

발아현미 선식의 품질 및 이화학적 특성

방애솔 · 장은희¹ · 정현정*

전남대학교 식품영양과학부, ¹상명대학교 외식영양학과

Quality and physicochemical characteristics of newly developed *Sunsik* products with germinated brown rice

Yae-Sol Bang, Eun Hee Jang¹, and Hyun-Jung Chung*

Division of Food and Nutrition, Chonnam National University

¹Department of Foodservice Management and Nutrition, Sangmyung University

Abstract The quality and physicochemical characteristics of newly developed *Sunsik* products were investigated. *Sunsik* A, B, and C were prepared under different roasting temperatures and times (A: 220°C, 15 min; B: 220°C, 25 min; C, D, E: 230°C, 15 min). *Sunsik* D was prepared using grain flours passed through a 100 mesh screen, whereas the other products were passed through a 140 mesh screen. *Sunsik* E was prepared by the addition of germinated grains. The moisture content of *Sunsik* products ranged from 3.24-7.10%. The viscosity and sugar content ranged from 57-74 cP and 1.5-1.7°Bx, respectively. The pH values were similar among the samples. *Sunsik* D had the highest gelatinization enthalpy, whereas *Sunsik* C had the lowest. The viable cell counts were in the range from 3-4 log CFU/g and coliform groups were not detected. *Sunsik* B and E had higher scores for savory flavor and sweet taste than other *Sunsik* products.

Keywords: *Sunsik*, germinated grains, roasting, physicochemical properties, sensory evaluation

서 론

선식은 즉석섭취식품(ready to eat food)으로 간편하게 섭취할 수 있는 장점이 있어, 주로 식사대용식이나 간식, 다이어트 식품으로 많이 이용되고 있다. 선식은 곡류, 채소류, 해조류, 과일류 등 식물성 원료를 열처리한 후 분말화하여 제조한다(1). 영양소의 파괴나 효소의 불활성화, 전분의 호화가 최소화되도록 자연건조나 60°C 이하의 송풍건조, 냉동건조를 통하여 만드는 생식과는 달리 선식은 90°C 이상의 온도에서 찌거나 볶음공정을 거치기 때문에 생식에 비해 영양소 손실은 많지만, 전분의 호화로 인해 소화가 비교적 용이하다는 장점이 있다(1). 선식을 섭취할 때는 개인의 기호도에 따라 물 또는 우유와 섞어 간편하게 섭취하며, 때에 따라서는 꿀과 설탕을 가하여 마시기도 한다. 건강식품에 대한 요구가 증가함에 따라 선식은 다양한 원료와 배합비로 개발되고 있으며, 특히 저작 작용이 어려운 유아나 노인, 환자에게서 영양식품으로서 요구가 증대되고 있다(2).

쌀은 옥수수과 함께 주요 식량자원으로 이용되고 있으며, 귀리, 보리, 수수와 조 또한 쌀과 옥수수 다음으로 식량자원으로 많이 이용되고 있다(3). 현미는 배와 미강을 포함하고 있기 때문에 백미에 비하여 식이섬유, 비타민, 피틴산, 감마아미노뷰티르산(γ -amino butyric acid, GABA) 등 다양한 미량성분들을 많이 함유하

고 있어 영양적으로 우수하다(4). 귀리는 세계에서 다섯 번째로 큰 곡식 작물(cereal crop)이며(5) 베타글루칸과 페놀화합물이 다양하게 존재하기 때문에 높은 항산화 활성을 가진다(6). 조는 곡물들 중 영양가가 높고, 많은 양의 생리활성 물질을 담고 있다(7). 다양한 곡류들은 여러 가지 공정을 통하여 식품으로서 다양하게 활용되고 있다.

로스팅(roasting)은 짧은 시간동안 열처리를 통하여 곡물의 특성을 향상시킬 수 있는 편리하고 간편한 공정 중 하나이다(8). 로스팅 처리한 곡물은 텍스처가 향상되며, 팽화되기 때문에 바삭바삭함(crispness)과 부피를 증가시키기도 한다(9). 또한 곡물의 색, 향을 증진시키고(10) 전분의 호화가 일어나게 되어 소화율을 높인다(8). 로스팅 처리를 통해 다양한 성분의 변화가 일어나며, 환원성 당과 질소화합물은 로스팅에 의해 갈색화 반응이 촉진되는데, 식품에서 생성된 갈변물질은 지방질의 산패에 대하여 강한 항산화 활성을 가진다고 보고되고 있다(11).

발아는 씨앗이 충분한 수분을 흡수하여 뿌리가 나오는 과정이며, 전분 분해효소들의 활성으로 인해 유도되는 생물학적 과정이다. 발아가 진행되는 동안 효소들의 활성으로 다양한 생리활성 기능을 가진 대사 물질들이 유도된다(12). 또한 발아를 통하여 거친 조직감을 개선할 수 있으며, 체내 흡수가 잘 되는 장점이 있다(13). 그러므로 발아 곡류는 여러 기능성 성분들을 다량 함유하고 있기 때문에 다양한 식품에 활용될 수 있다.

이에 본 연구에서는 선식의 품질 향상을 위해 로스팅 조건을 다르게 하였고, 산업적 활용을 위해 두 가지 입자사이를 활용하였으며, 영양적 가치를 향상시키기 위하여 발아 곡류를 첨가하여 다섯 가지의 조건에서 선식을 제조하였다. 제조한 선식의 이화학적 특성, 기능성, 미생물 안전성 검사 및 관능적 품질 특성을 살펴보고자 한다.

*Corresponding author: Hyun-Jung Chung, Division of Food and Nutrition, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea
Tel: +82-62-530-1333
Fax: +82-62-530-1339
Email: hchung@jnu.ac.kr
Received July 17, 2017; revised July 28, 2017;
accepted July 31, 2017

Table 1. Process conditions of newly developed *Sunsik* products

Condition	Processing step						
	Cleaning	Steeping	Roasting temperature	Roasting time	Grinding	Sieving	Mixing
<i>Sunsik</i> A	1 min	4 h	220°C	15 min	5 min, 4 times	140 mesh	Formulation 1
<i>Sunsik</i> B	1 min	4 h	220°C	25 min	5 min, 4 times	140 mesh	Formulation 1
<i>Sunsik</i> C	1 min	4 h	230°C	15 min	5 min, 4 times	140 mesh	Formulation 1
<i>Sunsik</i> D	1 min	4 h	230°C	15 min	5 min, 4 times	100 mesh	Formulation 1
<i>Sunsik</i> E	1 min	4 h	230°C	15 min	5 min, 4 times	140 mesh	Formulation 2

Formulation 1 and 2 indicate formulation of ingredients in Table 2.

재료 및 방법

실험 재료

선식을 제조하기 위해 사용된 발아오색미, 찹쌀, 현미, 적미, 흑미는 미실란(Gokseong, Korea)으로부터 구매하여 사용하였다. 귀리(*Choyang*), 수수(*Sodamchal*), 조(*Samdachal*)는 농촌실용화재단(Suwon, Korea)에서 제공받아 사용하였고, 대두, 율무, 토란 가루, 자색고구마 가루, 돼지감자 가루, 단호박 가루, 사과 가루는 시중(Gwangju, Korea)에서 구매하여 사용하였다.

발아 곡류의 제조

귀리, 수수, 조를 수세한 후 0.1% NaOCl 용액에 20분간 침지하였다. 그 후 수돗물로 다시 씻고 상온에서 12시간 동안 증류수에 침지하였다. 침지된 시료는 배양기를 이용하여 귀리는 16°C에서 30시간, 수수와 조는 30°C에서 12시간 발아를 진행하였다. 발아가 진행되는 동안 15분에 한 번씩 증류수를 뿌려 수분을 보충해주었으며, 발아가 완료된 시료는 대류오븐(convection oven)을 이용하여 45°C에서 1시간 동안 건조시켜 발아귀리(germinated oat), 발아수수(germinated sorghum), 발아조(germinated millet)로 사용하였다.

선식의 제조 조건

다양한 선식의 제조 방법과 배합비를 각각 Table 1과 2에 나타냈다. 발아 현미(germinated brown rice), 찹쌀(waxy rice), 대두(soybean), 귀리(oat), 율무(adlay), 적미(red rice), 흑미(black rice)를 1분간 수세한 후 4시간 동안 수침시켰다. 수침시킨 시료들은 물기를 제거한 후 로스팅기(CBR-101A, Genesis Co., Ansan, Korea)를 이용하여 간접 열풍방식으로 다양한 온도와 시간(*Sunsik* A: 220°C, 15분, *Sunsik* B: 220°C, 25분, *Sunsik* C: 230°C, 15분, *Sunsik* D: 230°C, 15분, *Sunsik* E: 230°C, 15분)에서 로스팅을 실시하였다(Table 1). 로스팅이 끝난 시료는 믹서기(DA5500, Daesung Artlon Co., Seoul, Korea)를 이용하여 분쇄(5분간 4회)하고 분쇄된 시료를 140 mesh (*Sunsik* A, B, C, E)와 100 mesh (*Sunsik* D) 체에 통과시켰다. 토란가루(taro), 자색고구마가루(purple sweet potato), 단호박가루(sweet pumpkin), 돼지감자가루(jerusalem artichoke)는 이취제거와 물성개선을 위하여 대류오븐을 이용하여 100°C에서 1시간 동안 열처리를 하였다. 처리가 끝난 모든 시료들은 Table 2와 같이 선식 A, B, C, D는 조성 1(formulation 1)로 제조하였으며 선식 E는 조성 2(formulation 2)로 제조하여 사용하였다.

일반성분 분석

선식의 일반성분은 AOAC방법(14)에 준하여 분석하였다. 선식의 수분 함량은 105°C에서 상압가열건조법으로, 조화분은 550°C

Table 2. Formulations of newly developed *Sunsik* products

Ingredients (%)	Formulation 1 (<i>Sunsik</i> A, B, C, and D)	Formulation 2 (<i>Sunsik</i> E)
Germinated brown rice	20	20
Germinated oat	0	5
Germinated sorghum	0	5
Germinated millet	0	5
Waxy rice	20	15
Soybean	15	10
Oat	15	10
Adlay	10	10
Red and black rice	10	10
Taro	2	2
Purple sweet potato	2	2
Sweet pumpkin	2	2
Jerusalem artichoke	2	2
Apple	2	2

회화로를 이용한 직접회화법으로, 조단백질은 Kjeldahl법으로, 조지방은 에틸에테르를 용매로 Soxhlet 추출법으로 분석하였다.

선식의 색도 측정

선식의 색도는 색도계(Spectra magic NX, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 명도(lightness, L*), 적색도(redness, a*), 황색도(yellowness, b*) 값을 측정하여 나타내었다. 한 시료 당 5회 반복하여 색도를 측정 후 평균값으로 나타내었다.

선식의 입자크기 측정

선식의 입자크기는 입자분석기(particle size analyzer, 1090L, CILAS, Orleans, France)를 이용하여 입자분포도를 측정하였다. 에탄올을 용매로 사용하여 습식으로 측정하였다.

선식의 점도 측정

선식의 점도 특성은 신속점도계(Rapid Visco-analyzer, RVA-4D, Newport Scientific Ltd., Warriewood, Australia)를 이용하여 측정하였다. 시료(4 g)를 26 mL의 우유와 함께 섞어 준 후 25°C의 온도에서 300 rpm으로 10분 동안 측정하였다.

선식의 당도 및 pH 측정

선식의 당도는 0.5 g의 시료에 1 mL의 증류수를 섞은 후, 당도계(RA-250WE, Kyoto electronics Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 측정하였다. 선식의 pH는 5 g의 시료와 50 mL의 증류수를 섞은 후 상층액을 pH meter (Orion 3 star, Thermo Fisher Scientific

Co., Waltham, MA, USA)를 사용하여 측정하였다.

선식의 물결합력 측정

선식의 물결합력은 Medcalf와 Gilles(15)의 방법에 따라 분석하였다. 시료 0.5 g과 증류수 20 mL을 혼합한 후 마그네틱 바를 넣고 교반기를 이용하여 실온에서 1시간 동안 분산시켰다. 3000 rpm에서 30분 동안 원심분리한 후 상층액을 제거하고 침전된 무게를 측정하여 처음 시료와의 중량비로 계산하였다.

선식의 호화특성

선식의 호화특성은 시차주사열량계(DSC4000, PerkinElmer Inc., Waltham, MA, USA)를 이용하여 분석하였다. 알루미늄 팬에 시료(6.66 mg, 건물중량(dry basis))와 13.33 mg 증류수를 넣고 밀봉하여 5°C/min의 속도로 10°C에서 150°C까지 가열하면서 측정하였다.

DPPH 라디칼 소거능과 총 페놀화합물 함량 측정

1 g의 시료와 9 mL의 95% 에탄올을 혼합한 후 마그네틱 바를 넣고 교반기를 사용하여 24시간 동안 추출하였다. 추출물을 원심 분리(3000 rpm, 30분)하여 상층액을 얻었고, 이 상층액은 DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl, Sigma, St. Louis, MO, USA)라디칼 소거능과 총 페놀화합물 측정에 사용하였다. 선식의 DPPH 라디칼 소거능은 Brand-Williams 등의 방법(16)을 변형하여 측정하였다. 추출물 20 µL를 취하여 0.1 mM DPPH 380 µL과 혼합하였다. 상온에 30분간 방치한 후 515 nm에서 흡광도를 측정하였다.

총 페놀화합물 함량은 Folin-Denis법(17)에 따라 분석하였다. 추출물 1 mL에 증류수 9 mL를 가한 후 1 mL의 폴린시오칼토(Folin-Ciocalteu) 시약을 첨가하고 5분간 정치하였다. 10 mL의 7% Na₂CO₃ 용액과 25 mL의 증류수를 가한 다음 상온에서 90분간 정치한 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도는 갈산(gallic acid)를 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 총 페놀화합물 함량을 계산하였다.

미생물 안전성 검사

선식의 미생물 안전성 검사는 1 g의 시료에 멸균한 0.85% 식염수(saline)용액을 9 mL 가한 후 그 중 1 mL을 취하여 단계적으로 희석하여 Petrifilm™ Aerobic Count Plate (3M Co., St. Paul, MN, USA)과 Petrifilm™ Coliform Count Plate (3M Co.)에 도말하였다. 시료를 도말한 필름은 배양기를 이용하여 35°C에서 24시간 동안 배양 후 생성된 집락수를 계수하여 30-300의 것을 채택하여 CFU/g으로 나타냈다.

선식의 관능검사

선식의 관능적 특성을 조사하기 위하여 15명의 패널에게 선식의 관능적 검사 항목을 반복 훈련시킨 후 30 g의 시료와 200 mL

의 우유를 섞어서 제공하였다. 고소한 향(savory flavor), 단맛(sweet taste), 이취(off-flavor), 점성(thickness)를 7점 채점법(1: 매우 약하다, 4: 보통이다, 7: 매우 강하다)을 이용하여 평가하였다. 목넘김(throat swallowing)과 전체적 기호도(overall acceptance)는 선호도로 평가하였다(1: 매우 싫다, 4: 보통이다, 7: 매우 좋다).

통계분석

실험결과는 SPSS Statistics (Version 12.0, SPSS Institute Inc., Cary, NC, USA) Program을 이용하여 분석별 3회 이상 반복 측정된 결과 값에 대해 분산분석(ANOVA)을 시행하였고, 각 시료 간의 유의성은 Duncan의 다중비교(Duncan's multiple test)로 p<0.05 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

선식의 일반성분

선식의 일반성분 분석 결과는 Table 3과 같다. 수분은 3.24-7.10%, 조단백은 13.15-14.55%, 조지방은 7.55-9.26%, 조회분은 1.94-2.19%을 나타냈다. 선식의 일반성분은 다양한 곡류, 채소류, 해조류 등을 원료로 사용하고 또한 제조 방식과 각 선식 제품의 원료 구성과 배합비의 차이에 영향을 받는다(18). 선식 E의 수분 함량은 다른 시료에 비해 다소 높게 나타났으며 이것은 다른 시료에 비해 발아 곡류의 양이 늘어났기 때문으로 생각된다. 발아가 진행되는 동안 효소의 활성화로 인해 전분과 단백질이 당과 펩타이드로 분해가 된다(19). 이런 저분자 물질의 친수성에 의한 수분 보유능력이 증가하게 되어 상대적으로 많은 양의 수분을 보유하게 된다(20). 가장 낮은 수분함량을 보이는 선식 B(3.24%)는 다른 시료에 비하여 상대적으로 긴 로스팅 시간(25분)에 의한 수분 감소로 생각된다. Lee 등(21)의 현미의 볶음 처리 유무와 첨가량에 따른 선식의 연구에서 수분함량은 5.8%에서 7.5%의 범위로 본 연구와 비슷한 결과를 나타내었으며, Chung과 Han(18)의 시판 선식 제품의 영양성분을 분석한 연구 결과(2.4-4.8%)와 비교하면, 본 연구에서는 수분함량이 약간 높은 결과를 보였다. 조단백은 다른 선식들에 비해 선식 E(13.15%)가 다소 낮게 나타났는데 이는 선식 E의 배합비에서 대두(soybean)의 양이 줄어들었으므로 조단백 함량이 낮게 나타난 것으로 생각된다. 또한 선식 E는 조회분 함량이 1.94%로 다른 시료에 비해 낮은 함량을 보였다. 조지방 함량은 선식 D에서 가장 낮은 7.55%을 나타냈으며 선식 D는 조단백 함량도 비교적 낮게 나타났었다(Table 3). 선식 D는 100 mesh로 제조되었고 선식 C는 140 mesh로 제조된 것으로 선식 C가 선식 D에 비해 입도가 작으며 낮은 수분함량을 나타냈으며 낮은 수분함량은 선식의 저장기간을 향상시킬 수 있는 장점이 있다. 비록 실제 산업 현장에서 100 mesh가 경제적으로 이룰 수 있으나 수분함량에 의한 저장성 측면에서는 140 mesh가 다소 이룰 것으로 생각된다.

Table 3. Chemical compositions of newly developed *Sunsik* products

Samples	Moisture content (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Crude ash (%)
<i>Sunsik</i> A	6.29±0.19 ^b	14.10±0.30 ^{ab}	9.01±0.03 ^{ab}	2.08±0.03 ^{ab}
<i>Sunsik</i> B	3.24±0.03 ^d	14.55±0.13 ^a	9.26±0.34 ^a	2.07±0.07 ^{ab}
<i>Sunsik</i> C	5.46±0.04 ^c	13.82±0.06 ^{ab}	7.67±0.92 ^{ab}	2.19±0.05 ^a
<i>Sunsik</i> D	7.10±0.01 ^a	13.65±0.11 ^{ab}	7.55±0.13 ^b	2.09±0.03 ^{ab}
<i>Sunsik</i> E	6.95±0.02 ^a	13.15±0.67 ^b	8.95±0.10 ^{ab}	1.94±0.00 ^b

Different superscripted letters in the same column indicate significant differences (p<0.05).

Table 4. Physicochemical properties of newly developed *Sunsik* products

Samples	Color values			Mean diameter (μm)	Viscosity (cP)	Sugar content ($^{\circ}\text{Bx}$)	pH	Water holding capacity (%)
	L*	a*	b*					
<i>Sunsik</i> A	73.15 \pm 0.12 ^a	4.48 \pm 0.05 ^d	20.30 \pm 0.03 ^c	45.54 \pm 0.34 ^c	68.50 \pm 0.00 ^c	1.70 \pm 0.00 ^a	6.55 \pm 0.00 ^a	6.07 \pm 0.10 ^a
<i>Sunsik</i> B	69.20 \pm 0.32 ^c	6.50 \pm 0.08 ^a	23.63 \pm 0.36 ^a	38.37 \pm 0.04 ^d	57.00 \pm 0.00 ^c	1.55 \pm 0.05 ^{bc}	6.48 \pm 0.02 ^b	6.88 \pm 0.04 ^a
<i>Sunsik</i> C	72.17 \pm 0.10 ^b	4.91 \pm 0.03 ^b	21.35 \pm 0.07 ^b	45.90 \pm 0.23 ^c	72.60 \pm 0.20 ^b	1.50 \pm 0.00 ^c	6.42 \pm 0.01 ^c	6.85 \pm 0.16 ^a
<i>Sunsik</i> D	72.87 \pm 0.02 ^a	4.76 \pm 0.02 ^c	20.44 \pm 0.05 ^c	50.10 \pm 0.06 ^a	61.50 \pm 0.00 ^d	1.65 \pm 0.00 ^{ab}	6.52 \pm 0.02 ^{ab}	6.16 \pm 0.36 ^a
<i>Sunsik</i> E	72.03 \pm 0.19 ^b	4.96 \pm 0.05 ^b	20.25 \pm 0.17 ^c	46.52 \pm 0.32 ^b	74.00 \pm 0.00 ^a	1.50 \pm 0.00 ^c	6.30 \pm 0.00 ^d	6.38 \pm 0.24 ^a

Different superscripted letters in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).

Table 5. Thermal properties of newly developed *Sunsik* products

Samples	T_o ($^{\circ}\text{C}$)	T_p ($^{\circ}\text{C}$)	T_c ($^{\circ}\text{C}$)	ΔH (J/g)
<i>Sunsik</i> A	62.90 \pm 0.29 ^a	71.78 \pm 0.04 ^a	80.91 \pm 0.28 ^{ab}	3.26 \pm 0.24 ^{bc}
<i>Sunsik</i> B	62.37 \pm 0.20 ^a	71.56 \pm 0.26 ^a	79.70 \pm 0.44 ^b	3.46 \pm 0.31 ^{bc}
<i>Sunsik</i> C	63.98 \pm 0.98 ^a	71.85 \pm 0.55 ^a	81.33 \pm 0.13 ^{ab}	2.95 \pm 0.18 ^c
<i>Sunsik</i> D	61.94 \pm 0.57 ^a	71.56 \pm 0.41 ^a	80.23 \pm 0.06 ^{ab}	4.46 \pm 0.04 ^a
<i>Sunsik</i> E	63.35 \pm 0.37 ^a	71.95 \pm 0.04 ^a	81.55 \pm 0.93 ^a	3.81 \pm 0.16 ^{ab}

T_o , onset temperature; T_p , peak temperature; T_c , conclusion temperature; ΔH , gelatinization enthalpy.

Different superscripted letters in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).

선식의 이화학적 특성

선식의 이화학적 특성을 분석한 결과는 Table 4에 나타났다. 식품의 색은 소비자의 기호도에 영향을 줄 수 있는 중요한 특성이다(22). 색의 밝기를 나타내는 명도(L*)값은 선식 B를 제외하고 다소 비슷한 범위인 72.03-73.15를 나타내었고, 적색도(a*)와 황색도(b*) 또한 선식 B를 제외하고 각각 비슷한 범위인 4.48-4.96과 20.25-21.35를 보였다. 선식 B는 낮은 명도값(69.20)과 높은 적색도(6.50)와 황색도(23.63)를 나타냈다(Table 4). 이러한 결과는 로스팅 공정의 차이가 선식의 색에 영향을 준 것으로 생각된다. 로스팅 공정 중 환원당과 아미노산의 메일라드반응(Maillard reaction)으로 인해 멜라노이딘(melanoidin) 색소가 생성되며 이러한 색소의 형성이 선식의 색 형성에 주된 역할하게 된 것으로 생각된다(23,24). 결과적으로 로스팅 시간이 가장 길었던 선식 B의 색이 가장 진하게 나타난 것으로 여겨진다. 또한 로스팅 과정 중 전분의 텍스트리화가 유도되어 선식의 표면에 영향을 준 것으로 생각된다. 선식 A와 선식 C는 로스팅 온도의 차이가 나는데 로스팅 온도가 높은 선식 C가 명도가 다소 낮고 적색도와 황색도가 다소 낮게 나타났다. 그러나 로스팅의 온도보다는 로스팅의 시간에 대한 색의 변화가 더욱 크게 나타났음을 본 연구에서 확인할 수 있었다.

선식의 평균입자크기는 38.37-50.10 μm 이었으며, 100 mesh체를 사용한 선식 D의 입자크기가 가장 크게 나타났고, 선식 B의 입자크기가 가장 작게 나타났다(Table 4). 이러한 결과는 다른 시료에 비하여 수분함량이 낮은 선식 B는 분쇄하는 과정에서 더 작은 크기의 입자로 분쇄될 수 있었을 것으로 생각된다. 선식의 점도는 선식 E가 가장 높은 점도(74 cP)를 보였고, 선식 B가 가장 낮은 점도(54 cP)를 보였다. 높은 점도를 가진 선식 E는 발아 곡류의 첨가로 인한 결과로 생각된다. 발아가 진행되는 동안 효소의 활성으로 인하여 전분이 작은 당으로 분해되고 단백질도 작은 입자인 펩타이드나 아미노산으로 분해가 된다(19). 이러한 작은 분자들은 삼투압을 야기하게 되므로 선식 E에 우유나 물을 섞었을 때, 다른 시료에 비하여 많은 양의 수분을 보유할 수 있게 된다(25). 또한 작은 입자들은 친수성이 강하기에 많은 수분을 보유할 수 있다. 결과적으로 발아에 의한 작은 입자들에 의한

친수성에 의해 선식 E가 높은 점도를 나타냈을 것으로 생각된다.

선식의 당도는 5개의 시료에서 비슷한 범위(1.50-1.70 $^{\circ}\text{Bx}$)의 결과를 보였고, pH 또한 6.30-6.55로 약산성을 보였다(Table 4). Ra와 Kim(26)의 민들레추출물을 첨가한 선식의 연구에서 pH는 5.72에서 5.75의 범위를 보였으며, Wu 등(27)의 발효강황을 첨가한 선식의 연구에서는 5.51에서 5.64의 범위를 보여 본 실험에서 제조한 5가지의 선식보다 낮은 pH 값을 나타냈다. 본 연구의 선식 시료는 대부분의 미생물 생육 최적 pH인 6.8-7.2보다는 낮은 pH 범위에 속하였다(28). 선식의 물 결합능력은 6.07-6.88%로 서로 다른 로스팅 조건과 배합비에 따른 차이는 통계적으로 보이지 않았다.

선식의 호화특성

선식의 호화특성 결과는 Table 5에 나타내었다. 호화 개시온도(onset gelatinization temperature, T_o), 최고온도(peak gelatinization temperature, T_p), 종결온도(conclusion gelatinization temperature, T_c), 호화 엔탈피(gelatinization enthalpy change, ΔH)는 각각 61.94-63.98 $^{\circ}\text{C}$, 71.56-71.95 $^{\circ}\text{C}$, 79.70-81.55 $^{\circ}\text{C}$, 2.95-4.46 J/g의 범위를 나타냈다(Table 5). 5개 시료 간에 호화 개시온도, 최고온도, 종결온도는 비슷한 범위에서 나타나 통계적으로 큰 차이를 보이지 않았다(Table 5). 호화 엔탈피는 전분의 결정성 내에 존재하는 이중나선 구조가 붕괴되는데 필요한 에너지로, 선식의 호화도가 높을수록 낮게 나타난다(29). 5가지의 개발 선식 시료에서 모두 호화 피크가 관찰되었으므로, 로스팅 과정 중 전분이 완전히 호화되지 않은 것을 알 수 있었다. 선식 D의 호화 엔탈피가 가장 높았고, 선식 C가 가장 낮은 결과를 보였다. 이러한 결과는 로스팅 공정 중 상대적으로 입자의 크기가 큰 선식 D는 전분이 호화되는데 방해가 되었을 것으로 생각된다. 반면 호화 엔탈피가 가장 낮은 선식 C는 다른 시료에 비하여 가장 호화가 많이 일어난 것을 알 수 있는데 이는 높은 온도의 로스팅 온도에 의해 전분 내 존재하는 결정구조가 부분적으로 호화되어 무정형으로 전환된 것으로 생각된다. 일반적으로 전분 내에서 결정구조보다는 무정형구조가 수분이 전분 분자 내부로 들어가 새로운 수소결합을 형성하기 쉽기에 선식 C에 물 또는 우유를 혼합하였을 때 높

Table 6. Functional properties and microbial counts of newly developed *Sunsik* products

Samples	DPPH radical scavenging activity (%)	Total phenolic compounds (mg GAE/100 g)	Cell number (CFU/g)	
			Viable cell	Coliform group
<i>Sunsik</i> A	17.69±0.76 ^b	167.37±0.32 ^a	1.1×10 ⁴	ND
<i>Sunsik</i> B	20.33±0.76 ^a	172.02±2.15 ^a	5.0×10 ³	ND
<i>Sunsik</i> C	19.22±0.84 ^{ab}	168.72±1.63 ^a	9.0×10 ³	ND
<i>Sunsik</i> D	18.11±0.61 ^b	158.02±1.70 ^b	1.4×10 ⁴	ND
<i>Sunsik</i> E	19.88±0.76 ^a	149.78±4.13 ^c	2.0×10 ⁴	ND

Different superscripted letters in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$). ND, not detected.

Table 7. Sensory evaluation of newly developed *Sunsik* products

Samples	Savory flavor	Sweet taste	Thickness	Throat swallowing	Off-flavor	Overall acceptance
<i>Sunsik</i> A	3.27±1.00 ^b	1.60±1.02 ^a	3.20±1.42 ^a	3.60±1.50 ^a	1.67±1.85 ^a	3.53±1.15 ^a
<i>Sunsik</i> B	4.60±1.14 ^d	2.20±1.47 ^a	2.67±1.19 ^a	4.13±1.31 ^a	1.47±1.45 ^a	4.20±1.33 ^a
<i>Sunsik</i> C	3.27±1.00 ^b	1.87±1.36 ^a	3.47±1.20 ^a	3.47±1.31 ^a	1.47±1.54 ^a	3.87±1.20 ^a
<i>Sunsik</i> D	2.80±0.91 ^b	2.07±1.24 ^a	2.67±0.94 ^a	4.13±1.36 ^a	1.27±1.39 ^a	3.33±1.25 ^a
<i>Sunsik</i> E	3.53±1.36 ^b	3.53±1.31 ^a	2.93±1.29 ^a	3.87±1.67 ^a	1.60±1.62 ^a	4.13±1.41 ^a

Different superscripted letters in the same column indicate significant differences ($p < 0.05$).

은 점도를 나타낸 것으로 생각된다(Table 4).

선식의 기능성 특성 및 미생물 안전성 검사

선식의 DPPH 라디칼 소거능과 총 페놀화합물은 Table 6에 나타났다. DPPH 라디칼 소거능과 총 페놀화합물은 각각 17.69-20.33%, 149.78-172.02 mg GAE/100 g의 범위를 나타냈다(Table 6). 5가지 선식 시료 중에서 선식 B가 높은 DPPH 라디칼 소거능과 총 페놀화합물 함량을 나타냈다. 이러한 결과는 로스팅 과정 중 메일라드반응이 일어나게 되며 항산화 활성을 가진 메일라드반응 생성물과 관련이 있는 것으로 생각된다(30). 또한 발아 곡류가 첨가된 선식 E는 높은 DPPH 라디칼 소거능을 가지는데 이 결과는 발아를 통해 생리활성물질이 증가되는 것과 관련이 있으며, 생리활성 물질들은 혈압 강하, 체중감소, 항비만, 콜레스테롤 저해 등의 효과를 가지고 있는 것으로 알려져 있다(31). 또한 발아가 진행되는 동안 기능성 성분인 GABA의 함량이 가장 크게 증가하는 것으로 알려져 있다(31).

선식의 일반 세균수와 대장균군은 Table 6에 나타났다. 미생물 안정성 검사는 최종 제품에서 미생물 품질 분석에 중요한 요소이다(2). 일반세균수는 10³-10⁴ CFU/g의 범위로 검출되었으며, 대장균군은 검출되지 않았다. 일반세균수가 가장 많이 검출된 선식 E는 발아과정 중 높은 습도에 의해 미생물이 자랐을 것으로 생각된다. Cho 등(31)은 발아조건이 일반 미생물의 성장조건과 유사하다고 보고하였다. 반면 선식 B의 일반세균수가 가장 작게 검출되었는데, 이 결과는 비교적 긴 로스팅 처리 시간으로 인해 낮은 수분함량을 함유하기에 저장 중 미생물의 성장이 가장 지연되었기 때문으로 생각된다. 식품공전에 따르면 선식은 즉석섭취식품으로 분류되며, 일반적으로 즉석섭취식품의 미생물 기준규격은 *E. coli* O157:H7은 검출되지 않아야 하고 *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus*가 각각 3 log, 2 log, 2 log CFU/g 이하에서 검출되어야 한다(32). 영국, 호주, 미국과 같은 다른 나라에서는 더 이상의 조리 없이 그대로 섭취하는 식품의 일반세균수 허용 기준을 10⁴-5×10⁵ CFU/g 이하로 규정하고 있다(33). 현재 우리나라에서는 선식 제품의 일반세균수에 대한 정확한 기준규격이 없으나, 10⁶ CFU/g 이상이면 식품의

부패를 야기하며 배탈과 설사를 유발할 수 있다. 5가지 모든 시료에서 일반세균수가 5 log CFU/g 이하로 검출되었으므로 개발 선식의 미생물에 대한 오염으로부터 안전하다고 생각된다.

선식의 관능검사

선식의 관능검사 결과는 Table 7에 나타났다. 고소한 향(savory flavor)에서는 220°C에서 25분간 로스팅한 선식 B가 가장 높은 점수를 받았다. 로스팅 중 일어난 메일라드반응에 의해 생성한 다양한 색소성분과 저분자 화합물에 의해 식품의 색, 맛, 향에 영향을 미친다고 보고되었다(21,24). Lee 등(21)에 의하면 고온에서 볶는 과정 중 단백질의 열분해로 인해 유리 아미노산의 함량이 증가되는데, 볶음 처리를 한 선식이 볶지 않고 첨가된 선식에 비하여 유리 아미노산의 함량이 증가하였다는 결과를 얻었으며 이러한 유리아미노산은 고소한 향과 맛에 영향을 주었다고 보고하였다. 결과적으로 로스팅 시간에 길어짐에 따라 메일라드반응에 의해 생성된 다양한 물질들에 의해 고소한 향이 높은 점수를 나타낸 것으로 생각된다. 단맛과, 점도, 목넘김, 이취는 각각 1.60-3.53, 2.67-3.47, 3.47-4.13, 1.27-1.67의 범위를 나타냈고, 시료간 유의적인 차이는 보이지 않았다. 전체적 기호도 또한 통계적으로 유의적 차이는 나타나지 않았지만, 선식 B와 E가 가장 높은 점수를 받았고 반면 입자크기가 가장 큰 선식 D가 가장 낮은 선호도를 나타냈다. 선식 B와 E의 점도는 두 시료에서 70 cP 이상을 나타내었으며, 고소한 향과 알맞은 점도가 이러한 결과를 나타낸 것으로 생각된다.

요 약

본 연구에서는 다양한 조건에서 선식을 제조한 후 선식의 이화학적 특성, 기능성 특성, 미생물 안전성 검사 및 관능적 특성을 살펴보았다. 선식 제조 조건으로 로스팅 시간과 온도를 다르게 하여 제조하였고, 산업적인 활용을 위해 입자사이즈는 두 가지 형태로 제조하였다. 또한 기능성과 영양적 가치를 높이기 위하여 귀리, 수수, 조를 발아시켜 첨가하였다. 선식의 수분함량은 로스팅 시간이 길어질수록 낮았으며 발아곡류를 첨가하여 제조

한 선식에서 다소 높은 수분함량을 나타냈다. 140 mesh로 제조한 선식은 100 mesh로 제조한 선식에 비해 높은 수분함량과 다소 낮은 조단백과 조지방 함량을 나타냈다. 선식의 색도 역시 로스팅 시간이 길어질수록 명도가 감소함을 확인할 수 있었다. 선식 점도는 발아곡류를 첨가한 시료에서 70 cP 이상의 점도를 나타냈다. 선식의 pH는 약산성의 범위를 나타냈으며, DSC를 이용하여 측정한 호화도는 로스팅 온도가 높을수록 호화도가 높아 선식의 호화엔탈피는 낮게 나타났다. DPPH 라디칼 소거능은 긴 로스팅 시간에서 처리한 선식과 발아곡류를 첨가한 선식이 높게 나타났다. 관능평가에서도 긴 로스팅 시간에서 처리한 선식이 높은 고소한 향을 나타냈다. 결과적으로 본 연구에서 로스팅 조건, 입자사이즈, 발아곡류 첨가는 선식의 품질에 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다.

감사의 글

이 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(PJ01167604) 지원에 의하여 수행된 연구 결과 일부이며 연구비 지원에 감사드립니다.

References

- Kim JH, Yang JY. Microbial and physicochemical characteristics on raw cereal for *Sunsik* by hot-air drying methods. *J. Food Hyg. Saf.* 27: 415-419 (2012)
- Koh EM, Jang KH, Surh JH. Improvement of physicochemical properties of cereal based ready-to-eat *Sunsik* using fermentation with *bionuruk* and *bifidobacterium longum*. *Food Sci. Biotechnol.* 23: 1977-1985 (2014)
- Donkor ON, Stojanovska L, Ginn P, Ashton J, Vasiljevic T. Germinated grains sources of bioactive compounds. *Food Chem.* 135: 950-959 (2012)
- Chung HJ, Cho AR, Lim ST. Effect of heat-moisture treatment for utilization of germinated brown rice in wheat noodle. *LWT-Food Sci. Technol.* 47: 342-347 (2012)
- Tian B, Xie B, Shi J, Wu J, Cai Y, Xu T, Xue S, Deng Q. Physicochemical changes of oat seeds during germination. *Food Chem.* 119: 1195-1200 (2010)
- Gray DA, Auerbach RH, Hill S, Campbell GM, Webb C, South JB. Enrichment of oat antioxidant activity by dry milling and sieving. *J. Cereal Sci.* 32: 89-98 (2000)
- Devisetti R, Yadahally SN, Bhattacharya S. Nutrients and antinutrients in foxtail and proso millet fractions: Evaluation of their flour functionality. *LWT-Food Sci. Technol.* 59: 889-895 (2014)
- Sharma P, Gujral HS, Rosell CM. Effect of roasting on barley β -glucan, thermal, textural and pasting properties. *J. Cereal Sci.* 53: 25-30 (2011)
- Hoke K, Houska M, Pruchova J, Gabrovská D, Vaculova K, Paulickiva I. Optimisation of puffing naked barley. *J. Food Eng.* 80: 1016-1022 (2007)
- Gahalawat P, Sehgal S. Phytic acid, saponin and polyphenol in weaning foods prepared from oven heated green gram and cereals. *Cereal Chem.* 69: 463-464 (1992)
- Song YB, Lee KS, Lee MS, Kim AJ. Bioactivity changes in mung beans according to the roasting time. *Korean J. Food. Nutr.* 26: 502-507 (2013)
- Cho DH, Lim ST. Germinated brown rice and its bio-functional compounds. *Food Chem.* 196: 259-271 (2016)
- Komatsuzaki N, Tsukahara K, Toyoshima H, Suzuki T, Shimizu N, Kimura T. Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. *J. Food Eng.* 78: 556-560 (2007)
- AOAC. Official Method of Analysis of AOAC Intl. 17th ed. Method 991.42. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA (2000)
- Medcalf F, Gilles KA. Wheat starches. I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem.* 42: 558-568 (1965)
- Brand-Williams W, Cufelie ME, Berset C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Sci. Technol.* 28: 25-30 (1995)
- Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventos RM. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Method Enzymol.* 299: 152-178 (1999)
- Chung SS, Han YS. Consumer's recognition, nutrient composition, and safety evaluation of commercial *sunsik* and *saengsik*. *Korean J. Food Cult.* 18: 235-243 (2003)
- Palmiano EP, Juliano BO. Biochemical changes in the rice grain during germination. *Plant Physiol.* 49: 751-756 (1972)
- Hoojjat P, Zabik ME. Sugar-snap cookies prepared with wheat-navy bean-sesame seed flour blends. *Cereal Chem.* 61: 41-44 (1984)
- Lee BY, O JH, Kim MH, Jang KH, Lee JC, Surh JH. Influences of roasted or non-roasted brown rice addition on the nutritional and sensory properties and oxidative stability of *sunsik*, Korean heated cereal powder. *Korean J. Food Cook. Sci.* 26: 872-886 (2011)
- Pellegrini N, Chiavaro E, Gardana C, Mazzeo T, Contino D, Gallo M, Riso P, Fogliano V, Porrini M. Effect of different cooking methods on color, phytochemical concentration, and antioxidant capacity of raw and frozen Brassica vegetables. *J. Agr. Food Chem.* 58: 4310-4321 (2010)
- Chevallier S, Colonna P, DellaValle G, Lourdin D. Contribution of major ingredients during baking of biscuit dough systems. *J. Cereal Sci.* 31: 241-252 (2000)
- Sikorski ZE, Pokorny J, Damodaran S. Physical and chemical interactions of components in food systems. pp. 849-883. In: *Food Chemistry*. Damodaran S, Parkin KL, Fennema OR (eds). CRC Press, Boca Raton, FL, USA (2008)
- Chung HJ, Cho, A, Lim ST. Utilization of germinated and heat-moisture treated brown rices in sugar-snap cookies. *LWT-Food Sci. Technol.* 57: 260-266 (2014)
- Ra HN, Kim HY. Quality characteristics and microbial safety of *Sunsik* with dandelion (*Taraxacum platycarpum*) complex extract powder (AF-343) for home meal replacement. *Korean J. Food Cook. Sci.* 30: 642-649 (2014)
- Wu XB, Kim EK, Ra HN, Byeon YS, Kim HY. Antioxidant activity, sensory characteristics, and microbial safety of *Sunsik* with fermented turmeric powder. *Korean J. Food Cook. Sci.* 32: 600-608 (2016)
- Lee JK, Noh WS. HACCP application of instant ab lactation baby food processing. *Korean J. Food Nutr.* 14: 457-466 (2001)
- Gidley MJ, Bulpin PV. Crystallization of malto-oligosaccharides as models of the crystalline forms of starch: Minimum chain length requirement for the formation of double helices. *Carbohydr. Res.* 13: 291-300 (1987)
- Kim HW. Studies on the antioxidative compounds of sesame oils with roasting temperature. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 246-251 (2000)
- Cho DH, Chung HJ, Cho HY, Lim ST. Health functions and utilization products of germinated brown rice. *Food Sci. Ind.* 44: 76-86 (2011)
- MFDS. Korean Food Standard Code. Ministry of Food and Drug Safety. Cheongju, Chungbuk, Korea (2016)
- Chung MS. Study on the development of standards and specifications for ensuring sanitary quality of ready-to-eat foods and miscellaneous foods. Korea Health Industry Development Institute, Seoul, Korea, pp. 21-24 (2005)