명태(*Theragra chalcogramma*) 두부와 비정형 다시마(*Laminaria japonica*) 로부터 고온가압 추출물의 최적 제조 조건

노윤이 · 박권현 · 이지선 · 김기현 · 김민지 · 김현정 · 김정균 · 김진수*

경상대학교 해양식품공학과/해양산업연구소

Optimization Processing Conditions of Water Soluble Fraction from Alaska Pollock *Theragra chalcogramma* Head and Non-forming Sea Tangle *Laminaria japonica* under High Temperature/High Pressure

Yuni Noh, Kwon Hyun Park, Ji Sun Lee, Ki Hyun Kim, Min Ji Kim, Hyeon Jeong Kim, Jeong
Gyun Kim and Jin-Soo Kim*

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

This study was conducted to optimize the processing conditions, including the ingredient ratio and extraction time, for a water-soluble fraction of Alaska pollock head and non-forming sea tangle by response surface methodology. Our results indicated that the optimal independent variables for obtaining extracts with a high yield and desirable sensory characteristics were 1.32 for X_1 (extraction time), 1.36 for X_2 (sea tangle concentration) and 0.93 for X_3 (water volume) in coded values, and 5.48 h for X_1 , 18.18% for X_2 and 6.86 times for X_3 in uncoded values. The predicted values of Y_1 (yield), Y_2 (TCA soluble-N) and Y_3 (overall acceptance) for extracts produced under these optimized conditions were 22.10%, 1.83 g/100 mL and 5.9, respectively, their experimental values were 21.4%, 1.7 g/100 mL and 5.7, respectively. No significant differences between the actual and predicted values were found.

Key words: Seafood by-product, Alaska pollock, Sea tangle, Extracts

서 론

명태는 예로부터 우리나라에서 생태 및 동태로 전처리되어 해장국으로 많이 이용되고 있고, 황태와 북어와 같은 건제품으로 가공되어 기타 관혼상제 등의 의식에 많이 이용되고 있을 뿐만 아니라 포를 떠서 부침개, 간편 식품 및 수리미(surimi) 소재 등으로 이용되고 있다(Kim et al., 2007). 이러한, 명태를 수리미와 같은 가공소재로 이용하기 위하여 전처리할 때에는 반드시 두부, 껍질, frame, 알, 내장 등과 같은 수산가공 부산물이 다량 발생하고 있다. 명태 가공 부산물 중 알, 내장, 껍질과 frame 등은 젓갈, 기능성 peptide 등의 소재로 이용되고 있으나, 두부(頭部)는 대부분이 단순 건조되어 유통되고 있거나 폐기되어 사료로 이용되고 있다. 그러나 명태 두부는 예로부터 어두육미(魚頭肉尾)라는 이야기가 전하여져 오듯이 대체로 근육, 껍질 및 뼈 등으로 이루어져 있으며, 명태 근육의 식품 성분과 유사하면서도 콜라겐과 무기질은 물론이고 엑스분도 풍부하여 우수한 천연풍미 소재 중의 하나이다.

다시마는 식품학적 특성에 의하여 조미 소스의 추출 소재로 다량 유통, 이용되고 있다. 이와 같이 다시마를 조미 소스 추출 소재로 이용하고자 하는 경우, 정형공정 과정에서 비정형의 부산물이 약 10% 가량 발생하게 되는데, 이것의 조미 엑스분의 특성은 정형 다시마와 전혀 차이가 없으나, 전부가 식품 소재로 이용되고 있어 이의 효율적 이용 방안의 제시가 필요하다.

한편, 수산가공 부산물인 어류 두부의 효율적 이용을 위한 연구로는 서구의 경우 어류 두부를 식품소재로 이용하지 않는 등의 식문화 차이로 시도된 바가 없다. 또한, 어류 두부를 이용하는 동남아시아에서는 이를 식품 소재로 활용하기 위하여 Choi et al. (1999a, 1999b)의 경우 어체 두부로부터 열수추출한 추출물의 식품성분 조성 and 건강 기능 특성에 대하여, Heu et al. (2008)의 경우 봉장어 두부를 위시킨 가공 부산물로부터 봉장어 탕의 제조 및 특성에 대하여, Xu (2008)의 경우 어류 두부로부터 soup의 제조 조건에 대하여 검토한 바가 있다. 그리고, 해조 가공 부산물이 아닌 해조 소재를 이용한 천연 조미료의 제조에 관한 연구로는 Kim (2009)의 해조 천연 조미료 개발을 위한 몇 가지 녹조류의 식품학적 특성과 base 제

*Corresponding author: jinsukim@gnu.ac.kr

조에 관한 연구, Bae and Kang (2000)의 다시마를 이용한 분말 조미료 소재 개발에 관한 연구 등과 같은 연구는 다수 있으나, 해조류 가공 부산물을 이용한 천연 조미료 제조와 같은 연구는 없다. 뿐만이 아니라, 이들 명태 두부와 비정형 다시마를 천연 풍미 소재로 이용하기 위하여 이들로부터 각각 추출, 분리하여 혼합하는 경우보다 이들을 혼합하여 동시에 추출 및 분리하는 것이 경제적인 면에서 훨씬 우수한 공정이라 판단되나 이에 대한 시도가 없다. 그리고, 명태 두부와 비정형 다시마와 같은 소재와 고온가압과 같은 공법을 활용한 천연 조미료의 제조에 관한 연구도 전무한 실정이다.

반응표면분석법(RSM, response surface methodology)은 여러 가지 인자를 동시에 고려하면서 가장 적은 수의 실험으로 최적조건을 구명하고자 시도하는 통계학적 기법으로 알려져지면서, 최근 여러 가지 가공 제품의 개발을 위한 생산 공정에서 인자들의 최적화 조건을 구명하기 위하여 다양하게 응용되고 있는 통계 프로그램 중의 하나이다(Cho et al., 2005; Gontard et al., 1992). 즉, 반응표면분석법은 여러 가지 요인의 독립 변수에 대하여 실험을 적절히 계획하여 종속변수의 값을 측정한 다음, 이들 데이터들을 분석하여 독립변수와 종속변수 간의 함수관계를 데이터로부터 추정하여 독립변수 값의 변화를 통하여 반응량이 어떻게 달라지는가를 예측하고, 반응량을 최적화할 수 있는 독립변수를 구명하고자 시도하는 통계기법이다. 이로 인하여 표면반응분석법은 우리나라에서도 식품개발(Lee et al., 1997)과 마이크로웨이브 추출공정의 최적화(Lee et al., 1999)와 같은 반응 특성 등의 연구에 다양하게 응용되고 있다. 따라서 수산가공 부산물로부터 유용 성분의 추출을 위한 최적 구명 등에 유효하게 사용할 수 있는 프로그램 중의 하나로 보아진다.

천연 풍미 소재 베이스의 추출을 위한 현재까지 대부분의 연구는 열수 추출에 집중되고 있다. 그러나, 실제 천연 풍미 소재 베이스의 대규모 추출을 시도하여야 하는 경우 수율과 경제성 등으로 미루어 추출공법은 고온가압으로 실시되어야 하고, 이를 효율성을 재고하는 경우 추출온도와 압력, 첨가수량 및 여러 가지 추출재의 배합 비율 등과 같은 영향 요인에 대한 검토가 있어야 한다. 하지만, 고온가압 공법을 도입한 천연 풍미 소재 베이스의 추출은 추출온도의 경우 수율을 고려하여 일반적인 적용 온도의 범위(118℃ 이하)에서 높게 하되, 압력은 안전성을 고려하여 0.7 kg/cm²으로 일정하게 고정하여 두고 실시한다. 이러한 일면에서 본 연구에서 명태 머리 및 비정형 다시마를 이용하여 고온가압 추출을 실시하고자 하는 경우 그 영향 요인으로 명태 대구, 비정형 다시마 및 첨가수량의 비율과 추출온도를 설정하는 경우 이들로부터 천연 풍미 소재의 베이스를 효율적으로 추출할 수 있으리라 보아진다.

본 연구에서는 수산가공 부산물인 명태 두부 및 비정형 다시마를 천연 풍미 소재의 베이스 물질과 같이 효율적으로 이용할 목적으로 통계 프로그램인 RSM을 이용하여 명태 두부, 비정형 다시마 및 첨가수량과 같은 최적 배합 조건과 이들의

엑스분 추출 조건에 대하여 살펴보았다.

재료 및 방법

재료

러시아산 명태(*Theragra chalcogramma*) 두부와 완도산 비정형 다시마는 2011년 1월에 경상남도 거제시 소재 거제수협 수산물종합가공공장에서부터 학교급식 소재로 가공할 때 부산물로 발생하는 것을 제공받아 사용하였다. 즉, 제공받은 명태 두부는 동결된 채로 그리고 비정형 다시마는 건조된 채로 비닐 백에 넣어 신속히 운반하여 실험에 사용하였다. 이어서 명태 두부는 저온실(5℃ 부근)에서 해동하고 두 쪽으로 쪼개어 냉풍건조(18℃, 4일)를 시킨 후, 그리고 비정형 다시마는 비닐 백에 넣은 다음 -25℃ 냉동고에 보관하여 두고 실험에 사용하였다.

이 때 원료로 사용한 냉동 및 냉풍 건조 명태 두부 각각의 일반성분 함량은 수분의 경우 각각 78.0% 및 11.6%이었고, 조단백질의 경우 각각 14.1% 및 69.5%이었으며, 조지방의 경우 각각 2.2% 및 6.7%이었고, 회분의 경우 각각 5.5% 및 9.5%이었다. 또한, 비정형 다시마의 일반성분 함량은 수분이 13.5%이었고, 조단백질이 7.9%이었으며, 조지방이 1.0%이었고, 회분이 32.3%이었다.

표면반응분석법(response surface methodology, RSM)

명태 두부와 비정형 다시마로부터 엑스분의 추출 특성 모니터링과 조건의 최적화를 위한 반응표면분석법은 Cho et al. (2005)이 언급한 방법에 따라 실시하였다. 중심합성계획(central composite design)에 의한 독립변수(Xi)는 명태 두부로부터 엑스분의 추출공정에서 중요한 변수 즉, 추출 시간(0.98-6.02 시간), 첨가 다시마량(0.09-20.09%) 및 첨가수량(1.64-8.36%)과 같은 3종의 항목으로 선정하였고, 이를 5단계로 부호화(Table 1)하여 중심합성계획에 따라 17구의 시료구를 무작위적으로 제조하여 실험을 진행하였다(Table 2). 이

Table 1. Experimental range and values of the independent variables in the central composite design for extracting a water-soluble fraction of Alaska pollock *Theragra chalcogramma* head and non-forming sea tangle *Laminaria japonica* in an autoclave

Independent variable	Symbol	Range levels				
		-1.68	-1	0	+1	+1.68
Extraction time (hr)	X ₁	0.98	2	3.5	5	6.02
Sea tangle concentration (%) ¹	X ₂	0.09	4	10	16	20.09
Water volume (times)	X ₃	1.64	3	5	7	8.36

¹ %: based on the weight of Alaska pollock head.

Table 2. Central composite design expressed as coded level and responses of dependent variables for extracting a water soluble fraction of Alaska pollock *Theragra chalcogramma* head and non-forming sea tangle *Laminaria japonica* to independent variables using an autoclave

Run No.	Factor			Response		
	X ₁ (Extraction time)	X ₂ (Sea tangle concentration)	X ₃ (Water volume)	Y ₁ (Yield, %)	Y ₂ (TCA soluble-N, g/100 mL)	Y ₃ (Overall acceptance, score)
1	-1(2) ¹	-1(4)	-1(3)	12.2	0.81	3.1
2	+1(5)	-1(4)	-1(3)	18.8	1.48	4.6
3	-1(2)	+1(16)	-1(3)	14.9	1.10	3.7
4	+1(5)	+1(16)	-1(3)	18.9	1.51	4.7
5	-1(2)	-1(4)	+1(7)	16.9	1.32	4.2
6	+1(5)	-1(4)	+1(7)	21.0	1.65	5.3
7	-1(2)	+1(16)	+1(7)	18.3	1.46	4.6
8	+1(5)	+1(16)	+1(7)	21.6	1.77	5.7
9	-1.68(0.98)	0(10)	0(5)	11.3	0.72	2.8
10	+1.68(6.02)	0(10)	0(5)	23.8	1.98	6.1
11	0(3.5)	-1.68(0.09)	0(5)	16.7	1.28	4.4
12	0(3.5)	+1.68(20.09)	0(5)	20.9	1.66	5.3
13	0(3.5)	0(10)	-1.68(1.64)	13.8	0.85	3.5
14	0(3.5)	0(10)	+1.68(8.36)	20.6	1.63	5.2
15	0(3.5)	0(10)	0(5)	20.2	1.61	5.1
16	0(3.5)	0(10)	0(5)	20.0	1.59	5.0
17	0(3.5)	0(10)	0(5)	20.3	1.59	5.0

¹ Value in the parenthesis indicates uncoded level.

때 이들 독립변수에 의해 영향을 받는 종수 변수는 명태 두부 엑스분의 단가에 크게 영향을 미치는 수율(%), 맛과 품질에 영향을 미치는 trichloroacetic acid (TCA) 가용성 질소 함량 (g/100 mL) 및 소비자의 기호도에 영향을 미치는 종합적 기호도(overall acceptance)와 같은 3종의 항목으로 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 종속 변수 간에 관계는 Maple software를 이용하였다.

수율

추출물의 수율은 원료(명태 두부와 비정형 다시마) 단백질 함량에 대하여 추출물 단백질 함량의 상대 비율(%)로 나타내었다. 이 때 단백질 함량은 AOAC법(1995)에 따라 semimicro Kjeldahl법으로 측정하였다.

TCA (trichloroacetic acid) 가용성 질소

TCA 가용성 질소 함량은 추출액과 동량의 20% (v/v) TCA를 가하고, 혼합하여 제단백한 다음 원심분리(1,000×g, 20

분)하여 상층액을 semi-micro Kjeldahl법으로 정량한 다음 이를 질소 함량으로 환산하여 나타내었다.

관능검사

관능검사는 잘 훈련된 10인의 panel member를 구성하여 실시하였다. RSM을 위한 추출물 17구의 관능검사는 Table 2의 Run no. 17을 대조구로 하여 이의 종합적 기호도를 5점으로 하고, 시료로 사용한 추출물이 이보다 우수한 경우 6-9점으로, 이보다 열악한 경우 4-1점으로 하는 9단계 평점법으로 평가하여 나타내었다.

결과 및 고찰

추출 조건의 회귀 방정식

명태 두부와 비정형 다시마로부터 고온 가압 추출물의 제조를 위한 3종의 독립변수 [추출시간(X₁), 첨가 다시마량(X₂) 및 첨가수량(X₃)]의 최적조건을 구명하기 위하여 중심합성계획에 따라 무작위적으로 17구의 시료를 제조하여 종속 변수인 수율, TCA 가용성 질소 함량 및 종합적 기호도를 각각 측정된 결과는 Table 2와 같다. 여기서 얻어진 독립 변수에 대

한 종속변수의 결과들을 토대로 이들의 관계를 살펴볼 목적으로 MINITAB 통계 프로그램으로 RSREG (response surface analysis by least-squares regression)를 실시하여 수율, TCA 가용성 질소 함량 및 종합적 기호도의 각각에 대한 2개의 독립 변수간의 상호 관계를 Maple software를 이용하여 각각 3차원으로 도식화한 결과는 Fig. 1-3과 같다. 명태 두부와 비정

Fig. 1. Response surface plots for optimization of yield in a water soluble fraction of Alaska pollock *Theragra chalcogramma* head and non-forming sea tangle *Laminaria japonica* using an autoclave.

X_1 (Code level of extraction time), X_2 (Code level of sea tangle concentration), X_3 (Code level of water volume), Y_1 (Yield, %).

Fig. 2. Response surface plots for optimization of TCA soluble-N content in a water soluble fraction of Alaska pollock *Theragra chalcogramma* head and non-forming sea tangle *Laminaria japonica* using an autoclave.

X_1 (Code level of extraction time), X_2 (Code level of sea tangle concentration), X_3 (Code level of water volume), Y_2 (TCA soluble-N, g/100 g).

Fig. 3. Response surface plots for optimization of overall acceptance in a water soluble fraction of Alaska pollock *Theragra chalcogramma* head and non-forming sea tangle *Laminaria japonica* using an autoclave.

X_1 (Code level of extraction time), X_2 (Code level of sea tangle concentration), X_3 (Code level of water volume), Y_3 (Overall acceptance, score).

형 다시마로부터 추출물을 제조하고자 할 때 수율(Y_1)은 독립 변수인 추출시간(X_1)이 -1.68로부터 +1.59범위까지, 첨가 다시마량(X_2)이 -1.68로부터 +1.68 범위까지, 첨가수량(X_3)이 -1.68로부터 +0.88 범위까지의 경우 독립변수가 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었으나, 이들 범위 이상의 경우 독립 변수가 증가할수록 감소하거나 변화없는 경향을 나타내었다. 명태 두부와 비정형 다시마로부터 추출물을 제조하고자 할 때 TCA 가용성 질소 함량(Y_2)은 추출시간과 첨가 다시마량이 -1.68에서 +1.68 범위까지, 첨가수량이 -1.68에서 +0.79 범위까지의 경우 독립변수가 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었으나, 이들 범위 이상의 경우 독립변수가 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 명태 두부와 비정형 다시마로부터 추출물을 제조하고자 할 때 종합적 기호도(Y_3)는 추출시간과 첨가 다시마량이 -1.68에서 +1.68 범위까지, 첨가수량이 -1.68에서 +0.96 범위까지의 경우 독립변수가 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었으나, 이들 범위 이상의 경우 독립 변수가 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다.

Table 2의 결과치를 이용하여 MINITAB program의 RSREG로 수율, TCA 가용성 질소 함량 및 종합적 기호도에 대한 일차항(linear; X_1 , X_2 , X_3), 이차항(quadratic; X_1^2 , X_2^2 , X_3^2) 및 교차항(cross-product; X_1X_2 , X_1X_3 , X_2X_3)으로 이루어진 여러 가지 2차 회귀방정식의 계수들과 이들의 유의성을 살펴 본 결과는 Table 3과 같고, 이들 계수를 이용하여 작성한 반응 모형 방정식은 Table 4와 같다. 일반적으로 MINITAB

Table 3. Estimated coefficients of fitted quadratic polynomial equation for different response based on *t*-statistic of a water soluble fraction of Alaska pollock *Theragra chalcogramma* head and non-forming sea tangle *Laminaria japonica* using an autoclave

	Y ₁ (Yield, %)		Y ₂ (TCA soluble-N, g/100 mL)		Y ₃ (Overall acceptance, score)	
	Coefficient	P-value	Coefficient	P-value	Coefficient	P-value
Intercept	20.16	0.000	1.59	0.000	5.04	0.000
X ₁	2.86	0.000	0.28	0.000	0.75	0.000
X ₂	0.87	0.028	0.09	0.040	0.22	0.025
X ₃	1.79	0.001	0.19	0.001	0.48	0.000
X ₁ X ₁	-0.90	0.036	-0.08	0.092	-0.21	0.042
X ₂ X ₂	-0.46	0.230	-0.03	0.415	-0.07	0.428
X ₃ X ₃	-1.02	0.022	-0.12	0.022	-0.25	0.023
X ₁ X ₂	-0.43	0.337	-0.04	0.476	-0.06	0.559
X ₁ X ₃	-0.40	0.365	-0.06	0.275	-0.04	0.724
X ₂ X ₃	-0.10	0.815	-0.01	0.876	0.01	0.906

X₁ (Extraction time, hr), X₂ (Sea tangle concentration, %), X₃ (Water volume, times).

Table 4. Response surface model for optimal extraction conditions of a water soluble fraction of Alaska pollock *Theragra chalcogramma* head and non-forming sea tangle *Laminaria japonica* using an autoclave

Responses	Quadratic polynomial model	R ²	P-value
Y ₁	20.16 + 2.86X ₁ + 0.87X ₂ + 1.79X ₃ - 0.90X ₁ ² - 0.46X ₂ ² - 1.02X ₃ ² - 0.43X ₁ X ₂ - 0.40X ₁ X ₃ - 0.10X ₂ X ₃	0.95	0.001
Y ₂	1.59 + 0.28X ₁ + 0.09X ₂ + 0.19X ₃ - 0.08X ₁ ² - 0.03X ₂ ² - 0.12X ₃ ² - 0.04X ₁ X ₂ - 0.06X ₁ X ₃ - 0.01X ₂ X ₃	0.94	0.002
Y ₃	5.04 + 0.75X ₁ + 0.22X ₂ + 0.48X ₃ - 0.21X ₁ ² - 0.07X ₂ ² - 0.25X ₃ ² - 0.06X ₁ X ₂ - 0.04X ₁ X ₃ - 0.01X ₂ X ₃	0.96	0.001

Y₁ (Yield, %), Y₂ (TCA soluble-N, g/100 mL), Y₃ (Overall acceptance, score).

program의 RSREG로 작성한 2차 회귀 방정식 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. 따라서 MINITAB program의 RSREG로 분석한 수율의 2차 회귀 반응 모형 방정식 중 일차항, 이차항 및 교차항에 대한 수율의 *P* value는 일차항인 X₁의 경우 0.000, X₂의 경우 0.028 및 X₃의 경우 0.001로 모두 0.05보다 작아 5% 유의수준에서 유의성이 인정되었고, 이차항 중 X₁²과 X₃²의 경우도 각각 0.036 및 0.022로 0.05보다 작아 5% 유의수준에서 유의성이 인정되었으나, 이차항 중 X₂²의 경우 0.230, 교차항 중 X₁X₂의 경우 0.337, X₁X₃의 경우 0.365 및 X₂X₃의 경우 0.815로 0.05보다 커서 5% 유의수준에서 유의성이 인정되지 않았다. MINITAB program의 RSREG로 분석한 TCA 가용성 질소 함량의 반응 모형 방정식 중 일차항, 이차항 및 교차항의 *P* value는 일차항인 X₁이 0.000, X₂가 0.000 및 X₃가 0.040, 이차항인 X₃²가 0.022

로 0.05보다 작아 5% 수준에서 유의성이 인정되었으나, 이차항인 X₁²의 경우 0.092, X₂²의 경우 0.415로, 그리고, 교차항인 X₁X₂의 경우 0.476, X₁X₃의 경우 0.275 및 X₂X₃의 경우 0.876로 0.05보다 커서 5% 수준에서 유의성이 인정되지 않았다. MINITAB program의 RSREG로 분석한 종합적 기호도의 반응 모형 방정식 중 일차항, 이차항 및 교차항에 *P* value는 일차항인 X₁의 경우 0.000, X₂의 경우 0.025 및 X₃의 경우 0.000으로, 이차항인 X₁²의 경우 0.042, X₃²의 경우 0.023으로 0.05보다 작아 5% 유의수준에서 유의성이 인정되었으나, 이차항인 X₂²의 경우 0.428, 교차항인 X₁X₂의 경우 0.559, X₁X₃의 경우 0.724 및 X₂X₃의 경우 0.906으로 0.05보다 커서 5% 유의수준에서 유의성이 인정되지 않았다. 따라서, 반응 모형 방정식 중 일차항, 이차항 및 교차항과 같은 다양한 항 중 유의성이 인정되지 않는 다수의 항을 제거하고, 유의성이 인정되는 항만으로 나타내는 경우 Table 5와 같이 간결하게 나타낼 수 있다.

독립변수와 종속변수 간의 상관관계를 ANOVA 분석으로

살펴본 결과는 Table 6과 같다. 명태 두부와 비정형 다시마 유래 추출물의 수율, TCA 가용성 질소 함량 및 종합적 기호도에 대한 반응 모형 방정식의 P value는 일차항의 경우 모두 0.000으로 0.05보다 작아서 5% 유의수준에서 유의성이 인정되었으나, 이차항의 경우 각각 0.061, 0.086 및 0.065로, 그

리고, 교차항의 경우 각각 0.588, 0.600 및 0.910으로 0.05보다 커서 5% 유의수준에서 유의성이 인정되지 않았다.

명태 두부와 비정형 다시마 유래 추출물의 수율, TCA 가용성 질소 함량 및 종합적 기호도에 대한 반응모형 방정식 모델의 적합성 여부를 나타내는 적합 결여 검증(lack of fit test)의 P value는 각각 0.012, 0.006 및 0.028을 나타내어 0.05보다 낮아 설계된 모형이 완전하지 않은 것으로 나타났으나, 결정계수(R^2)가 각각 0.95, 0.94 및 0.96으로서 1에 가까우며, model 값이 각각 0.001, 0.002 및 0.001로 0.05보다 낮아 설계된 반응모형이 완전하진 않으나 적합한 것으로 나타났다.

Table 5. Briefed response surface model for optimal extraction conditions of a water soluble fraction of Alaska pollock *Theragra chalcogramma* head and non-forming sea tangle *Laminaria japonica* using an autoclave

Responses	Quadratic polynomial model
Y_1	$20.16 + 2.86X_1 + 0.87X_2 + 1.79X_3 - 0.90X_1^2 - 1.02X_3^2$
Y_2	$1.59 + 0.28X_1 + 0.09X_2 + 0.19X_3 - 0.12X_3^2$
Y_3	$5.04 + 0.75X_1 + 0.22X_2 + 0.48X_3 - 0.21X_1^2 - 0.25X_3^2$

Y_1 (Yield, %), Y_2 (TCA soluble-N, g/100 mL), Y_3 (Overall acceptance, score).

회귀 방정식의 정상점

구명한 반응 모형 반응식의 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

Table 6. Analysis of variance (ANOVA) for response of dependent variables (Y_1 , Y_2 and Y_3) among extraction conditions of a water soluble fraction of Alaska pollock *Theragra chalcogramma* head and non-forming sea tangle *Laminaria japonica* using an autoclave

Responses	Sources	DF	SS	MS	F -value	P -value
Y_1 (Yield, %)	Model	9	184.55	20.51	15.06	0.001
	Linear	3	165.53	55.18	40.51	0.000
	Quadratic	3	16.21	5.40	3.97	0.061
	Cross-product	3	2.81	0.94	0.69	0.588
	Residual	7	9.53	1.36	-	-
	Lack of fit	5	9.49	1.90	81.32	0.012
	Pure error	2	0.05	0.02	-	-
	Total	16	194.08	-	-	-
Y_2 (TCA soluble-N, g/100 mL)	Model	9	1.90	0.21	12.19	0.002
	Linear	3	1.69	0.56	32.57	0.000
	Quadratic	3	0.17	0.06	3.34	0.086
	Cross-product	3	0.03	0.01	0.66	0.600
	Residual	7	0.12	0.02	-	-
	Lack of fit	5	0.12	0.02	180.94	0.006
	Pure error	2	0.00	0.00	-	-
	Total	16	2.02	-	-	-
Y_3 (Overall acceptance, score)	Model	9	12.50	1.39	16.71	0.001
	Linear	3	11.51	3.84	46.13	0.000
	Quadratic	3	0.96	0.32	3.83	0.065
	Cross-product	3	0.04	0.01	0.18	0.910
	Residual	7	0.58	0.08	-	-
	Lack of fit	5	0.58	0.12	34.53	0.028
	Pure error	2	0.01	0.00	-	-
	Total	16	13.09	-	-	-

Table 7. Canonical form of the response surface model for extracting conditions of a water soluble fraction of Alaska pollock *Theragra chalcogramma* head and non-forming sea tangle *Laminaria japonica* using an autoclave

Response	Canonical form of quadratic polynomial model
Y ₁	37.31 -0.04(ω ₁) ² -0.65(ω ₂) ² -16.52(ω ₃) ²
Y ₂	1.86 -0.01(ω ₁) ² -0.11(ω ₂) ² -0.37(ω ₃) ²
Y ₃	6.09 -0.13(ω ₁) ² -0.30(ω ₂) ² -1.15(ω ₃) ²

ω₁, ω₂, and ω₃ : new coordinates of X₁ (Extraction time, hr), X₂ (Sea tangle concentration, %), X₃ (Water volume, times), Y₁ (Yield, %), Y₂ (TCA soluble-N, g/100 mL), Y₃ (Overall acceptance, score).

존재하는 경우) 및 정상능선(0이 하나 이상 존재하는 경우)의 여부를 살펴보기 위하여 SAS program을 이용하여 정준형식(canonical form)으로 변환시킨 결과는 Table 7과 같다. 이 정준형식에서 Y₁ (수율), Y₂ (TCA 가용성 질소 함량) 및 Y₃ (종합적 기호도)의 고유값(eigenvalues)들의 부호가 모두 동일하므로 간편 반응 모형 방정식에서 얻어진 정상점은 최대점을 나타낸다고 판단되었다.

최적 추출 조건

명태 두부와 비정형 다시마로부터 고수율, 고품질 추출물의 제조를 위하여 수율, TCA 가용성 질소 함량 및 종합적 기호도가 동시에 만족할 수 있는 독립변수(추출 시간, 첨가 다시마량, 첨가수량)의 최적조건에 대한 구명이 필요하다. 이러한 목적으로 Table 2의 결과를 MINITAB 통계 프로그램을 구동하여 얻은 수율, TCA 가용성 질소 함량 및 종합적 기호도의 각각에 대한 독립 변수의 최적 조건, 이들을 동시에 만족할 수 있는 독립변수의 최적 조건, 그리고 이들을 동시에 만족하는 조건에서 수율, TCA 가용성 질소 함량 및 종합적 기호도의 예측치는 Table 8과 같다. 명태 두부와 비정형 다시마로부터 추출물을 제조하고자 할 때 수율을 고려한 최적 추출 시간, 첨가 다시마량 및 첨가수량의 기호값(coded value)은 각각 1.44, 1.25 및 0.94이었고, 이의 실제값(uncoded value)은 각각 5.66시간, 명태 두부에 대하여 17.51% 및 6.89배(v/w)이었다. 이들 조건 즉, 명태 두부 20 g에 다시마 17.51%와 가공용수 137.8 mL를 첨가한 다음 118℃로 조정된 autoclave에서 5.66시간 동안 가압 추출하는 경우 고온 가압 처리 명태 두부와 비정형 다시마 추출물의 적정 수율은 22.13%로 예측되었다. 명태 두부와 비정형 다시마로부터 추출물을 제조하고자 할 때 TCA 가용성 질소 함량을 고려한 최적 추출 시간, 첨가 다시마량 및 첨가수량의 기호값은 각각 1.54, 0.19 및 0.81이었고, 이의 실제값은 각각 7.07시간, 11.14% 및 6.61배(v/w)이었다. 이들 조건 즉, 명태 두부 20 g에 다시마 11.14%와 가공용수 132.2 mL를 첨가한 다음 118℃로 조정된 autoclave에서 7.07시간 동안 가압 추출하는 경우 고온가

Table 8. Optimal conditions of multiple responses for processing a water soluble fraction of Alaska pollock *Theragra chalcogramma* head and non-forming sea tangle *Laminaria japonica* using an autoclave

Dependent variables	Independent variables	Critical value		Predicted value
		Coded	Uncoded	
Y ₁ (Yield)	X ₁	1.44	5.66	22.13 %
	X ₂	1.25	17.51	
	X ₃	0.94	6.89	
Y ₂ (TCA soluble-N)	X ₁	1.54	7.07	1.71 g/100 mL
	X ₂	0.19	11.14	
	X ₃	0.81	6.61	
Y ₃ (Overall acceptance)	X ₁	1.63	5.94	5.93 point
	X ₂	0.86	15.16	
	X ₃	0.88	6.77	
Multiple response optimization	X ₁	1.32	5.48	Y ₁ :22.10 %
	X ₂	1.36	18.18	Y ₂ :1.83 g/100 mL
	X ₃	0.93	6.86	Y ₃ :5.9 point

X₁ (Extraction time, hr), X₂ (Sea tangle concentration, %), X₃ (Water volume, times).

압 처리 명태 두부와 비정형 다시마 추출물의 적정 TCA 가용성 질소 함량은 1.71 g/100 mL로 예측되었다. 명태 두부와 비정형 다시마 추출물로부터 추출물을 제조하고자 할 때 종합적 기호도를 고려한 최적 추출시간, 첨가 다시마량 및 첨가수량의 기호값은 각각 1.63, 0.86 및 0.88이었고, 이의 실제값은 각각 5.94시간, 15.16% 및 6.77배(v/w)이었다. 이들 조건 즉, 명태 두부 20 g에 다시마 15.16%와 가공용수 135.4 mL를 첨가한 다음 118℃로 조정된 autoclave에서 5.94시간 동안 가압 추출하는 경우 고온가압 처리 명태 두부와 비정형 다시마 추출물의 적정 종합적 기호도는 5.93으로 예측되었다.

명태 두부와 비정형 다시마로부터 추출물을 제조하고자 할 때 수율, TCA 가용성 질소 함량 및 종합적 기호도를 동시에 만족하는 최적 추출시간, 첨가 다시마량 및 첨가수량의 기호값은 각각 1.32, 1.36 및 0.93이었고, 이의 실제값은 각각 5.48시간, 18.18% 및 6.86배(v/w)이었다. 이들 조건 즉, 명태 두부 20 g에 다시마 18.18%와 가공용수 137.2 mL를 첨가한 다음 118℃로 조정된 autoclave에서 5.48시간 동안 가압 추출하는 경우 고온가압 명태 두부 추출물의 적정 수율, TCA 가용성 질소 함량 및 종합적 기호도는 각각 22.10%, 1.83 g/100 mL 및 5.9로 예측되었다.

최적 추출조건에 의한 추출되어진 추출물의 실측치

이들 최적 추출시간, 첨가 다시마량 및 첨가수량을 적용하여 명태 두부 및 비정형 다시마를 고온 가압 처리한 추출물을

Table 9. Experimental and predicted results of verification under optimized conditions for processing a water soluble fraction of Alaska pollock *Theragra chalcogramma* head and non-forming sea tangle *Laminaria japonica* using an auto-clave

Dependent variables	Predicted values	Experimental values
Y ₁ (Yield, %)	22.1	21.4±0.8
Y ₂ (TCA soluble-N, g/ 100 mL)	1.8	1.7±0.2
Y ₃ (Overall acceptance, point)	5.9	5.7±0.9

제조하여 이들의 수율, TCA 가용성 질소 함량 및 종합적 기호도를 실측한 결과는 Table 9와 같다. 최적 추출시간, 첨가 다시마량 및 첨가수량을 적용하여 추출한 명태 두부 및 비정형 다시마 유래 고온가압 추출물의 수율, TCA 가용성 질소 함량 및 종합적 기호도의 실측치는 각각 21.4±0.8%, 1.7±0.2 g/100 mL 및 5.7±0.9로, 예측치의 각각 22.1%, 1.8 g/100 mL 및 5.9에 비하여 96.8%, 94.4% 및 96.6%에 해당하였다. 그러나, 최적 추출시간, 첨가 다시마량 및 첨가수량을 적용하여 추출한 명태 두부 및 비정형 다시마 유래 고온가압 추출물의 수율, TCA 가용성 질소 함량 및 종합적 기호도의 예측치와 실측치 간의 차이는 5% 유의수준에서 차이가 없었다.

이상의 결과로 미루어 보아 제시된 반응표면 모델은 고온 가압 처리에 의한 명태 두부 및 비정형 다시마로부터 추출물을 제조하기 위한 최적 모델이라 판단되었다.

그러나, 일반적으로 식품 산업계에서는 명태 두부 및 비정형 다시마로부터 열수 또는 고온가압 처리에 의하여 추출물을 제조하는 것이 일반적이나, 이 경우 수율이 다소 낮으면서 건강 기능성을 크게 기대할 수 없다는 단점이 있다. 이러한 일면에서 이들의 단점을 보완하기 위하여 열수 또는 고온가압 추출물에 상업적 효소를 적절히 응용하는 경우 수율 개선에 의한 단가 절감은 물론이고, 이들의 기질 특이성에 따라 추출물의 건강 기능성면의 개선에 의한 고품질화도 기대할 수 있으리라 보아진다. 이러한 일면에서, 추후 고온 가압처리 명태 두부 및 비정형 다시마 추출물의 수율 및 건강 기능성 개선을 위하여 명태 두부 및 비정형 다시마를 고온 가압처리한 후 그 상태 그대로 마쇄하고, 저가의 여러 가지 상업적 효소를 응용하여 수율이 높으면서 건강 기능성이 개선된 조미료 소재의 개발이 반드시 필요하리라 판단된다.

참고문헌

- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA, 69-74.
- Bae TJ and Kang DS. 2000. Processing of powdered seasoning material from sea tangle. Korea J Food Nutr 13, 521-528.
- Cho SM, Gu YS and Kim SB. 2005. Extracting optimization and physical properties of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) skin gelatin compared to mammalian gelatins. Food Hydrocolloids 19, 221-229.
- Choi SH, Park SM, Son BY, Choi HM and Lee KT. 1999a. Studies on hydrothermal extracts from fish head. 1. Chemical composition and physical properties of the extracts. J Korean Fish Soc 32, 537-541.
- Choi SH, Park SM, Son BY, Choi HM and Lee KT. 1999b. Studies on hydrothermal extracts from fish head. 2. Functional properties of the extracts. J Korean Fish Soc 32, 542-549.
- Gontard N, Guilbert S and Cuq JL. 1992. Edible wheat gluten films: Influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. J Food Sci 57, 190-196.
- Heu MS, Lee TS, Kim HS, Jee SJ, Lee JH, Kim HJ, Yoon MS, Park SH and Kim JS. 2008. Food component characteristics of *Tang* from conger eel by-products. J Korean Soc Food Sci Nutr 37, 477-484.
- Kim JS, Heu MS and Ha JH. 2007. Fundamentals and Applications of Seafood Processing. Hyoil Publishing Co., Seoul, Korea. 38-41, 308-314.
- Lee GD, Kim HG, Kim JG and Kwon JH. 1997. Optimization for the preparation condition of instant rice gruel using oyster mushroom and brown rice. Korean J Food Sci Technol 29, 737-744.
- Lee SB, Lee GD and Kwon JH. 1999. Optimization of extraction conditions for soluble ginseng components using microwave extraction system under pressure. J Korean Soc Food Sci Nutr 28, 409-416.
- Xu HM. 2008. Effects of pasteurization on the nutrition of the fish head soup. Food Machinery 24, 16-19.

2012년 3월 23일 접수

2012년 5월 21일 수정

2012년 6월 5일 수리