

Tortilla의 제조를 위한 쌀가루와 밀가루의 최적 혼합비 분석

† 유진현 · 한규홍*

신흥대학 호텔조리과, *부산지방식품의약품안전청 시험분석센터

Analysis of Optimal Mixing Ratios in Tortilla Preparations with Rice and Wheat Flour

† Jin-Hyun Yoo and Gyu-Hong Han*

Dept. of Hotel Culinary Art, Shinheung College, Uijeongbu 480-701, Korea

*Center for Food and Drug Inspection, Busan Regional Office Korea Food and Drug Administration, Busan 608-080, Korea

Abstract

Tortillas were prepared using rice and wheat flour. The experimental design incorporated three independent variables(rice, wheat flour and moisture content) producing 14 samples of different proportions of each variable for each tortilla. The following were analysed using Design Expert 6 to unveil the influences of these variables on tensile strength and color(L, a, b). Results indicated that tensile strength increased with increasing rice and wheat flour content, however, decreased with increasing moisture content. Lightness(L), of the tortilla increased with increased rice content whereas yellowness(b) increased with increased wheat flour content. The model suggests that tensile strength and color(L, a, b) in tortillas are highly correlated(SD Comment - give correlation coefficient and *p*-value). As well, the numerical optimization method suggests that the ratio of wheat flour to rice flour to moisture content which maximizes the three responses(tensile strength, L and b) is 18.26 : 33.92 : 39.24%, 28.15 : 25.77 : 37.50%.

Key words: tortilla, rice flour, wheat flour, mixture design, optimization.

서론

Tortilla는 밀가루나 옥수수가루를 이용해서 빈대떡처럼 만든 다음, 속에 야채나 고기를 넣고 싸서 먹는 멕시코의 전통 음식중의 하나다¹⁾. 옛날 멕시코에서는 저녁에 소석회를 물에 풀어 그 안에 옥수수를 담가 불렀다가 아침에 건져내 갈아서 tortilla를 만들었다. 현대에 와서는 밀가루, 물, 쇼트닝, 소금, 베이킹파우더 혹은 효모를 첨가한 후 발효를 거쳐 밀가루 tortilla를 제조하는데, 그 속에 첨가물로서 항균제, 발효제, 유화제, 효모, 무지방 우유분말, hydrocolloids를 같이 혼합하여 제품의 효율성, 균일성 및 저장성을 향상시켰다²⁾. Tortilla를 제조하는데 있어 중요한 점은 찢어지거나 파손 없이 둥글게 말리는 능력³⁾과 저장하는 동안 원래의 조직과 관능적 특성을 유지해야 한다는 것이다⁴⁾. 저장하는 기간 동안 수분이 빠져나간

tortilla는 일반적으로 내부가 굳어지면서 조직이 결착되기⁵⁾ 때문에 갓 제조한 tortilla에 비하여 둥글게 말리는 능력이 떨어지고, 깨지거나 금이 간다. 또한 저장온도에 따라서 낮은 온도(-12℃와 -60℃)에서 저장한 tortilla에 비하여 실온(22~35℃)에서 저장한 tortilla에서 이러한 현상은 더욱 잘 나타난다⁶⁾. 조직의 노화에는 밀가루 내부에 있는 전분, 단백질, 수분 함량이 중요한 작용을 하기 때문에 쌀가루를 첨가하여 tortilla를 제조하려면 밀가루와 쌀가루의 전분, 단백질 및 수분함량에 대한 연구가 필요하다. 근본적으로는 밀가루와 쌀가루를 섞어 tortilla를 제조하였을 경우 상호간의 긍정적인 혹은 부정적인 효과에 대해 제시하는 것이 바람직하다고 하겠다.

신제품을 위한 최적성분비 혹은 혼합 성분간의 결합효과를 찾아내는 방법으로는 보통 반응표면분석법(Response Surface Methodology: RSM)이 사용되나, 최적효과를 나타내는

† Corresponding author: Jin-Hyun Yoo, Dept. of Hotel Culinary Art, Shinheung College, Uijeongbu 480-701, Korea.
Tel: +82-31-870-3567, Fax: +82-31-870-3569, E-mail: yjhph@hanamil.net

영역의 많은 점침으로 인해 그래프로 나타내는데 많은 어려움이 있다. 즉, 반응표면에 성분이 3가지 이상일 때 반응에 대한 모든 성분들의 효과를 나타낼 수가 없다. Derringer와 Suich⁷⁾는 constraint에서 가장 좋은 반응을 나타내기 위해서 desirability function이라는 새로운 개념을 도입하였으며, 그 방법을 이용하여 non-linear적으로 해석하였다. 또한 Cornell⁸⁾은 혼합물질에서 3개 이상의 성분들의 효과를 설명하기 위해 trace plot을 사용하였는데, 이는 특정성분의 양을 증가시켰을 때, 다른 성분들의 양이 trace plot에서 감소하나 그것들의 비율은 일정하게 유지된다는 점을 이용한 것이다. 따라서 반응에 가장 영향을 미치는 성분과 그 반응의 경향 등이 trace plot에서 결정되어질 수 있어 혼합물질에 따른 효과를 살펴볼 수가 있다.

또한 실험상에서 두 개 이상의 성분으로 되어 있는 혼합물의 경우, 각 성분의 혼합량이 문제가 되는 것이 아니라 혼합비율만이 문제가 되는 경우가 있다. 이처럼 몇 개 성분의 혼합물에 관한 실험에서 어떠한 성분이 목적하는 종속변수에 유의한 영향을 미치며, 종속변수의 반응량을 최대 또는 최소로 만드는 최적혼합비율을 찾고자 하는 실험이 혼합물 실험이다. 이러한 혼합물 실험 계획과 분석은 식품의 개발 및 최적화를 위한 방법으로 중요하게 작용하는데, 적절한 실험계획법 내에서 통계적인 모형의 도입이 이루어졌을 때 바람직하다⁹⁾.

따라서 본 연구의 목적은 적절한 혼합물 실험 계획법을 이용하여 밀가루와 쌀가루 및 수분에 대한 혼합비를 결정하고, 각 혼합물로 제조한 토피아의 물성학적 특성을 측정한다. 최종적으로 물성학적 특성에 대한 밀가루와 쌀가루 효과 및 상호효과를 조사함으로써 tortilla의 최적 혼합비를 찾아내고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 연구에 사용된 쌀은 전라북도 김제에서 2005년 수확된 것을 사용하였다. 쌀(백미)을 상온의 물에 8시간 침지한 후 30분 동안 체에 밭쳐서 물을 제거하고 제분기(SP-96L, 부일기계, 인천, 한국)를 이용하여 분쇄하였다. 분쇄된 쌀가루를 열풍건조기(HJ-210IN, 흥진기계, 서울, 한국)를 이용하여 40℃에서 건조시킨 후(수분함량 10.3%) 시료로 사용하였다. 밀가루는 중력분(대한제분, 곰, 인천, 한국), 쇼트닝, 소금, 이스트는 각각 시판품을 사용하였다.

2. Tortilla 제조

Tortilla 제조는 Bello 등¹⁰⁾의 방법을 변형하여 제조하였다

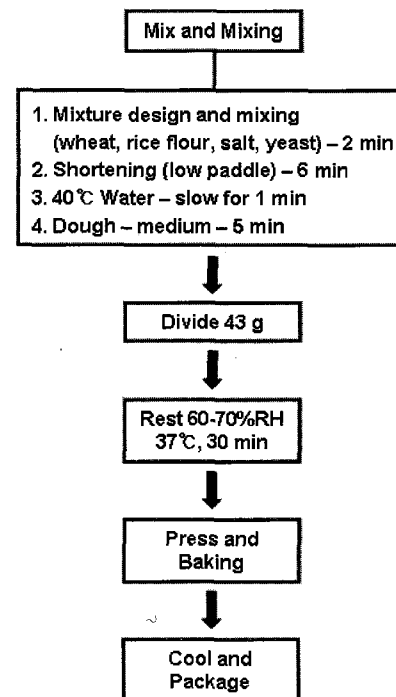


Fig. 1. Flow chart for preparation of tortilla by rice-wheat flour mixture.

(Fig. 1). 혼합물 실험 디자인에 의한 배합비를 바탕으로 밀가루와 쌀가루, 소금 6 g과 이스트 6 g을 mixing bowl에 넣고 2분간 혼합하였다. 그 다음 쇼트닝 48 g을 첨가하고 6분간 mixing한다. 물은 40℃로 유지시킨 후 혼합비에 따른 양을 첨가하고 느린 속도로 1분 동안, 중간속도에서 5분간 mixing을 한 후 반죽을 완성시켰다. 완성된 반죽은 43 g씩 분할하여 60~70% RH, 37℃에서 30분간 1차 발효를 거쳤고, 압력을 가하여 원형으로 만든 뒤 230℃에서 앞뒤로 1분씩 구어 주었다. 최종적으로 만들어진 제품은 냉각을 한 뒤 zipper bag 속에 넣어 -25℃에 저장하였다.

3. 색도 측정

색도 측정은 토피아의 중앙부분을 색차계(Color Techno System Corp., JC801, Tokyo, Japan)를 이용하여 L(lightness), a(redness), b(yellowness)값을 100회 측정된 뒤 평균값을 나타내었다.

4. 인장강도

토피아의 인장강도는 Rheometer(Sun Co., CD-200D, Tokyo, Japan)로 시료 당 10회 측정하였다. 토피아의 중앙부분으로부터 직사각형(25×50 mm) 모형으로 잘라내어(Fig. 2) 각각의 두께를 측정하고, 150 mm/min의 cross-head speed를 이용하여 인장강도를 측정하였다. 인장강도는 위아래의 adapter에 토피아

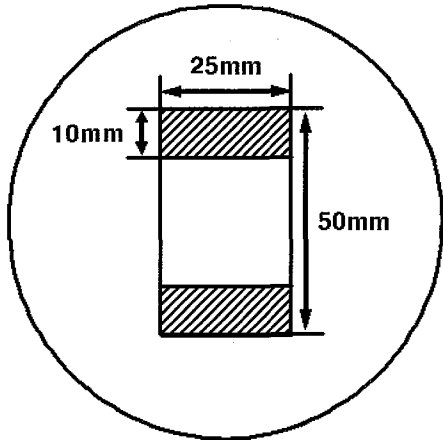


Fig. 2. Schematic representation and dimensions of the form used for tensile strength of tortilla.

10 mm씩을 각각 고정시키고 traction(끄는 힘)으로 끊어질 때까지의 힘을 측정하였다.

5. 혼합물 실험 디자인

쌀가루와 밀가루를 이용한 tortilla 제조를 위한 혼합물 실험 계획은 modified distance design¹¹⁾(Snee RD 1979)에 따라 설계하였고(Table 1), 모든 실험의 design, data 분석을 위하여 Design Expert 6(Stat-Easy Co., Minneapolis)를 사용하였다. Constraint의 값으로는 또띠아의 tensile strength와 color(L, a, b)를 정하였다. 총 100%의 혼합반죽 내에서 쇼트닝, 소금, 이

스트의 8.58%를 제외한 밀가루와 쌀가루, 물의 최소, 최대 비율은 14.40~43.92%, 10.00~33.92%, 37.50~43.10%로 정하였다. 설정된 혼합물 디자인 속에서 상호간의 상호작용을 알아보기 위해서 quadratic design model을 적용하였다. 이때 나타나는 model과 coefficient 값들은 F-test로 그 유의성을 검증하였다.

6. 최적화

쌀가루와 밀가루 및 물의 최적 혼합비는 canonical 모형의 수치 최적화(numerical optimization)를 통하여 성분비를 선정하고, 그 때의 점을 예측하였다. 수치 최적화는 canonical 모형을 근간으로 하는 모델의 계수에 각 반응에 대한 목표 범위(goal area)를 설정하고 다음 식에 의하여 구하였다.

$$D = (d_1 \times d_2 \times \dots \times d_n)^{\frac{1}{n}} = (\prod d_i)^{\frac{1}{n}}$$

여기서 D는 overall desirability, d는 각각의 desirability, n은 response의 수이다.

결과 및 고찰

1. 혼합물 실험 계획법에 의한 실험디자인

Tortilla를 제조하는데 앞서 혼합물 실험 계획법¹¹⁾을 사용하여 실험디자인을 하였다(Table 1). 밀가루와 쌀가루, 물의 최소, 최대 제약조건은 각각 14.40~43.92%, 10.00~33.92%,

Table 1. Level and composition of the wheat, rice flour and water by mixture design

Std	Run	Level			Wheat flour(%)	Rice flour(%)	Water(%)
		X ₁ ¹⁾	X ₂ ²⁾	X ₃ ³⁾			
13	1	1.000	0.000	0.000	43.92	10.00	37.50
6	2	0.000	0.810	0.190	14.40	33.92	43.10
10	3	0.405	0.405	0.190	26.36	21.96	43.10
1	4	1.000	0.000	0.000	43.92	10.00	37.50
12	5	0.190	0.810	0.000	20.00	33.92	37.50
8	6	0.345	0.608	0.047	24.58	27.94	38.90
4	7	0.905	0.000	0.095	41.12	10.00	40.30
11	8	0.000	0.810	0.190	14.40	33.92	43.10
2	9	0.810	0.000	0.190	38.32	10.00	43.10
3	10	0.500	0.405	0.095	29.16	21.96	40.30
5	11	0.190	0.810	0.000	20.00	33.92	37.50
7	12	0.655	0.203	0.142	33.74	15.98	41.70
14	13	0.810	0.000	0.190	38.32	10.00	43.10
9	14	0.595	0.405	0.000	31.96	21.96	37.50

¹⁾ X₁: Wheat flour, ²⁾ X₂: Rice flour, ³⁾ X₃: Water.

37.50~43.10%로 설정하고, modified distance design을 이용하여 혼합물의 배합비를 설계하였을 때, 4개의 반복점(Run No. 4, 8, 11, 13)을 포함하여 총 14개의 실험점이 설정되었다(Table 1). 4개의 반복점은 통계처리의 검증(lack of fit)을 위해 설정된 점이고, 모든 실험순서(Run)는 실제 실험디자인에 의해 배열되는 순서(Std)에 대한 구획의 오차를 없애기 위해 무작위로 실행하였다. 컴퓨터 프로그래밍을 위하여 0~1의 code level을 부여하였으며, 이 때 pseudo-component는 실제 성분의 조합으로 정의되는데, 실험 디자인의 구조와 모델의 적합성을 쉽게 보여주기 위해 나타내었다.

2. Tortilla의 조직 특성

쌀가루와 밀가루 및 물의 혼합 비율에 따른 쌀밀전의 조직 특성을 살펴보고자 인장강도(tensile strength)를 측정하였다. 그 결과 tortilla의 인장강도는 157.4~328.6 g의 범위를 나타내었다(Table 2).

Tortilla의 인장강도에서는 밀가루(A-A선)와 쌀가루(B-B선)가 증가할수록 인장강도를 높이는 경향을 보여주었고, 밀가루의 함량이 증가할수록 강도가 더욱 강해지는 것을 볼 수 있었다(Fig. 3). 반면에 물(C-C선)은 그 첨가량이 증가할수록 인장강도를 낮추는 경향을 보여주었다. 인장강도의 경우 tortilla가 둥글게 말리는 성질과 관련이 깊으며¹²⁾, 인장강도가 작을수록 tortilla의 둥글게 말리는 성질이 좋아진다. 그러나 어느 정도의 인장강도를 가지고 있어야 제품으로서의 성형 및 저장기간 동안 tortilla의 층 분리가 없기 때문에 밀가루와

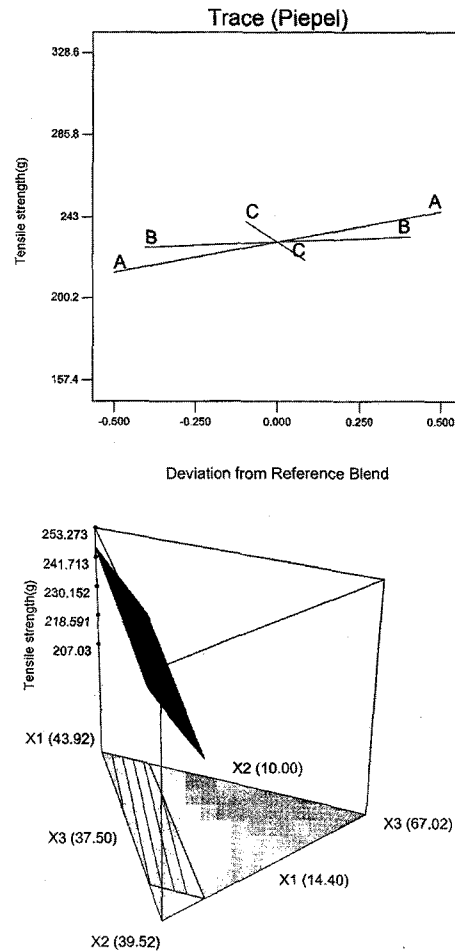


Fig. 3. Trace plot and 3d plot describing the effects of wheat, rice flour and water on tensile strength.

A: Wheat flour, B: Rice flour, C: Water.

쌀가루 및 물의 첨가 비율이 결정되어야 한다.

예비 실험 결과, 밀가루만으로 제조된 일반 tortilla의 경우 (S사) 약 374.8±25.9 g의 인장강도를 보여주었다. 본 연구결과가 일반 tortilla보다 작은 인장강도를 나타낸 이유는 밀가루의 gluten에 의한 망상 조직을 가지고 있는 일반 tortilla에 비하여 밀가루에 쌀가루가 첨가됨으로써 이와 다른 결합구조를 지니기 때문이다. 즉, 밀가루와 쌀가루의 단백질 분자의 적당한 회합에 의한 망상구조 형성이 결과적으로 tortilla 제품의 물성에 영향을 미치고 있는 것으로써, gluten으로 이루어진 조직에 비하여 쌀가루의 첨가가 망상조직 형성에 방해가 될 것으로 사료된다. Kang 등¹³⁾은 쌀빵의 제조하는데 있어 이와 같은 문제를 해결하고자 gum과 지방질, 활성 gluten을 첨가하여 특성을 비교하였는데, 쌀가루에서 부족한 gluten 대체제로 hydroxy-propylmethylcellulose를 첨가하였을 때 제빵성이 우수하다는 것을 보여주었다. 하지만 본 연구에서는 첨가제 없이 기본 tortilla 배합에 쌀가루의 함량과 물의 첨가에

Table 2. Quality characteristics of rice-wheat tortilla by mixture design

Std	Run	Tensile strength(g)	L(lightness)	a(redness)	b(yellowness)
13	1	192.1	74.71	-2.16	15.01
6	2	157.8	77.95	-2.44	12.58
10	3	328.6	72.51	-1.65	12.34
1	4	193.2	74.88	-2.14	15.05
12	5	251.5	76.39	-1.29	11.51
8	6	228.5	75.03	-0.27	11.56
4	7	247.5	75.01	-2.72	15.63
11	8	157.4	77.95	-2.45	12.64
2	9	228.3	73.55	-2.25	15.03
3	10	200.8	76.65	-2.37	13.54
5	11	252.1	76.34	-1.27	11.48
7	12	226.1	74.82	-2.74	14.37
14	13	228.9	72.89	-2.27	15.08
9	14	327.3	74.82	-1.96	13.72

대한 영향을 살펴본 것으로써, 쌀가루를 첨가함으로써 최대 328.6 g의 인장강도를 나타내어 tortilla에 대한 가능성을 제시 하였다.

3. Tortilla의 색도

Tortilla의 색도를 측정된 결과는 Table 2에 나타내었다. 쌀 가루의 함량이 증가할수록 L값과 a값은 72.51~77.95, -2.74~-0.27로 증가하였다. 색의 밝은 정도를 나타내는 L값은 쌀 가루의 함량(B-B선)이 증가할수록 밝아지는 것으로 나타났고(Fig. 4), 적색도를 나타내는 a값은 쌀가루의 함량(B-B선)이 증가할수록 높아지는 것을 알 수 있었다(Fig. 5). 황색도를 나타내는 b값에서는 밀가루의 함량(A-A선)이 증가할수록 황

색이 강하게 나타났다(Fig. 6).

예비 실험을 통하여 살펴본 밀가루 tortilla의 경우 L값은 73.42±4.32, a값은 2.62±1.62, b값은 9.60±1.36의 범위를 보여 주었는데, 본 연구결과와 비교하여 볼 때 쌀가루를 첨가함으로써 tortilla의 밝기를 밝게 해주었고, 밀가루의 제빵 특성인 황색을 낮추는 것으로 나타났다.

4. 혼합물 모델 및 분석

혼합물 내에서 각 성분이 미치는 영향을 살펴보기 위해서는 반응에 대한 통계적 모델링과 분석 및 평가가 필요하다¹⁴⁾.

따라서 본 연구에서는 각 반응에 대한 모델을 설정하였고, F-test를 통하여 유의성 검사를 하였다(Table 3). 조직 특성 반

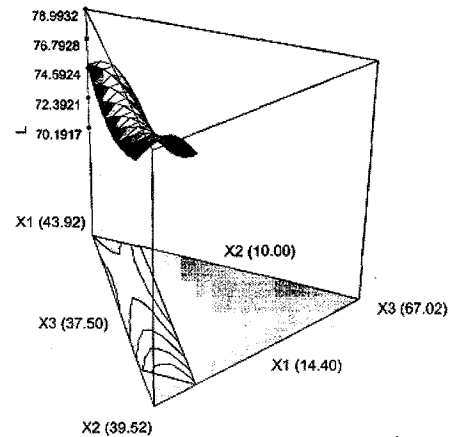
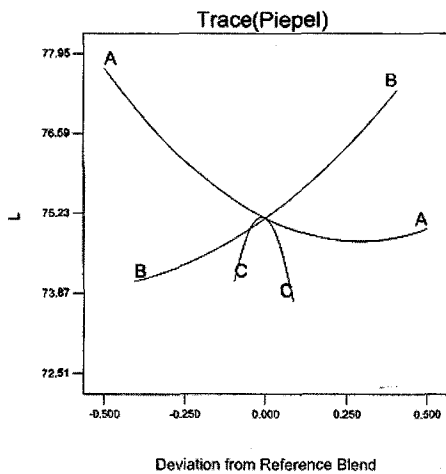


Fig. 4. Trace plot and 3d plot describing the effects of wheat, rice flour and water on L(lightness). A: Wheat flour, B: Rice flour, C: Water.

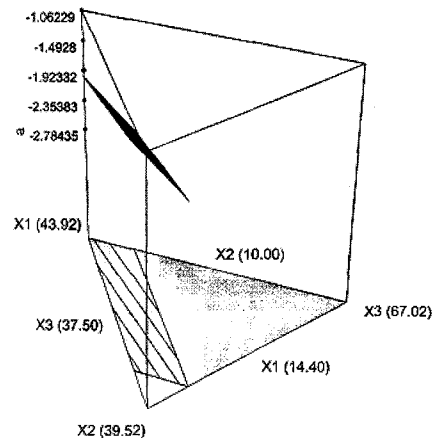
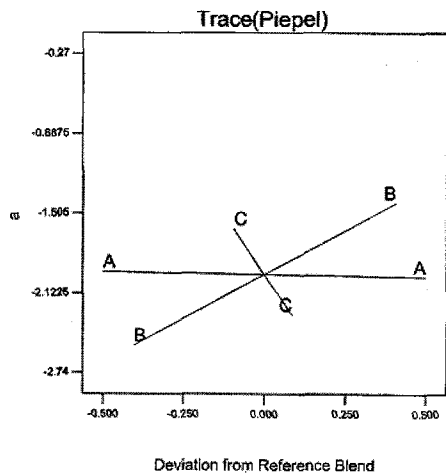


Fig. 5. Trace plot and 3d plot describing the effects of wheat, rice flour and water on a(redness). A: Wheat flour, B: Rice flour, C: Water.

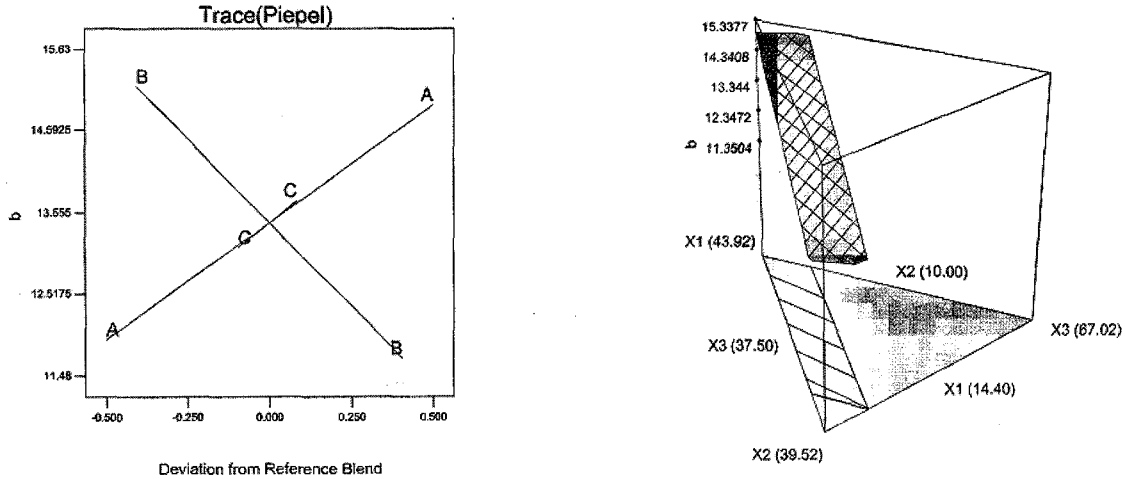


Fig. 6. Trace plot and 3d plot describing the effects of wheat, rice flour and water on b(yellowness).
A: Wheat flour, B: Rice flour, C: Water.

Table 3. Predicted model for characteristic properties data a formulation phase

Response	Predicted equation	Model	F-value	Prob.>F	R ²
Tensile strength	206.99A ¹⁾ +166.18B ²⁾ +4824.33C ³⁾ +474.29AB-5440.60AC-5784.52BC	Quadratic	5.21	0.0276	0.9925
L	74.96A+78.73B-54.09C-10.41AB+146.87AC+157.21BC	Quadratic	8.15	0.0081	0.9860
a	-2.00A-1.17B-5.32C	Linear	3.27	0.0768	0.9200
b	14.91A+10.88B+16.41C	Linear	34.87	<0.0001	0.9917

1) Wheat flour, 2) Rice flour, 3) Water.

응으로 설정한 인장강도는 quadratic 모델이 선택되었고, probability가 0.0276으로서 5% 이내의 낮은 유의차를 가져 모델에 대한 적합성을 보여주었다. 특히 예측된 식에서 결정된 계수들은 성분들이 반응에 미치는 영향을 수치로 보여주고 있는 것으로, 인장강도의 경우 쌀가루와 수분의 혼합작용인 5784.52가 가장 많은 영향을 미치고, 그 다음으로 밀가루와 물의 혼합작용인 5440.60이 인장강도에 영향을 주는 것을 알 수 있다. 이러한 quadratic 모델의 설정은 tortilla에서 밀가루와 쌀가루, 물 각각의 작용뿐만 아니라 밀가루와 쌀가루, 밀가루와 물 및 쌀가루와 물 등의 상호관계를 볼 수 있다.

Tortilla의 색도에 있어서 밝고 어둠을 나타내는 L값의 경우, 인장강도와 유사하게 quadratic 모델이 설정되었고 0.0081의 probability를 보여 5% 이내의 유의성에 만족하였다. 반응계수로 살펴본 성분들의 작용에서는 쌀가루와 물의 상호관계가 157.21을 보여주어 가장 많은 영향을 주는 것으로 판단된다. 적색도의 a값과 황색도의 b값에서는 모두 linear 모델이 선택되었는데, 이는 tortilla에서 밀가루와 쌀가루 및 물이 서로의 상호작용 없이 각각 영향을 주는 것을 의미한다. 특히

b값에서는 물 이외에 밀가루(A)의 반응 계수가 14.91로 trace plot에서 살펴본 바와 같이 영향을 주는 것으로 사료된다.

5. 혼합물 최적화

혼합물의 최적화는 Derringer와 Suich⁷⁾의 최적화를 근원으로 하여 발전시킨 방법을 사용하였다. 우선 선택된 모델의 식을 이용하여 목적 성분을 밀가루와 쌀가루 및 물로 정하고 원하는 반응을 tortilla의 인장강도, 색도(L값, b값)로 결정하였다. 그 다음 목적(goal) 범위로 쌀가루의 함유량을 최대화하고, 밀가루와 물은 실험의 범위 안에, 인장강도와 L값은 최대(maximize), b값은 최소(minimize)로 하여 만족하는 수치점(numerical point)을 예측하였다. 또한 혼합물 성분들은 범위 안에 고정하고 인장강도는 최대(maximize), L값과 b값은 최소(minimize)로 하여 만족하는 수치 점도 예측하였다(Table 4). 예측된 값으로는 밀가루 18.26%, 쌀가루 33.92%, 물 39.24%와 밀가루 28.15%, 쌀가루 25.77%, 물 37.50%로 각각 결정되었으며, 이 때 예측 반응치로는 인장강도 229.08 g, L값 77.95, b값 11.73 및 인장강도 239.43 g, L값 74.38, b값

Table 4. Optimum constraints values using numerical methods in the object goal

Constrains name	Goal	1 st Numerical optimization		2 nd Numerical optimization	
		Goal		Goal	
Wheat flour	is in range	18.26%	is in range	28.15%	
Rice flour	maximize	33.92%	is in range	25.77%	
Water	is in range	39.24%	is in range	37.50%	
Tensile strength	maximize	229.08 g	maximize	239.43 g	
L	maximize	77.95	minimize	74.38	
b	minimize	11.73	minimize	12.76	

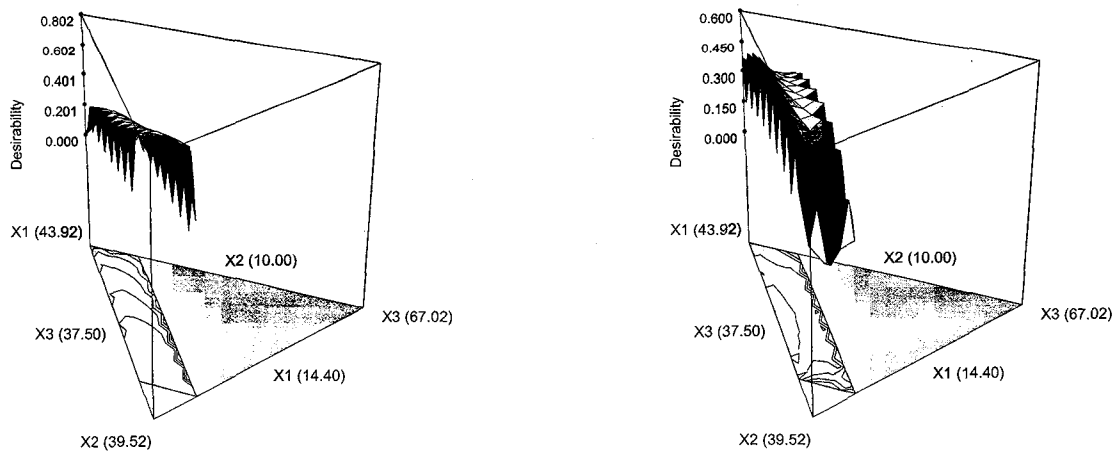


Fig. 7. Scatter 3d plot of the optimal mixture point from optimization.

12.76이 계산되었다. 이러한 최적화 점은 Fig. 7에서 보여지는 바와 같이 반응표면으로 생성되며 높은 desirability값을 갖는 실험점이 최적화 점으로 선택되어졌다.

요 약

본 연구는 tortilla의 제조에 있어 혼합물 실험 계획법을 이용한 쌀가루와 밀가루의 최적 혼합비를 구하였다. 혼합물 실험 계획법 중 modified distance design을 이용하였을 때, 4개의 반복점을 포함하여 총 14개의 실험점이 설정되었고, 각 실험점에 따라 tortilla를 제조하여 인장강도(tensile strength), 색도(L, a, b)를 측정하였다. Tortilla에서 쌀가루와 밀가루가 증가할수록 인장강도가 높아졌고, 물이 첨가될 때 인장강도가 낮게 나타났다. Tortilla의 색도에 있어서는 쌀가루의 함량이 증가할수록 L값이 높아져, 색이 밝아졌고, 밀가루의 함량이 증가할수록 황색도를 나타내는 b값이 증가하였다. 인장강도와 색도에 대한 혼합물의 모델 및 분석을 통하여 최적 혼합비를 도출하였는데, 인장강도에서는 quadratic 모델이 선택되었고, 5% 이내의 유의차를 가져 모델에 대한 적합성을 나타내었다.

예측된 식에서 결정된 식으로 살펴볼 때, 쌀가루와 수분의 혼합작용이 인장강도에 가장 많은 영향을 미쳤다. Tortilla의 색도에 있어서는 L값에서 quadratic 모델이, a값과 b값에서는 linear 모델이 선택되었고, a값을 제외하고 5%이내의 유의차를 보여주어 모델로서 사용이 가능하였다. 반응 계수로 살펴본 성분들의 작용에서는 쌀가루와 물의 상호관계가 L값에 큰 영향을 주었고, b값에서는 상호작용 없이 밀가루가 tortilla에 영향을 주었다. 이들 모델을 바탕으로 혼합물 최적화를 분석하였는데, tortilla의 인장강도 및 L값은 최대(maximize), b값은 최소(minimize)로 하였을 때, 밀가루 18.26%, 쌀가루 33.92%, 물 39.24%와 밀가루 28.15%, 쌀가루 25.77%, 물 37.50%로 각각 설정되었다.

참고문헌

1. Christopher, PF, Ralph, DW and Lloyd, WR. Effects of hydrocolloids on processing and qualities of wheat tortillas. *Cereal Chem.* 70:252-256. 1993
2. Friend, CP, Serna-Saldivar, SO, Waniska, RD and Rooney,

- LW. Improved whole wheat tortillas using white wheat. *Cereal Foods World*. 37:325-328. 1992
3. Suhendro, EL, Almeida-Dominguez, HD, Rooney, LW and Waniska, RD. Objective rollability method for corn tortilla texture measurement. *Cereal Chem*. 75:320-324. 1998
 4. Suhendro, EL, Almeida-Dominguez, HD, Rooney, LW, Waniska, RD and Moreira, RG. Tortilla bending technique: an objective method for corn tortilla texture measurement. *Cereal Chem*. 75:854-858. 1998
 5. Hebeda, RE, Bowles, LK and Teague, WM. Use of intermediate temperature stability enzymes for retarding staling in baked goods. *Cereal Foods World*. 38:619-624. 1991
 6. Kelekci, NN, Pascut, S and Waniska, RD. The effects of storage temperature on the staling of wheat flour tortillas. *J. Cereal Sci*. 37:377-380. 2003
 7. Derringer, G and Suich, R. Simultaneous optimization of several response variables. *J. Quality Technol*. 12:214-219. 1980
 8. Cornell, JA. Experiments with Mixtures: Designs, Models, and the Analysis of Mixture Data. pp.1-8, John Wiley & Sons. 1990
 9. Saguy, I, Mishkin, MA and Karel, M. Optimization methods & available software. Part 1. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr*. 20:275-299. 1984
 10. Bello, AB, Serna-Saldivar, SO, Waniska, RD and Rooney, LW. Methodology to prepare and evaluate wheat tortillas. *Cereal Foods World*. 36:315-322. 1991
 11. Snee, RD. Experimental designs for mixture systems with multicomponent constraints. *Comm. Statist. Theory Methods*. 8:337-338. 1979
 12. Arambula-Villa, G, Gonzalez-Hernandez, J and Ordorica-Falomir. Physico chemical, structural and textural properties of tortillas from extruded instant corn flour supplemented with various types of corn lipids. *J. Cereal Sci*. 33:245-252. 2001
 13. Kang, MY, Choi, YH and Choi, HC. Effects of gums, fats and glutens adding on processing and quality of milled rice bread. *Kor. J. Food Sci. Technol*. 29:700-704. 1997
 14. Han, GH, Kim, BY and Lee, JK. Production of extrudates formulated from pacific sand lance by-product and dried biji. *Kor. J. Food Sci. Technol*. 34:186-193. 2002
-
- (2006년 11월 23일 접수; 2007년 2월 24일 채택)