

RSM을 이용한 비규격 제주산 양식 넙치(*Paralichthys olivaceus*)로부터 연제품의 가공 조건 최적화

신준호 · 박권현 · 이지선 · 김형준¹ · 이동호¹ · 허민수² · 전유진³ · 김진수*

경상대학교 해양식품공학과/해양산업연구소, ¹식품의약품안전청 식생활안전과,

²경상대학교 식품영양학과/해양산업연구소, ³제주대학교 해양의생명과학부

Optimization of Processing of Surimi Gel from Unmarketable Cultured Bastard Halibut *Paralichthys olivaceus* using RSM

Jun Ho Shin, Kwon Hyun Park, Ji Sun Lee, Hyung Jun Kim¹,
Dong Ho Lee¹, Min Soo Heu², You-Jin Jeon³ and Jin-Soo Kim*

Department of Seafood Science and Technology/Institute of Marine Industry,
Gyeongsang National University, Tongyeong 650-160, Korea

¹Children's Dietary Life Safety Division, Korea Food & Drug Administration, Seoul 122-704, Korea

²Department of Food Science and Nutrition/Industry of Marine Industry,
Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

³Department of Marine Life Science, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea

This study was conducted to optimize the processing of high quality surimi gel from unmarketable cultured bastard halibut *Paralichthys olivaceus*. According to endogenous enzyme activity and processing optimization, high quality surimi gel from unmarketable cultured bastard halibut was prepared by mixing 3.0% (w/w) salt, 2.4% (w/w) starch, 5.0% (w/w) egg white and 4.8% (w/w) ice water in a Stephan mixer, set at 5°C for 24 h, followed by boiling for 30 min, and finally cooling for 30 min. The strength of the surimi gel from unmarketable cultured bastard halibut prepared by the above processing method was 1,257 g×cm, which was 33% higher than that of a commercial surimi gel from Alaska pollock, grade SA.

Key words: Surimi, Surimi gel, Bastard halibut surimi, Bastard halibut

서 론

넙치는 육조각감이 우수할 뿐만이 아니라 풍미가 좋아 우리나라를 포함하여 생선회 식용 국가의 소비자들이 아주 선호하고 있는 횡감 중의 하나이다(Jang et al., 2009). 하지만 넙치는 횡감으로서 우리나라에서 가장 많이 이용되고 있는 어종이지만 자연산의 어획 부족으로 인하여 대부분을 양식산에 의존하며, 현재에는 우리나라 양식산 어류의 절반 이상을 차지하고 있다(You, 2003). 한편, 제주특별자치도는 국내 양식 넙치의 약 60% 이상을 생산하여 밀감 산업 다음으로 주요한 산업으로 자리잡고 있다. 그러나, 제주특별자치도의 양식 어가는 양식산 넙치의 생산량 증가와 일시에 대량 출하에 따른 가격하락, 그리고, 중국으로부터 저가 넙치의 수입 급증 등으로 경영 악화가 심각한 수준에 이르러 어려움에 처하여 있다(Cha et al., 2009).

한편, 수산연제품은 어육에 2-3%의 식염을 가하고 고기갈이를 한 다음 어육 중의 염용성 단백질인 actomyosin을 용출시키고, 이를 가열하여 actomyosin이 그물 모양의 영긴 상태가 되

도록 한 후 탄력있는 gel로 만든 제품으로 새우, 게, lobster의 맛살, 어육소시지 및 어묵 등과 같은 제품이 여기에 해당한다(Kim et al., 2007). 이러한 수산연제품은 근년 신세대를 위시한 소비자들의 비린내, 잔가시를 싫어 하는 등의 서구풍 식품의 선호현상에 힘입어 그 수요는 해마다 급격히 급증하고 있다(KOSIS, 2010). 하지만, 어육연제품 및 이의 중간 소재인 수리미의 원료수급은 세계 각국의 어업자원 보호 정책과 유럽을 위시한 서구에서 어류의 건강 기능성을 인지한 이래 어류 스테이크의 선호현상, 중국에서 수리미의 소비 증가 등으로 인하여 어려워지고 있다(Park et al., 1995).

이러한 제주특별자치도 넙치 양식어가의 어려움과 수산연제품 업계의 원료 난을 동시에 해결할 수 있는 가장 효율적인 방안 중의 하나가 과잉 생산되고 있는 양식산 넙치 중 먹이 경쟁에서 뒤쳐져 있는 500 g 이하의 저상품성 비규격 양식산 넙치의 가공소재로의 이용에 의한 자발적 물량 조절이라 할 수 있다.

현재 수리미 소재 미이용 어종으로부터 수리미 및 연제품 소재로 이용하기 위한 연구로는 Lee et al. (1985)과 Park et al. (1985a,b)의 정어리와 고등어를 이용한 수리미 및 수산연제품의 제조에 관한 연구, Kim (1978)의 멍장어를 이용한 연제품의 제

*Corresponding author: jinsukim@gnu.ac.kr

조에 관한 연구, Park et al. (1968)의 상어를 이용한 연제품의 제조에 관한 연구, Kim et al. (1996)의 민물어류인 catfish로부터 수리미 제조에 관한 연구 등이 있고, 비규격 양식산 넙치의 유효 이용에 관한 연구로는 Cha et al. (2009)의 비규격 양식산 넙치를 활용한 연제품의 제조에 관한 연구가 있다. 하지만, 이들 연구 중 저상품성 양식 넙치를 이용한 연제품의 제조 및 조직 특성에 관한 연구는 고품질 수리미 제조를 위한 가장 중요한 공정 중의 하나인 정제 공정을 생략하여 제조하였고, 또한, 고품질 연제품의 제조를 위한 필수 공정인 setting 공정을 생략함으로써 최종 제품이 중급 또는 하급의 수리미 생산 및 연제품으로 저평가 (Park et al., 1995)되어 넙치를 이용한 수리미 및 연제품의 제조 공정 및 품질평가에 대하여 전반적으로 재검토가 요망된다. 그리고, 위에서 언급된 수리미 소재로서 다양한 어류에 대하여 검토를 시도한 연구들은 적색육 어류, 지질함량이 많은 먹장어와 수리미 제조시에 이물질에 해당하는 근기질 단백질의 함유량이 높은 상어 및 민물어류인 catfish를 이용함으로써 인하여 연제품의 소재로서 가공적성이 낮아 일부 증량제로는 사용이 가능하나 고품질용 소재로 이용하기에는 한계가 있다.

이러한 일면에서 저상품성 비규격 양식산 넙치를 고급 수리미의 주원료로 사용하기 위하여는 우선적으로 원료의 특성, 부원료 및 가공공정의 최적화가 반드시 검토되어야 한다.

본 연구에서는 제주산 양식 넙치의 가격 안정화와 이를 이용한 제주특별자치도의 새로운 수산 자원의 자리 매김을 위한 일련의 연구로 비규격 제주산 양식 넙치를 이용한 고품질의 연제품의 제조조건(효소 저해제 첨가 유무, 전분 및 난백의 첨가 조건, setting 조건 및 가열조건 등)에 대하여 검토하였다.

재료 및 방법

재 료

비규격 제주산 양식 넙치(*Paralichthys olivaceus*)는 제주특별자치도 제주시 소재 재정수산에서 전갱이와 고등어의 혼합 생사료로 해상 가두리 양식한 체중과 체장이 각각 400-500 g 범위 및 33-37 cm 범위의 것을 2009년 9-10월에 구입하여 사용하였다. 이때 비규격 제주산 양식 넙치는 선박에 실린 활어차에 넙치를 넣고 부산광역시 남구 소재 축양장까지 운반한 다음 2-3일간 순치시켜 실험실로 운반하였으며, 이를 즉살시켜 수리미 제조 원료로 사용하였다.

연제품 제조에 사용한 부원료 중 난백은 (주) S&C 인터내셔널에서 제조한 것을, 그리고, 변성전분은 삼신케미칼에서 제조한 것을 2009년 2월에 충청남도 당진군 소재 한성기업으로부터 분양받아 사용하였고, 식염은 주 삼호산업에서 제조한 것을 2009년 3월에 경상남도 통영시 소재 마트에서 구입하여 사용하였다.

효소 활성용 측정 기질 중 endoprotease 기질인 casein(pH 6.0)과 exopeptidase 기질인 LeuPNA(L-Leucine-p-nitroanilide)는 Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA) 제품을 구입하여

사용하였고, 기타 시약은 분석급으로 구입하여 사용하였다.

조효소의 추출 및 단백질 농도

분해활성을 측정하기 위한 조효소는 넙치 근육에 대하여 약 2배량(w/v)의 탈이온수와 지질성분의 제거를 위하여 0.2배량(w/v)의 사염화탄소를 가하여 균질화한 다음 균질액을 상온($20 \pm 2^\circ\text{C}$)에서 3시간동안 교반하고, 원심분리($10,000 \times g$, 20 min)하여 조제하였다.

이 때, 효소 활성을 계산하기 위한 단백질 농도는 Lowry et al. (1951)의 비색법에 따라 bovine serum albumin을 표준단백질로 하여 구한 검량선으로 측정하였다.

조효소의 상대활성

천연기질에 대한 활성은 2% casein(pH 6)을 사용하여 Anson(1938)의 방법을 다소 수정하여 측정하였다. 즉, 일정량의 효소액(육, 200 μL)에 0.5 mL의 기질용액과 1.5 mL의 0.1 M phosphate buffer(pH 6.0)를 가하여 혼합한 반응혼액을 40-65 $^\circ\text{C}$ 범위에서 1시간 동안 반응시키되 온도는 5 $^\circ\text{C}$ 간격으로 실시하였다. 이어서 반응정지를 위하여 2 mL의 5% trichloroacetic acid(TCA) 용액을 가하고, 30분간 정치시킨 후, 원심분리($3,000 \times g$, 20분)하여 얻어진 상층액에 대하여 흡광도(280 nm)를 측정하였다.

합성기질에 대한 활성은 10 mM L-leucine-p-nitroanilide (LeuPNA)를 사용하여 Erlanger et al. (1961, 1966)의 방법을 다소 수정하여 측정하였다. 즉, 일정량의 각 효소액(육, 100 μL)에 150 μL 의 각 10 mM 기질용액(반응혼액 중, 최종 농도 0.5 mM)과 2.8 mL의 0.1 M sodium phosphate buffer(pH 7.0)를 가하여 혼합한 반응혼액을 40-65 $^\circ\text{C}$ 범위에서 1시간 동안 반응시키되 온도는 5 $^\circ\text{C}$ 간격으로 실시하였다. 이어서, 반응정지를 위하여 300 μL 의 33% acetic acid 용액을 가하고, 30분간 정치시킨 후, 원심분리($3,000 \times g$, 20분)하여 얻어진 상층액에 대하여 흡광도(410 nm)를 측정하였다.

효소의 분해활성(U/mg)은 효소단백질 1 mg이 1시간동안 변화시키는 흡광도 0.1을 1 U/mg으로 하였으며, 기질에 따른 효소의 온도에 의한 영향을 살펴보기 위한 상대활성은 최대 활성에 대한 백분율로 나타내었다.

넙치 수리미(surimi) 및 연제품의 제조

넙치 수리미는 넙치로부터 두부 및 내장을 제거하고, 필레(fillet)처리 및 탈피한 후 쇼퍼(M-12S, 한국후지공업, 한국)로 마쇄, 수세 및 체거르기하여 제조하였다. 넙치 연제품은 Stephan mixer(774027-01, UMC 5 Electronic Co. LTD, Germany)에 넙치 수리미에 대하여 3%(w/w)에 해당하는 식염만을 첨가(단, 전분 및 난백의 첨가조건 구명을 위한 실험의 경우 이들 이외에 일정량의 전분(2.2-7.8%) 및 난백(1.2-6.8%)과 전분에 대하여 2배(v/w)에 해당하는 얼음물을 각각 첨가) 및 혼합하고, 진공포장기(SH-400B, 삼호사, Korea)를 이용하여 탈기한 후 충전기(50501, Shanghai Machinery Co. LTD, China)로 충전하였

Table 1. Code level of independent variables in experimental design

Independent variable	Symbol	Range levels				
		-1.414	-1	0	+1	+1.414
Starch (%)	X ₁	2.2	3.0	5.0	7.0	7.8
Egg white (%)	X ₂	1.2	2.0	4.0	6.0	6.8

며, 이어서 자연응고(자연응고 유무 및 조건 설정을 위한 실험의 경우 충전물을 제조 직후 즉시, 5℃에서 24시간, 25℃에서 3시간, 40℃에서 1시간 및 60℃에서 30분과 같은 5조건에서 자연응고를, 기타 넙치 연제품의 특성을 살펴보고자 하는 실험의 경우 충전물을 5℃에서 24시간동안 자연응고를 실시)시킨 다음, 열탕(가열방법의 설정을 위한 실험의 경우 열탕과 가열과 같은 2조건에서 실시하였고, 열탕시간의 설정을 위한 실험의 경우 15분, 30분 및 45분과 같은 3조건에서, 기타 넙치 연제품의 특성을 살펴보고자 하는 실험의 경우 95℃, 30분에서 실시), 냉각(얼음물에서 15분) 및 저온(5℃, 24시간)처리하여 연제품을 제조한 후 시료로 사용하였다.

전분과 난백의 최적 첨가조건의 설정

어육연제품은 제조 시에 투입되는 전분, 난백, 염 및 물 등의 여러 변수에 의해 탄력과 수율이 좌우될 수 있다. 본 실험에서는 어육연제품의 제조 특성 모니터링과 조건의 최적화를 위하여 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)을 사용하였다. 중심합성계획(central composite design)에 의한 독립변수(X_i)는 어육연제품의 제조공정에서 중요한 변수 즉, 전분 첨가량(2.2-7.8%)과 난백 첨가량(1.2-6.8%)을 5단계로 부호화하여 중심합성계획에 따라 11구의 시료구, 즉 factorial design(4구), star points(4구) 및 central points(3구)를 무작위적으로 설정하여 실험을 진행하였다(Table 1). 이 때 2개의 독립변수의 범위와 center point value들은 예비 실험의 결과를 토대로 선정하였다. 또한 이들 독립변수에 의해 영향을 받는 종속변수(Y_n)는 어육연제품의 품질에 가장 크게 영향을 미치는 겔강도(Y₁)와 단가에 영향을 미치는 수율(Y₂)로 하였으며, 이들은 3회 반복 측정하여 그 평균값을 회귀 분석에 사용하였다. 회귀분석에 의한 정준형식 확인은 statistical analysis system(SAS) program을 이용하였고, 최적점의 예측 및 확인은 MINITAB program을 이용하였으며, 독립변수와 종속변수 간에 관계는 Maple software를 이용하였다.

겔강도

겔강도는 Okada(1964)의 방법을 약간 변형하여 측정하였고, 시료는 원형 어육을 일정한 크기(2.5×2.5 cm)로 절단하여 사용하였다. 즉, 겔강도는 Sun rheometer(CR-100D, Sun Scientific Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 시료의 하중과 깊이를 각각 측정한다 다음, 하중×깊이(g×cm)로 나타내었다. 이 때, rheometer의 load는 1 kg으로 하였고, plunger의 속도는 20 mm/min으로 하

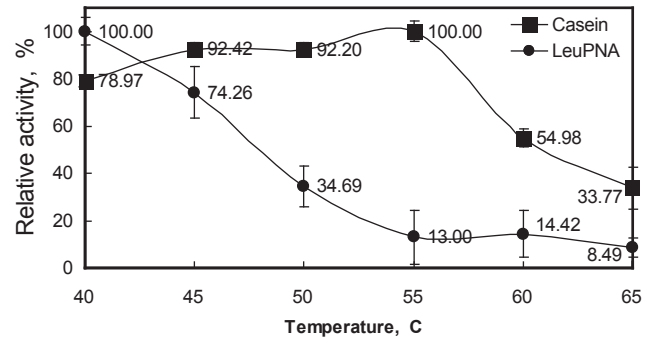


Fig. 1. Effect of temperature on the endo- and exo-protease activities of crude extracts from muscle of cultured bastard halibut *P. olivaceus* toward casein (pH 6.0) and LeuPNA (pH 7.0).

였으며, plunger는 직경 5 mm의 구형을 사용하였다.

결과 및 고찰

넙치 근육 유래 조효소의 활성에 대한 온도의 영향

온도(40-65℃)와 기질(casein(pH 6.0) 및 LeuPNA(pH 7.0))에 따른 비규격 제주산 양식 넙치 근육 유래 조효소의 상대활성은 Fig. 1과 같다. Casein(pH 6.0)을 기질로 하였을 때 온도 변화에 따른 양식 넙치 근육 유래 조효소의 분해활성은 0.42-0.53 U/mg 범위로 다소 낮았다(테이타 미제시). 그러나, casein(pH 6.0)을 기질로 하였을 때 넙치 근육 유래 조효소의 상대활성은 40℃에서 79%, 45℃와 50℃에서 모두 92%, 그리고, 55℃에서 100%로 최대치를 나타내었고, 60℃에서 55%, 그리고, 65℃에서도 약 34%정도를 나타내어 비교적 온도에 강한 것으로 나타났다. LeuPNA(pH 7.0)을 기질로 하였을 때 온도 변화에 따른 양식 넙치 근육 유래 조효소의 상대활성은 40℃에서 최대치(100%)를 나타내었고, 이때의 분해활성 12.66 U/mg이었다(테이타 미제시). 이후의 온도에서 활성이 급격히 감소하여 50℃에서 35%, 65℃에서 약 8%의 잔존활성을 보여 온도 안정성이 낮았다. 이상의 결과로 미루어 보아 온도 변화에 따른 넙치 근육 유래 조효소의 상대활성은 casein(pH 6.0)에 대한 활성으로 본 endoprotease의 경우 낮은 분해활성에 비해 온도 안정성이 인정되는 반면에 LeuPNA에 대한 활성으로 본 exopeptidase의 경우 다소 높은 분해활성에 비해 온도 안정성이 인정되지 않았다. 이와 같은 endoprotease와 exopeptidase 간의 온도 의존성의 차이는 근육에 분포하는 단백질 분해효소의 기질특이성에 따른 차이 때문이라고 판단되었다.

연제품 가공 중 겔 되풀림 현상은 가공원료의 내인성 단백질 분해효소에 기인하는 것으로 알려져 있으며, 55-60℃부근의 온도에서 일어난다(Park et al., 1995). 이는 본 실험결과에서도 나타났듯이 넙치 근육 중에 분포하는 효소가 해당온도(55-60℃)에서 분해활성을 보여 이 온도대에서 겔의 되풀림 현상이 다소 진행하리라 판단되었다.

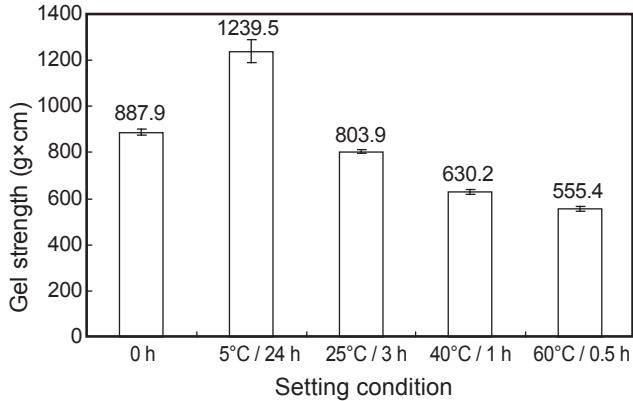


Fig. 2. Gel strength of surimi gel from cultured bastard halibut *P. olivaceus* as affected by setting conditions.

한편, 어육의 근원섬유 단백질은 대체로 근육단백질의 60-70%를 차지하며, 구조단백질로서 근육조직의 형성뿐만 아니라 육의 식품학적 물성인자로서 작용하므로 단백질 분해효소의 근원섬유 단백질에 대한 반응성은 어류의 선도와 품질에 관련이 깊다(Seki, 1977). 이와 관련된 연구 보고에 따르면, 멸치, 전어, 농어와 도다리로부터 추출한 근육 조효소의 근원섬유 단백질에 대한 분해활성은 반응시간(1-6시간)에 따라 myosin heavy chain(MHC)과 actin의 분해가 현저하게 나타나 근육 중에 분포하는 단백질 분해효소가 근육 단백질의 분해에 주된 원인이라고 하였으며, 혈합육 어류가 백색육 어류에 비해 강한 분해활성을 보인다고 하였다(Pyeun et al., 1996). 또한, 동물의 사후에 일어나는 자가소화와 관련한 보고에서 근육 중의 lysosomal protease인 cysteine protease는 근육 단백질의 구조 단백질인 MHC, α -actinin, actin, troponin-T 및 troponin-I 등을 분해한다고 하였다(Matsukura et al., 1981).

이상의 결과와 보고에서, 비규격 제주산 양식 넙치를 연제품 가공 원료로 이용하기 위하여는 자가소화 효소가 많이 분포하는 내장을 신속히 제거하여 근육 효소보다 단백질 분해능이 강한 내장효소의 혼입을 막고, 이어서 전처리(수세)과정으로 근육 중의 단백질 분해 효소를 최대한 제거하여야 할 것으로 판단되었다.

Setting 조건

수산연제품은 일반적으로 고기같이한 어육을 즉시 가열처리한 것보다는 transglutaminase의 활성 개선을 위하여 적정온도에서 적정시간 방치한 후 가열, 즉 setting 처리한 것이 탄력이 개선되므로 수산연제품 산업에서는 이 setting 처리 방법을 많이 권장하고 있다(Park et al., 1995). 넙치 수리미의 가공공정 개발의 일환으로 비규격 제주산 양식 넙치로부터 수리미를 제조한 다음 여러 가지 setting 조건(무 setting, 5°C에서 24시간 동안 처리, 25°C에서 3시간동안 처리, 40°C에서 1시간동안 처리 및 60°C에서 0.5시간동안 처리)에서 제조한 연제품의 겔강도를 살펴본 결과는 Fig. 2와 같다. Setting 무처리 연제품의 겔강도는 888 g×cm인데 반하여, setting 처리 연제품 중 5°C에서 24시간 동안

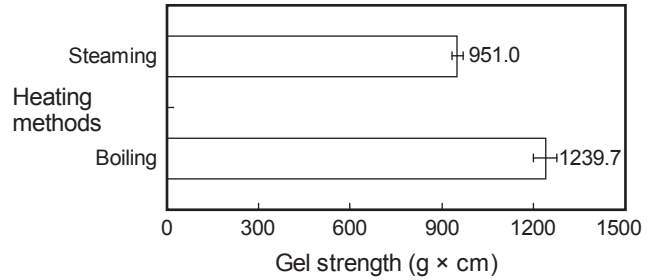


Fig. 3. Gel strength of surimi gel from cultured bastard halibut *P. olivaceus* as affected by heating methods (boiling and steaming).

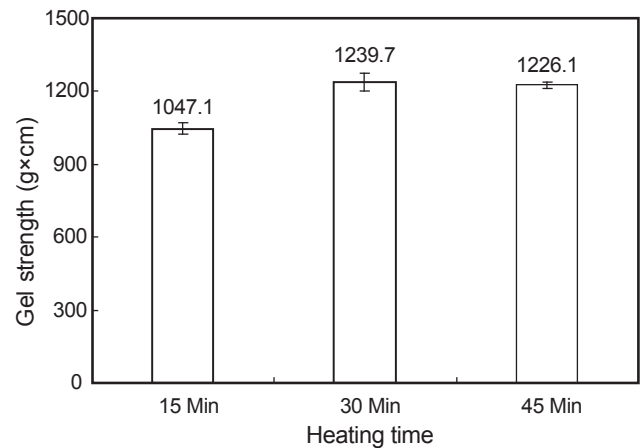


Fig. 4. Gel strength of surimi gel from cultured bastard halibut *P. olivaceus* as affected by boiling time.

안 처리한 연제품의 경우 1,240 g×cm로 40%가 증가하여 개선된 반면, 25°C에서 3시간동안 처리한 연제품의 경우 804 g×cm로 9%가, 40°C에서 1시간동안 처리한 연제품의 경우 630 g×cm로 29%가, 60°C에서 0.5시간동안 처리한 연제품의 경우 555 g×cm로 37%가 낮아져 저하되었고, 저하 정도는 온도를 높게 처리할수록 뚜렷하였다. 이와 같이 넙치로부터 연제품의 제조를 위하여 25°C에서 3시간 이상 setting 처리하는 경우 일단 형성되었던 망상구조가 붕괴되는 되풀이 현상이 발생하였기 때문이라 판단되었다(Park et al., 1995). 한편, 시판 명태 SA등급 수리미 겔의 겔강도(945 g×cm)(Heu et al., 2010)에 비하여 setting 무처리 연제품의 겔강도는 5% 유의수준에서 차이가 없었으나, 5°C에서 24시간 동안 처리한 연제품의 겔강도는 32%가 높아 우수하였고, 25°C에서 3시간동안 처리한 연제품의 겔강도는 15%가 낮아 차이가 있었다.

이상의 결과로 미루어 보아 비규격 제주산 양식 넙치로부터 연제품을 제조하고자 하는 경우 어육을 고기같이 및 충전한 후 고온에서 단시간 setting 처리하기 보다는 5°C에서 24시간동안 setting 처리하는 것이 좋으리라 판단되었다.

가열조건(방법 및 시간)

일반적으로 연제품의 탄력은 가열조건에 따라 차이가 많고,

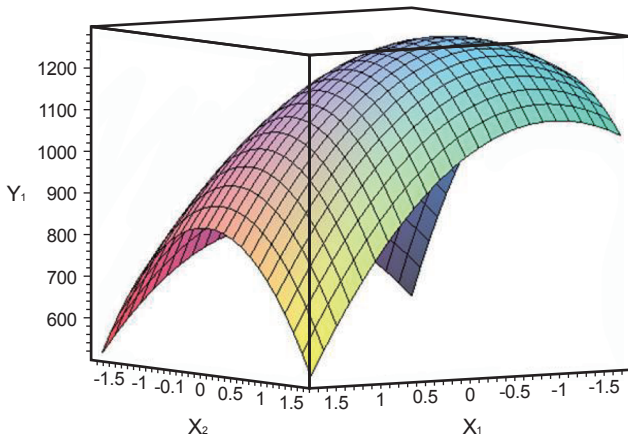


Fig. 5. Response surface plots for processing optimization of surimi gel from cultured bastard halibut *P. olivaceus* Y_1 (gel strength, $g \times cm$), X_1 (concentration of starch, %), X_2 (concentration of egg white, %).

일반적으로 가열온도가 높고, 가열속도가 빠를수록 탄력이 강하여지며, 저온에서 장시간 가열하는 경우 탄력이 약한 제품이 얻어진다고 알려져 있다(Park et al., 1995). 이러한 일면에서 넙치 연제품의 가공공정 개발을 위하여 비규격 제주산 양식 넙치로부터 수리미를 제조한 다음 열처리 방법(열탕 및 증자)을 달리하여 제조한 연제품의 겔강도를 살펴 본 결과는 Fig. 3과 같다. 탕자 처리하여 제조한 넙치 연제품의 겔강도는 $1,240 g \times cm$ 로 증자 처리하여 제조한 넙치 연제품의 겔강도인 $951 g \times cm$ 에 비하여 31%가 높아 우수하였다. 한편, Park et al.(1995)은 연제품의 제조를 위한 고기갈이 육의 경우 가열온도에 따라 탄력이 달라져, 녹색치는 $60-80^\circ C$ 에서, 보구치는 $45-50^\circ C$ 에서 매통이는 $45-55^\circ C$ 및 $85^\circ C$ 이상에서, 그리고 명태는 $45^\circ C$ 이상의 범위에서 가열하여야 탄력이 우수하고, 이들의 범위를 벗어나면 약해진다고 보고한 바 있다.

넙치 연제품의 열처리 조건을 구명할 목적으로 비규격 제주산 양식 넙치로부터 수리미를 제조한 다음 열탕 처리시간에 따른 연제품의 겔강도를 살펴 본 결과는 Fig. 4와 같다. 열탕처리 시간에 따른 겔강도는 30분처리 연제품이 $1,240 g \times cm$ 로 가장 높았고, 다음으로 45분처리 연제품($1,226 g \times cm$) 및 15분처리 연제품($1,047 g \times cm$) 등의 순이었으나 30분 처리 연제품 및 45분 처리 연제품 간에는 5% 유의수준에서 차이가 없었다.

이상의 결과로부터 비규격 제주산 양식 넙치로부터 연제품을 제조하고자 하는 경우 어육을 고기갈이 및 충전한 후 열탕으로 30분간 이상 처리하는 것이 좋으리라 판단되었다.

전분 및 난백의 첨가 조건

고품질 넙치 연제품의 제조를 위한 독립변수(난백농도 및 전분농도)의 최적 첨가량을 구명하기 위하여 중심합성계획에 따라 11구의 시료를 제조하여 종속변수인 겔강도를 측정한 결과는 Table 2와 같다. 이들 독립변수(난백농도와 전분농도)와 종속

Table 2. Central composite design and responses of dependent variables for surimi gel from cultured bastard halibut *P. olivaceus* to independent variables

Run no.	Coded levels of variable		Y Gel strength($g \times cm$)	Response Coefficients assessed by
	X_1 Starch (%)	X_2 Egg white (%)		
1	-1	-1	962.3	Fractional factorial design (4 points)
2	1	-1	910.6	
3	-1	1	1161.3	
4	1	1	963.5	
5	-1.414	0	1256.7	Star points (4 points)
6	1.414	0	936.6	
7	0	-1.414	940.3	
8	0	1.414	1132.2	
9	0	0	1218.6	Central points (3 points)
10	0	0	1220.2	
11	0	0	1219.9	

Table 3. Estimated coefficients of the fitted quadratic polynomial equation for different response based on t-statistic

	Coefficient	P-value
Intercept	1219.57	0.000
X_1	-87.77	0.006
X_2	65.41	0.018
X_1X_1	-78.21	0.018
X_2X_2	-108.41	0.005
X_1X_2	-36.53	0.229

Table 4. Response surface model for preparing surimi gel from cultured bastard halibut *P. olivaceus*

Quadratic polynomial model	R^2	P-value
$Y = 1219.57 - 87.77X_1 + 65.41X_2 - 78.21X_1^2 - 108.41X_2^2 - 36.53X_1X_2$	92.7	0.0072

Y (gel strength, $g \times cm$), X_1 (concentration of starch, %), X_2 (concentration of egg white, %).

변수인 겔강도와의 관계를 살펴볼 목적으로 MINITAB 통계 프로그램을 이용하여 RSREG(response surface analysis by least-squares regression)를 실시한 다음 겔강도에 대한 두 독립변수 상호 간의 관계를 Maple software로 각각 3차원 도식화한 결과는 Fig. 5와 같다. 연제품의 겔강도는 X_1 (전분농도)이 -1.414에서 -1.293 범위까지, X_2 (난백농도)가 -1.414에서 0.519 범위까지의 경우 독립변수가 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었으나, 이들의 범위 이상에서는 독립변수가 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다.

Table 2의 결과치를 이용하여 MINITAB program의 RSREG로 일차항(linear; X_1, X_2), 이차항(quadratic; X_1^2, X_2^2) 및 교차항(cross-product; X_1X_2)과 같은 여러 가지 2차 회귀방정식의 계수

Table 4. Response surface model for preparing surimi gel from cultured bastard halibut *P. olivaceus*

Quadratic polynomial model	R ²	P-value
$Y = 1219.57 - 87.77X_1 + 65.41X_2 - 78.21X_1^2 - 108.41X_2^2 - 36.53X_1X_2$	92.7	0.0072

Y (gel strength, g × cm), X₁ (concentration of starch, %), X₂ (concentration of egg white, %).

Table 5. Analysis of variance (ANOVA) for response of dependent variables

Sources	DF	SS	MS	F-value	P-value
Model	5	180841	36168.1	12.74	0.007
Linear	2	95863	47931.3	16.88	0.006
Quadratic	2	79642	39820.9	14.03	0.009
Cross-product	1	5336	5336.3	1.88	0.229
Residual	5	14194	2838.9		
Lack of fit	3	14193	4731.0	6540.52	0.000
Pure error	2	1	0.7		
Total	10	195035			

Table 6. Optimal conditions for preparation of surimi gel from cultured bastard halibut *P. olivaceus* and its predicted and experimental results

Dependent variables	Quadratic polynomial model	Critical value		Gel strength (g × cm)	
		Coded	Uncoded	Predicted value	Experimental value
Y (gel strength, g × cm)	X ₁	-1.293	2.4	1262	1257±28
	X ₂	0.520	5.0		

X₁ (concentration of starch, %), X₂ (concentration of egg white, %).

들과 이들의 유의성을 살펴 본 결과는 Table 3과 같고, 이들 계수를 이용하여 작성한 반응 모형 방정식은 Table 4와 같다. 일반적으로 MINITAB program의 RSREG로 작성한 2차 회귀방정식 즉, 반응 모형 방정식은 일차항, 이차항 및 교차항과 같은 다양한 항을 구성하고 있어 Table 4와 같이 복잡하나, 그 유의성을 검토하는 경우 유의성이 인정되지 않는 다수의 항이 존재하여 이를 제거하는 경우 간결하게 나타낼 수 있다(Kim, 2008). 따라서 MINITAB program의 RSREG로 분석한 겔강도의 반응 모형 방정식 중 일차항(linear; X₁, X₂), 이차항(quadratic; X₁², X₂²) 및 교차항(cross-product; X₁X₂)에 대한 유의성은 일차항인 X₁과 X₂는 P-value가 각각 0.006 및 0.018로 0.05보다 작아 5% 수준에서 유의성이 인정되었고, 이차항인 X₁²과 X₂² 또한 P-value가 각각 0.018 및 0.005로 0.05보다 작아서 5% 수준에서 유의성이 인정되었으며, 교차항인 X₁X₂는 P-value가 0.229로 0.05보다 커서 5% 수준에서 유의성이 인정되지 않았다. 이와 같은 결과로부터 Table 4에 나타낸 겔강도에 대한 여러 가지 회귀방정식의 항

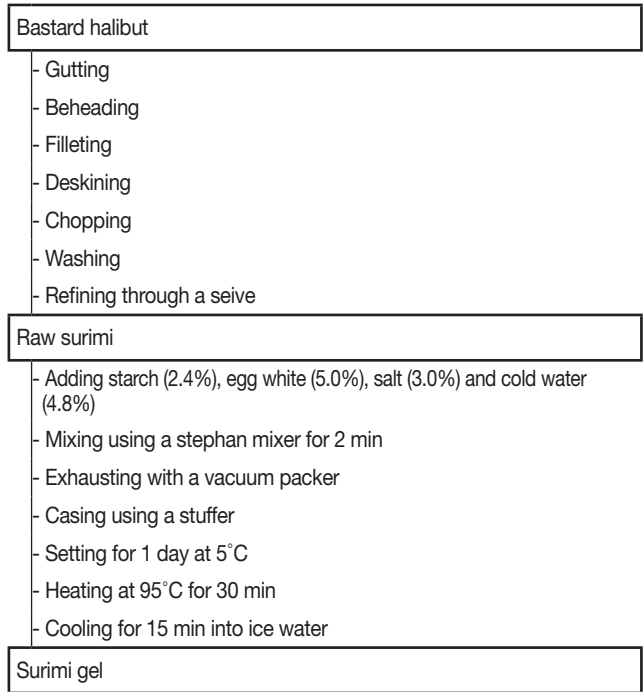


Fig. 6. Flow chart for preparing high quality surimi gel using a bastard halibut *P. olivaceus* cultured in Jeju Island.

들 중 유의성이 인정된 것만으로 재정리하여 나타내는 경우 다음과 같이 간결하게 표시할 수 있다.

$$Y(\text{겔강도, g} \times \text{cm}) = 1219.57 - 87.77X_1 + 65.41X_2 - 78.21X_1^2 - 108.41X_2^2$$

독립변수와 종속변수 간의 상관관계를 ANOVA 분석으로 살펴 본 결과는 Table 5와 같다. 겔 강도에 대한 반응 모형 방정식은 일차항과 이차항의 경우 P-value가 각각 0.006 및 0.009로 0.05보다 작아서 5% 수준에서 유의성이 인정되었으나, 교차항의 경우 P-value가 0.229로 0.05보다 커서 5% 수준에서 유의성이 인정되지 않았다.

겔강도에 대한 반응모형 방정식 모델의 적합성 여부를 나타내는 적합 결여 검증(lack of fit test)의 P-value는 0.000을 나타내어 0.05보다 낮아 설계된 모형이 완전하지 않는 것으로 나타났으나, 결정계수(R²)가 0.927로서 1에 가까우며 model 값이 0.007로 0.05보다 낮아 설계된 반응모형이 완전하진 않으나 적합한 것으로 나타났다.

한편, 위의 반응 모형 반응식을 정상점(stationary point)이 최대점(maximum point, 반응식의 계수 부호가 모두 음인 경우), 최소점(minimum point, 반응식의 계수 부호가 모두가 양인 경우), 안장점(saddle point, 반응식의 계수 부호가 양과 음이 혼재하는 경우) 및 정상능선(0이 하나이상 존재하는 경우)의 여부를 살펴보기 위하여 SAS program을 이용하여 정준형식(canonical form)으로 변환시켰을 경우 다음과 같은 형식을 얻을 수 있었다.

$$Y(\text{겔강도, g} \times \text{cm}) = 1261.91 - 139.23(W_1)^2 - 234.00(W_2)^2$$

이 정준형식에서 Y의 고유값(eigenvalues)들의 부호가 모두 동일하므로 위 간편 반응 모형 방정식에서 얻어진 정상점은 최대점을 나타내었다.

한편, 고품질 넙치 연제품의 제조를 위하여 겔강도($g \times cm$)가 최대로 할 수 있는 독립변수(난백농도 및 전분농도)의 최적 첨가농도 구명이 필요하다. 이러한 목적으로 Table 2의 결과를 MINITAB 통계 프로그램을 구동하여 얻은 겔강도에 대한 독립변수의 최적조건과 그리고 이들 조건에서 겔강도의 예측치와 실측치를 Table 6에 나타내었다. 겔강도에 대한 최적 전분농도와 최적 난백농도는 coded value로는 각각 -1.29 및 0.52이었고, 이를 uncoded value로 환산하는 경우 각각 2.4% 및 5.0%이었다. 이들 조건 즉 전분농도 2.4% 및 난백농도 5.0%에서 겔강도는 $1,262 g \times cm$ 로 예측되었다. 이들 전분농도와 난백농도를 적용하여 넙치 연제품을 제조한 결과 넙치 연제품의 겔강도의 실측치는 각각 $1,257 g \times cm$ 로 예측치의 99.6%에 해당하여 예측치와 실측치 간에 거의 차이가 없었다.

이상의 결과로 미루어 보아 제시된 반응표면 모델은 고품질 넙치 연제품의 제조를 위한 최적 모델이라 판단되었다.

비규격 제주산 양식 넙치로부터 고품질 연제품의 제조를 위한 최적공정

비규격 제주산 양식 넙치로부터 고품질 연제품의 제조를 위한 최적공정을 효소 저해제 첨가 유무, setting 조건, 가열조건(방법 및 시간) 및 전분 및 난백의 첨가 조건 등의 결과를 토대로 정리하여 나타내면 Fig. 6과 같다. 비규격 양식 넙치 수리미는 넙치로부터 두부 및 내장을 제거하고, 필레(fillet)처리 및 탈피한 후 초퍼로 마쇄, 수세 및 체거르기하여 제조하고, 이를 넙치 연제품의 중간소재로 사용한다. 이들 수리미를 이용한 고품질의 넙치 연제품은 stephan mixer에 넙치 수리미에 대하여 식염 3.0%(w/w), 전분 2.2%(w/w), 난백 4.0%(w/w) 및 얼음물 4.4%(w/w)를 각각 첨가하고, 연제품의 진공포장기를 이용하여 탈기한 후 충전기로 충전하며, 자연응고(5℃에서 24시간, 열탕(30분), 냉각(얼음물에서 15분)하여 제조한다.

사 사

본 연구는 농림수산식품부의 수산특정연구 개발사업(과제번호 F20835309H22000 0120)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

Anson ML. 1938. The estimation of pepsin, trypsin papain and cathepsin with hemoglobin. *J Physiol* 22, 79-89.
 Cha SH, Jo MR, Lee JS, Lee JH, Ko JY and Jeon YJ. 2009. Preparation and texture characterization of surimi gel using a unmarketable rearing olive flounder. *J Kor Fish*

Soc 42, 109-115.
 Erlanger BF, Edel F and Cooper AG. 1966. The action of chymotrypsin on two new chromogenic substrates. *Arch Biochem Biophys* 155, 206-210.
 Erlanger BF, Kokowsky N and Cohen W. 1961. The preparation and properties of two new chromogenic substrates of trypsin. *Arch Biochem Biophys* 95, 271-278.
 Heu MS, Shin JH, Park KH, Lee JS, Noe YN, Jeon YJ and Kim JS. 2010. Quality of surimi from unmarketable bastard halibut as affected by the region where cultured. *Kor J Fish Aquat Sci* 43, 598-605.
 Jang MS, Kang YJ, Kim KW, Kim KD, Lee HM and Heo SB. 2009. Quality characteristics of cultured olive flounder *Paralichthys olivaceus* fed with extruded pellet; 1. Comparison of fatty acid and amino acid contents. *Korean J Food Sci Technol* 41, 42-49.
 Kim HS. 2008. Fractionation of aminopeptidase from squid viscera and its utilization for debittering. Ph.D. Thesis, Gyeongsang National University, Jinju, Korea.
 Kim JM, Liu CH, Eun JB, Park JW, Oshimi R, Hayashi K, Ott B, Aramaki T, Sekine M, Horikita Y, Fujimoto K, Aikawa T, Welch L and Long R. 1996. Surimi from fillet frames of channel catfish. *J Food Sci* 61, 428-431, 438.
 Kim JS, Heu MS, Kim HS and Ha JH. 2007. *Fundamental and Application of Seafoods*. Hyoil Publishing Co., Seoul, Korea, 403-436.
 Kim SH. 1978. Processing of steamed fish jelly product from hagfish. *Bull Korean Fish Soc* 11, 197-203.
 KOSIS (Korean Statistical Information Service). 2010. <http://www.kosis.kr>
 Lee KH, You BJ, Suh JS, Jeong IH, Jung WJ, Lee BH and Kang JO. 1985. Processing of ready to cook food materials with dark fleshed fish. 2. Processing of ready-to cook low salt mackerel fillet. *Bull Korean Fish Soc* 18, 401-408.
 Lowry OH, Watanabe NJ, Farr AL and Randall RJ. 1951. Protein measurement with the Folin-phenol reagent. *J Biol Chem* 193, 265-269.
 Matsukura U, Okitani A, Nishimuro T and Kato H. 1981. Mode of degradation of myofibrillar protein by an endogenous protease, cathepsin L. *Biochem Biophys Acta* 662, 41-47.
 Okada M. 1964. Effect of washing on the gelly forming ability of fish meat. *Nippon Suisan Gakkaishi* 30, 255-261.
 Park DK, Lee SK and Lee JB. 1968. A study on the material of fish paste using shark meats. *Bull Korean Fish Soc* 1, 87-96.
 Park JW. 1994. Functional protein additives in surimi gels. *J Food Sci* 59, 525-527.

- Park YH, Kim DS, Chun SJ, Kang JH and Park JW. 1985a. Processing of fish meat paste products with dark-fleshed fishes. (1) Processing of meat paste product with sardine. Bull Korean Fish Soc 18, 339-351.
- Park YH, Kim DS, Chun SJ, Kang JH and Park JW. 1985b. Processing of fish meat paste products with dark-fleshed fishes. (2) Processing of meat paste product with mackerel. Bull Korean Fish Soc 18, 352-362.
- Park YH, Kim SB and Chang DS. 1995. Seafood Processing. Hyungsul Publishing Ltd., Paju, Korea 73-114, 791-838.
- Pyeun JH, Lee DS, Kim DS and Heu MS. 1996. Activity screening of the proteolytic enzymes responsible for post-mortem degradation of fish tissues. J. Kor Fish Soc 29, 296-308.
- Seki N. 1977. Myofibrillar protein of fish. In: Fish protein. Koseisa-Koseigaku, Tokyo, Japan, 7-20.
- Steel RGD and Torrie JH. 1980. Principle and Procedures of Statistics. 1st ed. McGraw-Hill Kogakusha. Tokyo, Japan, 187-221.
- You SG. 2003. Fundamental Aquaculture. Gudeck Publishing Co., Busan, Korea, 101-113.

2011년 5월 30일 접수

2011년 9월 6일 수정

2011년 10월 6일 수리