

열풍 건조 무청의 품질특성

구경형[†] · 이경아 · 김영림 · 이용환
한국식품연구원

Quality Characteristics of Hot-air Dried Radish (*Raphanus sativus* L.) Leaves

Kyung-Hyung Ku[†], Kyung-A Lee, Young-Lim Kim and Yong-Whan Lee

Korea Food Research Institute, Gyeonggi 463-746, Korea

Abstract

The composition analysis of various radish (*Raphanus sativus* L.) leaves and the effects of drying condition on the quality characteristics of hot-air dried radish leaves were carried out by a response surface methodology. Independent variables put in drying temperature (X_1) and drying time (X_2), dependent variables put in color, calcium, iron, vitamin, etc. In the proximate composition of radish leaves by varieties, there were no significant differences in the ash, protein, lipid, calcium and iron content of samples, but there were significant differences in the vitamins, chlorophyll and color value of samples. The quality characteristics on dried radish leaves by central composite design, it was significant value on the moisture content, chlorophyll and color value according to drying temperature and drying times. But there were no significant differences in the contents of calcium (31.41~35.80 mg/g, dry base) and iron (0.21~0.29 mg/g dry base). The multiplex regression coefficients analysis were calculated with independent variables (X_1 , X_2) and dependent variables (moisture, chlorophyll, color value). The calculated coefficient correlations for the each samples were $R^2 > 0.97$. The effects of drying temperature were greater than drying time in the total chlorophyll content changes of radish leaves. Based on the present study, the optimum drying condition for the lowest color changes and effective reduction of moisture of radish leaves were expected to be 5~6 hours at 70°C.

Key words: radish leaves, drying condition, quality characteristics, response surface methodology

서 론

무(*Raphanus sativus* L.)는 우리나라의 대표 채소중의 하나로 중국에서 이미 기원전 1100년경에서 400년경에 걸쳐 편찬된 이아(爾雅)에 무가 재배되었던 기록이 있고, 우리나라는 삼국시대에 중국에서 도입된 후, 고려시대에는 재배가 보편화되었던 것으로 추정된다.

2003년도 작물통계로 보고된 무 생산량이 1,561천톤, 배추 생산량 2,678천톤으로 매년 차이는 있지만, 전체 채소생산량 대비 무는 10~15%, 배추는 25% 내외를 차지하고 있어 우리나라 야채의 대표성을 보여주고 있으므로 무청의 생산량도 그에 상응할 것으로 예측된다(1). 옛날부터 자연 건조시켜 채소가 귀했던 겨울철에 김치, 말린 나물류와 함께 우리식단의 중요한 위치를 차지하여 온 무청은 칼슘, 철분, 비타민 A와 C, 식이섬유도 풍부하게 함유하고 있다(2). 최근 채소 재배방법과 저장방법의 발달로 계절에 상관없이 신선야채를 시장에서 쉽게 구입할 수 있으나, 국내에서는 전통적으로 채소류가 다량 생산되는 시기에 채소를 건조시켜 저장성 향상과 함께 소비자에게 일년 내내 공급할 수 있다는 장점과

건조채소의 특유한 향미와 질감으로 건조채소에 대한 소비자의 관심이 지속되고 있다. 건조채소의 경우 태양건조에 비하여 열풍건조 방법이 균일하고 신속하게 건조할 수 있는 방법으로 많이 사용하고 있으나, 전처리와 건조조건에 의해 제품 자체의 변색과 풍미 저하현상 및 조직이 손상되므로 원료에 따른 적절한 건조조건이 필요하다.

현재까지 보고된 건조 야채류에 관한 연구로는 잎채소류 이용한 스팀, 열탕 및 microwave로 데치거나, 유기산, 항산화제를 이용한 pH 조절연구(3), 당근, 배추, 무, 호박, 토란대, 도라지 등의 채소를 전처리한 후 열풍건조한 채소류의 건조 특성 연구(4-6) 등이 보고되었다. 그러나 무청에 관한 연구는 조리방법에 따른 상용채소의 무기질 함량변화(7)와 무청의 일반성분 및 영양성분조사(2) 및 사료로 사용하기 위해 무청에서 단백질을 추출한 연구(8,9)가 보고되었을 뿐이고, 건조 무청에 대한 논문은 보고된 것이 없다.

본 연구는 품종별 무청의 성분분석과 반응표면분석법을 이용하여 열풍건조 조건에 따른 무청 고유의 색도와 성분변화 등의 품질특성을 조사하여 무청의 적절한 열풍건조 조건 제시를 위한 기초자료로 이용하고자 하였다.

[†]Corresponding author. E-mail: khku@kfri.re.kr
Phone: 82-31-780-9052. Fax: 82-31-709-9876

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용한 무청은 2004년 5월에 강원도 정선에서 수확한 북중국무 품종인 관동무(RL1), 영동무(RL2), 청일풍(RL3), 탐스러운 무(RL4)와 11월 충청북도 서산에서 수확한 남중국무 품종인 미농단백무(RL5)를 제공받아 실험재료로 사용하였다.

일반성분

품종별 무청의 일반성분은 AOAC방법(10)에 의하여 분석하였다. 수분은 105°C에서 항량이 되도록 건조하여 정량하였으며, 단백질은 microkjeldhal법에 의하여 조단백질을, 지방은 soxhlet추출법, 회분은 550°C에서 회화시켜 정량하였다.

실험계획

무청의 건조조건이 무청의 수분함량, 미량성분인 칼슘, 철분, 비타민 및 색도 등의 품질변화를 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)을 이용하여 조사하였다(11,12). 중심합성계획(central composite design)에 의하여 Table 1과 같이 독립변수는 열풍건조 온도(X₁)와 건조시간(X₂)으로 하였고, 예비실험을 기준으로 건조온도는 60, 70, 80°C, 건조시간은 2, 4, 6시간으로 하였다. 미농단백무 무청을 흐르는 물로 1차 세척하여 표면수분을 제거한 무청 250~300 g을 구멍이 있는 망에 균일하게 한 층으로 놓은 후 열풍 건조기(도성과학, DS-1100)로 건조하였다. 이때 시료 처리구는 실험계획에 따라 3회 반복하였고, 건조된 시료는 -20°C에서 저장하면서 시료로 사용하였다.

색도

색도는 건조조건에 따른 무청 전체를 믹서로 곱게 간 후 백색지 10매 위에 직경 5 cm, 높이 5 mm의 원형 플라스틱틀을 놓고 색도계(CE-310, Macbeth, Minolta, Japan)를 이용하여 Hunter value인 L, a, b 값과 ΔE 값을 구하였다(13).

칼슘 및 철 함량

품종별 칼슘과 철 함량은 AOAC 방법으로 정량하였다. 칼슘 및 철 정량을 위한 시료 전처리는 품종별 무청을 일정

량 채취하여 110°C로 건조 후 60 mesh체를 통과시켰다. 시료 0.5 g을 250 mL 비이커에 넣고 미리 제조한 HCl(증류수:HCl = 1:1) 20 mL를 가하여 가열시킨 후 잔여물에 5 mL HCl(증류수:HCl = 1:10)에 용해시켰다. 이 용액을 100 mL로 희석시킨 후 다시 1시간 이상 가열한 다음 방냉시켜 100 mL로 정용하고, Whatman No. 1으로 여과한 용액을 시료로 사용하였다(14). 칼슘은 이 용액 10 mL를 취하여 KOH-KCN용액에 의한 적정법으로 정량을 하였고, 철분은 spectrophotometer방법으로 정량하였다(15).

클로로필 함량

무청의 클로로필 함량은 AOAC 방법(16)을 수정하여 건조조건별로 처리한 시료 0.5 g을 acetone/methanol(1:1, v/v) 70 mL 혼합용액을 가하고 waring blender로 마쇄하여 5°C 암소에서 2시간 정도 방치·여과하여 100 mL로 정용하였다. 색소추출액 10 mL에 동량의 석유 ether 10 mL와 10% NaCl 1 mL 용액을 가하여 추출하고 무수 황산나트륨으로 탈수·농축한 것을 2 mL methanol에 녹이고, 0.2 μm membrane filter로 여과하여 시료로 사용하였다. 적당한 농도로 희석한 시료액을 spectrophotometer(Jasco V-550, Japan)를 이용하여 660~642.5 nm에서 흡광도를 측정한 후 아래의 식에 의하여 총클로로필, 클로로필 a, b로 나누어 환산하였다.

$$\text{총 클로로필 함량(mg/mL)} = 7.12 \times A_{660.0} + 16.8 \times A_{642.5}$$

$$\text{클로로필 a(mg/mL)} = 9.93 \times A_{660.0} - 0.777 \times A_{642.5}$$

$$\text{클로로필 b(mg/mL)} = 17.6 \times A_{642.5} - 2.81 \times A_{660.0}$$

A: absorbance

Vit B₁ 및 C 함량

시료를 1 g을 달아 10% metaphosphate 용액 50 mL를 첨가하고 10분간 shaking한 후 5% metaphosphate 용액으로 100 mL로 정용시키고, 3,000 rpm에서 15분간 원심분리한 다음 상등액을 취해 0.2 μm membrane filter를 통과시켜 HPLC로 분석하였다. 이때 HPLC조건은 이동상 0.05 M KH₂PO₄:acetonitrile = 70:30이었고, flow rate 1.0 mL/min, UV detector 245 nm였다.

식이섬유

각 시료의 식이섬유(TDF, total dietary fiber) 분석은 Prosky 등의 방법(17)으로 Sigma total dietary fiber assay kit를 사용하여 측정하였다.

통계분석

각 품질 특성결과는 SAS(18) program을 이용하여 분산분석과 ANOVA test를 실시하였고, 중심합성계획에 의한 시료건조 조건에 따른 각 품질 특성 중 유의적인 차이를 보였던 수분함량, 클로로필 및 색도는 독립변수와 다중회귀 분석하여 모델식을 유도하고, 반응표면분석에 의하여 독립변수가 무청의 품질에 미치는 영향을 분석하였다.

Table 1. Experimental design of the coded and composite design matrix using drying temperature and drying time for radish leaves

| Design point | X ₁ (Temperature, °C) | X ₂ (Time, hour) |
|--------------|----------------------------------|-----------------------------|
| 1 | -1 (60) | -1 (2) |
| 2 | 1 (80) | -1 (2) |
| 3 | -1 (60) | 1 (6) |
| 4 | 1 (80) | 1 (6) |
| 5 | 0 (70) | 0 (4) |
| 6 | 0 (70) | 0 (4) |

결과 및 고찰

품종별 및 건조조건에 따른 성분분석

품종별 무청의 수분함량 및 일반성분을 분석한 결과(Table 2), 수분함량은 북중국무 품종인 관동(RL1), 영동(RL2), 청일풍(RL3), 탐스러운(RL4)의 무청은 92.60~93.00%로 품종 간에 큰 차이가 없었으나, 미농단백무(RL5) 무청의 수분함량은 87.57%를 나타내었다. 이는 5월에 수확한 북중국무 품종과 달리 미농단백무는 단무지무의 원료로 10월에서 11월에 수확하는 것으로 계절에 의한 차이로 여겨진다. 또 일반성분을 건물량으로 환산한 결과, 회분과 지방함량은 RL5가 각각 16.07%, 1.62%로 다른 시료의 17.72~20.60%의 회분함량과 2% 이상의 지방함량과 유의적인 차이를 보였고, 단백질은 시료 간 차이가 없었다. 식이섬유의 경우는 미농단백무의 무청이 가장 높은 35.50%였고, 식이섬유와 탄수화물을 함께 환산한 경우 62.22%로 다른 품종의 55.62~57.18%보다 높은 함량을 나타내었다. 이 결과는 식품성분표(2)의 조선무 분석결과와 분석항목 간에 큰 차이가 없었다.

Table 3은 품종별 칼슘, 철, 비타민 등의 함량을 분석하여 건물량으로 환산한 결과로 칼슘함량과 철분의 함량은 각각 25.46~32.13 mg/g, 0.21~0.28 mg/g으로 시료 간 값의 차이는 있었으나, 통계분석 결과 유의성은 없었다. 이는 식품성분표(2)의 건물량 1 g당으로 환산한 칼슘함량 11.6~40.0 mg, 철분 0.36~1.17 mg과 비교하면, 본 실험에 사용한 무청

의 경우 품종 간 값 차이가 없는 중간 정도 값을 나타냈으나, 철분의 경우는 낮은 값이었다. 품종별 무청의 비타민류는 건물량 1 g당 비타민 B₁은 0.02~0.03 mg, B₂는 0.12~0.16 mg, C는 0.04~0.06 mg이었다. 이는 식품성분표의 분석치와 비교하면 비타민 B₁은 유사한 값을 나타내었으나, B₂는 식품성분표의 값보다 높았다. 반면에 비타민 C는 성분표의 0.31~0.82 mg/dry base g에 비하여 낮은 값을 나타내었는데, 이는 품종별, 시료별 및 분석방법에 따른 차이로 여겨진다. 한편 총 클로로필 함량은 건물량 1 g당 RL1, RL3, RL4가 60.95 mg 이상을 보인 반면 RL2는 50.10 mg, RL5는 26.78 mg이었다. 각 품종별 무청의 색도의 경우 RL5를 제외하고, 밝기를 나타내는 L값은 51.63~55.18의 범위였고, 녹색정도를 나타내는 a값은 -10.18~-10.99, 황색도를 나타내는 b값은 16.51~17.77이었다. 이상의 결과에서 칼슘과 철분함량은 유의적인 차이가 없었으나, 비타민류, 클로로필 함량, 색도에는 품종 간 차이가 있었다.

한편 Table 4는 중심합성 실험계획에 따라 건조한 미농단백무 무청(RL5)의 수분함량, 칼슘, 철분, 클로로필 및 색도변화를 측정된 결과이다. 동일한 품종으로 건조온도와 시간을 달리하여 건조시킨 시료의 수분함량의 경우 건조온도와 시간에 따라 큰 차이가 있었다. 그러나 칼슘함량은 건물량 1 g당 대조구의 32.13 mg, 건조한 시료의 경우 31.42~35.80 mg이었고, 철분은 대조구 0.28 mg, 건조시료는 0.21~0.29 mg으로 시료 간 유의적인 차이는 없었다.

Table 2. Proximate composition of various radish leaves

| Varieties ¹⁾ | Moisture (%) | Proximate composition (dry base, %) | | | | |
|-------------------------|---------------------------|-------------------------------------|------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | Ash | Protein | Lipid | Dietary fiber | Carbohydrate |
| RL1 | 93.00±0.02 ^{a2)} | 19.73±0.10 ^a | 21.79±0.02 | 2.86±0.01 ^a | 30.22±0.26 ^{bc} | 25.40±0.09 ^{ab} |
| RL2 | 92.60±0.02 ^b | 20.60±0.23 ^a | 19.52±0.38 | 2.70±0.02 ^a | 33.13±0.56 ^{ab} | 24.05±0.29 ^{bc} |
| RL3 | 92.80±0.01 ^a | 17.72±0.01 ^a | 23.03±0.73 | 2.81±0.01 ^a | 29.29±0.65 ^c | 27.09±0.35 ^a |
| RL4 | 92.90±0.02 ^b | 18.73±0.08 ^a | 20.84±1.18 | 2.82±0.03 ^a | 34.32±0.52 ^{ab} | 23.29±0.45 ^c |
| RL5 | 87.57±0.03 ^c | 16.07±0.03 ^b | 20.09±0.46 | 1.62±0.02 ^b | 35.50±0.56 ^a | 26.72±0.27 ^a |

¹⁾RL1: Kwandong, RL2: Yongdong, RL3: Chongilpung, RL4: Tamsureun, RL5: Minongdanbaek.

²⁾Values with different alphabets in a column are significantly at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

Table 3. Mineral, vitamins, chlorophyll and color value of various radish leaves

| | | Varieties | | | | |
|---------------------------------|----------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| | | RL1 | RL2 | RL3 | RL4 | RL5 |
| Mineral (mg/g, dry base) | Ca | 30.33±1.39 ^{a1)} | 29.08±0.12 ^a | 25.46±0.10 ^a | 28.58±1.49 ^a | 32.13±1.32 ^a |
| | Fe | 0.21±0.02 ^a | 0.24±0.05 ^a | 0.23±0.05 ^a | 0.22±0.02 ^a | 0.28±0.02 ^a |
| Vitamin (mg/g, dry base) | B ₁ | 0.02±0.001 ^a | 0.03±0.001 ^a | 0.02±0.001 ^a | 0.02±0.001 ^a | 0.02±0.001 ^a |
| | B ₂ | 0.14±0.002 ^b | 0.13±0.002 ^c | 0.12±0.001 ^c | 0.16±0.001 ^a | 0.15±0.001 ^a |
| | C | 0.05±0.001 ^b | 0.04±0.001 ^b | 0.05±0.001 ^b | 0.04±0.001 ^b | 0.06±0.001 ^a |
| Chlorophyll (mg/g, dry base) | Total | 60.95±3.50 ^a | 50.10±2.10 ^b | 65.58±4.50 ^a | 68.99±2.11 ^a | 26.68±5.10 ^c |
| | a | 43.62±2.14 ^a | 35.79±1.51 ^b | 47.02±1.50 ^a | 49.87±1.03 ^a | 19.44±1.94 ^c |
| | b | 17.38±1.40 ^a | 14.34±0.97 ^b | 18.71±2.10 ^a | 19.16±2.51 ^a | 7.26±0.86 ^c |
| Color value | L | 54.35±0.08 ^a | 55.18±0.01 ^a | 51.63±0.01 ^b | 53.27±0.01 ^{ab} | 37.76±0.01 ^c |
| | a | -10.73±0.05 ^a | -10.90±0.03 ^a | -10.18±0.02 ^a | -10.54±0.02 ^a | -8.24±0.02 ^b |
| | b | 17.90±0.06 ^b | 19.05±0.02 ^a | 16.51±0.01 ^b | 17.77±0.01 ^b | 12.06±0.05 ^c |

¹⁾Values with different alphabets in a column are significantly at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

Table 4. Effects of drying temperature and time on the mineral, chlorophyll, color value of dried radish leaves by model system

| | | Samples ¹⁾ | | | | | | |
|------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | | Control | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Moisture (%) | | 88.45±1.48 ²⁾ | 77.37±3.09 ^b | 66.70±15.59 ^c | 46.56±13.84 ^d | 10.35±1.89 ^f | 37.06±1.89 ^e | 37.09±0.07 ^c |
| Mineral (mg/g, dry base) | Ca | 32.13±4.31 ^a | 36.39±5.39 ^a | 31.42±0.99 ^a | 35.80±0.39 ^a | 32.28±1.94 ^a | 32.74±2.37 ^a | 31.80±1.39 ^a |
| | Fe | 0.28±0.11 ^a | 0.26±0.13 ^a | 0.21±0.21 ^a | 0.29±0.26 ^a | 0.24±0.09 ^a | 0.21±0.22 ^a | 0.21±0.13 ^a |
| Chlorophyll (mg/g, dry base) | Total | 25.39±2.01 ^{bc} | 50.30±3.10 ^a | 21.53±0.31 ^c | 39.31±1.03 ^b | 28.48±3.20 ^b | 21.30±1.50 ^c | 21.35±2.11 ^c |
| | a | 19.60±1.05 ^c | 39.18±1.25 ^a | 18.69±2.10 ^c | 31.70±1.50 ^a | 24.69±5.30 ^b | 16.75±2.50 ^c | 17.10±3.05 ^c |
| | b | 5.79±2.95 ^c | 11.12±3.10 ^a | 2.84±0.94 ^e | 7.61±2.10 ^b | 3.79±0.95 ^e | 4.54±0.75 ^d | 4.15±1.01 ^d |
| Color value | L | 37.76±0.02 ^c | 52.40±0.02 ^{ab} | 48.00±0.01 ^b | 46.37±0.01 ^b | 57.38±0.03 ^a | 44.07±0.03 ^b | 45.89±0.14 ^b |
| | a | -8.24±0.03 ^a | -7.79±0.04 ^a | -4.47±0.02 ^c | -4.44±0.02 ^c | -4.80±0.01 ^c | -6.83±0.03 ^{ab} | -6.18±0.04 ^{bc} |
| | b | 12.06±0.05 ^c | 17.10±0.05 ^a | 17.80±0.04 ^a | 14.47±0.02 ^b | 14.47±0.02 ^b | 17.41±0.03 ^a | 17.41±0.12 ^a |
| | ΔE ³⁾ | - | 17.39 | 14.03 | 11.52 | 22.02 | 9.98 | 11.64 |

¹⁾Control: Minongdanbaek, 1~6: pre-treatment samples by experiment design.

²⁾Values with different alphabets in a column are significantly at p<0.05 by Duncan's multiple range test.

³⁾ $\Delta E = \{(L_{\text{sample}} - L_{\text{standard}})^2 + (a_{\text{sample}} - a_{\text{standard}})^2 + (b_{\text{sample}} - b_{\text{standard}})^2\}^{1/2}$

한편 클로로필 a와 b를 합한 총 클로로필 함량의 경우 건조온도와 시간에 따라 시료 간 유의적으로 차이가 있었는데, 대조구의 25.39 mg에 비하여 60°C에서 2시간 건조한 시료는 총 클로로필 함량이 다른 시료에 비하여 높았다. 이는 60°C에서 단시간 건조한 시료의 경우 배추를 열탕 등의 전처리를 한 후 건조하였을 때 전처리하지 않고 건조한 시료보다 초록색 강도가 높았던 결과(5)와 녹색채소를 67°C에서 30분간 blanching 할 경우 비교적 초록색이 유지된다는 결과(19)와 일치하였으나, 이에 관한 연구는 더 진행되어야 할 것으로 여겨진다. 또 60°C에서 비교적 장시간 건조한 시료 4와 70°C, 80°C에서 건조한 시료는 대조구보다 전반적으로 낮은 값을 보였다. 이는 Loey 등(20)의 브로콜리 주스를 100°C에서 37분간 가열하면 클로로필 색소의 90%가 파괴되었다는 보고와 유사하게 본 실험결과 비교적 높은 건조온도와 시간 증가에 따라 무청의 클로로필이 상당히 감소함을 알 수 있었다. 색도의 경우 밝기를 나타내는 L값은 생시료의 37.76에 비하여 건조처리에 따라 전반적으로 증가하였고, 녹색도를 나타내는 -a값은 건조온도가 증가할수록 대조구의 -8.24에서 -4.44~-4.80으로 감소하였다. 황색도를 나타내는 b값은 대조구의 12.06에서 건조된 시료의 경우 14.47~17.80으로

증가하였고, 대조구와 건조 시료간의 색도차이를 나타내는 ΔE 값이 건조온도 및 건조시간에 따라 육안으로 색의 차이를 확실하게 구별할 수 있는 높은 값을 보였는데, 특히 80°C에서 6시간 건조한 시료 4의 경우 ΔE 값이 22.02로 가장 높았다.

독립변수와 종속변수간의 상관관계

무청의 건조조건인 건조온도(X₁)와 건조시간(X₂)을 독립변수로 하여 중심합성계획(central composite design)에 의해 열풍건조를 시킨 후 이들의 칼슘, 철분, 수용성 비타민류, 클로로필 및 색도의 측정결과(Table 4)중 시료 간 건조조건에 따라 유의적인 차이를 보였던 수분, 클로로필 함량 및 색도와 독립변수와의 다중회귀분석을 하였다(Table 5). 즉 무청의 건조조건을 독립변수(independent variables)로 하고, 수분, 클로로필 및 색도 측정값을 종속변수(dependent variables)로 하여 회귀분석한 결과 상관관계를 나타내는 R² 값이 0.97 이상으로 높았다. 이는 독립변수(independent variables)인 건조온도와 건조시간이 종속변수(dependent variables)인 무청의 미량성분 및 색도에 큰 영향을 주는 것을 의미한다.

종속변수 수분함량에 대한 독립변수의 회귀식 Y=37.06-

Table 5. Effects of drying temperature and times on the values of regression coefficients calculated of radish leaves

| Independent variables | | Regression equation ¹⁾ | R ² |
|-----------------------|--------------------------|--|----------------|
| Moisture | | = 37.06 - 11.72X ₁ - 21.79X ₂ + 13.18X ₁ ² - 6.38X ₁ X ₂ | (1)* 0.99 |
| Chlorophyll | Total | = 21.30 - 9.30X ₁ - 1.10X ₂ + 13.61X ₁ ² + 4.49X ₁ X ₂ | (2)* 0.99 |
| | a | = 16.75 - 6.88X ₁ - 0.37X ₂ + 11.83X ₁ ² + 3.37X ₁ X ₂ | (3)* 0.99 |
| | b | = 4.54 - 3.03X ₁ - 0.64X ₂ + 1.80X ₁ ² + 1.12X ₁ X ₂ | (4)* 0.99 |
| Color value | L | = 10.81 + 1.79X ₁ + 0.53X ₂ + 5.43X ₁ ² + 3.47X ₁ X ₂ | (5) 0.98 |
| | a | = -6.51 + 0.74X ₁ + 0.78X ₂ + 1.13X ₁ ² - 0.92X ₁ X ₂ | (6) 0.97 |
| | b | = 17.41 + 0.78X ₁ - 1.49X ₂ - 1.45X ₁ ² - 0.17X ₁ X ₂ | (7)* 0.99 |
| | ΔE ²⁾ | = 9.77 - 0.29X ₁ - 5.04X ₂ + 47.15X ₁ ² + 15.11X ₁ X ₂ | (8)* 0.98 |

¹⁾X₁: drying temperature, X₂: drying time.

²⁾ $\Delta E = \{(L_{\text{sample}} - L_{\text{standard}})^2 + (a_{\text{sample}} - a_{\text{standard}})^2 + (b_{\text{sample}} - b_{\text{standard}})^2\}^{1/2}$

*Dependent variables (X₁, X₂, X₁², X₁X₂) mean significant at p<0.05.

11.72X₁-21.79X₂+13.18X₁-6.38X₁X₂(식 1)에서 5% 이내의 유의성이 있었다. 또 클로로필 함량에 대한 독립변수 회귀식의 경우(식 2, 3, 4)도 각 항에 5% 이내의 유의성이 있었다. 그러나 색도의 경우 L, a값의 회귀식에서 X₁, X₂ 및 교차분석

항목에 5% 이내의 유의성을 보이지 않았으나, b값과 ΔE 값은 각 항에서 5% 이내의 유의성을 보였다.

Fig. 1은 독립변수인 무청의 건조온도(X₁) 및 시간(X₂)과 종속변수인 수분, 클로로필 및 색도변화간의 회귀분석한 모

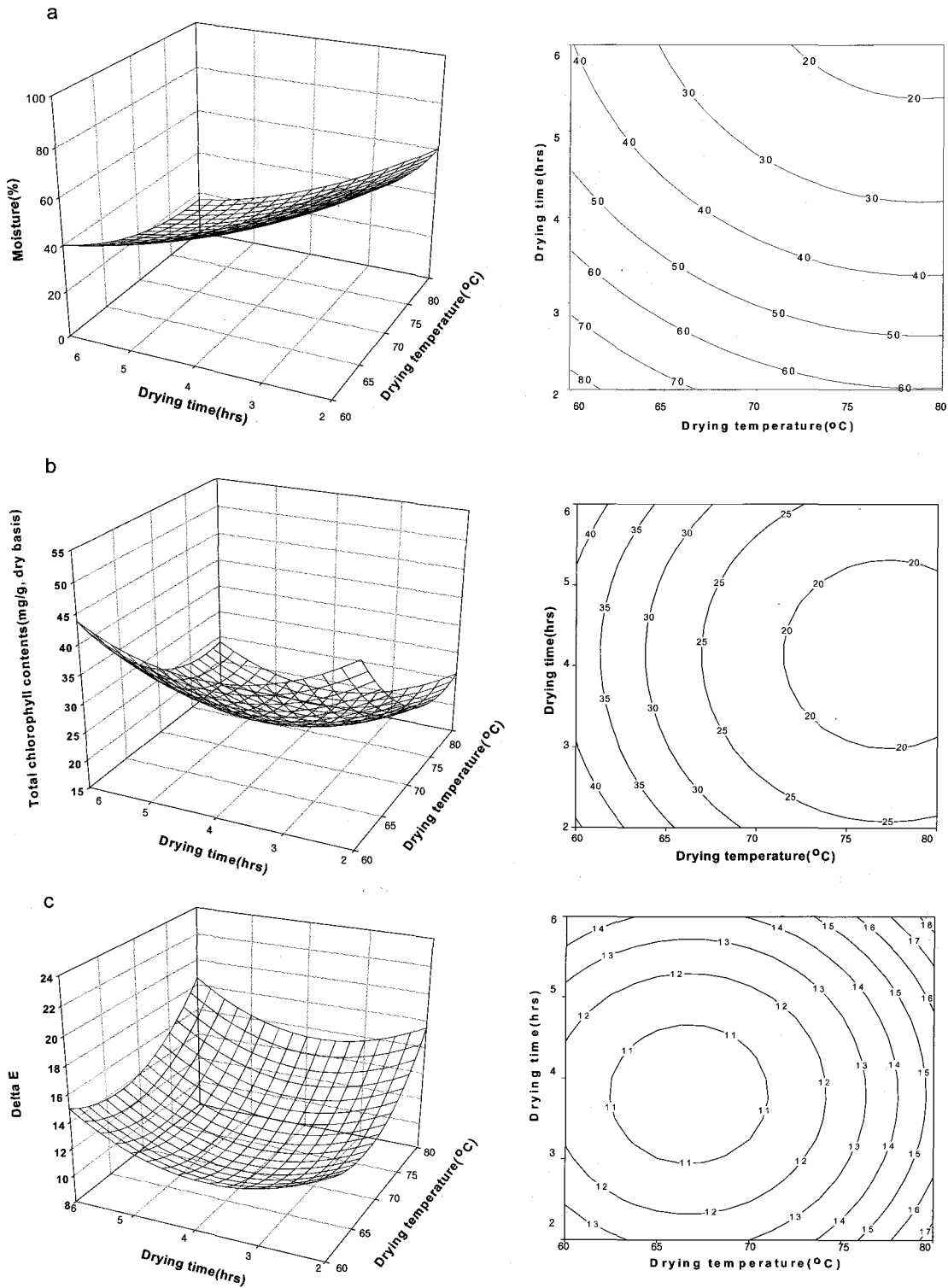


Fig. 1. Response surface and contour plot calculated by drying temperature and time in moisture contents, total chlorophyll and ΔE of the radish leaves.

델식 중 일부를 반응표면 분석법으로 도기한 결과이다. Fig. 1-a는 건조조건에 따른 무청의 수분함량 변화의 경우, 건조 온도와 가열시간이 증가함에 따라 무청의 수분함량이 감소되었다. 무청의 수분함량이 20% 이하로 되는 조건은 60°C에서는 6시간 이상을 건조하여도 쉽게 20%이하로 감소되지 않으나 70°C이상에서는 6시간 이상 80°C이상에서는 5시간 이상 건조하면 20% 이하의 수분함량이 되었다. Fig. 2-b는 건조조건에 따른 총 클로로필의 변화 경향을 도기한 것으로 건조온도와 시간이 증가할수록 클로로필 함량이 감소하였고, 특히 건조시간보다는 건조온도에 영향을 의해 클로로필 감소효과가 높았다. 이는 Loey 등(20)의 브로콜리 주스를 50~120°C에서 가열할 때 클로로필 함량이 빠르게 파괴된다고 보고된 결과와 유사하게 건조온도가 높을수록 클로로필 함량이 빠르게 감소하였다. 한편 각 시료의 색도차이를 나타내는 ΔE 값의 경우(Fig. 1-c) 원료 무청과 건조 후 색의 차이가 최소화한 건조조건은 63~70°C에서 3~4.5 시간의 범위였다. 이상의 결과에서 무청의 고유 초록색을 유지하면서도 수분감소 효과를 충분히 얻기 위한 건조조건은 70°C에서 5~6시간 정도로 볼 수 있으나, 본 연구는 무청을 소량 취하여 실험한 결과이므로 대규모로 건조할 시에는 이 결과를 기초로 대규모 실험이 수행되어야 할 것으로 여겨진다.

요 약

무청별 무청의 성분분석과 반응표면 분석법을 이용하여 건조조건에 따른 무청 고유의 색도, 칼슘, 철분, 비타민 등의 성분을 조사하였다. 일반성분의 경우 품종이 다른 미농단백 무(RL5)를 제외하고는 품종 간에 회분, 단백질, 지방, 칼슘 및 철분함량에 유의적인 차이가 없었고, 건물량으로 환산한 비타민류, 클로로필 함량, 색도에는 품종 간 유의적인 차이가 있었다. 한편 중심합성 실험계획에 따라 건조한 미농단백 무 무청의 품질특성을 조사한 결과 수분함량, 클로로필 함량 및 색도차이를 나타내는 ΔE 값은 건조온도와 시간에 따라 유의적인 차이가 있었고, 칼슘, 철분함량은 각각 31.41~35.80 mg, 0.21~0.29 mg으로 시료 간 유의성이 없었다. 무청의 건조조건을 독립변수로 하고, 시료 간 유의적인 차이를 보였던 종속변수인 수분, 클로로필 및 색도 값의 상관관계를 나타내는 R²값이 0.97 이상으로 높았다. 또 회귀분석한 모델 식중 반응표면 분석법으로 도기한 결과 총 클로로필 함량은 독립변수인 건조시간보다는 건조온도의 영향이 더 컸으며 무청의 고유 초록색을 유지하면서도 수분 감소효과를 얻기 위한 최적조건은 약 70°C에서 5~6시간 정도로 예측할 수 있었다.

감사의 글

이 연구는 2004년도 농림기술개발 사업 연구비에 의하여 수행된 결과의 일부이며, 지원에 감사드립니다.

문 헌

1. Nongsuchuksan newspaper Co. 2005. *Korea Food Yearbook*. Appendix. p 36-37.
2. National Rural Living Science Institute, R.D.A. 1996. *Food Composition Table*. p 100-102.
3. Onayemi O, Badifu GIO. 1987. Effect of blanching and drying methods on the nutritional and sensory quality of leafy vegetables. *Plant Foods Human Nutr* 37: 291-298.
4. Yanyang X, Min Z, Mujumdar AS, Le-qun Z, Jin-cai S. 2004. Studies on hot air and microwave vacuum drying of wild cabbage. *Drying Technol* 22: 2201-2209.
5. Youn KS, Bae DH, Choi YH. 1997. Effect of pretreatments on the drying characteristics of dried vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 29: 292-301.
6. Hwang KT, Rhim JW. 1994. Effect of various pretreatments and drying methods on the quality of dried vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 26: 805-813.
7. Han JS, Kim JS, Kim MS, Choi YH. 1999. Changes on mineral contents of vegetable by various cooking methods. *Korean J Soc Food Sci* 15: 382-387.
8. Yasui T. 1996. Effect of the pretreatment with dilute hydrochloric acid solutions on the extractability of grass proteins. *Nippon Eiyo Shokuryo Gakkaishi* 49: 29-37.
9. Yasui T. 1995. Method for extraction of grass proteins by dilute-alkaline acetone solution. *Nippon Eiyo Shokuryo Gakkaishi* 48: 391-397.
10. AOAC. 1990. *Official Method of Analysis*. 15th ed. Association of official analytical chemists, Washington, DC, USA.
11. Cochram WG, Cox CM. 1957. *Experimental designs*. 2nd ed. Library of congress Catalog card No:57-5903, New York. p 376-378.
12. Cacular MC. 1993. *Design and analysis of sensory optimization*. Food & Nutrition press, Inc., Connecticut, USA.
13. Hutchings JS. 1994. Instrumental specification. In *Food Colour and Appearance*. Blackie Academic & Professional, Bedford, UK. p 217-223.
14. AOAC. 1990. *Official Method of Analysis*. 15th ed. Association of official analytical chemists, Washington, DC, USA. p 43.
15. AOAC. 1990. *Official Method of Analysis*. 15th ed. Association of official analytical chemists, Washington, DC, USA. p 46.
16. AOAC. 1990. *Official Method of Analysis*. 15th ed. Association of official analytical chemists, Washington, DC, USA. p 62-64.
17. Prosky L, Asp NG, Schewizer TF, Devries JW, Furda I. 1988. Determination of insoluble and total dietary fiber in foods and food products interlaboratory study. *J AOAC* 71: 1017-1023.
18. SAS Institute, Inc. 1988. *SAS/STAT User's Guide*. Version 6.2th ed. Cary, NC, USA.
19. Fennema OR. 1985. *Food Chemistry: Pigments and other colorants*. 2nd ed. Tannenbaum SR, Walstra P, eds. Marcel Dekker Inc, New York and Basel. p 548-550.
20. Loey AV, Ooms V, Weemaes C, Banden Broeck I, Ludikhuyze L, Denys S, Hendrickx M. 1998. Thermal and pressure-temperature degradation of chlorophyll in broccoli (*Brassica oleracea* L.) juice; a kinetic study. *J Agric Food Chem* 46: 5289-5294.

(2006년 3월 9일 접수; 2006년 7월 7일 채택)