

혼합물실험설계법에 의한 라면 밀가루 혼합비의 최적화

박해룡 · 이승주*

동국대학교 식품생명공학과

Optimization of Ramen Flour Formulation by Mixture Experimental Design

Hye Ryong Park and Seung Ju Lee*

Department of Food Science and Biotechnology, Dongguk University

Abstract

Ramen flour formulation was optimized by applying a mixture experimental design. In the optimization, the overall palatability (OP) of cooked ramen and the rheological properties of selected dough were maximized or minimized. Blended ratios of the ingredients such as Dark Northern Spring (DNS), Hard Red Winter (HRW), and Soft White (SW) were designed on a simplex-lattice. Dough rheological properties were measured by Rapid Visco Analyser (RVA), Farinograph, and Extensograph, and the overall palatability by sensory evaluation. Several principal dough rheological properties such as RVA peak viscosity (PV), Farinograph development time (DT), and Extensograph resistance/extensibility after 45 min (R/E 45 min) were selected to influence the overall palatability by canonical correlation analysis (CCA). Goals of the optimization were given as OP maximized, PV maximized, DT minimized, and R/E at 45 min maximized. The optimization results were found to be DNS 33.3%, HRW 33.3%, and SW 33.3% with OP, 5.825; PV, 587.9 cP; DT, 3.1 min; R/E at 45 min, 2.339 BU/mm.

Key words: Ramen flour formulation, mixture experimental design, optimization, dough rheological properties

서 론

라면의 품질은 주원료인 소맥분 품질에 의해 좌우된다. 소맥분은 8-14%의 단백질과 약 70%의 소맥전분으로 구성되며, 밀가루의 단백질 함량과 전분은 면 특유의 텍스처를 부여한다. 전세계에서 재배되는 소맥분은 기후, 토양, 고유 맥종의 물성 등의 여러 인자로 인해 매년 단백질과 전분의 양과 질 그리고 최대점도 등이 일정하지 않은 것이 사실이다. Crosbie et al.(2002)는 밀가루의 품종과 환경이 면 텍스처에 상당한 영향을 미치고 있음을 보고한 바 있으며, Graybosch et al.(2004)에 의하면 환경과 품종마다 면의 물성 및 단백질 함량 등 화학적 조성이 다른 것으로 알려져 있다. Zhang et al.(2007)은 밀의 품종은 글루텐의 양과 단백질 함량, 제빵 품질을 결정하는 요인이 됨을 보고하였다. 따라서 조리 조건이 일정하다면, 특정 밀가루의 고유한 레올로지 특성은 최종 제품의 품질에 큰 영향을 미치는 것

을 알 수 있다.

라면은 밀가루에 전분, 소금, 알칼리제 등을 넣고 물로 반죽한 후 면대를 만들어 건조 또는 증자하여 기름에 튀긴 것이다. 라면은 다른 면에 비해 '튀김'과정을 거치게 되는데 튀김을 통해서 면발의 수분이 제거되고 다공성 구조를 형성시켜 물이 첨가되었을 때 빠르게 수화되는 특징을 갖게 된다(Popper et al., 2010). 또한 끓는 과정에서 지방이 분리되고, 강한 조직과 단단하고 매끈한 표면을 갖게 된다. 또한 저렴한 가격에 긴 저장 시간을 가지고 있어 간편화와 편리성을 추구하는 바쁜 현대인들의 식생활에서 빠질 수 없는 음식이 되었다(Jayasena et al., 2008).

라면의 밀가루 단백질은 텍스처 중에서 단단함에 관여하고, 전분은 호화가 되어 특유의 끈끈한 점도로 소비자의 입안에서 어울려 씹에 기여한다. 즉 소비자는 단백질로부터 단단함과 전분에서 유래하는 끈기의 복합적인 조직감으로부터 라면의 쫄깃쫄깃함을 느끼게 된다. 이처럼 다양한 면 중에서도 증숙하여 튀긴 라면은 쫄깃쫄깃한 식감으로 인해 아시아 전역에 걸쳐 소비되고 있으며, 라면 시장은 전세계적으로 빠르게 성장해 가고 있다. 또한 일본과 한국 라면의 원재료인 밀이 대부분 미국, 호주, 캐나다로부터 수입하게 되면서 미국, 호주, 캐나다의 밀 시장에서 면 시장에 큰 관심을 두고 있다. 시장환경이 더욱 경쟁적

*Corresponding author: Seung Ju Lee, Department of Food Science and Biotechnology, Dongguk University, Seoul, 100-715, Republic of Korea

Tel: +82-2-2260-3372; Fax: +82-2260-3372

E-mail: lseungju@dongguk.edu

Received August 20, 2011; revised September 21, 2011; accepted September 21, 2011

으로 치닫게 되면서 제분업자들은 경쟁 시장에서 살아남기 위해 밀가루의 새로운 혼합비 개발에 큰 관심을 두고 있다 (Kim et al., 2002).

라면 업계에서 보편적으로 사용하는 미국산 밀가루로는 Hard Red Winter(HRW)와 호주산 Australian Standard White(ASW)가 있다. 캐나다산 밀가루로는 Canada Western Red Spring(CWRS)이 있으며 주로 중력분이 제면에 사용되고 있다(Kim et al., 2002). 라면은 봉지와 컵의 포장 형태가 있는데, 포장형태에 따라 라면의 조리법은 달라지고, 이에 따라 사용되는 밀가루도 조금씩 다를 수 있다. 봉지 면의 생산에는 ASW, HRW 및 Western White(WW)가 사용되고 HRW, WW, ASW의 혼합분이 주로 사용된다. 컵 면에는 Australian Hard(AH), Dark Northern Spring(DNS)과 같은 강력분이 주로 사용되며 중력분과 박력분의 혼합분도 사용되고 있다(Kim et al., 2002).

혼합분과 관련된 연구로 Jun et al.(1998)은 소면 및 중화면에 사용되는 Hard White(HW), Soft White(SW) 및 ASW 혼합분의 단백질함량, starch damage, gluten index를 비교했다. Liao et al.(2007)는 단백질 함량이 다른 DNS, HRW 및 WW 혼합분의 신장점도(extensional viscosity)를 측정하여 비교한 바 있다. 이렇듯 한 가지의 밀가루뿐 아니라 다양한 품종의 밀가루를 혼합하여 제조된 제면 특성에 관한 연구가 진행되었으며, 혼합분을 사용함으로써 다양한 텍스처와 식감을 부여하는 라면을 제조할 수 있다.

밀가루를 물과 함께 혼합할 때 점탄성을 갖는 반죽을 형성할 수 있으며, 밀가루 반죽의 레올로지(rheology) 특성은 가공 과정을 예측하는 것과 최종 식품의 품질을 컨트롤하는데 효과적인 인자가 된다(Song & Zheng, 2007). 반죽의 레올로지 특성을 측정하는 데에는 Rapid Visco Analyser (RVA), 파리노그래프 및 익스텐소그래프가 주로 사용된다. RVA는 밀가루의 호화도 정도, 파리노그래프는 반죽의 점도 및 저항성, 익스텐소그래프는 반죽의 신장성과 저항성을 측정하여 반죽의 레올로지 특성을 결정한다. 라면은 밀가루의 혼합 및 물과의 반죽으로부터 면대를 형성하여 라면을 제조하게 된다. 이때, 라면의 조리 조건이 동일하다고 가정한다면 조리과 가공을 거치기 전인 혼합분 및 반죽의 특성은 최종 제품의 기호도 및 품질을 결정지을 수 있을 것이다. 따라서, 다양한 특징을 갖는 혼합분으로부터 얻어낸 시료 자체의 레올로지 특성과 최종 제품의 기호도를 통해 제조자와 소비자가 추구하는 면 제품의 혼합분 구성비의 최적화를 이뤄 낼 수 있을 것이다.

혼합물실험계획법(mixture experimental design)은 실험 수행과 계획을 세우는 통계적 실험 설계 법의 하나로서 재료의 혼합비를 최적화하는데 적용된다(Eriksson et al., 1998). Karaman et al.(2010)은 관능 특성을 기본으로 한 꿀드링크제 혼합물의 최적화를 연구한 바 있다. Kim(2003)은 수리미(surimi), 알긴산염(alginate) 및 물의 혼합비에 따른

수리미의 밝기 및 레올로지 특성에 어떤 영향을 미치는지 연구한 바 있다. 또한 면의 제조를 위한 밀가루, 소금 및 탄산나트륨(sodium carbonate) 혼합비의 최적화에도 혼합물 실험계획법이 적용된 바 있다(Shelke et al., 1990).

본 연구에서는 단백질 함량이 각기 다른 DNS(강력분), HRW(중력분) 및 SW(박력분)를 혼합물실험계획법의 요인으로 설정하여 혼합비를 최적화하였다. 혼합비는 simplex lattice법에 따라 설계하였으며, 최적화 목적으로 전체 기호도의 최대화 및 여러 반죽 레올로지 특성치의 특정 조건을 설정하였다. 혼합비와 반응변수 간의 회귀 함수에 근거하여 최적화 목적을 만족시키는 재료의 혼합비를 결정하였다.

재료 및 방법

재료

밀가루는 우리나라 라면업계에서 보편적으로 사용하는 미국산 정선된 DNS, HRW 및 SW 원맥을 20 시간 동안 조질(tempering)하여 20 kg 씩 제분기(Test Mill, Bühler AG, Uzwil, Switzerland)로 밀가루(수분함량 13.5%)를 제조하였다. 소금은 시판 정제염을, 알칼리제는 탄산나트륨을 사용하였다.

라면의 제조

DNS, HRW 및 SW를 Table 1과 같이 혼합물실험계획법에 따라 그 혼합비를 달리하여 밀가루를 준비하였다. 혼합된 밀가루에 소금 2.0%, 탄산나트륨 0.2%를 첨가하고, 밀가루를 반죽기에 넣고 배합수는 밀가루를 100으로 환산했을 때 32 비율의 양으로 투입하여 15 분간 반죽하였다.

혼합된 밀가루에 소금 2%, 탄산나트륨 0.2%를 첨가하고 배합수는 밀가루를 100으로 환산했을 때 32 비율의 양으로 투입하여 반죽기(SM-200, Sinmag Co., Taipei, Taiwan)로 15 분간(저속 5 분, 중속 10 분) 혼합한 다음 비닐백에 싸서 상온에 15 분 동안 방치하고, 제면기(하이트 자동제면기)의 롤 간격을 3.7 mm로 하여 한번 sheeting을 한 후

Table 1. Blended ratios (%) of wheat flour for ramen preparation according to mixture experimental design.

| Sample names | DNS* | HRW | SW |
|--------------|------|------|------|
| T1 | 100 | 0 | 0 |
| T2 | 0 | 100 | 0 |
| T3 | 0 | 0 | 100 |
| T4 | 66.7 | 33.3 | 0 |
| T5 | 66.7 | 0 | 33.3 |
| T6 | 33.3 | 66.7 | 0 |
| T7 | 33.3 | 0 | 66.7 |
| T8 | 0 | 66.7 | 33.3 |
| T9 | 0 | 33.3 | 66.7 |

*DNS: Dark Northern Spring, HRW: Hard Red Winter, SW: Soft White

2 개로 나누어 감은 것을 롤의 간격을 4 mm로 하여 두 면대를 복합하여 다시 sheeting하여 상온에서 15 분 간 방치하였다. 이를 5단계(3.7 mm ⇒ 2.9 mm ⇒ 2.0 mm ⇒ 1.6 mm ⇒ 1.1 mm)에 거쳐 두께를 점차적으로 감소시켜 최종 두께를 1.1 mm로 하고 폭은 1.5 mm너비로 절단하였다(Jang et al., 1999). 성형된 면을 180 초간 100°C 증기로 쪄 후 150-160°C의 팍유에서 55 초간 튀긴 다음 실온에서 1 시간 냉각하였다(Kim & Lee, 1990).

단백질 함량

밀가루의 단백질 함량은 AACC의 표준방법에 따라 분석하였다(AACC, 2000). 측정시 Kjeltec 분석기(Auto-1030, Tecator Co., Höganäs, Sweden)을 사용하고 기본 원리는 Kjeldhal 분석법에 근거하였다.

RVA 호화 성질

밀가루의 호화 특성은 RVA(Model 4, Newport Scientific Pty, Ltd., Narrabeen, N.S.W., Australia)를 이용하여 측정하였다. 밀가루(2 g)는 증류수와 합하여 25 mL로 맞추는 뒤, 밀가루의 농도는 8%가 되도록 맞춘다. RVA의 초기 50°C, 95°C에서 5 분간, 50°C에서 10 분간 온도를 유지하여 실험을 진행하였으며, 회전속도는 160 rpm으로 하였다. RVA를 통해 최고점도(PV, peak viscosity), 점도붕괴도(BD, breakdown)을 측정하였다.

파리노그래프

파리노그래프는 반죽 동안의 밀가루의 흡수율과 안정도 및 반죽 특성을 평가하는데 사용되는 방법이다. 시료의 파리노그램 특성은 파리노그래프를 사용하여 AACC표준방법 54-21에 따라 측정하였다(AACC, 2000). 파리노그래프로부터 수분흡수율(WA, water absorption rate), 반죽 형성시간(DT, development time, 반죽의 굳기가 최고점에 달하는 시간), 안정도(ST, stability, 커브의 윗부분이 500 BU에 도달하는 시간부터 떠나는 순간까지의 시간), mechanical tolerance index(MTI, 피크에서 커브의 윗부분과 5 분후의 커브의 윗부분과의 차이)을 구하였다(Shin & Kim, 2005).

익스텐소그래프

반죽의 익스텐소그래프의 특성은 시료 150 g에 2% 염수를 첨가하여 AACC 54-10에 따라 측정하였다(AACC, 2000). 반죽은 30°C 항온기에서 45 분, 90 분 그리고 135 분 발효 시킨 후 익스텐소그래프 1 차, 2 차, 3 차 곡선을 구하였다. 곡선으로부터 저항도(resistance)와 신장도(extensibility)의 비(R/E)를 구하였다

관능 검사

조리한 라면의 관능검사는 10 년 이상 면 품질 평가를

역임한 panel요원 10 명을 훈련하여 실행하였다. 시료는 끓는 물 450 mL에 면 55 g을 넣고 5 분간 조리한 후 제시하여 전체 기호도(overall palatability)를 검사하였다. 9 점 척도법에 따라 최저 1 점에서 최고 9 점까지 기호도가 높을 수록 높은 점수를 주도록 하였으며, 6 회 반복 실시하였다.

혼합물실험설계법

혼합성분 밀가루의 혼합비는 DNS, HRW 및 SW를 simplex-lattice 방식으로 설계하였다. 한편 혼합물실험설계법이 반응표면분석과 다른 점은 혼합비의 합이 1(또는 100%)가 되어야 하는 기본적으로 가정되는 제약(constraint) 조건이다(Minitab, 2005). 독립변수로서 밀가루의 혼합비, 종속변수(반응변수)로서 조리 라면의 전체 기호도 또는 여러 반죽의 레올로지 특성치를 각각 정하였다. 회귀함수를 결정한 후 독립변수의 최적 혼합비를 구하기 위하여 최적화 목적으로 전체 기호도는 최대화, 각 반죽의 레올로지 특성치의 특정 조건을 부가하였다. 여기서 레올로지 특성치는 전체 기호도와 가장 상관성이 높은 대상을 선발하여 사용하였다.

통계 처리

혼합물실험설계법, 관능검사의 다중비교 및 레올로지 특성치 선발을 위한 상관관계 분석에는 Minitab ver. 14(Minitab Inc., State College, PA, USA), SAS ver. 9.1(SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA) 및 SPSS ver. 18(SPSS, Chicago, IL, USA) 소프트웨어를 각각 사용하였다. 레올로지 특성치 선발을 위하여 정준상관분석(canonical correlation analysis, CCA)를 적용하였으며 관능검사 데이터 그룹과 각 레올로지 특성치 데이터 그룹을 설정하여 그룹간의 상관성 및 각 그룹내 요인간의 상관성을 분석하였다. 혼합물실험설계법의 최적화 목적으로 전체 기호도의 최대화 및 각 반죽의 레올로지 특성치의 특정 조건에 대한 입력 조건인 하한값(lower bound), 목표값(target) 및 상한값(upper bound)은 각

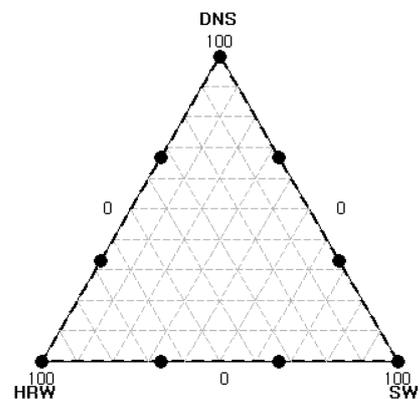


Fig. 1. Simplex-lattice design diagram. DNS: Dark Northern Spring, HRW: Hard Red Winter, SW: Soft White.

Table 2. The ramen dough rheological properties and the cooked ramen overall palatability.

| Samples | | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
|---------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| | | D-100 | H-100 | S-100 | D67-H33 | D67-S33 | D33-H67 | D33-S67 | H67-S33 | H33-S67 |
| RVA | PV*(cP) | 632±18.91 ^b | 654±8 ^a | 489±23.76 ^c | 638±10.37 ^{ab} | 580±27.69 ^c | 645±10.07 ^a | 534±21.54 ^d | 598±0.00 ^c | 540±9.49 ^d |
| | BD (cP) | 168±12.51 ^c | 209±18.67 ^a | 114±18.08 ^c | 188±17.28 ^b | 162±6.04 ^c | 208±6.71 ^a | 147±13.10 ^d | 158±6.71 ^d | 146±6.28 ^d |
| Farinograph | WA (%) | 66.5±2.86 ^a | 59±1.69 ^{de} | 55±1.97 ^e | 63.7±2.39 ^b | 61.4±2.10 ^c | 60.4±1.23 ^{cd} | 58.5±1.407 ^{def} | 57.1±1.451 ^{efg} | 56.5±1.847 ^{fg} |
| | DT (min) | 5.50±0.98 ^a | 3.70±0.57 ^{cd} | 1.30±0.48 ^e | 4.56±0.38 ^b | 3.50±0.51 ^d | 4.30±0.45 ^{bc} | 2.50±0.59 ^e | 3.00±0.38 ^{ef} | 1.50±0.38 ^e |
| | ST (min) | 14.50±1.19 ^a | 8.90±0.63 ^d | 4.50±0.43 ^e | 12.46±0.68 ^b | 9.80±0.62 ^c | 10.30±0.80 ^c | 6.2±0.436 ^f | 7.50±0.58 ^c | 5.6±0.46 ^f |
| | MTI(BU) | 50±5.00 ^e | 73±4.47 ^c | 103±2.74 ^a | 57±2.74 ^f | 62±2.74 ^e | 63±2.74 ^e | 102±2.74 ^a | 67±2.74 ^d | 98±4.47 ^b |
| Extensograph | R/E 45 min (BU/mm) | 2.57±0.01 ^a | 2.44±0.01 ^b | 1.92±0.02 ^h | 2.44±0.01 ^b | 2.35±0.01 ^c | 2.40±0.01 ^c | 2.38±0.01 ^d | 2.32±0.01 ^f | 2.10±0.03 ^e |
| | R/E 90 min (BU/mm) | 2.97±0.01 ^a | 2.69±0.04 ^d | 2.25±0.04 ^e | 2.88±0.02 ^b | 2.82±0.01 ^c | 2.85±0.02 ^{bc} | 2.60±0.04 ^e | 2.62±0.04 ^e | 2.49±0.03 ^f |
| | R/E 135 min (BU/mm) | 3.10±0.01 ^c | 2.82±0.04 ^e | 2.57±0.02 ^h | 3.28±0.05 ^a | 3.05±0.02 ^d | 3.15±0.02 ^b | 2.92±0.02 ^e | 2.89±0.02 ^f | 2.81±0.04 ^e |
| Sensory Evaluation | OP | 5.83±0.77 ^{abc} | 6.02±0.60 ^{ab} | 4.68±1.15 ^c | 5.94±0.60 ^{abc} | 5.70±0.34 ^{abc} | 6.20±0.76 ^a | 5.67±0.62 ^{abc} | 5.80±0.66 ^{abc} | 5.12±0.86 ^{bc} |
| Chemical properties | Protein (%) | 12.62±0.524 ^a | 10.21±0.494 ^d | 9.09±0.469 ^f | 11.8±0.394 ^b | 11.43±0.474 ^{bc} | 11.00±0.374 ^c | 10.26±0.583 ^d | 9.83±0.427 ^{de} | 9.45±0.428 ^f |

*PV: peak viscosity, BD: breakdown, WA: water absorption, DT: development time, ST: stability, MTI: mechanical tolerance index, R/E 45 min, 90 min and 135 min: resistance/extensibility 45 min, 90 min and 135 min, respectively, OP: overall palatability

^{a-f} Average values with the same letters in the same rows mean that they do not have significant differences each other.

반응 변수의 등고선도의 양상과 특정 요구 조건을 고려하여 선택적으로 부가하였다(Minitab, 2005).

결과 및 고찰

라면의 혼합비를 최적화하기 위한 목적으로 최대의 전체 기호도와 라면 반죽이 갖는 특정 조건을 고려하여 그 한도 내에서 혼합비를 산출하였다. 전반적인 반죽 성질인 RVA, 파리노그래프 및 익스텐소그래프의 레올로지 특성치로부터 가장 전체 기호도와 밀접한 관계를 갖는 반죽 특성치를 선별하여 최적화의 반응 변수로 활용하였다.

반죽 특성치의 선별

Table 2는 RVA, 파리노그래프 및 익스텐소그래프 각 그룹 내의 여러 반죽 특성치와 전체 기호도를 나타낸 것이다.

또한 정준상관분석을 통하여 반죽 특성치와 전체 기호도 간의 상관관계수 및 각 그룹간의 상관성을 산출하였다. Fig. 2에 나타난 전체 기호도, RVA, 파리노그래프 및 익스텐소그래프 각 그룹의 정준변수(first canonical variate, CV) 간의 관계 및 Table 3의 정준상관계수(canonical correlation coefficients)로부터, 전체 기호도와 RVA, 파리노그래프 및 익스텐소그래프 그룹 간에는 높은 상관성이 있음을 알 수 있었다. 또한 유의확률(p)을 함께 고려할 때 특히 익스텐소그래프 그룹이 전체 기호도와 높은 상관성을 보였다.

전체 기호도와 개개의 반죽 특성치의 상관관계수(correlation coefficients)는 익스텐소그래프의 R/E 45 min, 파리노그래프의 반죽형성시간(DT), RVA의 최고점도(PV)의 순으로 높았다. 한편, 정준계수(standardized canonical coefficients)는 각 그룹의 성질을 좌우하는 가중치(weight)로서 정준변수 산출에 이용된다. 그 절대값이 높으면 해당 그룹 성질의

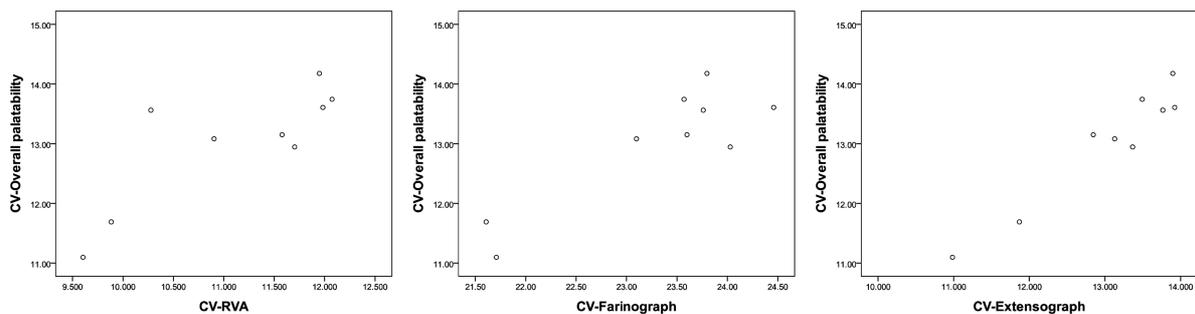


Fig. 2. Scatter plot between the first canonical variates (CV) of the RVA, Farinograph and Extensograph of the ramen dough, and the cooked ramen overall palatability.

Table 3. The canonical correlation analysis between the ramen dough rheological properties and the cooked ramen overall palatability.

| Quality parameters | Correlation coefficients | Standardized canonical coefficients | Canonical correlation coefficients | <i>p</i> |
|--------------------|--------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|----------|
| RVA | | | 0.810 | 0.041 |
| PV* | 0.7601 | 2.144 | | |
| BD | 0.6532 | -1.255 | | |
| Farinograph | | | 0.877 | 0.120 |
| WA | 0.7119 | 1.781 | | |
| DT | 0.7882 | 2.656 | | |
| ST | 0.7118 | -3.924 | | |
| MTI | -0.6813 | -0.453 | | |
| Extensograph | | | 0.963 | 0.002 |
| R/E 45 min | 0.9302 | 1.487 | | |
| R/E 90 min | 0.8063 | -1.091 | | |
| R/E 135 min | 0.7428 | 0.618 | | |

*PV: peak viscosity, BD: breakdown, WA: water absorption, DT: development time, ST: stability, MTI: mechanical tolerance index, R/E 45 min, 90 min and 135 min: resistance/extensibility 45 min, 90 min and 135 min, respectively

대표 인자임을 의미하는데, 상기와 같이 높은 상관계수를 갖는 익스텐소그래프의 R/E 45 min, 파리노그래프의 반죽 형성시간(DT) 및 RVA의 최고점도(PV)는 역시 높은 정준계수값을 보인 바 결과적으로 반죽 특성치로 선발하였다.

선발된 반죽 특성치의 타당함을 이미 보고된 연구 결과들과 비교하여 다음과 같이 고찰하였다. 익스텐소그래프의 R/E는 매우 중요하여 신장력(E)이 매우 크게 되면 처진 반죽을 만들게 되고, 탄력성(R)이 매우 높으면 최종 라면의 면발 두께를 조절하기 어렵다고 밝히고 있다(Hou & Kruk, 1998; Popper et al., 2010). 반죽형성시간(DT)는 재료를 완전히 혼합하는데 걸리는 시간으로 반죽의 수분 함량이 높거나 단백질 함량이 증가하면 높아지게 된다(Nam et al., 2000, Lei et al., 2008; Sarker et al., 2008). 최고점도(PV)는 값이 높으면 면이 단단하게 되나, 최고점도(PV)가 너무 낮으면 효소활성이 강하여 면대가 약하고 삶을 때 쉽게 풀어지며 탄성이 약해지고 외관과 맛이 나쁘게 되는 것으로 알려져 있다. 또한 일반적으로 제면 밀가루 특성의 아밀로 그래프의 최고점도(PV)는 500-800 BU가 적당한 것으로 보고된바 있다(Nam et al., 2000). 또한 최고점도(PV)와 점도붕괴도(BD, 최고점도와 최저점도의 차이)의 값이 클수록 더욱 응집성을 갖고 부드러운 면을 생산할 수 있음을 보고

된 바 있다(Oda et al., 1980; Ohm et al., 2006).

회귀 함수식 규명

Table 4는 Scheffe 2 차 다항모형을 채택하여 회귀분석한 결과로서 낮은 *p*값 및 높은 R²값을 보인다. 회귀 함수 내 각 항의 유의성만을 고려한다면 1 차 다항모형이 제일 유의적이었으나, 데이터와의 fitting을 나타내는 R²값은 차수가 높아짐에 따라 증가하였으므로 유의성과 R²성질을 만족시킬 수 있는 2 차 다항모형을 최적화에 사용하였다.

Fig. 3은 선형 회귀 함수 식으로부터 계산된 독립변수와 종속변수간의 관계를 시각적으로 보여 주는 등고선도이다. Fig. 3-(a)와 (b)에서는 SW의 양이 가장 종속변수 값을 결정하는데 큰 영향을 보였다. 즉, 같은 수준의 종속변수 값 수준을 유지하는데 SW의 배합비는 다른 배합비에 비하여 가장 작은 변화를 보인다. Popper et al.(2010)에 따르면 SW는 낮은 단백질 함량을 갖고 있어, 주로 제과 및 제면용 밀가루로 이용되며 제면에 이용할 경우 면은 뜨거운 물에서 빠른 조리를 가능하게 하는 것이 보고된 바 있는데 이는 Fig. 3-(b)의 최고점도(PV)에 대한 효과와 일치한다.

이에 비하여 Fig. 3-(c)와 (d)는 HRW 배합비 변화에 따른 종속변수의 변화는 가장 작은 것으로 보인다. 단백질

Table 4. Analysis of predicted Scheffe second model equations for the selected ramen dough rheological properties.

| Response | F-value | <i>p</i> | R ² | Scheffe second model equations |
|------------|---------|----------|----------------|---|
| OP* | 8.75 | 0.052 | 0.9359 | 0.0576D**+0.0609H+0.0486S+6.7581E-5DH+0.0002DS-7.1147E-6HS |
| PV | 2935.49 | 0.000 | 0.9998 | 6.3180D+6.5436H+4.8884S-7.1167E-4DH-0.0015DS-0.0012HS |
| DT | 27.72 | 0.010 | 0.9788 | 0.0540D+0.0384H+0.0126S-7.7054E-5DH-1.4790E-4DS-1.3523E-4HS |
| R/E 45 min | 5.60 | 0.094 | 0.9032 | 0.0235D+0.0245H+0.0195S-3.4498E-5DH+5.3452E-5DS+5.3747E-6HS |

* OP: overall palatability, PV: peak viscosity of RVA, DT: development time of Farinograph, R/E 45 min: resistance/extensibility 45 min of Extensograph
**D: DNS (Dark Nothem Spring), H: HRW (Hard Red Winter), S: SW (Soft White)

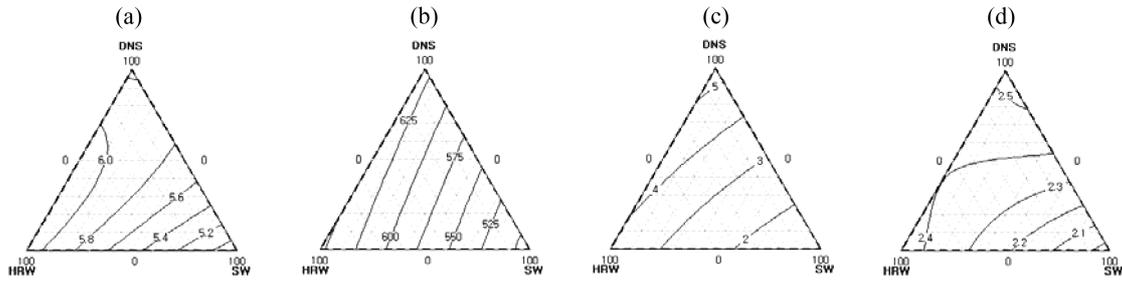


Fig. 3. Contour plot of overall palatability (a), RVA peak viscosity (b), Farinograph development time (c), and Extensograph resistance/extensibility 45 min (d) vs. blended ratios of DNS, HRW and SW.

함량이 높을수록 반죽형성시간(DT)이 길게 요구됨이 알려져 있는데(Lei et al., 2008), Fig. 3-(c)에서 DNS는 강력분이며 SW는 박력분으로 총 단백질 함량을 결정하는 주요 성분이므로 그 영향이 반영된 것으로 사료된다. 또한 Shiao et al.(2001)에 따르면 단백질 함량이 높을수록 익스텐소그래프에서 높은 신장력과 저항력을 가지며, 단단하고 탄력있는 면을 생산할 수 있다고 보고하였는데, Fig. 3-(d)에서는 DNS가 많고 SW가 적어질수록 신장력에 대한 저항력 값이 커짐을 알 수 있다.

반응의 최적화

전체 기호도의 최대화, 면 반죽으로서의 레올로지 특성의 가용 범위를 모두 만족시키는 혼합비를 탐색하였다. 각 반응의 최적화 조건은 Minitab 프로그램 상에서 다음과 같이 설정하였다. 먼저 전체 기호도의 최대화의 경우 하한값과 목표값을 입력해야 하는데 Fig. 3-(a)와 Table 2로부터 최대값은 5.5의 하한값으로 설정하였으며, 6.0 이상의 목표값부터는 거의 최대값에 도달하는 것으로 나타나 이와 같이 5.5를 하한값과 6.2를 목표값을 정하였다. 또한 desirability function는 하한값에서 0, 상한값에서 1 사이에 선형 관계를 가정하여 이에 해당되는 weight인 1을 부가하였다(Minitab, 2005).

RVA에서 관찰된 최고점도(PV)는 489-654 cP이며(Table 2), 이때 사용된 시료의 밀가루 농도는 8%이다. 일반적으로 최고점도(PV)가 높을수록 라면의 식감이 좋은 것으로

알려져 있다(Oda et al., 1980; Nam et al., 2000; Ohm et al., 2006). 따라서 최적화 조건의 범위는 최고점도(PV)의 최대화를 목적으로 하였으며, 하한값은 550 cP, 최대화 하는 목표값은 654 cP로 설정하였다. Desirability function는 하한값에서 0, 상한값에서 1 사이에 선형 관계를 가정하여 이에 해당되는 weight인 1을 부가하였다.

여러 연구자에 의하여 보고된 반죽형성시간(DT)의 범위는 1.1-5.2 min(Nam et al., 2007) 및 1.7-3.5 min(Jeong, 1999)과 같다. 일반적으로 밀가루 혼합비가 갖는 단백질과 전분 구성비에 따라 반죽시간이 결정되는 것으로 알려져 있다. 반응 최적화에 적용되는 반죽형성시간의 범위로 하한값 1.5 min, 상한값은 3.5 min로 설정하였다. Desirability function는 하한값에서 0, 상한값에서 1 사이에 선형 관계를 가정하여 이에 해당되는 weight인 1을 부가하였다.

Zang et al.(2007)에 의해 보고된 면 반죽의 R/E 값은 1.06-3.45 BU/mm와 같다. 일반적으로 신장력이 작고 탄력성이 높은 반죽이 제면에 적합한 것으로 알려져 있으므로 R/E 45 min은 최대화를 목적으로 하였다. 단 지나치게 탄력성이 높게 되면 면발의 두께를 조절하기 어려운 단점이 있는 것으로 보고되었다(Hou & Kruk, 1998; Popper et al., 2010). R/E 45 min의 하한값은 2.3 BU/mm, 목표값은 2.5 BU/mm로 설정하였다. Desirability function는 하한값에서 0, 상한값에서 1 사이에 선형 관계를 가정하여 이에 해당되는 weight인 1을 부가하였다.

Fig. 4는 위와 같이 최대화 및 최소화에 사용된 경계(상

Table 5. Optimization response for the ramen blended ratios of DNS, HRW and SW with optimization goals.

| Response | Optimization goals | Blended ratios (%) | | | Prediction |
|--------------------|----------------------|--------------------|------|------|------------|
| | | DNS | HRW | SW | |
| OP* | Maximize (5.5-6.2)** | | | | 5.825 |
| PV (cP) | Maximize (550-654) | | | | 587.9 |
| DT (min) | Minimize (1.5-3.5) | 33.3 | 33.3 | 33.3 | 3.100 |
| R/E 45 min (BU/mm) | Maximize (2.3-2.6) | | | | 2.339 |

* OP: overall palatability, PV: peak viscosity of RVA, DT: development time of Farinograph, R/E 45 min: resistance/extensibility 45 min of Extensograph
 **Lower or upper bounds and target values used for maximization or minimization

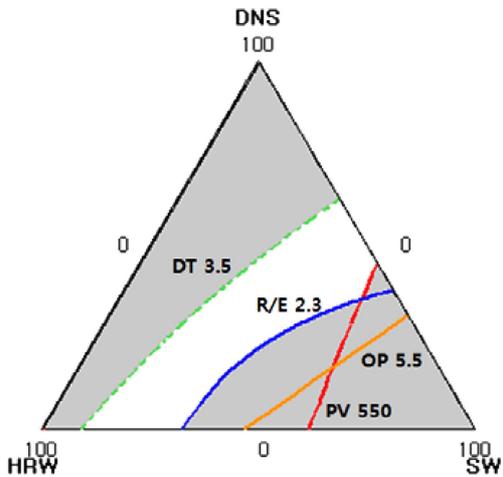


Fig. 4. Overlaid contour plot of overall palatability (OP), RVA peak viscosity (PV), Farinograph development time (DT), and Extensograph resistance/extensibility 45 min (R/E 45 min) vs. blended ratios of DNS, HRW and SW. Blank area represents the common condition for OP > 5.5, PV > 550 cP, DT < 3.5 min, and R/E 45 min > 2.3 BU/mm.

한 또는 하한값) 범위의 중첩 등고선도 최적해의 영역(빛금이 없는 공간)을 나타낸 것으로 이 안에 최적점이 존재하는 것으로 계산되었다. 즉, 전체 기호도의 최대화, 최고점도(PV)의 최대화, 반죽형성시간(DT)의 최소화, R/E 45 min의 최대화를 목적으로 최적화한 밀가루 혼합비는 Table 5와 같으며, DNS 33.3%, HRW 33.3%, SW 33.3%로 나타났다. 이때, 전체 기호도는 5.825, 최고점도(PV)는 587.9 cP, 반죽형성시간(DT)은 3.1 min, R/E 45 min는 2.339 BU/mm로 나타났다. 따라서, 전체 기호도와 반죽 레올로지를 모두 만족시킬 수 있는 밀가루 혼합비는 강력분인 DNS, 중력분인 HRW, 박력분인 SW의 함량을 1/3 씩 혼합할 때임을 알 수 있었다. 따라서, DNS, HRW, SW를 고루 혼합하여 라면을 제조하면 높은 탄력과 높은 점도가 어우러져, 소비자가 선호하는 라면을 제조할 수 있는 것으로 보인다. 더불어, 혼합물실험설계법을 통해 목적으로 하는 면 반죽 레올로지 특성치에 대한 DNS, HRW, SW의 혼합비를 산출 할 수 있었다.

요 약

혼합물실험계획법(mixture experimental design)을 적용하여 라면 밀가루 혼합비를 최적화하였다. 밀가루 혼합비를 최적화하기 위하여 전체 기호도(overall palatability)의 최대화, 반죽 레올로지 특성의 특정 범위 유지를 최적화의 목적으로 설정하였다. 라면은 가장 보편적인 미국산 밀가루 중 강력분인 DNS, 중력분인 HRW, 박력분인 SW를

simplex-lattice 방식에 의해 혼합비를 달리하여 제조하였다. 각 시료는 Rapid Visco Analyser(RVA), 파리노그래프, 익스텐소그래프를 이용하여 반죽의 레올로지 특성치를 측정하였으며, 조리된 라면의 전체 기호도를 관능 검사 하였다. 정준상관분석(canonical correlation analysis)를 통하여 RVA의 최고점도(PV), 파리노그래프의 반죽형성시간(DT), 익스텐소그래프의 R/E 45 min을 주요 반죽 레올로지 특성치로 선발하였다. 최적화 목적으로 전체 기호도의 최대화와 최고점도(PV)(최대화), 반죽형성시간(DT)(최소화) 및 R/E 45 min(최대화)를 지정하였다. 그 결과 최적화된 밀가루 혼합비는 DNS 33.3%, HRW 33.3% 및 SW 33.3% 이었으며, 이때 전체 기호도는 5.825, 최고점도(PV)는 587.9 cP, 반죽형성시간(DT)은 3.1 min, R/E 45 min는 2.339 BU/mm로 나타났다.

참고문헌

AACC. 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 10th ed. The Association, St. Paul, MN, USA.
 Crosbie GB, Chiu PC, Ross AS. 2002. Shortened temperature program for application with a rapid visco analyser in prediction of noodle quality in wheat. *Cereal Chem.* 79: 596-599.
 Eriksson L, Johansson E, Wikström C. 1998. Mixture design—design generation, PLS analysis, and model usage. *Chemom Intell Lab Syst.* 43: 1-24.
 Graybosch R, Ame NS, Baenziger PS, Peterson CJ. 2004. Genotypic and environmental modification of Asian noodle quality of hard winter wheat. *Cereal Chem.* 81: 19-25.
 Hou G, Kruk M. 1998. Asian noodle technology. *AIB Technical Bulletin.* 12: 1-10.
 Jang EH, Lee HS, Koh BK, Lim ST. 1999. Quality of Korean wheat noodles and its relations to physicochemical properties of flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 138-146.
 Jayasena V, Leung P, Nasar-Abbas SM. 2008. Development and quality evaluation of lupin-fortified instant noodles. In: *Proceedings of the 12th International Lupin Conference*, Sept. 14-18, Fremantle, Western Australia, pp. 473-477.
 Jeong JH. 1999. Effects of calcium on textural and sensory properties of ramyon. *Korean J. Food Nutr.* 12: 352-357.
 Jun WJ, Seib PA, Chung OK. 1998. Characteristics of noodle flours from Japan. *Cereal Chem.* 75: 820-825.
 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 hydrocolloids.* 36: 1319-1325.
 Kim RB, Kim MM, Unterschultz J. 2002. The future of Canadian wheat exports to Japan: comparing the Japanese and South Korean noodle flour markets. *Current Agr. Food Resource Issues.* 3: 75-89.
 Kim SM. 2003. Surimi-alginate gels as affected by setting: a study based on mixture design and regression models. *Food Res. Int.* 36: 295-232.
 Kim SK and Lee AR. 1990. Effect of temperature and times on

- cooking properties of ramyon. *Korean J. Food Sci. Technol.* 22: 215-220.
- Lei FU, Tian JC, Sun CL, Li C. 2008. RVA and farinograph properties study on blends of resistant starch and wheat flour. *Agri. Sci. China.* 7: 812-822.
- Liao HJ, Chung YC, Jirarat T. 2007. Biaxial extensional viscosity of sheeted noodle dough. *Cereal Chem.* 84: 506-511.
- Minitab, Inc. 2005. User's Manual. Minitab Inc., State College, PA, USA.
- Nam JK, Hahn YS, Hyun YH, Oh JY. 2000. Noodle-making properties of domestic wheats cultivars. *Korean J. Soc. Food Sci.* 16: 593-601.
- Oda M, Yasuda Y, Okazaki S, Yamauchi Y, Yokoyama Y. 1980. A method of flour quality assessment for Japanese noodles. *Cereal Chem.* 57: 253-254.
- Ohm JB, Ross AS, Ong YL, Peterson CJ. 2006. Using multivariate techniques to predict wheat flour dough and noodle characteristics from size-exclusion HPLC and RVA data. *Cereal Chem.* 83: 1-9.
- Popper L, Schäfer W, Freund W. 2010. Future of Flour. *Mühlenerchemie GmbH & Co. KG, Ehrenberg, Germany*, pp. 330-353.
- Sarker MZ, Yamauchi H, Kim SJ, Matsumura-Endo C, Takigawa S, Hashimoto N, Noda TA. 2008. Farinograph study on dough characteristics of mixtures of wheat flour and potato starches from different cultivars. *Food Sci. Technol. Res.* 14: 211-216.
- Shelke K, Dick JW, Holm YF, Loo KS. 1990. Chinese wet noodle formulation: a response surface methodology study. *Cereal Chem.* 67: 338-342.
- Shiau SY, Yeh A. 2001. Effects of alkali and acid on dough rheological properties and characteristics of extruded noodles. *J. Cereal Sci.* 33: 27-37.
- Shin SN, Kim SK. 2005. Physicochemical properties of Korean raw noodle flours. *Korean J. Food Sci. Technol.* 37: 418-424.
- Song Y, Zheng Q. 2007. Dynamic rheological properties of wheat flour dough and proteins. *Trends Food Sci. Technol.* 18: 132-138.
- Zhang P, He Z, Zhang Y, Xia I, Liu J, Yan J, Zhang Y. 2007. Bread and Chinese white salted noodle qualities of Chinese winter wheat cultivars and their relationship with gluten protein fractions. *Cereal Chem.* 84: 370-378.