

해삼추출액을 함유한 면의 특성 및 혼합물 설계법을 통한 혼합비의 최적화

유진실 · 홍은실 · 홍광원¹ · 윤원병*
강원대학교 식품생명공학과, ¹바이오 원

Optimization and Quality Characteristic of Noodles with Hydrolysate of Sea Cucumber (*Stichopus Japonicas*) Using a Mixture Design

Jinsil Yoo, Eunsil Hong, Kwang Won Hong¹, and Won Byong Yoon*

Department of Food Science and Biotechnology, Kangwon National University

¹Functional Food Company, Bio-one

Abstract

Sea cucumber (SC) or *Stichopus japonicas* is widely used in East Asia as a traditional medical component for the treatment of asthma, arthritis, and sinus congestion. The hydrolysate of SC (HSC) after treatment with a protease is also widely used as an ingredient for processed food application such as noodles. Tensile force and deformation are important texture properties of noodle. The peptides prepared by hydrolyzing SC could affect the tensile properties of noodle, as well as DPPH radical scavenging. The objectives of this study were to characterize the tensile properties, the texture properties, color, and DPPH radical scavenging of noodle with HSC and to determine an optimum formulation of dough with HSC for noodle. The HSC was prepared by hydrolyzing dried SC powder with distilled water (DW) and a protease, Protamex (Novozyme Nordisk, Bagsvaerd, Denmark). The tensile properties and antioxidant activity were used as major constraint functions for the optimization. The optimum ratio was determined as flour:water:HSC=69.27:22.48:7.05 (w/w). Increasing the amount of HSC in the formulation increased the tensile force but no significant difference was observed in the deformation.

Key words: hydrolysate of sea cucumber, noodle, mixture design, optimization, rheological property

서 론

해삼은 열대 지역의 따뜻한 바닷물과 차갑고 깊은 바다 해구와 다양한 서식지에서 발견되는 무척추동물이다(Zhong et al., 2007). 인도양과 서태평양 지역에 위치한 말레이시아, 필리핀, 일본, 한국, 중국 등 여러 나라에서 해삼은 중요한 식품으로 여겨지며, 특히 중국은 가장 큰 해삼의 재배지를 가지고 있다(Zong et al., 2007). Cui et al. (2007)은 해삼이 영양학적 가치가 높은 여러 물질들을 함유하고 있다고 보고하였으며 해삼의 일반성분은 단백질 함량이 2-5%이고 지방은 0-0.4%로 저지방식품에 속하며, Ca과 Na과 같은 무기질은 다른 어류에 비해 10배 이상 많지만 K, Zn, Cu와 Fe는 상대적으로 적다. 동물 등의 세포간 조직, 신경 조직 및 연골 조직에서 발견되는 점질 다당체인 황산

콘드로이친(Chondroitin sulfate)을 2.6-3.2%를 함유하고 있다. 해삼 body wall은 효소를 이용하여 가수분해 될 수 있는데, 이 가수분해물이 고혈압 예방에 효과적이라는 연구가 많이 진행되었다(Zhao et al., 2007, Wijesekara & Kim, 2010). 이러한 약리 작용을 지니고 있어 중국과 일본을 비롯해 주변 국가들의 해삼 소비량은 해마다 급증하고 있을 뿐만 아니라 식품소재로 이용도가 매우 높아지고 있다.

하지만, 해삼이 고부가가치 해양 식품 중의 하나(USD 400 \$/kg, Toral-Granda et al., 2008)이지만, 해삼은 바닷물로부터 수확된 후 자가분해 반응이 일어난다. 이러한 자가분해 반응 때문에, 활 해삼으로 유통되는 것은 많은 어려움이 따른다(Moon & Yoon, 2016). 냉동해삼의 경우 냉동공정과 원가 상승 및 해동 시 발생하는 해삼의 자가분해 효소 반응으로 이용도가 제한적이다. 해삼 이용에 있어서 해삼의 자가분해 효소 반응으로 유통에 많은 제한점이 있어 해삼을 활용한 부가가치 가공식품에 대한 연구 및 산업화 사례는 매우 적다. 해삼을 액화시키는 기술을 통해 해삼의 효능을 증대시킬 수 있으며, 액화된 해삼은 여러 식품에 쉽게 이용될 수 있고 고유의 특성을 유지할 수 있는 장점을 가지고 있다.

*Corresponding author: Won Byong Yoon, Department of Food Science and Biotechnology, College of Agricultural and Life Science, Kangwon National University, Chuncheon, Gangwon, 24341, Korea
Tel: +82-33-250-6459; Fax: +82-33-241-0508
E-mail: wbyoon@kangwon.ac.kr

Received March 26, 2016; revised April 27, 2016; accepted May 3, 2016

면은 섭취가 간편하며 유통기한이 다른 가공식품에 비해 길고, 기호도가 높아 전 세계적으로 소비되는 가공식품 중 하나이다(Yadav et al., 2014). 면 산업에서 건강 기능성 소재를 첨가한 면의 생산이 증가되는 추세이다. 그 소재로는 보리(Lee & Jung, 2003), 콩(Bae & Rhee, 1998), 고구마(Kim et al., 1973), 다시마(Bang et al., 2006), 양파(Lee & Shin, 2006), 상향 버섯(Kim et al., 2005), 새 송이 버섯(Sung et al., 2008), 검은 비늘 버섯(Kim et al., 2000), 느타리 및 표고버섯(Kim, 1998; Kim et al., 2008), 녹차(Hyun et al., 2001), 송화(Kim, 2005), 헛개 나무 열매(Choi & Park, 2005) 등이 있으며, 다양한 식품 소재를 첨가하여 제면 연구가 되어 있고, 제조된 국수의 특성에 대한 연구가 보고되었다. 하지만, 해삼 추출액을 함유한 제면 특성에 대한 연구는 보고된 바가 없다.

식품의 개발과 재료의 혼합비 최적화를 위한 중요한 방법으로 혼합물 설계법을 이용할 수 있다(Næs et al., 1998). 혼합물 설계법 중 혼합물 실험 시 전 영역이 아니라 제한된 영역에서 실험을 하고자 할 때 꼭지점 설계법을 이용할 수 있다. 이 실험 계획법은 제한된 영역의 모든 꼭지점과 이 꼭지점들의 선형조합으로 이루어지는 몇 개의 적절한 점을 선택하여 실험을 실시하도록 한다. 관능 특성을 기본으로 한 꿀 드링크제 혼합물의 최적화(Karaman et al., 2010), 수리미의 혼합비에 따른 색도 및 레올로지 특성(Kim et al., 2003), 면의 제조를 위한 밀가루, 소금 및 탄산나트륨 혼합비의 최적화(Shelke et al., 1990) 등 혼합물 설계법을 이용한 연구가 진행되었다. 식품과 같이 여러 성분들로 혼합할 때 어떠한 성분이 종속변수에 유의미한 결과를 나타내며, 종속변수의 반응량을 최소, 최대, 또는 원하는 반응량을 설정하여 재료 혼합비의 최적을 찾고자 할 때 혼합물 설계법이 사용될 수 있다(Næs et al., 1999).

따라서 본 연구에서는 항산화물질을 가지고 있으며 식품에 이용하기 쉬운 해삼 추출액(HSC, hydrolysate of sea cucumber)을 이용하여 제면의 특성을 색도, 조직감, 항산화능 그리고 유변학적 측정을 통하여 파악하고, HSC와 밀가루, 물을 혼합물 설계법의 요인으로 설정하여 원하는 반응값을 갖는 혼합비로 최적화하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에서 사용되는 해삼은 경상남도 통영 해역에서 채집한 생 해삼(*Stichopus japonicus*)의 내장을 제거하고 이 물질을 세척한 후 열풍건조를 시켜 건해삼 상태를 만든 후 분쇄하여 제조된 해삼 건조 가루를 바이오원(Bio-one, Gangneung, Gangwon, Korea)에서 제공받았다. 면의 제조에 이용한 밀가루(Daehan Flour Co., Seoul, Korea)와 소금(CJ CheilJedang, Seoul, Korea)은 시중에서 구입하였다.

추출액

해삼 건조 가루의 일정한 입자 크기를 얻기 위하여 분쇄물을 screen mesh (2, 1.4, 1.18, 1.06, 0.425, 0.25 mm)와 sieve shaker (CG-211-8, Chunggye, Seoul, Korea)로 분리하였다(Lee et al., 2013). 분리된 가루 중 입자 크기가 0.425 mm와 0.25 mm 사이인 가루만을 사용하였다. 해삼을 가수분해 시키기 위해 Protamex 효소(Novozyme Nordisk, Bagsvaerd, Danmark)와 증류수, 해삼 가루를 0.66:500:66 비율로 1 L 비커에 넣고 40°C, 200 rpm인 진탕 배양기(LSI-3016R, Lab Tech Co., Namyangju, Korea)에서 6시간 동안 가수분해하였다. 효소를 실행 시키기 위해 100°C의 끓는 물에 10분간 중탕한 후, 상온에서 1시간 방치하였다. HSC는 원심분리기(Supra 22K, Hanil, Seoul, Korea)를 이용하여 1,800 rpm, 4°C에서 15분간 고형분을 분리한 후 상층액만 실험에 사용되었다.

혼합물 설계법에 의한 실험 디자인

HSC를 함유한 면을 제조하기 위하여 Minitab 소프트웨어를 이용하여 HSC 제면 제조 조건을 확립하였다(Kim, 2003). HSC 제면 제조는 밀가루, 물, HSC를 변수로 하여 꼭지점 설계에서 설계차수를 1로 하였고, 총 9개의 실험점을 도출하였다(Table 1). 각각의 변수 조건은 Bang et al. (2006)의 방법을 변형하여 밀가루 0.56-0.7, 물 0.20-0.26, HSC 0.03-0.08로 하였으며, 소금의 양은 1.2%로 고정하였다. Fit regression model을 이용하여 본 실험에서 적합한 모델을 도출하고, 독립변수의 최적 혼합비를 구하기 위하여 면의 tensile 측정, HSC를 함유한 면의 DPPH radical 소거능, TPA 측정 값, 마지막으로 색도 값을 결과값으로 설정하였다. 제면 특성에서 tensile load 값이 증가할수록 면이 끊길 때 더 많은 힘이 드는 것으로, 일반 밀가루 제면 시 33 g으로 측정되었고, HSC 함량을 증가시키더라도 일반 밀가루 제면 특성과 유사한 값을 지니도록 설정하였다. 따라서 HSC는 tensile property에 영향을 주지 않은 한 최대의 양을 넣기 위해 밀가루 면 기준 $\pm 5\%$ 범위를 설정하였고, 항산화능은 최대로 설정하였다.

반죽 및 면의 제조

HSC를 포함하는 반죽은 혼합물 설계법 디자인에서 도출된 9개 점에서의 배합비(Table 1)로 제조하였으며, 대조군은 HSC가 포함되어 있지 않은 면을 이용하였다. 밀가루를 반죽기(5K5SS, KitchenAid, St. Joseph, MI, USA)에 넣고 30 s 동안 혼합 시킨 후 소금 1.2 g을 녹인 증류수를 30 s 동안 천천히 첨가하였다. 이후 10분 동안 반죽하였고, 휴지 동안 수분 손실을 방지하기 위하여 폴리에틸렌 비닐에 반죽을 넣었으며, 완료된 샘플은 상온에서 20분 동안 휴지시켰다. 완성된 반죽은 고르게 펼치기 위해 제면기(Atlas 150, Marcato Co, Campodarsego, Italy)를 이용하여 100 g

Table 1. Blended ratios (% (w/w)) of wheat flour, water, and HSC for noodle preparation according to mixture experimental design

| Sample | Wheat flour | Water | HSC | Salt |
|--------|-------------|-------|-------|-------|
| T1 | 0.693 | 0.252 | 0.043 | 0.012 |
| T2 | 0.700 | 0.260 | 0.030 | 0.012 |
| T3 | 0.648 | 0.260 | 0.080 | 0.012 |
| T4 | 0.698 | 0.260 | 0.030 | 0.012 |
| T5 | 0.687 | 0.247 | 0.055 | 0.012 |
| T6 | 0.693 | 0.227 | 0.068 | 0.012 |
| T7 | 0.692 | 0.253 | 0.043 | 0.012 |
| T8 | 0.700 | 0.208 | 0.080 | 0.012 |
| T9 | 0.667 | 0.253 | 0.068 | 0.012 |

의 반죽을 3 mm, 2 mm, 1 mm 간격의 롤러에 순서대로 각각 3회 반복하여 시트를 통과시켰다. 조리 면을 제조하기 위하여 시트를 끓는 물에 3분간 삶고 2분 동안 10°C 온도의 물로 냉각시켰다. 얇은 판 형태의 조리된 면을 제작한 링 커터를 이용하여 두께 1.5 mm, 너비 1.5 mm의 면을 제조하였다(Fig. 1a, b).

면의 인장도 측정

면의 인장 특성은 O-ring 인장도 측정 방법을 이용하였으며, 제조한 면이 끊어질 때의 힘과 거리를 측정하였다. 고리 형태의 면은 얇은 판 형태로 조리된 면을 자체 제작한 링 커터(Fig. 1a)를 이용하여 두께 1.5 mm, 너비 1.5 mm

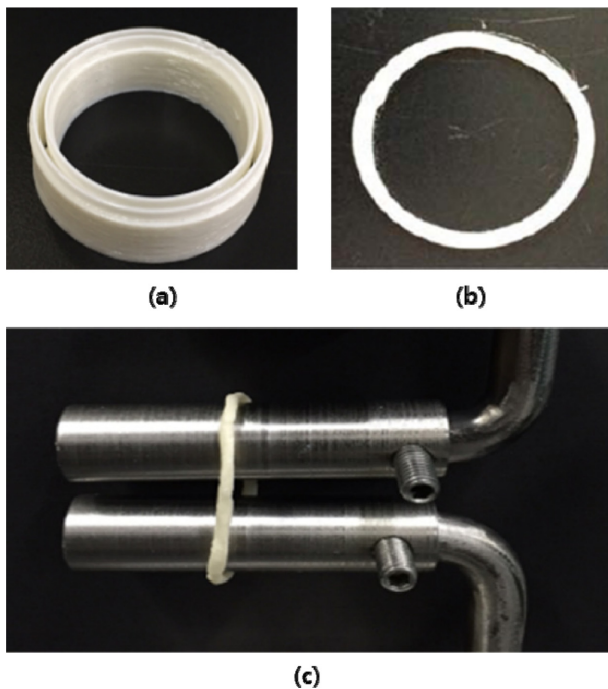


Fig. 1. (a) A ring cutter; (b) a ring sample for measuring tensile properties of HSC noodle; (c) the tensile measurement equipment.

의 면을 제조하였다. 측정 기기는 자체 제작한 인장도 측정 장치(Fig. 1b)를 이용하였으며 위로 당기는 속도는 1 mm/s로 설정하였고 총 5회 반복 측정하였다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

DPPH 라디칼 소거능은 Hong et al. (2015)의 방법을 이용하여 측정하였으며, HSC 함유한 제면의 항산화 활성을 확인하기 위하여 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH, Wako Pure Chemical Industries Ltd., Osaka, Japan)을 사용하여 radical 소거능을 측정하였다. 0.0004 M DPPH시약 160 µL에 시료 40 µL를 4:1의 비율로 96 well plate에서 30 분 동안 상온에서 반응시켰다. ELISA reader (SPECTRAMax 190PC, Molecular Devices, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 490 nm에서 흡광도를 측정하여 식 (1)과 같이 계산하였다.

$$\begin{aligned} & \text{전자공여능(\%)} \\ & = (1 - \text{시료첨가구의 흡광도} / \text{무첨가구의 흡광도}) \times 100 \end{aligned} \tag{1}$$

조직감 측정

반죽 14 g을 지름 20 mm, 높이 20 mm의 원기둥 형태로 제조하여 끓는 물에서 3분 동안 삶은 후 건져서 흐르는 냉수에 2분간 냉각시킨 다음 체에 건져 2분간 상온에서 방치한 후 측정하였다. 조리면을 측정 전 지름 20 mm, 높이 20 mm이 되도록 틀을 이용하여 제조하였으며, 조직감 측정은 texture analyzer (CT-3, Brookfield, Middleboro, MA, USA)를 이용하여 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 부착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness)을 측정하여 결과로 나타내었다. Probe는 TA11/1000, trigger load 7 g, test speed 0.5 mm/s, deformation 20%의 조건을 설정하여 측정하였다.

면의 색도 측정

HSC를 첨가한 면의 조리 된 후의 색도 측정은 색차계 (CR-310, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 표준 백색판으로 보정한 후 명도(L*), 적색도(a*), 황색도(b*) 값을 측정하였다. 조리된 후 1.5 mm 두께의 시트를 직경 37 mm의 원형으로 절단하여 색도를 측정하였으며, 각 실험군에서 총 3회 반복 측정하여 평균과 표준편차로 나타내었다.

통계적 분석

본 연구의 모든 결과는 평균과 표준편차로 나타내었으며, 일원분산분석(one-way ANOVA)을 이용하여 분석을 실시한 후, 유의성이 존재할 경우 Duncan's multiple rate test를 실행하여 통계학적 유의성을 검증하였다. $p < 0.05$ 인 경우에 통계학적으로 유의성이 있는 것으로 판정하였고, SPSS

14.0 통계 소프트웨어 프로그램(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하였다.

결과 및 고찰

HSC 함량에 따른 제면 조직감 특성 확인

HSC를 함유한 면과 함유하지 않은 면의 조직감을 비교한 결과, HSC 함량이 증가할수록 경도(hardness)가 증가하였으며, HSC 4% 함유한 숙면(cooked noodle)과 대조군(밀가루 반죽, control)의 결과 값은 각각 2,371 g, 2,394 g로써 유의적인 차이가 나타나지 않았지만, HSC 25% 숙면에서는 경도가 2,570 g로 증가하였음을 확인할 수 있었다. Tilley et al. (2001)과 Kohler et al. (1993)에서 보고된 바에 의하면, 추출액에 함유되어 있는 변성단백질과 펩타이드의 가장 자리와 밀가루 내 글루텐이 disulfide-sulfhydryl exchange에 의해 cross-link를 형성 하였다. 이러한 결합은 제면 시 경도를 증가시키는데 기인할 수 있다. 부착성(adhesiveness)은 HSC 첨가량과 상관없이 일정한 값을 나타냈지만, 생면

의 경우 부착성이 크나 숙면 제조 시 모든 실험군에서 유의미하게 감소함을 확인하였다. 높은 HSC 함량의 숙면에서 응집성(cohesiveness)이 증가하는데, 이는 추출액 내 펩타이드와 변성 단백질이 글루텐 사이의 가교 역할을 하여 숙면 내 성분끼리 결합하려는 성질이 증가하였기 때문에 발생한 요인이 기인한 것이라 판단되었다(Kohler et al., 1993; Tilley et al., 2001). 탄력성(springiness)은 HSC가 첨가된 숙면이나 첨가 되지 않은 숙면에서 유의적인 차이를 보이지 않았다.

HSC 함량에 따른 면의 인장도

면의 인장도(tensile property) 실험은 면의 끊어지는 길이와 끊어질 때의 힘을 측정하는 것으로 면이 끊어질 때 얼마나 저항력을 가질 수 있는지 확인할 수 있는 측정 인자이다(Seib et al., 2000). HSC를 첨가하여 두께 1.5 mm, 너비 1.5 mm의 고리형태로 제조한 숙면의 인장도를 측정할 결과는 Fig. 2와 같다. 인장 시 파열하는 힘(failure tensile load)은 낮은 HSC 함량에서는 유의적인 차이를 보이지 않았

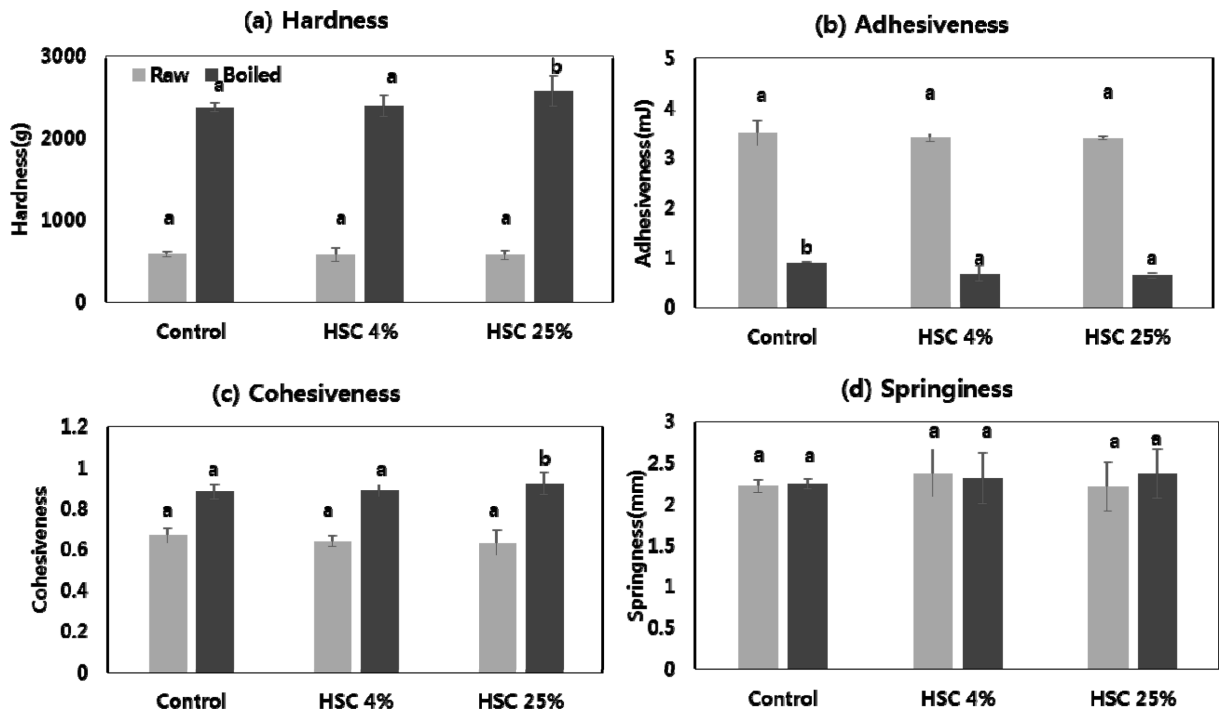


Fig. 2. Texture properties of raw and cooked noodle with various levels of HSC.

Table 2. Color characteristics of cooked noodle with various level of HSC measured as the lightness (L), red-green (a), and yellow-blue (b)

| Sample | Uncooked | | | Cooked | | |
|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| | L | a | b | L | a | b |
| Control | 80.65±0.43 ^b | -1.90±0.24 ^b | 11.24±0.15 ^a | 75.66±0.77 ^b | -1.43±0.26 ^b | 7.08±0.75 ^a |
| HSC 4% | 80.20±0.16 ^b | -1.92±0.16 ^b | 11.32±0.15 ^a | 74.40±1.14 ^b | -1.44±0.26 ^b | 7.20±0.24 ^a |
| HSC 25% | 79.28±0.14 ^a | -2.17±0.14 ^a | 12.50±0.17 ^b | 72.00±0.16 ^a | -1.92±0.16 ^a | 8.87±1.51 ^a |

^{a,b} Indicates a significant difference within columns ($p < 0.05$)

으며, 25% HSC 함유한 숙면에서 35 g으로 대조군(control) 보다 3.75 g 높았다. 조직감의 결과와 유사하였으며, HSC 내에 변성 단백질이나 펩타이드들과 밀가루 내 글루테이 황화결합을 발생시켜 견고한 구조를 이루게 되어 끊어지지 않고, 신축성이 커짐을 확인할 수 있다. 낮은 HSC 함량에서는 이러한 구조에 큰 영향을 끼치지 못하여 일정 함량 이상이 되어야 확인할 수 있었다.

HCS 함량에 따른 DPPH radical 소거능 결과

HSC 함량에 따른 DPPH radical 소거능을 확인하였으며 (Table 2), DPPH radical 소거능은 HSC 함량이 높을수록 높아 항산화 효과가 높음을 나타내었다. HSC 4% 숙면과 대조군은 각각 2.26±1.01%, 3.77±0.40%로 평균은 증가하였으나 유의차 분석 시 차이가 없었으며, HSC 25%의 숙면에서 12.49±1.05%의 DPPH radical 소거능을 확인하였다. Mamelona et al. (2007)에서 해삼의 에탄올 추출물의 농도를 증가할수록 높은 소거능을 나타내었는데, 이는 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 해삼은 해양 무척추동물 중 하나이고, 해양 무척추동물들은 비타민 E, C, 페놀화합물, 그리고 카로티노이드 성분을 함유하고 있어 항산화 기능을 가지고 있어(Zhong et al., 2007), HSC를 이용한 제면 실험에서도 항산화 기능을 보였다.

HCS 함량에 따른 색도 결과

본 연구에서 HSC를 첨가할수록 색도의 변화를 반죽과 숙면의 명도(L), 적색도(a), 황색도(b)로 나타내었다(Table 2). 5% HSC 함유한 생면과 대조군의 명도(lightness, L)는 각각 80.65±0.43, 80.20±0.16로 유의적인 차이가 없었으며, 25% HSC 함유한 생면의 명도가 79.28±0.14로 감소하였음을 확인하였다. HSC 함량이 낮은 경우 색도는 유의적인 차이를 나타내지는 못하였다.

이는 HSC 자체가 가지는 색에 기인한 것이며, HSC 첨가량이 증가할수록 명도는 감소하였다. 본 연구와 유사하게 파래 분말, 토마토, 마 분말, 컬러감자 분말(Ahn & Yoon,

2008; Cho, 2010; Kim et al., 2015; Jung et al., 2015)을 첨가하여 국수를 제조하였을 때도 첨가량에 따라 L값이 크게 감소하였음을 확인할 수 있었다. 적색도(redness, a)는 모두 음의 값을 가졌으며, HSC 함량이 증가할수록 감소하였으나, 황색도(yellowness, b)에서는 증가하였다. 반죽을 조리하여 숙면 제조 시 b값이 감소하여 밀가루 면 보다 푸른빛을 나타남을 확인하였다. 이는 추출액 자체에서 유래되는 색소 성분들에 의한 영향이 크게 작용한다고 볼 수 있으며, 또한 Lim et al. (2007)에서 보고된 바에 의하면, 단백질 함량의 증가로 아미노-카르보닐 반응 물질의 생성으로 연근 첨가 시 b값이 감소하였다. 이와 같이 HSC 함량 증가에 따라 단백질 함량 증가에도 영향을 받은 것으로 보여진다.

혼합물 설계법 결과

혼합물 설계법을 통해 도출된 9개 꼭지점에서의 면 인장도(tensile), 항산화 효과(DPPH radical scavenging), 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 씹힘성(chewiness), 색도(color)의 결과값은 Table 3과 같다. 부착성, 탄력성, 색도는 지정된 HSC 범위 내에서 유의적인 차이가 발생하지 않았으며 면이 최대로 늘어났을 때 파열 힘(failure tensile load)은 각 꼭지점과의 유의적인 차이를 보였다. Table 3과 같이 인장 시 파열 힘에 밀가루가 가장 큰 영향을 미치고, 그 다음 추출액이 파열 힘을 증가시키는 역할을 하였다. Tilley et al. (2001)과 Kohelr et al. (1993)에서 보고된 바에 따르면, 추출액 속 변성 단백질이나 펩타이드와 밀가루의 글루텐 사이에 황화 결합으로 인해 cross link를 발생시켜 면이 연속적으로 결합하였음을 알 수 있었다.

항산화 효과를 확인하기 위한 DPPH radical 소거능의 실험 결과는 Table 3과 같았다. DPPH radical 소거능은 오직 추출액 함량에 따라서 선형적으로 증가하거나 감소하였고 추출액 함량이 증가할수록 DPPH radical 소거능이 증가하였다. Husni (2009)에서 보고된 바에 의하면, 해삼 에탄올 추출복합물의 농도가 증가함에 따라 DPPH 소거능이 증가함을 확인할 수 있었다.

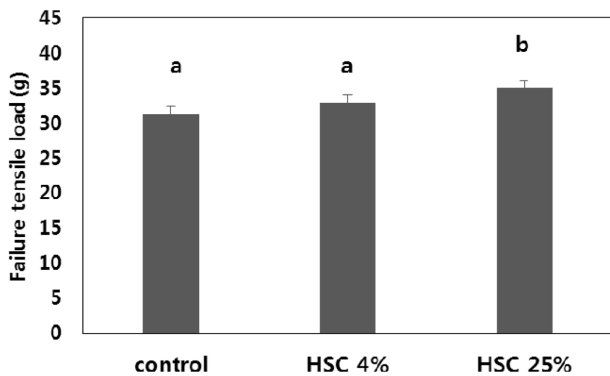


Fig. 3. Effect of addition of HSC on the failure tensile strength of cooked noodle.

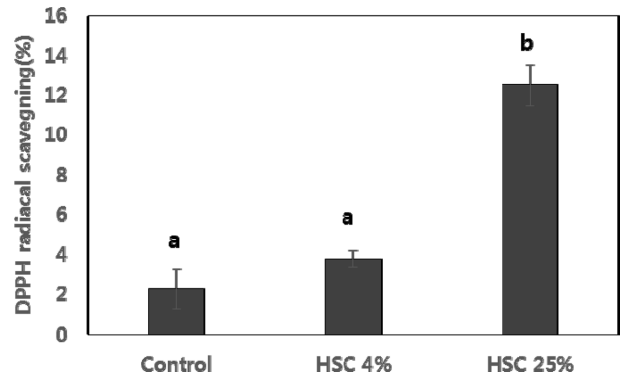


Fig. 4. Effect of addition HSC on the DPPH radical scavenging of cooked noodle.

Table 3. The result of boiled HSC noodle rheological properties, DPPH, texture, and color on the mixture design experimental points

| Sample | | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
|-------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Tensile | Load (g) | 33.75±3.54 ^{csde} | 30.00±6.12 ^{bc} | 23.13±2.59 ^a | 31.43±2.44 ^{bc} | 35.56±3.91 ^{de} | 29.29±4.50 ^b | 32.14±2.67 ^{bcd} | 36.67±3.54 ^c | 22.22±2.64 ^a |
| Antioxidant | DPPH radical scavenging (%) | 3.23±0.087 ^b | 2.67±0.102 ^a | 10.13±0.107 ^d | 2.57±0.041 ^a | 4.32±0.052 ^{bc} | 8.84±0.089 ^c | 10.63±0.075 ^d | 10.84±0.042 ^d | 8.12±0.056 ^c |
| TPA | Hardness (N) | 37.05±1.37 ^f | 35.90±1.75 ^f | 21.88±1.80 ^a | 29.73±1.64 ^c | 21.87±1.01 ^c | 26.67±1.16 ^d | 25.62±0.92 ^d | 31.10±0.99 ^e | 24.80±0.75 ^b |
| | Adhesiveness (mJ) | 4.30±0.44 ^c | 0.55±0.39 ^a | 0.60±0.87 ^a | 3.70±1.21 ^{bc} | 0.30±0.21 ^a | 0.65±0.25 ^a | 0.67±0.21 ^a | 0.80±0.59 ^a | 2.87±1.70 ^b |
| | Springiness (mm) | 2.67±0.37 ^a | 2.77±0.13 ^a | 13.91±3.30 ^b | 2.80±0.32 ^a | 2.95±0.25 ^a | 2.80±0.17 ^a | 2.93±0.10 ^a | 2.93±0.14 ^a | 2.62±0.43 ^a |
| | Chewiness (mJ) | 91.12±4.31 ^e | 85.08±7.96 ^{de} | 54.23±35.69 ^b | 81.18±7.61 ^{de} | 60.88±9.10 ^b | 65.96±3.60 ^{bc} | 64.65±3.13 ^{bc} | 76.40±4.53 ^{cd} | 40.70±2.82 ^a |
| Color | L | 74.66±0.77 ^a | 74.40±3.14 ^a | 73.73±0.17 ^a | 75.82±1.01 ^a | 73.19±0.31 ^a | 70.59±1.63 ^{ab} | 74.17±0.56 ^a | 69.31±0.09 ^{ab} | 75.41±0.20 ^a |
| | a | -2.43±0.08 ^a | -2.48±0.04 ^a | -2.28±0.08 ^a | -2.02±0.06 ^a | -2.63±0.06 ^{ab} | -2.17±0.14 ^a | -2.11±0.05 ^a | -2.75±0.08 ^b | -2.49±0.05 ^a |
| | b | 8.08±0.75 ^a | 9.71±0.24 ^{ab} | 8.24±0.32 ^a | 8.62±0.18 ^a | 9.45±0.26 ^{ab} | 9.54±0.20 ^{ab} | 8.09±0.38 ^a | 10.62±0.49 ^b | 10.80±0.37 ^b |

Each value is means ± S.D

^{a-d)} Values with different small letter within a differ significantly ($p < 0.05$)

Table 4. Analysis of particular models and regression of polynomial equations for the 2 responses

| Response | Model | Prob<F | Equation in term of pseudo components | R ² |
|----------|-----------|--------|---------------------------------------|----------------|
| Load (g) | Quadratic | 0.018 | 69.532A-8.290B+3.283C+95.369BC | 85.84% |
| DPPH | Linear | 0.001 | -2.03A-15.61B+47.26C | 91.39% |

A: Flour, B: Water, C: HSC

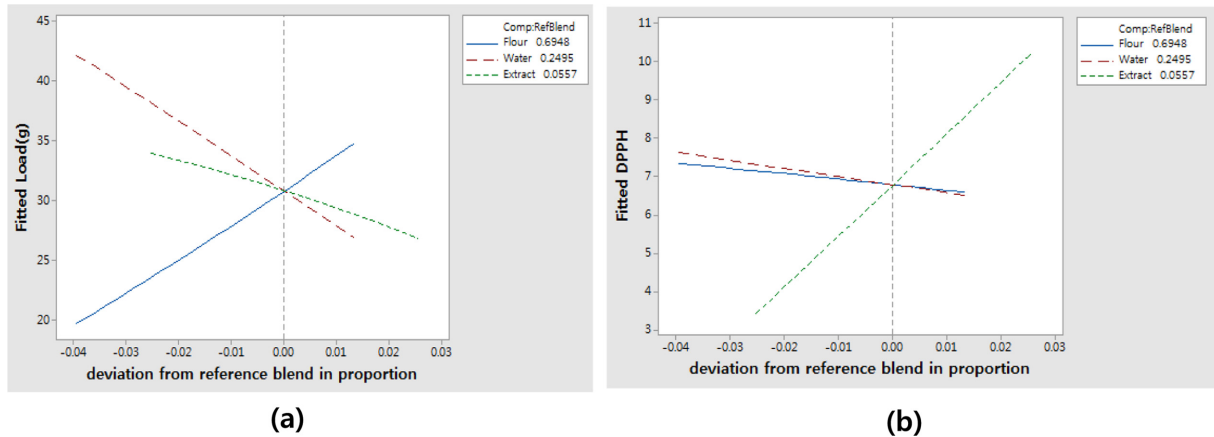


Fig. 5. Results of Piepel response trace plot of load (g) and DPPH radical scavenging.

최적 배합비 도출

혼합물 설계법의 각 꼭지점에서 도출된 결과 값을 이용하여 적절한 모델을 선택하기 위하여 여러 가지 분석법이 존재한다. 가장 단순한 모델로 적합 시킨 후, 필요한 항을 추가시키는 전진 선택방법, 전체 모델로 적합 시킨 후, 유의하지 않은 항을 제거시키는 후진 제거 방법, 적절한 모델로 적합 시킨 후, 필요한 항을 추가시키거나 제거시키는 단계적 회귀 방법, 마지막으로 위의 방법들을 포함한 혼합 회귀방법이 있다. 본 연구에서는 단계적 회귀 방법을 통해 적합한 모델 식을 도출하였다.

단계적 회귀 방법으로 도출된 tensile load (g) 반응값의 모델은 Quadratic이며, DPPH radical 소거능 반응값의 모델은 Linear로써, 두 모델을 이용하여 최적화에 사용하였다. Quadratic과 Linear모델은 모두 낮은 p값 및 높은 R²값을 보였다. Load (g)와 DPPH radical 소거능의 데이터와 fitting을 나타내는 R²값은 각각 85.84%와 91.39%로 높은 적합성을 나타내었다. Load (g)와 DPPH radical 소거능 도출 식에서 계수를 살펴보면(Table 4), tensile load에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 밀가루이며 두 번째 요인은 HSC였다. 이러한 결과는 tensile load는 밀가루 속 글루텐 함량에 따라 달라지기 때문이며, HSC 함량이 증가할수록 변성 단백질과 펩타이드의 결합으로 인해 load가 증가하기 때문이다. DPPH radical 소거능은 HSC 영향을 가장 유의하게 받으며 계수 47.26의 값을 나타냈다.

추정 반응 값을 계산하기 위하여 제약이 있는 혼합물 설계법을 실행하였기에 Piepel 방향 방법을 채택하여 반응계적도(Fig. 5a, b)를 확인하였다. Fig. 5에서 실험영역의 중

심점에서 각 성분이 반응값에 상대적으로 미치는 영향을 보여준다. Fig. 5a는 인장도의 반응추적 궤적을 나타내며 밀가루 함량이 증가할수록 인장도는 비례하여 증가하며, 반대로 물과 추출액의 첨가량이 증가하면 인장도는 감소하고, 이에 미치는 영향은 HSC가 상대적으로 큰 것으로 나타났다. Fig. 5b는 DPPH radical 소거능에 관련된 궤적도 이며 물과 밀가루는 큰 영향을 끼치지 않는 것으로 나타났고, HSC 함량이 증가할수록 설정한 반응 값이 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 밀가루, 물, HSC의 배합비 범위 내에서 반응 값은 Table 3에서 유의적인 차이가 있었던 인장 시면이 파열할 때의 힘(load (g))과 HSC의 항산화 기능을 확인할 수 있는 DPPH radical 소거능을 선택하였다. 파열 힘은 일반 밀가루 숙면(33 g) 대비 5% 내외로 설정하여 HSC를 첨가하여도 숙면의 레올로지 특성이 변화하지 않는 범위를 지정하였고, 항산화 기능은 최대로 하였다. 반응 최적화 도구를 이용하여 도출된 배합비의 desirability 0.7609를 만족하는 최적 배합비는 밀가루 69.27% (w/w), 물 22.48% (w/w), HSC 7.05% (w/w)였다(Fig. 6).

요 약

항산화 물질을 함유하고 있는 HSC를 첨가한 숙면의 물리화학적 특성을 확인하였다. 열수추출을 이용하여 제조된 HSC의 함량에 따라 조직감과 인장도, DPPH radical 소거능, 색도의 변화를 관찰하였으며, HSC가 포함하고 있는 변성 단백질 및 펩타이드와 밀가루와의 cross link작용으로

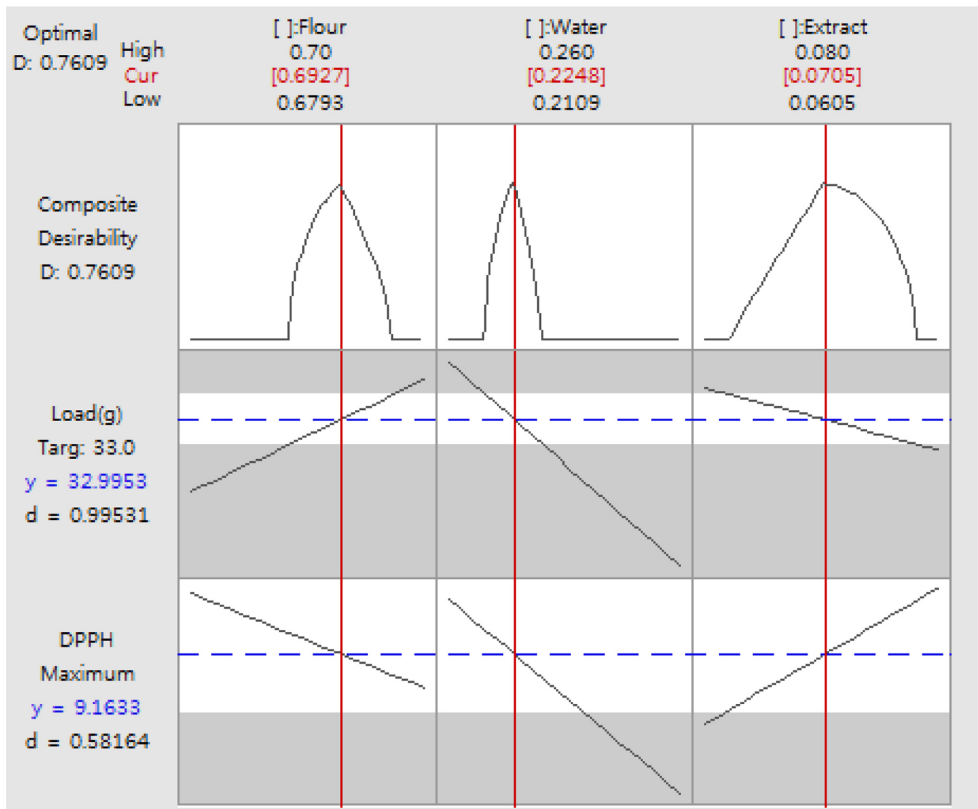


Fig. 6. Optimization response for HSC noodle blended ratios of flour, water, HSC with optimization goals.

인해 HSC를 첨가할수록 인장도가 커짐을 확인하였다. 또한 HSC 함량은 DPPH radical 소거능에도 유의적인 영향을 미쳤으며, 이는 해삼이 가지고 있는 여러 비타민과 페놀화합물, 카로티노이드계 물질들을 함유하고 있기에 항산화 검사에서 유의적인 차이를 보였다. 혼합물 설계법 (mixture design)을 적용하여 HSC 제면 혼합비를 최적화하였으며, 요인은 밀가루, 물, HSC로 설정하였고, extreme vertices (꼭지점 법)에 의해 혼합비를 달리하여 제조하였다. 반응값으로 인장도(tensile test), DPPH radical 소거능, 조직감(TPA), 색도를 측정하였고, 반응값의 결과를 확인하여 유의적인 차이를 나타내는 인장도와 DPPH radical 소거능만을 이용하여 최적 배합비를 도출하였다. 인장도는 HSC이 첨가되더라도 레올로지 특성치를 유지시켜주는 범위를 설정하기 위해 일반 밀가루 면의 인장도에서 5% 내외로 설정하였으며, DPPH radical 소거능은 최대화하였다. 그 결과 최적화된 HSC 제면 혼합비는 밀가루 69.27% (w/w), 물 22.48% (w/w), HSC 7.05% (w/w)로 나타났다.

감사의 글

2015년도 강원대학교 대학회계 학술연구구성비로 연구하였음(관리번호-D1000116-01-01).

References

Ahn JW, Yoon JY. 2008. Quality characteristics of noodles added with *Dioscorea japonica* powder. Korean J. Food Sci. Technol. 40: 528-533.

Bae CH, Rhee C. 1998. Effect of soybean protein isolate on the properties of noodles. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 1301-1306.

Bang SJ, Shin IS, Kim SM. 2006. Optimum process condition of noodles with sea tangle single cell detritus (SCD). Korean J. Food Sci. Technol. 38: 68-74.

Cho HS. 2010. Rheological properties of dried noodles with added *Enteromorpha intestinalis* powder. J. East Asian Soc. Diet. Life 20: 567-574.

Choi S, Park GS. 2005. A study on the noodle quality made from *Hovenia dulcis* composite flour. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 34: 1586-1592.

Cui FX, Xue CH, Li ZJ, Zhang YQ, 2007. Characterization and subunit composition of collagen from the body wall of sea cucumber (*Stichopus japonicus*). Food Chem. 100: 1120-1125.

Hong YG, Ahn JH, Yoon WB. 2015. Effect of particle size and high pressure processing on the antioxidant activity of the skin and flesh of Deodeok (*Condonopsis lanceolata*). Food Eng. Prog. 19: 209-217

Husni A. 2009. Antifungal, antioxidant, and tyrosinase inhibitory properties of water and aqueous ethanol extracts of sea cucumber (*Stichopus japonicus*). Ph.D. thesis, Kangnung-Wonju National Univ., Kangnung, Korea.

- Hyun YH, Hwang YK, Lee YS. 2001. A study of cooking properties of the noodle made of composite flour with green tea powder. *J. East Asian Soc. Dietary Life* 11: 295-304.
- Jung HB, Pan CH, Yoon WB. 2015. Effect of the particle size of red-fleshed potato (*Solanum tuberosum* L.) on the physical properties of dough and noodle. *Food Eng. Prog.* 19: 201-208.
- Karaman S, Yilmaz MT, Kayacier A. 2010. Simplex lattice mixture design approach on the rheological behavior of glucomannan based salep-honey drink mixtures: An optimization study based on the sensory properties. *Food Hydrocolloid.* 36: 1319-1325.
- Kim DS, Ahn JB, Choi WK, Han GP, Park ML, Kang BN, Kim DH, Choi SH. 2015. Quality characteristics of noodles added with tomato powder. *Korean J. Culinary Res.* 21: 129-142.
- Kim HR, Hong JS, Chol JS, Han GJ, Kim TY, Kim SB, Chun HK. 2005. Properties of wet noodle changed by the addition of sanghwang mushroom (*Phellinus linteus*) powder and extract. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 579-583.
- Kim KS, Joo SJ, Yoon HS, Hong JS, Kim ES, Park SG, Kim S. 2003. Quality characteristics on noodle added with *Pholiota adiposa* mushroom powder. *Korean J. Food Preserv.* 10: 187-191.
- Kim HS, Ahn SB, Lee KY, Lee SR. 1973. Development of composite flours and their products utilizing domestic raw materials. *Korean J. Food Sci. Technol.* 5: 25-32
- Kim KS, Joo SJ, Yoon HS, Hong JS, Kim ES, Park SG, Kim S. 2003. Quality characteristics on noodle added with *Pholiota adiposa* mushroom powder. *Korean J. Food Preserv.* 10: 187-191.
- Kim ML. 2005. Sensory characteristics of Korean wheat noodles with pine pollen and antioxidant activities of pine pollen extracts. *Korean J. Food Cookery Sci.* 21: 717-724.
- Kim SM. 2003. Surimi-alginate gels as affected by setting: a study based on mixture design and regression models. *Food Res. Intl.* 36: 295-302.
- Kim SY, Kang MY, Kim MH. 2008. Quality characteristics of noodle added with browned oak mushroom (*Lentinus edodes*). *Korean J. Food Cookery Sci.* 24: 665-671.
- Kim YS. 1998. Quality of wet noodle prepared with wheat flour mushroom powder. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 1373-1380.
- Kohler P, Belitz H, Wieser H. 1993. Disulphide bonds in wheat gluten: further cystine peptides from high molecular weight (HMW) and low molecular weight (LMW) subunits of glutenin and from γ -gliadins. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 196: 239-247.
- Lee JH, Shim JY. 2006. Characteristics of wheat flour dough and noodle added with onion juice. *Food Eng. Prog.* 10: 54-59.
- Lee YJ, Lee MG, Yoon WB. 2013. Effect of seed moisture content on the grinding kinetics, yield and quality of soybean oil. *J. Food Eng.* 119: 758-764.
- Lee YT, Jung JY. 2003. Quality characteristics of barley β -glucan enriched noodles. *Korean J. Food Sci. Technol.* 35: 405-409.
- Lim EJ, Lee YH, Huh CO, Kwon SH, Kim JY, Han YB. 2007. Rheological properties of bread dough added with *Enteromorpha intestinalis*. *Korean J. Food Sci Technol.* 39: 652-657.
- Mamelona J, Pellertier E, Girard-Lalancette K, Legault J, Karboune S, Kermasha S. 2007. Quantification of phenolic contents and antioxidant capacity of Atlantic sea cucumber, *Cucumaria frondosa*. *Food Chemistry.* 104: 1040-1047.
- Moon JH, Yoon WB. 2016. Size dependence of the salting process for dry salted sea cucumber (*Stichopus japonicus*). *J. Food Eng.* 170: 170-178.
- Næs T, Bjerke F, Færgestad EM. 1999. A comparison of design and analysis techniques for mixture. *Food Qual. Prefer.* 10: 209-217.
- Næs T, Færgestad EM, Cornell J. 1998. A comparison of methods for analyzing data from a three component mixture experiment in the presence of variation created by two process variables. *Chemometr. Intell. Lab. Syst.* 41: 221-235.
- Seib, Liang, Guan, Liang, Yang PA. Seib X, Liang F, Guan YT, Liang HC, Yang. 2000. Comparison of Asian noodles from some hard white and hard red wheat flours. *Cereal Chem.* 77: 816-822.
- Shelke K, Dick JW, Holm YF, Loo KS. 1990. Chinese wet noodle formulation: a response surface methodology study. *Cereal Chem.* 67: 338-342.
- Sung SY, Kim MH, Kang MY. 2008. Quality characteristics of noodle containing *Pleurotus eryngii*. *Korean J. Food Cookery Sci.* 24: 405-411.
- Tilley KA, Benjamin RE, Bagorogoza KE, Okot-Kotber BM, Prakach O, Kewn H. 2001. Tyrosine cross-links: molecular basis of gluten structure and function. *J. Agric. Food Chem.* 49: 2627-2632.
- Toral-Granda V, Lovatelli A, Vasconcellos M. 2008. Sea cucumbers. A global review of fisheries and trade. *FAQ Fish. Aquac. Tech.* 516: 79-118.
- Wijesekara I, Kim SK. 2010. Angiotensin-I-converting enzyme (ACE) inhibitors from marine resources: Prospects in the pharmaceutical industry. *Mar. Drug.* 8: 1080-1093.
- Yadav BS., Yadav RB, Kumari M, Khatkar BS. 2014. Studies on suitability of wheat flour blends with sweet potato, colocasia and water chestnut flours for noodle making. *LWT-Food Sci. Technol.* 57: 352-358.
- Zhao Y, Li B, Liu Z, Dong S, Zhao X, Zeng M, 2007. Antihypertensive effect and purification of an ACE inhibitory peptide from sea cucumber gelatin hydrolysis. *Process Biochem.* 42: 1586-1591.
- Zhong Y, Khan MA, Shahidi F. 2007. Compositional characteristics and antioxidant properties of fresh and processed sea cucumber (*Cucumaria frondosa*). *J. Agric. Food Chem.* 55: 1188-1192.