80°C에서는 저장 6일째까지 저장직전과 차이가 적었고 그 이후 점차적으로 감소하였다. 탄력성(Elasticity)은 냉장저장 시 보관일수가 경과함에 따라 감소하였으나 냉동보관 시 보름이 경과하여도 저장직전과 그 변화의 차이가 적었다. 어육의 냉장저장에서 급격한 연화 현상은 근세포주변의 결체조직 및 근격막과 근세포의 접속부에 존재하는 V형 콜라겐의 미세 세포가 붕괴되어 결체 조직이 약화되고 최종적으로 어육의 연화가 생긴다고 보고되어져 있다(19).

이상의 결과로부터, 싱싱회 유통 시 저장온도와 경과시간에 따른 신선도, 맛, 풍미 및 조직감 등에 있어서 냉장보관과 냉동보관의 어육에서 큰 차이가 있음을 알 수 있었다. 냉장상태 (4°C)에서 3일 경과 후 신선도, 조직감은 급격히 감소한 반면, 냉동보관 (-20°C, -80°C)에서는 신선도, 조직감, 관능검사 모두 보관 6일째까지 율감으로서의 식용이 양호하여 앞으로 싱싱회를 냉동상태로 유통하여 저장하면 그 보급의 활성화를 높이고 소비자들에게 보다 안전한 먹거리를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

Table 3. Textural properties of Sing Sing Hoe (fresh sliced raw fish) during storage in different temperature

	Temperature (°C)	Storage days					
		0	3	6	9	12	15
Hardness (kg/cm ²)	4°C	1.04	0.76	0.61	0.44	0.21	0.21
	-20°C	1.04	1.10	1.06	1.10	0.78	0.57
	-80°C	1.04	1.31	1.02	0.85	0.80	0.57
Gel strength (kg/cm ²)	4°C	0.49	0.43	0.33	0.17	0.14	0.03
	-20°C	0.49	0.54	0.54	0.38	0.38	0.28
	-80°C	0.49	0.62	0.50	0.49	0.38	0.30
Chewiness (g)	4°C	316.79	278.61	205.11	164.36	87.15	82.83
	-20°C	316.79	328.80	305.01	264.07	237.48	199.05
	-80°C	316.79	312.71	261.02	248.78	242.74	211.32
Cohesiveness (%)	4°C	38.19	33.43	26.12	24.61	11.12	10.12
	-20°C	38.19	39.77	36.30	34.73	31.91	30.70
	-80°C	38.19	39.77	38.46	38.67	28.36	28.97
Elasticity (%)	4°C	61.23	45.31	34.52	22.31	11.32	8.55
	-20°C	61.23	75.20	74.73	68.40	61.51	58.49
	-80°C	61.23	73.24	67.40	62.69	61.51	60.92

요 약

본 연구는 상싱회를 4°C, -20°C, -80°C에서 15일 동안 보관하면서 3일 간격으로 pH, 총균수, 화학적 선도, 조직감, 관능평가를 살펴보고자 하였다. pH는 저장 직전 각각 6.25이었으며 냉장저장 시 시간이 경과할수록 점차 증가하였다. 냉동보관에서는 6일째까지 pH의 변화가 거의 없었고 저장 12일째에는 -20°C에서 6.48, -80°C에서 6.55로 다소 증가하였다. 총균수는 냉장저장은 3일째 이후부터 1×10^6 CFU/g 이상 증가하였고, 냉동저장은 경과시간, 저장온도에 상관없이 평균 $1 \times 10^4 \sim 10^5$ CFU/g이었다. 휘발성염기질소의 함량은 보관직전 5.8 mg/100 g이었고, 냉장저장에서는 보관 6일째 이후부터 초기 부패가 진행되었으며 13일째 이후 52.3 mg/100 g이었다. 냉동저장은 15일 경과 후 -20°C에서 8.2 mg/100 g 미만, -80°C에서 7.9 mg/100 g 미만이었다. K-value는 냉장저장에서 6일째 22.3%였고 13일째 이후부터 약 40% 이상이었으며, 냉동저장 -20°C에서 6일 경과 후 9.6% 이하, 15일째까지 21% 이하였고, -80°C에서는 9일째까지 8.5% 이하, 15일째 20% 이하로 K-value가 살아있는 어육에서 10% 이하인 것을 고려하면 두 저장온도 모두 저장 6일까지는 활어회에 준하는 신선도가 측정되었다. 관능검사는 냉장저장은 3일째까지, 냉동보관은 6일째까지 선호도가 비교적 양호하였다. 강도, 경도, 탄력성, 응집성, 씹힘성의 조직감을 검사한 결과, 냉장저장은 시간이 경과함에 따라 점차적으로 감소하였고 냉동보관은 경도, 강도,

씹힘성, 응집성은 저장 6일째까지 저장직전과 차이가 적었고 그 이후 점차적으로 감소하였다. 냉동보관 시 탄력성은 보름이 경과하여도 저장직전과 그 변화의 차이가 적었다. 이상의 실험결과, 냉동보관(-20°C, -80°C)에서 보관 6일째까지 상싱회로 식용이 양호하였다.

감사의 글

본 연구는 국립수산물학원(수산식품의 유통 및 저장기술, RP-2009-00-000)의 지원에 의해 운영되었습니다.

참고문헌

1. 어업생산통계시스템. <http://fs.fips.go.kr/main.jsp>
2. 이남수 (2006) 양식 넙치의 유통 및 소비구조에 관한 연구. 수산경영론집, 37, p 61-83
3. 조영제, (2008) 생선회 산업과 식문화. 부경대학교 출판부, p. 15-16
4. Park, W.H., Yi, S.H. and Chung, D.H. (2004) SSOP program development for HACCP application in fresh raw fish manufacturing. J. Food Hyg. Safety, 19, 84-86
5. 한국생선협회. <http://www.whe100.org>
6. Japanese Ministry of Hygiene. (1973) Food Sanitation Indices I. Volatile Basic Nitrogens, Japan, p.30-32
7. Duncan, D.B. (1995) Multiple-range and multiple F tests. Biometrics, 11, 1-42
8. Reddy, N.R., Schreiber, C.L., Buzard, K.S., Skinner, G.E. and Armstrong, D.J. (1994) Shelf life of fresh tilapia fillets packaged in high barrier film with modified atmospheres. J. Food Sci., 59, 260-264
9. 식품공전. (2008) 식품의약품안전청. 문영사, pp. 258-269
10. Ng, C.S., Chin, Y.N., Lim, P.Y., Tan, C.E., Yeap, S.E., Nikkuni, S. and Bito, M. (1983) Changes in quality of white pomfret, Chinese pomfret and grouper during ice-storage. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish, 49, 769-775
11. Udagawa, M., Ishikawa, S., Nakamura, K., Kariyama, M. and Kudo, S. (1989) The change in K value during processing and storage of fish and fish products. Bull. Tokai Regional Fisheries Res. Lab., 127, 89-92
12. Kim, J.P., Kim, J.B. and Park, I.W. (1988) K-value and nucleotide-degrading enzymes in fish muscles. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 17, 33-41
13. Queiroz, M.I., Treptow, R.O. and Queiroz, E.G. (1993) Sensory scale for evaluation of freshness of fish stored

- in ice. *Bolero do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos*, 11, 91-102
14. Lee, E.H., Koo, J.K., Ahn, C.B., Cha, Y.J. and Oh, K.S. (1984) A rapid method for determination of ATP and its related compounds in dried fish and shellfish products using HPLC. *Bull. Korean Fish Soc.*, 17, 368-372
15. Usui, K. (1979) Changes of ATP derivatives in quail meat during storage. *Bull. Fac. Agric.*, 45, 53-56
16. Malle, P. and Poumeyrol, M. (1989) A new chemical criterion for the quality control of fish. Trimethylamine/total volatile basic nitrogen. *J. Food Protect.* 52, 419-423
17. Ioka, H., Yamanaka, H. (1997) Quality evaluation of the muscle of cultured plaice fed with there different diets. *Nippon Suisan Gakk*, 63, 370-377
18. Jang, M.S., Kang, Y.J., Kim, K.W., Kim, K.D., Lee, H.Y. and Heo, S.B. (2009) Quality characteristics of cultured olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed with extruded pellets; I. Comparison of fatty acid and amino acid contents. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 41, 42-49
19. Lee, K.H. and Lee, Y.S. (2001) Observation of muscle structure and DSC measurement of collagen of the cultured and wild red sea bream and flounder. *Korean J. Soc. Food Cook. Sci.*, 17, 549-554

(접수 2009년 8월 27일, 채택 2009년 11월 13일)