

다시마 Single Cell Detritus(SCD)를 첨가하여 제조한 수산연제품의 품질특성

방상진¹ · 신일식² · 정동화² · 김상무^{2,*}

¹한국식품연구원, ²강릉대학교 해양생명공학부

Quality Characteristics of Surimi-Based Product with Sea Tangle Single Cell Detritus (SCD)

Sang Jin Bang¹, Il Shik Shin², Dong Hwa Chung², and Sang Moo Kim^{2,*}

¹Korea Food Research Institute

²Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University

Abstract The quality characteristics of a surimi-based product with sea tangle single cell detritus (SCD) were studied in order to utilize SCD from sea tangle as a food additive. Mixture design and regression models were applied to optimize the processing conditions and to investigate the interaction between surimi and the other ingredients. Surimi and SCD decreased hardness and cohesiveness of surimi gels, and then increased them. Water increased hardness and then decreased it, whereas cohesiveness was reversed. Surimi and water increased gumminess and brittleness of surimi gels, but SCD decreased them. SCD increased water retention ability (WRA) and whiteness of surimi gels, whereas water decreased it. Hardness and cohesiveness fitted nonlinear models by ANOVA, but gumminess, brittleness, WRA and whiteness fitted linear models. The response constraint coefficient showed that surimi influenced hardness and whiteness more than water and SCD, whereas water influenced WRA more than surimi and SCD. Moreover, SCD influenced cohesiveness, gumminess and brittleness more than surimi and water. Hardness and cohesiveness fitted nonlinear models with interaction terms for surimi-SCD and surimi-water, respectively. Optimum mixed ratio values of surimi, water, and SCD were 36.80, 57.07 and 4.14%, respectively, by mixture model.

Key words: mixture model, surimi-based product, single cell detritus, sea tangle, texture

서 론

수리미는 내장과 뼈를 제거한 어육을 마쇄하여 수세공정을 통해 근원섬유 단백질을 농축한 후 냉동변성방지제를 혼합한 단백질 제품으로 다양한 수산식품의 가공을 위한 중간소재로 사용하고 있다(1). 근원섬유 단백질의 농축물인 수리미는 수산연제품의 주요 원료로 사용되고 있으며 수리미 가열 겔의 기능적 특성과 품질은 조직과 색, 수분흡수율에 의해 결정된다(2). 그러므로 수리미 가공원료로는 주로 백색육 어류를 사용하고 있으나 전 세계 어획량의 40-50%가 적색육 어류이며 이 같은 저가 어류를 이용하여 수리미 제조 공정의 개발에 관심을 보이고 있는 실정이다(3,4). 또한 수리미 함량의 절감과 더불어 겔의 강도를 유지하거나 저장 안정성을 확보하기 위하여 전분(5,6), 소혈청 단백질(7,8), 난백(9) 및 egg albumin(10) 등의 첨가에 관한 연구가 보고되고 있다.

최근 다시마의 항종양성, 항바이러스성, 항돌연변이 및 면역력 증강 등의 생리적 효과가 확인됨으로서 다시마의 수요는 점차 증가되고 있다(11,12). 또한 소비자들의 가공 식품의 안전성에 관한 관심이 높아지고 자연식품의 고유한 맛을 갖는 천연조미료를 선호함에 따라 다시마를 식품에 첨가하거나 제품화하는 연구가 활발히 진행되어 스낵 및 케이크, 다시마젤리, 다시마차, 조미다시마 등 다양한 다시마 제품이 만들어지고 있다(13).

그러나 현재에는 다시마의 단단한 조체를 분말로 만들기 위하여 물리적 분쇄 과정(14)을 거치는데 이 과정에서 생기는 마찰열로 인하여 구성성분의 파괴, 수분감소, texture와 색상의 변화 등의 문제점으로 인하여 다시마 본연의 품질저하가 발생하고 있어 이러한 한계를 극복할 수 있는 새로운 가공기술의 개발이 요구되고 있다(13). 새로운 가공기술의 개발과 물리적 분쇄의 단점을 보완하기 위한 하나의 방안으로, 미생물을 이용하여 해조류를 가수분해시켜 SCD(single cell detritus) 형태로 분해한 후 세포간 충전물을 추출해 내는 시도가 보고(15-21)되고 있으나 SCD를 산업적으로 이용한 보고는 아직까지 없다.

본 연구에서는 다시마를 소라(*Batillus cornutus*)의 내장에서 분리한 *Vibrio* sp. 균을 이용하여 미립자 크기의 single cell detritus (SCD)로 분해한 후 이를 수산연제품의 식품소재로 개발하기 위하여 mixture model에 의한 최적 배합비율 및 제품의 특성을 연구하였다.

*Corresponding author: Sang Moo Kim, Faculty of Marine Bioscience & Technology, Kangnung National University, Gangeung 210-702, Korea
Tel: 82-33-640-2343
Fax: 82-33-640-2410, 647-9535
E-mail: smkim@kangnung.ac.kr
Received December 17, 2005; accepted May 23, 2006

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 냉동명태 수리미(FA 등급)는 경남 한성기업(주) 김해 공장에서 2004년 제조한 것을 구입하였다. 수리미는 1 kg 단위로 절단한 다음 진공포장하여 -40°C 에서 보관하여 두고 실험에 사용하였다.

SCD의 제조

소라의 내장에서 분리한 *Vibrio* sp.(17)를 2×3 cm 크기로 잘게 자른 1kg의 다시마와 함께 넣어 3 L 용량의 발효조(BioTron, Bucheon, Korea)를 사용하여 pH 7, 20°C 및 150 rpm에서 15일간 배양하였다. 이 배양액을 10 μm 의 체(sieve)에 여과하여 10 μm 크기 이하의 다시마 입자를 모아 동결건조 하여 분말형태의 SCD를 제조하였다.

Mixture model을 이용한 실험 design 제작

Least-cost linear programming의 일종인 Design Expert(Stat-Easy Co., Minneapolis, MN) software의 mixture program을 이용하여 SCD를 첨가한 수산연제품의 제조 조건을 확립하였다(22,23). SCD 첨가 수산연제품의 제조 조건의 변수로 명태 수리미, 물, SCD의 첨가량으로 하였으며 mixture program의 modified distance design을 적용하였다. 각각의 변수 조건은 수리미 20-53%, 물 45-70%, SCD 0-8%로 하였으며, 소금(정제염, 한주(주))은 2%로 고정하였다(Table 1).

전해수에 의한 다시마 SCD의 탈색 및 탈취

발효조에서 15 일간 발효시켜 제조한 다시마 SCD 특유의 향과 짙은 갈색 색상을 제거하기 위해 전해수(pH 6.5)를 이용하여 SCD를 탈색 및 탈취하였다(24). 다시마 SCD의 탈색 및 탈취는 전해수 제조기(DIPS-KI/KII/F, e-Sutech, Incheon, Korea)로 제조한 전해수(mL):SCD(g)의 비율을 400:1(v/w)로 하여 SCD를 전해수에 첨가한 후 상온에서 1시간 동안 교반하였다.

어육 gel의 제조

어육 gel의 제조는 Kim(25)의 방법에 따라 제조하였다. 냉동 수리미를 5°C 에서 12시간 동안 해동한 다음 5 cm^3 크기로 잘라 균질기(HMC-400T, Hanil Ltd., Seoul, Korea)에서 1분간 마쇄하고 Table 1의 배합 비에 따라 원료들을 첨가한 다음 다시 5분간 믹서기(Shin-il Co, Korea)로 고기같이 하였다. 고기같이 마친 육은 기포가 들어가지 않도록 cellulose 포장제(내경 2 cm, 길이 20 cm)에 실험실 규모의 sausage stuffer에 넣고 충전하여 밀봉한 다음 90°C 수조에서 15분간 열처리한 후, 즉시 얼음물에서 15분 동안 냉각시키고 하룻밤 냉장고에 보관한 다음 실험에 사용하였다.

Gel의 texture 측정

SCD 첨가 어육 gel의 texture는 Choi 등(26)의 방법에 따라 rheometer(Model CR-100D, SUN Scientific Ltd., Tokyo, Japan)로 측정하였다. 즉 어육 gel을 지름 $3 \text{ cm} \times$ 높이 2 cm 크기로 자른 절단면에 직경 10 mm의 구형 plunger를 table speed 60 mm/min로 어육 gel이 완전히 파열될 때까지 상승시켜 어육 gel의 texture를 측정하였다.

수분보유력(WRA) 측정

어육 gel의 수분보유력은 Kocher와 Foededing의 microcentrifuge 법(27)으로 측정하였다. 즉, 1.5 mL의 microcentrifuge tube(Microcon, Millipore Corporation, Bedford, MA, USA) 안에 1 g의 gel을 넣은 후 $17,696 \times \text{g}$ 에서 20분 동안 원심분리하여 0.22 μm 의 filter를 통과하여 나온 수분의 양을 측정하여 수분보유력을 산출하였다.

$$\text{WRA} = (\text{Total g water in sample} - \text{g water released}) / \text{Total g protein in sample}$$

백색도의 측정

어육 gel의 백색도는 Park(28)의 방법에 의해 측정하였다. 즉 백색도는 색차계(Model CR-300, Minolta, Tokyo, Japan)로 Hunter

Table 1. Effect of sea tangle SCD on functional properties of surimi gels shown as actual values at various experimental constituents

Treatment	Surimi (g)	Water (mL)	SCD (g)	Salt (g)	Hardness (g/cm^2)	Cohesiveness (g/cm^2)	Gumminess (g/cm^2)	Brittleness (g/cm^2)	Water retention ability	Whiteness
1	32.50	57.50	8.00	2.00	295.69 \pm 3.96	19.22 \pm 3.24	190.65 \pm 10.24	74.02 \pm 5.22	0.22 \pm 0.02	49.20 \pm 5.33
2	45.00	45.00	8.00	2.00	126.19 \pm 4.02	30.50 \pm 2.16	41.20 \pm 5.32	7.75 \pm 1.12	0.17 \pm 0.04	49.65 \pm 5.10
3	53.00	45.00	0.00	2.00	556.72 \pm 3.21	34.88 \pm 4.80	534.64 \pm 13.24	307.17 \pm 8.33	0.22 \pm 0.04	68.06 \pm 5.37
4	53.00	45.00	0.00	2.00	351.14 \pm 6.29	29.39 \pm 5.33	308.92 \pm 6.44	174.25 \pm 4.45	0.19 \pm 0.03	64.04 \pm 6.10
5	40.50	57.50	0.00	2.00	138.37 \pm 5.73	20.51 \pm 4.21	92.71 \pm 4.30	47.75 \pm 5.10	0.28 \pm 0.05	64.97 \pm 4.35
6	20.00	70.00	8.00	2.00	318.42 \pm 13.25	19.64 \pm 6.76	208.68 \pm 8.45	127.94 \pm 6.99	0.20 \pm 0.02	51.22 \pm 5.13
7	36.50	57.50	4.00	2.00	352.24 \pm 8.37	22.76 \pm 5.43	256.36 \pm 7.95	104.38 \pm 4.35	0.24 \pm 0.03	50.73 \pm 5.44
8	20.00	70.00	8.00	2.00	418.55 \pm 4.85	24.37 \pm 3.44	317.28 \pm 9.10	147.63 \pm 3.51	0.21 \pm 0.02	49.93 \pm 4.36
9	44.75	51.25	2.00	2.00	533.14 \pm 6.16	14.43 \pm 5.19	231.84 \pm 7.66	67.28 \pm 3.21	0.19 \pm 0.03	54.87 \pm 5.19
10	45.00	45.00	8.00	2.00	101.65 \pm 7.31	14.02 \pm 6.33	39.46 \pm 4.51	6.23 \pm 1.15	0.22 \pm 0.04	54.15 \pm 4.37
11	40.75	51.25	6.00	2.00	138.32 \pm 9.64	16.51 \pm 4.27	89.03 \pm 6.45	18.69 \pm 2.22	0.20 \pm 0.03	50.55 \pm 5.00
12	28.00	70.00	0.00	2.00	- ¹⁾	-	-	-	-	-
13	28.00	70.00	0.00	2.00	-	-	-	-	-	-
14	28.25	63.75	6.00	2.00	-	-	-	-	-	-

¹⁾Not determined (gel is too soft).

Table 2. Effect of sea tangle SCD on ANOVA tables for linear and nonlinear models of surimi gels

Response	Model	Source	SS ^b	DF	MS ^c	F-value	Prob. > F
Hardness	Q ^a	Model	80,600.75	5	16,120.15	0.21	0.9428
		Residual	3.79	5	75,878.86		
		Lack of fit	90,772.88	2	45,386.44	0.47	0.6635
Cohesiveness	Q	Model	209.76	5	41.95	0.86	0.5647
		Residual	244.48	5	48.90		
		Lack of fit	92.12	2	46.06	0.91	0.4920
Gumminess	La	Model	52,850.32	2	26,425.16	0.46	0.6492
		Residual	4.634	8	57,919.83		
		Lack of fit	1.186	5	23,712.02	0.21	0.9390
Brittleness	L	Model	21,818.43	2	10,909.22	0.47	0.6418
		Residual	1.86	8	23,259.61		
		Lack of fit	57,186.18	5	11,437.24	0.27	0.9058
Water retention ability (WRA)	L	Model	0.04	2	0.02	15.61	0.0017
		Residual	0.01	8	1.33		
		Lack of fit	9.22	5	1.84	3.84	0.1486
Whiteness	L	Model	382.78	2	191.39	13.99	0.0024
		Residual	109.43	8	13.68		
		Lack of fit	90.36	5	18.08	2.85	0.2090

^aL: linear, Q: quadratic.

^bSS: sum of squares.

^cMS: mean square.

L(명도), a(적색도), b(황색도) 값을 측정 후 L-3b의 값으로 구하였다.

결과 및 고찰

Mixture model

Design Expert software의 modified distance design에 따라 14 개의 실험구를 만들어 비교 분석하였으며 다시마 첨가 SCD 어육 gel의 texture, 수분보유력 및 백색도 측정값은 Table 1과 같다. Texture 측정 결과 hardness, cohesiveness, gumminess 및 brittleness의 값은 각각 101.65-556.72, 14.02-34.88, 39.46-534.64 및 6.23-307.17 g/cm² 범위로 나타났다. 또한 수분보유력 및 백색도의 값은 각각 0.17-0.28 및 49.20-68.06 범위로 나타났다. SCD가 8 g 첨가된 실험구의 hardness(101.65), cohesiveness(14.02), gumminess(39.46) 및 brittleness(6.23)가 가장 낮은 값들을 보이며 다른 첨가구에 비해 다소 낮은 값들을 보이는 반면 SCD 0% 첨가구의 hardness(556.72), cohesiveness(34.88), gumminess(534.64) 및 brittleness(307.17)가 가장 높은 값을 보이며 다른 첨가구에 비해 texture의 값이 대체로 높아지는 것으로 보아 SCD의 첨가량이 증가할수록 어육 gel의 texture는 감소하였다. 수분보유력과 백색도의 값은 각각 0.17-0.28 및 49.20-68.06이었다. Chung 및 Lee(29)는 수리미에 비근육 단백질을 첨가하면 gel의 texture는 감소한다고 하였는데 본 실험에 사용한 다시마 SCD는 비육 단백질 함량(19%)이 다소 높아도 탄수화물이 주 성분이기 때문에 Chung 및 Lee(29)의 결과와 같이 texture는 감소하였다. 또한 SCD의 첨가량이 많은 실험구일수록 수분보유력은 증가하였다. 수분보유력이 증가하는 것은 제품의 생산량이 증가하기 때문에 제조회사로서는 이익을 증대할 수 있어 바람직하다고 볼 수 있다.

다시마 SCD 첨가 어육 gel의 texture, 수분보유력 및 백색도의 ANOVA 분석은 Table 2와 같다. Hardness 및 cohesiveness는 non-

linear model(Quadratic model)에서 낮은 probability와 높은 lack of fit를 나타내어 nonlinear model이 결정되었으며, gumminess, brittleness, 수분보유력 및 백색도는 linear model일 때 낮은 probability와 높은 lack of fit를 나타내어 linear model이 결정되었다.

다시마 SCD 첨가 어육 gel의 수리미, 물 및 SCD의 배합조성에 따른 texture, 수분보유력 및 백색도의 constraint coefficient 값을 Table 3에 나타내었다. Hardness(471.70) 및 백색도(63.60)에 있어서 수리미의 constraint coefficient의 값이 물(454.54, 61.20)이나 SCD(-4471.05, 9.67)보다 높아 수리미가 다시마 SCD 어육 gel의 hardness와 백색도에 물이나 SCD 보다 더 큰 영향을 미친 것으로 보인다. 또한 SCD의 cohesiveness(173.97), gumminess(601.20), brittleness(350.03)의 constraint coefficient의 값이 다른 원료보다 높게 나타나 SCD가 cohesiveness, gumminess 및 brittleness에 더 큰 영향을 미쳤다. 물의 수분보유력(0.40)의 constraint coefficient 값이 surimi(0.18) 및 SCD(0.23)보다 높게 나타나 물이 수분보유력에 surimi 및 물보다 더 큰 영향을 미쳤다. Nonlinear model인 두 model에서, hardness는 surimi-SCD의 상호작용이 있었으며 cohesiveness에서는 surimi-water의 상호작용이 있었다. 이러한 원료들 간의 상호작용 때문에 hardness와 cohesiveness의 모델은 Nonlinear model로 나타난 것으로 판단된다.

Trace plot

다시마 SCD 어육 gel의 최적 배합 조건을 찾기 위하여 수리미, 물 및 SCD의 배합비율을 달리하였을 때의 texture, 수분보유력 및 백색도의 특성을 Fig. 1에 나타내었다. 수리미와 SCD의 첨가량이 증가할수록 hardness의 값은 감소 후 증가하였으며, 물의 첨가량이 증가할수록 hardness의 값은 증가 후 감소하였다. 또한 수리미, 물 및 SCD의 첨가량이 증가할수록 cohesiveness 값은 감소 후 증가하였다. 수리미와 물의 첨가량이 증가할수록, SCD의 첨가량이 감소할수록 gumminess와 brittleness의 값은 증가하였다.

Table 3. Effect of sea tangle SCD on constraint coefficients of surimi gels expressed as pseudo value

Response	Constraint coefficient					
	Surimi (M)	Water (W)	SCD (S)	MW ¹⁾	MS ²⁾	WS ³⁾
Hardness	471.70	454.54	-4471.05		6327.90 (0.7502) ⁴⁾	
Cohesiveness	30.78	20.83	173.87	-25.65 (0.6540)		
Gumminess	316.77	42.27	601.20			
Brittleness	164.90	-11.45	350.03			
Water retention ability (WRA)	0.18	0.40	0.23			
Whiteness	63.60	61.20	9.67			

¹⁾Surimi×Water, ²⁾Surimi×SCD, ³⁾Water×SCD, ⁴⁾The number in parenthesis is probability > | t |.

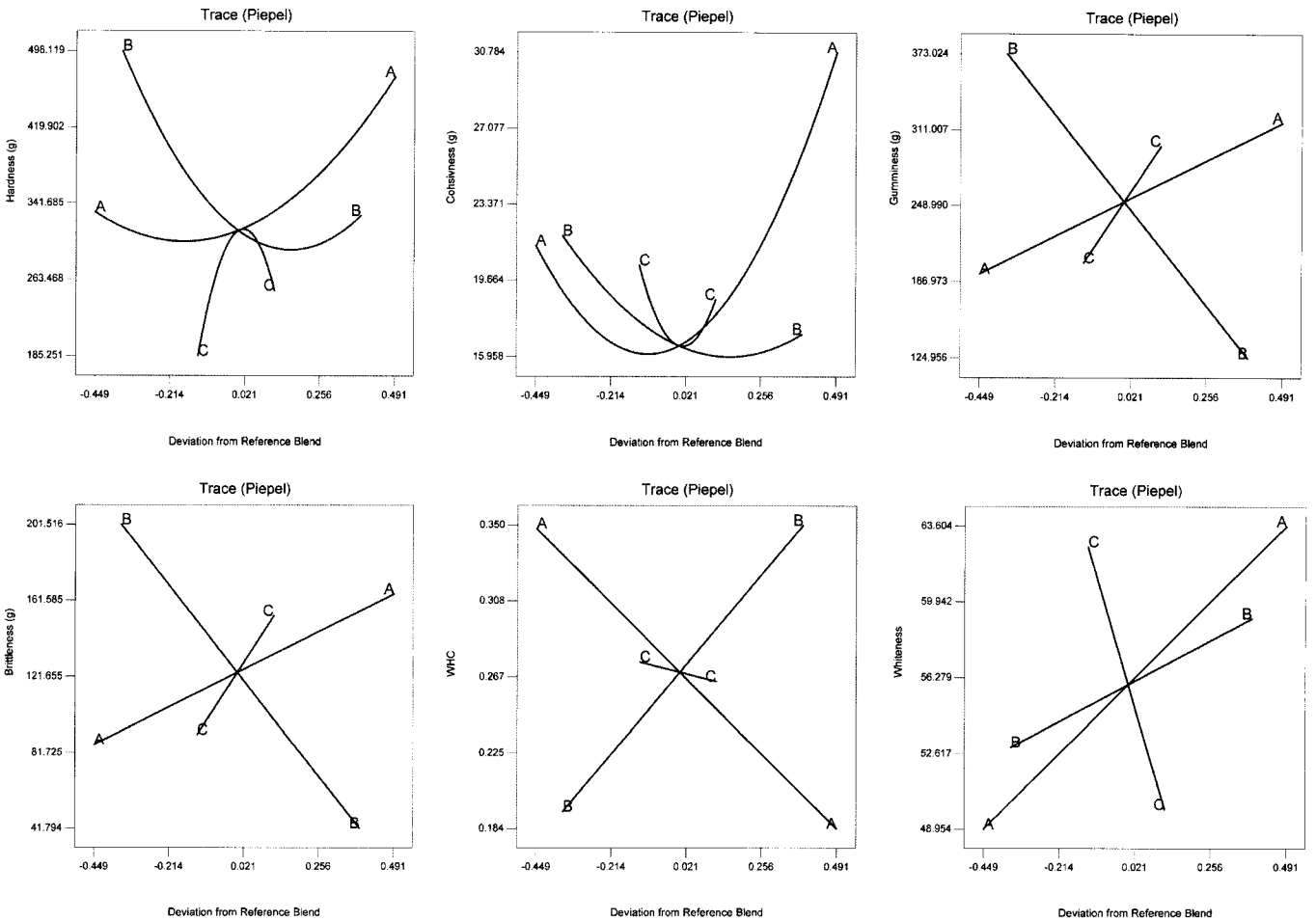


Fig. 1. Effects of sea tangle SCD on texture, WRA and whiteness of surimi gels. A-A: surimi, B-B: SCD, C-C: water.

SCD의 첨가량이 증가할수록 어육 gel의 texture 값은 대부분 감소하였는데, 이는 SCD의 첨가가 수리미 gel의 network 형성을 방해하여 gel 형성을 어려움을 준 것으로 판단된다. SCD의 첨가량이 증가할수록, 물의 첨가량이 감소할수록 수분보유력과 백색도의 값은 증가하였으나 수리미의 첨가량이 증가할수록 백색도의 값은 증가한 반면, 수분보유력은 감소하였다.

다시마 SCD 어육 gel의 최적배합비율

Modified distance design에 따른 다시마 SCD 어육 gel은 최대 값의 texture 값, 수분흡착력 및 백색도의 값에 따라 최적배합비율을 결정하였다. 최적 texture의 hardness, cohesiveness, gumminess 및 brittleness의 값은 각각 313.40, 16.40, 252.21 및 123.73

g/cm²이었으며, 수분보유력 및 백색도의 값은 각각 0.27 및 55.95 이었다. 이때의 다시마 SCD 어육 gel의 원료 수리미, 물 및 SCD 비율은 각각 36.80, 57.05 및 4.14%이었다.

요 약

다시마를 *Vibrio* sp.로 분해하여 제조한 SCD를 첨가하여 수산 연제품을 만들어 그 특성을 분석하였다. 원료의 최적 배합 비율을 구하기 위하여 mixture program의 modified distance design을 적용하였다. 수리미와 SCD의 첨가량이 증가할수록 hardness와 cohesiveness 값은 감소 후 증가하였다. SCD의 첨가량이 증가할수록 hardness의 값은 증가 후 감소하였으나 cohesiveness 값은 감

소 후 증가하였다. 수리미와 물의 첨가량이 증가할수록, SCD의 첨가량이 감소할수록 gumminess와 brittleness의 값은 증가하였다. SCD의 첨가량이 증가할수록, 물의 첨가량이 감소할수록 수분보유력과 백색도의 값은 증가하였다. 수리미의 첨가량이 증가할수록 백색도의 값은 증가한 반면, 수분보유력은 감소하였다. ANOVA 분석에 의한 다시마 SCD 어육 gel의 Hardness 및 cohesiveness는 nonlinear model(Quadratic model)이 결정되었으며, gumminess, brittleness, 수분보유력 및 백색도는 linear model이 결정되었다. Constraint coefficient 값의 분석 결과 수리미는 hardness 및 백색도에 가장 큰 영향을 미쳤고, cohesiveness, gumminess, brittleness에서는 SCD가, 수분보유력에서는 물이 가장 큰 영향을 미쳤다. Hardness는 surimi-SCD의 상호작용이 있었으며 cohesiveness에서는 surimi-water의 상호작용이 나타났다. Modified distance design에 의한 다시마 SCD 어육 gel의 수리미, 물 및 SCD의 최적배합 비율은 각각 36.80, 57.05 및 4.14%이었다.

감사의 글

본 연구는 2002년도 해양수산부 수산특정 과제 (과제번호 20020128) 연구비 지원에 의하여 수행된 연구결과의 일부이며, 지원에 감사드립니다.

문 헌

1. Wu MC. Manufacture of surimi-based product. pp. 245-272. In: Surimi Technology, Lanier TC, Lee CM. (eds). Marcel Dekker, New York, NY, USA (1992)
2. Lanier TC, Hart K, Martin RE. A manual of standard methods for measuring and specifying the properties of surimi. University of North Carolina Sea Grant College Program, Raleigh, NC, USA (1991)
3. Davis N. Fatty fish utilization: Upgrading feed to food. UNC Sea Grant College Publication UNC-SG-88-04 (1988)
4. Shumizu Y, Toyohara, Lanier TC. Surimi production from fatty and dark-fleshed fish species. pp. 118-208. In: Surimi Technology, Lanier TC, Lee CM. (eds). Marcel Dekker, New York, NY, USA (1992)
5. Park JW. Ingredient technology and formulation development. pp. 343-391. In: Surimi and Surimi Seafood. Park JW. (ed). Marcel Dekker, New York, NY, USA (2000)
6. Yoon WB, Park JW, Kim BY. Surimi-starch interaction based on mixture design and regression models. J. Food Sci. 62: 555-560 (1997)
7. Park JW. Function protein additives in surimi gels. J. Food Sci. 59: 525-527 (1994)
8. Yasunaga K, Abe K, Yamazawa M, Arai KI. Effect of bovine plasma on heat-induced cross-linking of myosin heavy chains in salt-ground meat from walleye pollack frozen surimi. Nippon Suisan Gakkaishi 63: 739-747 (1997)
9. Chen JS. Optimization in the formulation of surimi based extrude products. MS thesis, University of Rhode Island, Kingston, RI, USA (1987)
10. Seki N, Uno H, Lee NH, Kimura I, Toyoda K, Fujita T, Arai K. Transglutaminase activity in *Alaska pollock* muscle and surimi and its reaction with myosin. Nippon Suisan Gakkaishi 56: 125-132 (1990)
11. Usui T, Asari K, Mizuno T. Isolation of highly fucoidan from *Eisenia bicyclis* and its anticoagulant and antitumor activities. Agr. Biol. Chem. Tokyo 44: 1965-1970 (1980)
12. Nishino T, Aizu Y, Nagumo T. The relationship between the molecular weight and the anticoagulant activity of two types of fucan sulfates from the brown seaweed *Ecklonia kurom.* Agr. Biol. Chem. Tokyo 55: 791-797 (1991)
13. Kwon EA, Chang MJ, Kim SH. Quality characteristics of bread containing *Laminaria* powder. J. Korean Food Sci. Nutr. 32: 406-412 (2003)
14. Seo CH, Lee JW, DO JH, Chang KS. Quality characteristics of Korean red ginseng powder on pulverizing methods. J. Ginseng Res. 26: 79-84 (2002)
15. Uchida M, Nakayama A, Abe S. Distribution and characterization of bacteria capable of decomposing brown algae fronds in waters associated with *Laminaria* vegetation. Fisheries Sci. 61: 117-120 (1995)
16. Uchida M, Nakata K, Maeda M. Introduction of detrital food webs into an aquaculture system by supplying single cell algal detritus produced from *Laminaria japonica* as a hatchery diet for *Artemia* nauplii. Aquaculture 154: 125-137 (1997)
17. Ando Y, Inoue K. Decomposition of alginic acid by microorganisms-IV. On the *Vibrio*-type bacteria, newly isolated from the decaying *Laminaria*. J. Jap. Soc. Sci. Fish. 27: 339-341 (1961)
18. Ando Y, Inoue K. Decomposition of alginic acid by microorganisms-V. On the alginase of *Vibrio* sp. SO-20 strain. J. Jap. Soc. Sci. Fish. 27: 342-347 (1961)
19. Kitamikado M, Tseng CH, Aoki T, Yamaguchi K, Araki T. Isolation of bacteria capable of producing alginate-degrading enzyme from natural environment. Nippon Suisan Gakkaishi 55: 709-713 (1989)
20. Tseng CH, Yamaguchi K, Kitamikado M. Isolation and some properties of alginate lyase from a marine bacterium *Vibrio* sp. AI-128. Nippon Suisan Gakkaishi 58: 533-538 (1992)
21. Uchida M, Murata M. Fermentative preparation of single cell detritus from seaweed, *Undaria pinnatifida*, suitable as a replacement hatchery diet for unicellular algae. Aquaculture 207: 345-357 (2002)
22. Yoon WB, Park JW, Kim BY. Surimi-starch interactions based on mixture design and regression model. J. Food Sci. 62: 555-560 (1997)
23. Kim SM. Surimi-alginate gels as affected by setting: A study based on mixture design and regression models. Food Res. Int. 36: 295-302 (2003)
24. Chung HS, Song SD, Roh KS, Song JS, Park KE. The effects of acidic electrolytic water on the development of barley chloroplast. J. Korean Env. Sci. Soc. 8: 255-261 (1999)
25. Kim SM. Surimi-alginate gels as affected by setting: a study based on mixture design and regression models. Food Res. Int. 36: 295-302 (2003)
26. Choi YJ, Lee HS, Cho YJ. Optimization of ingredients formulation in low grades surimi for improvement of gel strength. J. Korean Fish. Soc. 32: 556-562 (1999)
27. Kocher PN, Foegeding EA. Microcentrifuge-based method for measuring water-holding of protein gels. J. Food Sci. 58: 1040-1046 (1993)
28. Park JW. Functional protein additives in surimi gels. J. Food Sci. 59: 525-527 (1994)
29. Chung KH, Lee CM. Function of nonfish protein in surimi-based gel products. Korean J. Soc. Food Sci. 10: 146-150 (1994)