

反應表面分析에 의한 쌀 壓出成型物の 品質評價

高光鏞·김준명

中央大學校 食品加工學科

(1991년 9월 7일 접수)

Quality Measurement of Rice - Mixture Extrudate by the Response Surface Regression Analysis

Kwang-Jin Koh and Jun-Pyong Kim

Department of Food Science and Technology, Chung-ang University

(Received September 7, 1991)

Abstract

The study was designed to investigate overall acceptability of rice extrudate with added ginseng flour extruded by single screw extruder. Graphic three dimension analysis on response surface regression was conducted for overall acceptability evaluated by balanced incomplete block design. Overall acceptability, which formed a saddle point, increased as moisture content increased at lower die temperature, and as moisture content decreased at higher die temperature. Critical values of each variable which indicated optimum response are 5.0% ginseng content, 17.8% moisture content and 104.6°C die temperature, and optimum inferred score of overall acceptability is 59.6 among 90.

Key words: extrudate, overall acceptability, response surface regression analysis, balanced incomplete block method.

서 론

일반적으로 식품의 품질평가는 그 식품을 구성하는 성분 및 물리적 특성을 분석하여 이화학적 특성에 의하여 객관적으로 측정하는 방법과 전문 관능검사요원의 관능검사에 의하여 식품의 외관, 색깔, 맛 및 조직감 특성 등을 주관적으로 평가하는 방법이 알려져 있다.

관능검사에 의한 품질평가는 관능검사요원의 개인능력, 심리적 상태, 주위환경 그리고 관능검사 방법에 의하여 많은 영향을 받기 때문에 검사결과와 객관성을 부여하기 위해서는 현대통계학의 개념을 도입하여 재현성 및 신뢰도를 높여야 한다. 특히 압출성형물이

용하여 새로운 제품의 개발은 압출성형기의 제반조건 및 시료의 처리조건에 의하여 수많은 처리구가 발생하기 때문에 최적조건에 따른 제품의 품질을 관능검사에 의하여 측정하기 위해서는 대표적인 실험계획에 의하여 처리구를 미리 선정하여 처리구의 수를 최소화 시켜야 평가의 신뢰도를 높일수 있다.

본 연구에서는 쌀과 인삼을 혼합한 압출성형물의 최적 제조조건을 확립하기 위하여 실험계획⁽¹⁻³⁾에 따라 예측한 처리구에 의하여 제조한 쌀압출성형물의 품질을 균형된 불완비 블록법⁽⁴⁻⁵⁾으로 관능 평가한 후 종속변수인 종합적 기호도와 독립변수인 수분함량, 인삼 함량 및 토출구 온도를 반응표면분석하여 객관적인 최적 압출성형조건을 확립하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

수분함량(15, 17, 19, 21, 23%), 인삼함량(0, 5, 10, 15, 20%) 및 토출구온도(90, 100, 110, 120, 130°C)를 달리하여 screw speed 258rpm, L/D ratio 7.5, die size ϕ 6mm * 1hole, barrel length 45cm 로 설정한 단축스류류 압출성형기로 실험계획법(중심합성계획법; central composite design method)에 따라 제조한 압출성형물을 Table 1과 같이 시료로 사용하였다.

Table 1. Treatment number according to independent variables.

| Treatment No. | GIN - MO - TEMP* (Extrusion conditions) |
|---------------|--|
| 1 | 0 - 19 - 110 |
| 2 | 5 - 17 - 110 |
| 3 | 5 - 17 - 120 |
| 4 | 5 - 21 - 110 |
| 5 | 5 - 21 - 120 |
| 6 | 10 - 15 - 110 |
| 7 | 10 - 19 - 90 |
| 8 | 10 - 19 - 110 |
| 9 | 10 - 19 - 130 |
| 10 | 10 - 23 - 110 |
| 11 | 15 - 17 - 100 |
| 12 | 15 - 17 - 120 |
| 13 | 15 - 21 - 100 |
| 14 | 15 - 21 - 120 |
| 15 | 20 - 19 - 110 |

GIN : Ginseng content(%), MO : Moisture content(%), TEMP : Die temperature(°C)

실험방법

균형된 불완비 블록법(balanced incomplete block method)에 의한 다시료 검사의 실험계획에 따라서 10명의 판넬원으로 하여금 종합적 기호도를 평가토록 하였으며, 이때의 시료간의 유의성은 5% 유의 수준에서 최소 유의차 검정(least significant difference

test)으로 조사하였다. 또한 종합적기호도에 대한 인삼함량(X_1), 수분함량(X_2) 및 토출구 온도(X_3)의 영향을 2차회귀모형의 반응표면분석을 통하여 추정하였다.

1. 관능검사

압출성형조건을 달리한 15종류의 시료를 한번에 검사할 때 발생하는 문제점을 해결하기 위하여 본 실험에서는 Table 2 와 같이 균형된 불완비 블록법을 사용하여 종합적 기호도를 산출하였다. 10명의 관능검사원에게 한번에 일곱가지 시료를 제시하고 종합적 기호도를 9점 채점법에 의하여 나타내도록 하였다. 한번에 일곱가지 시료로 이루어지는 관능검사는 15회에 걸쳐 실시하였으며, 한 시료당 3번씩 반복 평가하였다.

Table 2. Balanced incomplete block design for 15 treatments in blocks of 15 units.

| Replications Block | Treatments | | | | | | |
|-----------------------|------------|----|-----|----|----|----|-----|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII |
| 1 | 13 | 8 | 12 | 6 | 7 | 1 | 9 |
| 2 | 5 | 14 | 10 | 7 | 12 | 2 | 8 |
| 3 | 15 | 12 | 11 | 5 | 8 | 3 | 6 |
| 4 | 12 | 11 | 6 | 9 | 2 | 4 | 14 |
| 5 | 4 | 5 | 8 | 1 | 14 | 9 | 15 |
| 6 | 11 | 9 | 7 | 2 | 13 | 15 | 5 |
| 7 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 8 | 2 | 3 | 1 | 13 | 15 | 14 | 12 |
| 9 | 8 | 6 | 4 | 15 | 10 | 13 | 2 |
| 10 | 12 | 4 | 5 | 11 | 1 | 12 | 5 |
| 11 | 9 | 13 | 14 | 10 | 6 | 5 | 3 |
| 12 | 14 | 7 | 13 | 3 | 4 | 8 | 11 |
| 13 | 7 | 15 | 9 | 12 | 3 | 10 | 4 |
| 14 | 3 | 1 | 2 | 8 | 9 | 11 | 10 |
| 15 | 6 | 10 | 15 | 14 | 11 | 7 | 1 |

1) Each cell consists of treatment number.

2. 반응표면분석

인삼함량(X_1), 수분함량(X_2) 및 토출구온도(X_3)를 독립변수로 하고, 종합적기호도(Y_0)를 종속변수로 하여 각 변수의 반응표면을 추정, 회귀분석한 후 이들의

상관관계를 3차원 그래픽으로 나타 내었다.

2차 회귀모형은 아래와 같다.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i < j}^k \beta_{ij} X_i X_j, (k=3)$$

이때 통계분석을 위해 사용한 컴퓨터 프로그램은 VA X 11/785 (digital equipment corporation, DEC,U.S.A.)기종에 내장된 SAS Version 5.18 과 CORP(correlation), REREG(response surface regression), G3D(graphic 3 dimension) 이었으며. 그래픽 장비는 LVP16 모델(DEC,U.S.A.)을 사용하였다.

결과 및 고찰

균형된 불완비 블록법에 의한 종합적 기호도

실험계획법에 의하여 선정된 15가지 쌀압출성형물의 품질을 10명의 관능검사 요원이 균형된 불완비 블록법에 따라 평가한 관능평점을 계산하여 총계를 Table 3에 나타내었다.

Table 4 는 Table 3 의 데이터를 통계처리한 분산분석표이다. 여기에서 전체평방향(TSS), 불력평방향(SS_B), 처리평방향(SS_{T-unadj.}) 및 오차평방향(SS_E)은 아래의 계산식에 따라 구하였다.

$$TSS = \sum \sum Y_{ij}^2 - G^2/bk$$

$$SS_B = \frac{\sum W_i^2}{tr(t-k)(k-1)}$$

$$[W_i = (t-k)T_i - (t-1)B_i + (k-1)G]$$

$$SS_{T \text{ unadj.}} = \frac{\sum T_i^2}{r} - \frac{G^2}{tr}$$

$$SS_E = TSS - SS_B - SS_{T \text{ unadj.}}$$

Table 3. Total sensory score for 15 treatments in blocks of 15 units.

| Replications | Block | | | | | | | total |
|--------------|-------|----|-----|----|----|----|-----|-------|
| | I | II | III | IV | V | VI | VII | |
| 1 | 64 | 58 | 59 | 64 | 39 | 50 | 41 | 375 |
| 2 | 39 | 33 | 62 | 47 | 54 | 62 | 64 | 361 |
| 3 | 40 | 60 | 45 | 37 | 57 | 67 | 56 | 362 |
| 4 | 56 | 43 | 61 | 52 | 63 | 43 | 34 | 352 |
| 5 | 46 | 31 | 61 | 59 | 35 | 49 | 49 | 330 |
| 6 | 49 | 48 | 42 | 59 | 63 | 51 | 48 | 360 |
| 7 | 62 | 65 | 54 | 43 | 48 | 62 | 39 | 373 |
| 8 | 53 | 58 | 55 | 66 | 50 | 40 | 56 | 378 |
| 9 | 61 | 67 | 53 | 49 | 48 | 67 | 64 | 409 |
| 10 | 62 | 44 | 41 | 49 | 52 | 57 | 59 | 361 |
| 11 | 61 | 60 | 44 | 44 | 50 | 40 | 59 | 358 |
| 12 | 36 | 34 | 59 | 59 | 58 | 57 | 42 | 345 |
| 13 | 41 | 36 | 60 | 60 | 54 | 52 | 25 | 328 |
| 14 | 53 | 48 | 64 | 56 | 62 | 49 | 48 | 380 |
| 15 | 57 | 46 | 39 | 27 | 42 | 42 | 51 | 304 |

1) Each cell consists of total sensory score.

Table 4. Analysis of variance.

| | d.f. | s.s. | m.s. |
|---------------------|--------------|--------------------------------|----------------------|
| Blocks (adj.) | (b-1) 14 | SS _B 418.20 | E _b 29.87 |
| Treatments (unadj.) | (t-1) 14 | SS _{T unadj.} 7265.09 | |
| Intra-block error | (tr-2t+1) 76 | SS _E 2483.51 | E _w 32.68 |
| Total | | TSS 10166.80 | |

이때 분석을 위한 계산에 필요한 기호는 아래와 같이 정의되며 처리평방법(SSR_{unadj.})을 구하기위한 각 항목의 계산결과는 Table 5 와 같다.

- t : number of treatments (15)
- k : number of units per block (7)
- b : number of blocks (15)
- r : number of replications (7)
- T_i : ith treatment sum
- B(i) : blocks sum including ith treatment
- G : grand total

Table 5. Results of statistical symbol for the analysis of variance.

| Treatment No. | T _i | T _i ² | B(i) | W _i | W _i ² |
|---------------|----------------|-----------------------------|-------|----------------|-----------------------------|
| 1 | 377 | 142129 | 2501 | 258 | 66564 |
| 2 | 430 | 184900 | 2613 | -886 | 784996 |
| 3 | 404 | 163216 | 2524 | 152 | 23104 |
| 4 | 312 | 97344 | 2498 | -220 | 48400 |
| 5 | 284 | 81656 | 2505 | -542 | 293764 |
| 6 | 417 | 173889 | 2533 | 130 | 16900 |
| 7 | 284 | 80656 | 2446 | 284 | 80656 |
| 8 | 414 | 171396 | 2562 | -300 | 90000 |
| 9 | 373 | 139129 | 2483 | 478 | 228484 |
| 10 | 362 | 131044 | 2501 | 138 | 19044 |
| 11 | 319 | 101761 | 2464 | 312 | 97344 |
| 12 | 401 | 160801 | 2517 | 226 | 51076 |
| 13 | 436 | 190096 | 2586 | -460 | 211600 |
| 14 | 249 | 62001 | 2428 | 256 | 65536 |
| 15 | 314 | 98596 | 2471 | 174 | 30276 |
| Total | 5376 | 1977614 | 37632 | 0 | 2107744 |

한편 처리 평균간의 통계적 유의성을 검정하기 위하여 처리평균의 추정치(μ_i)를 최소유의차 검정한 결과는 Table 6 과 같으며 이때 동일한 문자를 지닌 처리 구간에는 5% 수준에서 유의적인 차이가 없었다.

여기에서 처리평균의 추정치는 다음의 계산식에 의하여 계산하였다.

$$\mu_i = T - \frac{E_b - E_o}{t(k-1)E_b}$$

Table 6. Mean of adjusted treatments for overall acceptability.

| Treatment No. | GIN-MO-TEMP (Extrusion conditions) | Mean of adjusted treatments (μ _i) | (μ _i / r) |
|---------------|------------------------------------|---|----------------------|
| 1 | 0-19-110 | 376.74 | 53.82 <i>cdefg</i> |
| 2 | 5-17-110 | 430.89 | 61.56 <i>ab</i> |
| 3 | 5-17-120 | 403.85 | 57.69 <i>abcd</i> |
| 4 | 5-21-110 | 312.22 | 44.60 <i>jkl</i> |
| 5 | 5-21-120 | 284.54 | 40.65 <i>jkim</i> |
| 6 | 10-15-110 | 416.87 | 59.55 <i>abc</i> |
| 7 | 10-19- 90 | 283.72 | 40.53 <i>jkim</i> |
| 8 | 10-19-110 | 414.30 | 59.19 <i>abcd</i> |
| 9 | 10-19-130 | 372.52 | 53.22 <i>defgh</i> |
| 10 | 10-23-110 | 361.86 | 51.69 <i>efghi</i> |
| 11 | 15-17-120 | 318.69 | 45.53 <i>ij</i> |
| 12 | 15-17-120 | 100.77 | 57.25 <i>abcdef</i> |
| 13 | 15-21-100 | 436.46 | 62.35 <i>a</i> |
| 14 | 15-21-120 | 248.74 | 35.53 <i>m</i> |
| 15 | 20-19-110 | 313.83 | 44.83 <i>jk</i> |

1) same letter means no significant difference (P<0.05) by least significant difference test.

반응표면분석에 의한 독립변수들의 종합적 기호도

앞의 Table 6 에서 나타난 각 처리구별 종합적 기호도에 대하여 인삼함량, 원료수분함량 및 토출구온도 중 각각 두독립변수들의 영향을 반응표면 회귀분석하여 이 때 산출된 회귀방정식의 각항별로 유의성을 검토하였다. Table 7 은 인삼함량 0 - 20%, 수분함량 15 - 23% 및 토출구온도 90 - 130°C 의 주어진 범위에서 독립변수들에 대한 유의성을 표시한 것이다. Table 7 에서 종합적 기호도에 대해서는 수분함량과 토출구온도의 영향이 각각 나타났으며 이들의 교호작용도 큰 영향을 나타내었다.

Table 7. Significance of terms in response surface analysis for graphic 3 dimension.

| Process variable terms | Dependent variable (overall acceptability, Y_0) |
|--------------------------------|---|
| Linear : | |
| GIN (X_1) | ns |
| MO (X_2) | *** |
| TEMP (X_3) | * |
| Quadratic : | |
| GIN ² (X_1) | ns |
| MO ² (X_2) | ns |
| TEMP ² (X_3) | ns |
| Cross product : | |
| GIN · MO ($X_1 \cdot X_2$) | ns |
| GIN · TEMP ($X_1 \cdot X_3$) | ns |
| MO · TEMP ($X_2 \cdot X_3$) | *** |
| Number of significance terms : | |
| Max. 9 | 3 |

- 1) * ; significant at 5.0%
- ** ; significant at 1.0%
- *** ; significant at 0.1%
- ns ; not significant

이때에 추정된 반응표면 회귀식은 아래와 같으며 안 부점에서 최적반응표면을 나타내었다.

$$Y_0^{***} = - 882.771 - 6.052 X_1 + 59.059 X_2^{***} + 8.237 X_3^* - 0.091 X_1^2 + 0.250 X_1 X_2 + 0.005 X_2^2 + 0.024 X_1 X_3 - 0.579 X_2 X_3^{***} + 0.009 X_3^2, (R^2=0.8540)$$

최적반응을 보였을때의 각 요인들의 임계치는 인삼 함량 5.0%, 수분함량 17.8% 및 토출구온도 104.6°C 로 이 때 종합적기호도의 최적추정치는 59.6(90점 만점) 이었다. 이에 대한 3차원 그래픽 반응표면은 Fig.1 에 나타나 있다. Fig.1 은 인삼함량(X_1)이 0 - 20% 사이를 움직일 때 추정된 반응표면곡선으로 위의 방정식에 의하여 수분함량, 토출구온도 및 수분함량과 토출구온도간의 교호작용이 모두 위험율 5% 이내에서 인정되었다. 즉, 토출구온도가 낮을때는 수분함량이 증가할수록, 토출구온도가 높을때는 수분함량이 감소할수록 종합적인 기호도는 증가하는 경향을 나타낸 반면, 낮은 수분함량에서는 토출구온도가 증가할수록, 높은 수분함량에서는 토출구온도가 감소할수록 종합적 기호도가 각각 증가함을 보여주었다.

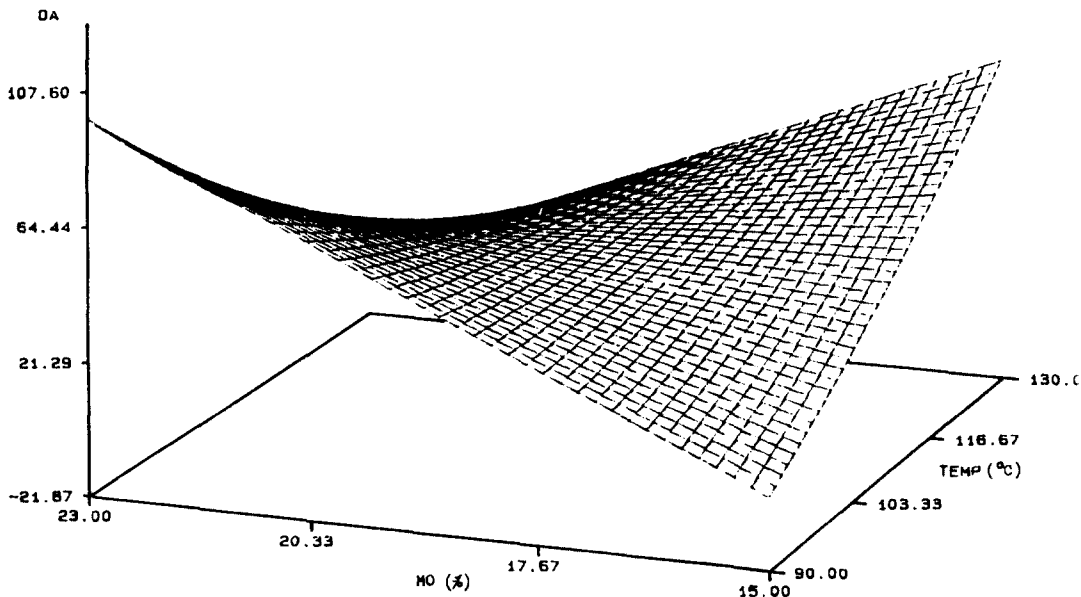


Fig. 1. Three dimensional graph for relationship among overall acceptability, moisture content of feed and die temperature.

요 약

쌀과 인삼을 혼합한 압출성형물의 제조시 제조조건을 시료의 수분함량 5변수, 인삼함량 5변수 및 토출구 온도 5변수를 조합한 총 125개 처리구에 대한 처리효과를 보기 위하여 실험계획법에 따라 15개 처리구를 설정한 후 각 처리구의 관능평점과 독립변수와의 반응표면분석을 실시하여 쌀압출성형물의 최적 압출 성형조건을 확립하였다. 균형된 불완비 블록법에 의하여 산출된 종합적 기호도에 대한 독립변수들의 영향을 3차원 반응표면회귀분석하였을 때 토출구온도가 낮을 때는 수분함량이 증가할수록, 토출구온도가 높을 때는 수분함량이 감소할수록 종합적 기호도는 증가하면서 안부점을 형성하였다. 이 때 최적반응을 보인 각 요인들의 임계치는 인삼함량 5.0%, 수분함량 17.8% 및 토출구온도 104.6°C 로 이 때 종합적 기호도의 최적 추정치는 59.6점(90점 만점)이었으며, 추정된 반응표면회귀식은 $Y_0^{***} = -882.771 - 6.052 X_1 + 59.059 X_2^{***} + 8.237 X_3^* - 0.091 X_1^2 + 0.250 X_1 X_2 + 0.005 X_2^2 + 0.024 X_1 X_3 - 0.579 X_2 X_3^{***} + 0.009 X_3^2$ 로서 상관계수는 $R^2 = 0.8540$ 로 매우 높은 상관관계를 나타내었다.

문 헌

1. 박성현:현대실험계획법. 민영사, 서울, p.600(1990)
2. 박성현:회귀분석. 대영사, 서울, p.428(1990)
3. Gacula Jr., M.C. and Singh, J.: Statistical methods in food and consumer research. Academic press, New York, p.242(1984)
4. 이영춘, 김광욱:식품의 관능검사. 학연사, 서울, p.277(1989)
5. Cochran, W.G. and Cox, G.M.: Experimental designs. 2nd ed., John Wiley and Sons, Inc., New York. p.447(1957)