pISSN 1229-1153 / eISSN 2465-9223 *J. Food Hyg. Saf.*
Vol. 32, No. 6, pp. 521~530 (2017)
https://doi.org/10.13103/JFHS.2017.32.6.521

Journal of Food Hygiene and Safety
Available online at http://www.foodhygiene.or.kr

식용 밀웜(*Tenebrio molitor*)분말과 검은콩 분말을 첨가한 쿠키의 품질특성 및 항산화 활성

정희선 · 김수연 · 조성륜 · 박현일 · 백지은 · 국지수 · 서희재*
선문대학교 식품과학과

Characteristics of Quality and Antioxidant Activation of the Cookies adding with Mealworm (*Tenebrio molitor*) and Black Bean Powder

Hee Sun Chong, Su Yeon Kim, Sung Ryun Cho, Hyeon Il Park, Ji Eun Baek, Ji Su Kuk, and Hee-Jae Suh*
Department of Food Science, Sun Moon University, Asan, Korea
(Received September 24, 2017/Revised October 6, 2017/Accepted October 23, 2017)

ABSTRACT - The purpose of this study was to examine the physicochemical and antioxidant properties of cookies with mealworm (*Tenebrio molitor*) and black soybean powder. The leavening rates, and loss ratios were significantly increased with adding up the amount of mealworm powder ($p < 0.05$). The total polyphenol, DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical scavenging ability, FRAP activity (ferric reducing antioxidant power) and ABTS radical scavenging ability (2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) were all significantly increased as mealworm powder contents increased. In addition, cookies containing both mealworm and black soybean powder were higher in total polyphenol, DPPH and ABTS radical scavenging abilities than cookies containing only mealworm powder ($p < 0.05$).

Key words : Cookies, Mealworm, Tenebrio molitor, Antioxidant activity, Quality

지구상에 서식하는 곤충은 약 1,000,000종에 달하는 것으로 추정되고 있으며, 예로부터 곤충은 식물과 동물에게 해를 끼치는 존재(해충)로 인식되어 왔다. 그러나 식물, 가축 또는 인간에게 해를 끼칠 수 있는 곤충은 5,000여종에 불과하고[1], 최근에는 오히려 곤충이 인류에 매우 유용한 제품을 제공하는 예가 늘어나고 있다. 벌(bees)은 연간 120만톤의 상업용 꿀을 생산하고[2], 누에는 90,000톤 이상의 실크를 생산하며[3], Resilin은 동맥 치료를 위해 의학용으로 이용되고 있다[4]. 이 외에도 구더기, 실크 단백질, 실크 우유, 키토산 등 곤충의 이용은 꾸준히 증가하고 있다[5].

곤충을 이루고 있는 성분은 단백질, 섬유질뿐만 아니라 불포화지방산, 비타민, 무기질 함량도 높기 때문에[6] 의학용이나 생활용품으로 이용되는 것 외에 식용을 하기에도 영양가치가 매우 우수하다고 할 수 있다. 현존하는 인류의 20억명 정도는 곤충을 식용하고 있는 것으로 알려져 있으며 1,900여종의 곤충이 음식으로 사용되어왔고, 주로 이용되는 곤충은 딱정벌레(Coleoptera) (31%), 나비유충(Lepidoptera) (18%), 벌 및 개미(Hymenoptera) (14%), 메뚜기 및 귀뚜라미(Orthoptera) (13%), 매미(Hemiptera) (10%), 흰개미(Isoptera) (3%), 잠자리(Odonata) 및 파리(Diptera) (2%), 기타(5%) 순이라고 보고되고 있다[7]. 전 세계에서 이용되는 식용 곤충의 종류는 2012년 4월 현재 1,600 종이 문헌상에 등록되었고, 지역 및 국가별로 서로 다른 식용 곤충의 종류들이 보고되었으며, 아프리카, 멕시코, 동남아시아, 중국 등에서 특히 많이 식용되고 있다[8-12]. 최근에는 각 국가별로 가장 많이 이용되는 식용곤충을 법으로 규정하여 관리하고 있는데, 중국의 식약청 및 보건당국은 1996년 이래에 30가지가 넘는 종류를 건강식품으로 승인하였고, 일본에서는 히보(hebo)라고 불리는 노란색 재킷 말벌(Vespula and Dolichovespula spp.)의 유충이 일반적으로 소비된다고 한다[13]. 우리나라의 경우 식용곤충으로 식품공전에 허용된 곤충은 누에번데기, 벼메뚜기, 밀웜(mealworms), 흰점박이 꽃무지 유충, 장수풍뎅이 유충, 쌍별 귀뚜라미, 백강장, 용설란 벌레가 있고[14], 서구에서는 밀웜, 귀뚜라미, 메뚜기 등이 주로 이용되고 있다[7]. 곤충은 생존을 위해 배출하는 온실가스(green gas)가 소와 돼지가 배출하는 온실

*Correspondence to: Hee-Jae Suh, Department of Food Science, Sun Moon University, Asan-si, Chungchengnam-do 31460, Korea
Tel: 82-41-530-2267, Fax: 82-41-530-2917
E-mail: suhhj@sunmoon.ac.kr

가스보다 현저히 적기 때문에 지구온난화에 영향을 덜 미치고, 광우병이나 조류독감 등 여러 가지 전염병에 대한 피해가 적기 때문에 식용을 위해 사육할 경우 전염병으로 인한 경제적인 피해를 줄일 수 있는 장점이 있다[7].

식용 곤충의 영양가는 곤충의 종류 및 서식지에 따라 다양하며, 밀웜은 혐오감이 적어 우리나라뿐만 아니라 서구에서도 식용되는 곤충으로 단백질, 비타민, 무기질이 풍부하여 소고기, 돼지고기, 닭, 어류를 대신할 수 있는 대체 식량으로 주목 받고 있다. 특히 불포화지방산인 ω-3와 ω-6의 조성은 소고기 및 돼지고기 보다 높아 어류와 비슷한 수준이라고 보고되어[7], 미래 식량자원으로 손색이 없다고 할 수 있다. 그러나 밀웜 등 식용곤충의 소비확대를 위해서는 친근한 식품 원료로 이용할 수 있도록 형태, 향, 맛을 개선하고 그 응용범위를 확장하기 위한 연구를 할 필요가 있다.

우리나라에서 식용곤충을 이용한 연구는 누에분말, 누에 동충하초를 이용한 식품개발이 주를 이루어, 누에 및 동충하초를 함유한 고추장, 식빵, 다식[15-17] 등이 개발되었다. 밀웜을 이용한 연구로는 머핀제조[18]와, 밀웜 쿠키에 대한 연구가 보고 되었으나[19], 머핀 제조에서는 일부 항산화 활성만 측정하였고, 쿠키 연구에서는 품질과 관능 특성만을 평가하여, 밀웜 첨가 식품의 항산화 효과를 다각적으로 분석한 연구는 거의 없다.

한편, 밀웜 등 곤충을 첨가한 식품을 제조할 경우 곤충 특유의 형태, 맛, 향에 대한 혐오감을 최소화하는 것이 무엇보다 중요하다. 곤충의 형태는 곤충 분말을 이용함으로써 개선할 수 있지만, 곤충 특유의 맛과 향을 감소시키기 위해서는 곤충의 첨가량을 조절하거나 적절한 부재료를 혼합하는 것이 필요하다. 검은콩은 우수한 단백질 급원이면서 고소한 맛과 향을 함유하고 있기 때문에 예로부터 떡, 과자류에 많이 이용되어 오던 식품이다[20]. 더욱이 안토시아닌으로 인한 항산화 효과가 탁월하기 때문에[20,21]. 밀웜 등 식용곤충 함유 식품에 부재료로 이용된다면 식용곤충의 낯선 맛과 향을 익숙한 맛으로 변형시킴과 동시에 단백질과 항산화 효과를 증가시킬 수 있을 것이다.

본 연구에서는 혐오감을 최소화하고 곤충 특유의 맛과 향을 감소시킨 밀웜 첨가 쿠키를 개발하기 위하여 밀웜 분말의 첨가량을 달리한 쿠키와 부재료로 검은콩 분말을 함께 첨가한 쿠키를 제조하였으며, 제조된 쿠키의 기호성, 항산화 활성, 품질 특성을 평가해봄으로 식용곤충의 미래 식량자원으로의 가능성을 제시하고자 하였다.

Materials and Methods

실험 재료

밀웜은 2016년 12월에 조은 약초(Seoul, Korea)에서 건조 형태로 구입한 후 믹서기(HR2100, Philips, Shanghai, China)로 분쇄하여 40 mesh 이하에 해당하는 분말을 사용하였다. 검은콩, 밀가루(박력분), 버터, 쇼트닝, 달걀, 소금, 설탕, 베이킹 소다는 시중의 대형 마켓에서 구입하였고 쿠키제조를 위해 사용된 재료는 모두 동일한 재료를 사용하였다. 항산화 분석에 이용된 Folin & Ciocalteu's phenol, Na_2CO_3, gallic acid, DPPH, ethanol, rutin, sodium acetate buffer, TPTZ, $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, HCl, ascorbic acid ABTS, potassium persulfate 등은 Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다.

쿠키제조

밀웜 쿠키는 밀가루 중량에 0%, 10%, 20%, 30%의 밀웜 분말과 10%, 20%의 검은콩 분말을 첨가하여 제조하였다. 버터와 쇼트닝은 부드럽게 크림화 한 후 달걀, 소금, 설탕을 넣고 1분간 혼합하였다. Table 1에 제시된 비율에 따라 체친 밀가루, 베이킹파우더, 밀웜 가루, 검은콩 가루를 넣고 손으로 10분간 반죽하였다. 혼합한 반죽은 −18°C 냉동고에서 1시간 동안 휴지시킨 후 30 g씩 나누어 3D 프린터(DP200, Sindoh Co, Seoul, Korea)로 특수 제작한 성형틀(8 cm × 0.7 mm)을 이용하여 성형한 후 윗불 160°C, 아랫불 180°C에서 예열된 오븐(W1655 × D1105 × H490, Sung Dong Industry, Gyeonggi-do, Korea)에서 약 10~13

Table 1. Ingredient composition of cookies containing various amounts of mealworm powder

Ingredients (g)	The contents of mealworm powder (%)			
	0(M0)	10(M1)	20(M2)	30(3)
Mealworm powder	0	10	20	30
Flour	100	90	80	70
Butter	30	30	30	30
Egg	15	15	15	15
Shortening	30	30	30	30
Sugar	40	40	40	40
Salt	1	1	1	1
Baking Soda	0.5	0.5	0.5	0.5

Ingredients (g)	The contents of mealworm and black bean powder (%)	
	10(MB1)	20(MB2)
Mealworm powder	10	20
Black bean powder	20	10
Flour	70	70
Butter	30	30
Egg	15	15
Shortening	30	30
Sugar	40	40
Salt	1	1
Baking Soda	0.5	0.5

분간 구운 후 실온에서 30분간 냉각 시킨 다음 밀폐용기에 담아 실온에 보관하면서 실험에 사용하였다.

쿠키의 퍼짐성, 손실률, 팽창률

여섯 종류의 반죽을 30 g의 동일한 중량과 높이로 12개씩으로 만들어 오븐에 약 13분 정도 구운 후 AACC 방법을 이용하여 직경과 높이를 측정하였다[22]. 쿠키의 직경은 쿠키 6개를 나란히 정렬하여 6개 총 길이를 측정하고, 각각을 90°로 회전하여 6개의 총 길이를 측정한 후 6으로 나눠 평균을 산출하였다. 쿠키의 높이를 측정할 때에는 쿠키 6개를 쌓아 높이를 측정하고 순서를 다르게 쌓은 후 동일한 방법으로 높이를 측정하여 6으로 나눠 평균을 산출하였다. 이를 3반복 측정한 후 이렇게 계산한 쿠키 1개의 직경과 높이로 식 1을 이용하여 퍼짐성을 산출하였다. 또한 쿠키를 굽기 전 반죽의 무게와 구운 후 무게를 측정하여 식(2) 및 식(3)을 이용하여 손실률과 팽창률을 산출하였다.

$$\text{퍼짐성} = \frac{\text{쿠키1개 평균직경}(cm)}{\text{쿠키1개 평균높이}(cm)} \quad \text{식(1)}$$

$$\text{손실률} = \frac{\text{반죽1개의 무게}(g) - \text{쿠키1개의 무게}(g)}{\text{반죽1개의 무게}(g)} \times 100 \quad \text{식(2)}$$

$$\text{팽창율} = \frac{\text{반죽1개의 무게}(g) - \text{쿠키1개의 무게}(g)}{\text{굽기 전후의 대조구 제품 무게 차}(g)} \times 100 \quad \text{식(3)}$$

쿠키의 일반성분 분석

식품공전 방법에 따라 상압가열건조법을 이용하여 쿠키의 수분함량을 측정하였다. 밀웜 첨가 쿠키의 조지방 함량은 속시렛 추출기(Soxtherm 412, Gerhardt Co., Königswinter, Germany)를 이용하여 측정하였고, 조단백질 함량은 조단백질 측정기(FOSS, Hilleroed, Denmark)를 이용하여 세미마이크로 킬달법을 이용하여 식품공전 방법에 따라 측정하였다[23].

총 폴리페놀 분석

밀웜과 검은콩 분말 첨가 쿠키의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteau방법[24]을 변형하여 측정하였다. 분쇄한 쿠키 2 g을 정밀히 칭량하여 80% ethanol 40 mL을 넣고 1시간 동안 진탕하였다. 추출액은 원심분리기(VS-550, vision-scientific Co, Daejeon, Korea)로 10,000 rpm에서 10분간 원심 분리한 후 상등액을 취하여 whatman filter paper와 0.45 μm membrane filter (Whatman Co.)를 이용하여 여과한 것을 시험용액으로 하였다.

추출액 0.15 mL에 1 N folin & ciocalteu's phenol 용액 0.3 mL와 2% Na_2CO_3 3 mL를 넣고 혼합한 후 30분 동안 상온에서 반응시킨 다음 spectrophotometer (Libra S22, biochrom Co., Cambridge, UK)를 이용하여 720 nm에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid를 표준물질로 이용하여 0, 20, 40, 60, 80 mg/kg 농도로 동일한 방법으로 실험한 후 표준곡선을 만들고 쿠키 시료로부터 얻은 결과를 대입하여 쿠키의 총 폴리페놀 함량을 산출하였다. 모든 시료는 3반복 측정하였다.

DPPH 라디칼 소거능 측정

쿠키의 DPPH 라디칼 소거능은 Liang 등[25]의 방법을 변형하여 측정하였다. 0.1 mM DPPH 용액의 흡광치를 0.97~0.99로 맞춘 후 상기에서 제조된 추출액 1.5 mL에 0.1 mM DPPH 용액 1.5 mL를 혼합한 뒤 실온의 암소에서 30분간 방치하였다. 시험용액은 spectrophotometer (Libra S22, biochrom Co.)를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 식(4)에 대입하여 쿠키의 DPPH 라디칼 소거능을 산출하였다. 모든 실험은 3회 반복 측정하였다.

$$DPPH\ radcal\ scavenging\ (\%) = (1 - \frac{sample}{blank}) \times 100 \quad \text{식(4)}$$

FRAP 활성 측정

쿠키의 FRAP 활성은 Benzie와 Strain의 방법[26]을 변형하여 측정하였다. 0.3 M sodium acetate buffer (PH 3.6):10 mM TPTZ:20 mM $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ = 10:1:1로 혼합하여 FRAP 용액을 제조한 후 상기의 시료 추출액 0.05 mL에 혼합 FRAP용액 1.5 mL를 넣고 증류수 0.14 mL를 혼합한 뒤 37°C에서 5분 방치하였다. rutin을 표준물질로 이용하여 0, 20, 40, 60, 80 mg/kg으로 희석하여 Microplate reader (EZ Read 400, biochrom Co. Cambridge, UK)를 이용하여 450 nm에서 3회 반복 측정하여 표준곡선을 구한 후 시료로부터 얻은 흡광치를 대입하여 시료 중의 FRAP 활성을 측정하였다. 모든 실험은 3반복 실시하였다.

ABTS 라디칼 소거능 측정

쿠키의 ABTS 라디칼 소거능은 Re 등[27]의 방법을 변형하여 측정하였다. ABTS와 potassium persulfate를 1:1로 첨가하여 암소에서 24시간 반응시켰다. 혼합한 ABTS용액의 흡광치를 0.71~0.70으로 맞춘 뒤 혼합한 ABTS 용액을 1 mL를 넣고 상기에서 제조된 추출액 0.02 mL를 혼합한 후 상온에서 40분간 암소에서 방치하였다. 방치한 용액을 spectrophotometer (Libra S22, biochrom Co.)를 이용하여 750 nm으로 흡광도를 측정하였다. 이 흡광치를 식(5)에 대입하여 ABTS 함량을 산출하였다. 모든 시료는 3 반복 측정하였다.

$$ABTS\ radical\ scavenging\ (\%) = (1-\frac{sample}{blank}) \times 100 \quad 식(5)$$

쿠키의 조직감 측정

쿠키의 조직감은 Yoon 등[28]의 방법을 변형하여 rheometer (COMPAC-100II, Sun scientific Co. Ltd, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 쿠키 조직감의 특성으로는 강도(strength), 검성(gumminess), 탄력성(springiness)을 선정하여 측정하였으며, 측정 시 최대하중은 10 kg, table speed는 60 nm/min, distance는 50% 이었다. 모든 시료는 10회 반복 측정하여 평균을 산출하였다.

관능평가

쿠키의 관능을 측정하기 위해 20~27세의 대학생 40명(남자 16명, 여자 26명)을 패널요원으로 선정하여 관능평가에 대한 설명을 실시한 후 색, 풍미, 맛, 조직감, 전반적인 기호도에 대해 7점 척도로 측정하였다. 시료는 종류별로 1개씩이 물과 함께 제공하였으며, 난수표를 이용하여 번호를 부여하였다.

통계분석

실험결과의 유의성 검증은 SAS 9.1 program[29]을 이용하여 실시하였다. 각 처리별 유의성은 Duncan's multiple range test로 검증하였다($p < 0.05$).

Results and Discussion

쿠키의 퍼짐성, 손실률, 팽창률

밀웜과 검은콩 분말을 첨가하여 제조한 쿠키의 품질특성을 알아보고자 퍼짐성, 손실률, 팽창률을 측정한 결과는 Table 2와 같이 나타났다. 퍼짐성은 수분함량, 설탕함량, 재료의 배합비율 등에 영향을 받으며[30], 수분함량이 많은 재료를 첨가할수록 퍼짐성이 감소된다고 보고된 바 있다[31]. 새송이 분말[32]이나 아로니아 분말[33]을 첨가한 쿠키에서 새송이 및 아로니아 분말을 증가할수록 퍼짐성이 조금 증가하는 것으로 보고되었고, 계피 분말을 첨가한 쿠키에서는[34] 계피 분말의 첨가량이 증가할수록 퍼짐성이 감소된다고 보고하였으나, 본 연구에서는 밀웜 이나 검은콩 분말을 증가함에 따라 퍼짐성에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 이는 밀웜이나 검은콩 분말의 첨가가 쿠키 반죽의 수분 및 설탕 함량 등에 별다른 영향을 주지 않았기 때문으로 보인다(Table 3). 손실률은 무첨가 쿠키(M0)가 10.8%인데 비해 밀웜 분말을 20% 이상 첨가한 쿠키인 M2(밀웜 20%), M3(밀웜 30%), MB2(밀웜 20%와 검은콩 10% 첨가)에서는 각각 12.5, 13.5, 12.1%로 나타나 밀웜 함량이 증가할수록 손실률이 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 밀웜을 첨가한 머핀의 경우도 밀웜 첨가량이 증가할수록 머핀의 굽기 손실률이 유의적으로 증가한다고 보고하여[18], 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 밀웜 첨가 쿠키의 굽기 손실률이 발생한 이유는 굽는 도중 밀웜의 지방이 녹아나와 손실이 발생한 것으로 사료되며, 밀웜을 10% 첨가할 경우에는 이 같은 유출 현상이 크지 않음을 알 수 있었다. 팽창률도 밀웜 분말의 첨가량이 많을수록 유의적으로 증가하는 것으로 나타나 밀웜 30% 첨가 쿠키(M3)에서는 125.6%의 팽창율을 나타내었다. 이는 밀웜에 함유되어 있는 지방이 팽창제로 작용하였기 때문으로 해석된다.

Table 2. Spread ratios, leavening rates and loss rates of cookies containing mealworm powder[1)]

Cookies containing mealworm powder[1)]	spread ratios	loss rates (%)	leavening rates (%)
M0	12.71 ± 0.84[2)a3)]	10.79 ± 1.26[bc]	100 ± 0[b]
M1	12.11 ± 0.37[a]	11.83 ± 0.59[c]	100.53 ± 16.25[b]
M2	12.28 ± 0.22[a]	12.52 ± 0.34[ab]	117.08 ± 12.72[ab]
M3	12.80 ± 0.32[a]	13.48 ± 1.33[a]	125.57 ± 11.57[a]
MB1	12.28 ± 0.30[a]	11.59 ± 0.85[abc]	110.35 ± 9.78[ab]
MB2	12.62 ± 0.25[a]	12.11 ± 1.49[ab]	114.35 ± 26.68[ab]

[1)]M0, M1, M2, and M3 are cookies containing 0, 10, 20, and 30% of mealworm powder, respectively. MB1 is cookie containing 10% of mealworm powder and 20% of black bean powder. MB2 is cookie containing 20% of mealworm powder and 10% of black bean powder.
[2)]Data are expressed as mean ± SD.
[3)a-c]Values with different letters in the same row are significantly different as $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 3. Water, protein, and lipid contents of cookies containing mealworm powder

Cookies containing mealworm powder[1)]	Water contents (%)	Protein contents (%)	Lipid contents (%)
M0	4.19 ± 0.44[2)a3)]	5.45 ± 2.22[d]	28.01 ± 1.37[d]
M1	3.58 ± 0.83[a]	5.46 ± 2.00[d]	29.04 ± 0.79[c]
M2	3.80 ± 0.93[a]	7.91 ± 1.14[c]	29.98 ± 0.04[c]
M3	3.52 ± 1.42[a]	10.04 ± 0.63[ab]	31.78 ± 0.05[ab]
MB1	3.55 ± 0.69[a]	10.71 ± 0.80[a]	30.40 ± 0.32[bc]
MB2	3.67 ± 0.26[a]	9.48 ± 0.62[b]	32.66 ± 0.21[a]

[1)]M0, M1, M2, and M3 are cookies containing 0, 10, 20, and 30% of mealworm powder, respectively. MB1 is cookie containing 10% of mealworm powder and 20% of black bean powder. MB2 is cookie containing 20% of mealworm powder and 10% of black bean powder.
[2)]Data are expressed as mean ± SD.
[3)a-d]Values with different letters in the same row are significantly different as $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

쿠키의 일반성분 함량

쿠키의 영양성분을 알아보기 위하여 수분, 조단백질, 조지방 함량을 측정하였다. 우선 쿠키 제조에 사용된 밀웜과 검은콩 분말의 수분 함량은 3.4%로 동일하였고, 조단백질 함량은 각각 21.7%, 42.1%이었으며, 조지방 함량은 각각 36.6%, 3.1%이었다. 동일한 밀웜과 검은콩 분말의 첨가량을 달리하여 여섯 종류 쿠키를 제조하고, 수분, 조단백질, 조지방 함량을 측정한 결과는 Table 3과 같이 나타났다. 밀웜 또는 검은콩 분말의 첨가여부에 따른 수분 함량에는 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 쿠키의 조단백질 함량과 조지방 함량은 밀웜의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 조단백질 함량은 밀웜 10%와 검은콩 20%를 첨가한 쿠키(MB1)에서 가장 높게 나타났는데(10.7%), 이는 원료로 첨가하였던 검은콩이 밀웜 보다 단백질 함량이 높았기 때문에 나타난 결과이었다. 조지방 함량은 밀웜 10% 첨가 쿠키인 M1(29.0%) 보다 밀웜 10%와 검은콩 20%를 함께 첨가한 MB1에서(30.4%) 더 높게 나타났고, 이러한 경향은 밀웜 20% 첨가 쿠키(M2)와 밀웜 20%, 검은콩 10% 첨가한 쿠키(MB2)에서도 동일하게 나타났다. 이는 첨가된 검은콩이 쿠키중의 지방을 흡착하여 굽는 도중 지방이 유출되는 것을 방지하였기 때문인 것으로 보이며, 쿠키에 첨가된 부재료가 쿠키 중의 수분이나 지방 등을 흡착하여 굽는 중 손실을 방지한다는 Song 등[34]의 보고와 유사한 결과이다. Min 등[19]은 밀웜 유충을 첨가한 쿠키에서 조단백질과 조지방 함량이 무첨가 쿠키 보다 유의적으로 높았다고 보고하여 본 연구와 일치하였다.

총 폴리페놀 함량 및 DPPH 라디칼 소거능

밀웜과 검은콩 분말의 첨가량을 달리하여 제조한 여섯 종류 쿠키의 총 페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능은 Table 4와 같다. 무첨가 쿠키(M0)의 총 페놀 함량은 53.1 mg/g 이었으며, 밀웜의 첨가량을 10%(M1), 20%(M2), 30%(M3)로 증가함에 따라 총 페놀 함량은 73, 105.7, 122.1 mg/g으로 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 또한 밀웜과 검은콩 분말을 혼합한 쿠키(MB1, MB2)는 밀웜만 첨가한 쿠키(M1, M2)에 비해 총 페놀 함량이 유의적으로 증가하였다. 밀웜 10%와 검은콩 20%를 첨가한 쿠키는(MB1) 110.4 mg/g, 밀웜 20%와 검은콩 10%를 첨가한 쿠키는(MB2) 112 mg/g으로 나타나 M1(73 mg/g), M2(105.7 mg/g) 보다 훨씬 높은 총 페놀 함량을 나타내었다. 따라서 밀웜과 검은콩 모두 총 페놀을 많이 함유하고 있다는 것을 알 수 있었다. Hwang과 Choi[18]의 연구에 의하면 밀웜의 첨가량이 증가함에 따라 머핀의 총 페놀 함량이 증가한다고 보고하고 있고, Kim 등[35]의 연구에서도 검은콩에 총 페놀이 많이 함유되어 있다고 보고하고 있어 본 연구 결과와 유사하였다.

쿠키의 DPPH 라디칼 소거능도 밀웜과 검은콩 분말의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 밀웜 분말을 10%(M1), 20%(M2), 30%(M3) 첨가한 쿠키의 DPPH 라디칼 소거능은 각각 38.7, 43.0, 52.8%로 나타났고, 밀웜과 검은콩 분말을 함께 첨가한 쿠키인 MB1(밀웜 10%와 검은콩 20% 첨가), MB2(밀웜 20%와 검은콩 10% 첨가)의 DPPH 라디칼 소거능은 각각 59.1, 48.3%로 나타나 밀웜 분말 10%와 검은콩 분말 20%를 첨가한 쿠키에서 DPPH 라디칼 소거능이 가장 우수한 것을 알 수 있었다. Hwang과 Choi[18]의 연구에서는 밀웜 분말 첨가 머핀의 DHHP 라디칼 소거능이 밀웜 분말 첨가량이 증가함에 따라 20~51%로 증가된다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. 이와 같이 DPPH 라디칼 소거능이 우수한 쿠키로는 새송이 분말 첨가 쿠키[32], 아로니아 분말을 함유한 쿠키[33], 계피분말을 함유한 쿠키[34], 감잎 분말 첨가 쿠키[36] 등이 보고되었고, 이들의 연구에서도 새송이 버섯, 아로니아, 계피, 감잎 등 각 분말의 첨가량이 증가할수록 DPPH 라디칼 소거능이 증가하였다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

Table 4. Antioxidant activities of cookies containing various contents of mealworm powder

Cookies containing mealworm powder[1)]	Total polyphenol (mg/g)	DPPH radical scavenging activity (%)	FRAP activity	ABTS radical scavenging activity (%)
M0	53.1 ± 1.48[2)f3)]	34.3 ± 0.64[f]	616.5 ± 3.07[d]	3.0 ± 0.08[f]
M1	73.0 ± 0.22[e]	38.7 ± 1.21[e]	672.8 ± 7.73[c]	6.3 ± 0[e]
M2	105.7 ± 0.22[d]	43.0 ± 2.54[d]	734.2 ± 4.69[b]	8.4 ± 0.08[d]
M3	122.1 ± 0.26[a]	52.8 ± 1.18[b]	819.1 ± 34.60[a]	11.7 ± 0.14[a]
MB1	110.4 ± 0.22[c]	59.1 ± 3.13[a]	682.0 ± 44.74[c]	11.2 ± 0.08[b]
MB2	112.0 ± 0.22[b]	48.3 ± 3.27[c]	721.9 ± 19.74[b]	10.5 ± 0[c]

[1)]M0, M1, M2, and M3 are cookies containing 0, 10, 20, and 30% of mealworm powder, respectively. MB1 is cookie containing 10% of mealworm powder and 20% of black bean powder. MB2 is cookie containing 20% of mealworm powder and 10% of black bean powder.
[2)]Data are expressed as mean ± SD.
[3)a-f]Values with different letters in the same row are significantly different as $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

FRAP 및 ABTS 라디칼 소거능

밀웜과 검은콩 분말의 첨가량을 달리하여 제조한 여섯 종류 쿠키의 FRAP 활성과 ABTS에 대한 라디칼 소거능은 Table 4와 같이 나타났다. 무첨가 쿠키의 FRAP 활성은 616.5로 가장 낮게 나타났으며, 밀웜 분말을 10%(M1), 20%(M2), 30%(M3)로 증가함에 따라 각각 672.8, 734.2, 819.1로 나타나 밀웜 분말의 첨가량이 증가할수록 FRAP 활성은 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 한편, 밀웜 분말과 검은콩 분말을 함께 첨가한 쿠키의 FRAP 활성은 밀웜만 첨가한 쿠키와 별다른 차이를 나타내지 않았다. 밀웜 분말 10%에 검은콩 분말 20%를 첨가한 쿠키(MB1)는 682.0으로 나타나 밀웜 10% 첨가 쿠키(M1)의 672.8과 차이가 없는 것으로 나타났고, 밀웜 분말 20%첨가 쿠키인 M2(밀웜 20%)와 MB2(밀웜 20%, 검은콩 10%)도 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 새송이 버섯 분말을 첨가한 쿠키[32], 건오디박을 첨가한 쿠키[37]에서도 새송이 분말, 건오디박의 첨가량이 증가할수록 FRAP 활성이 증가하였다고 보고하여 이들 식재료에 FRAP 활성이 있음을 알 수 있었으며, 검은콩은 FRAP 활성에 큰 영향을 주지 않는 다는 것을 알 수 있었다. Lee 등[20]이 검은콩의 항산화 활성을 비교한 연구에서도 검은콩의 FRAP활성은 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능에 비해 매우 약하다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 보고한 바 있다.

Table 4에서 보듯이 ABTS에 대한 라디칼 소거능은 무첨가 쿠키(M0)가 3%인데 반해 밀웜의 첨가량이 10%, 20%, 30%로 증가함에 따라 6%(M1), 8%(M2), 12%(M3)로 급격히 증가하는 것을 알 수 있었다($p < 0.05$). 또한 밀웜과 검은콩을 함께 첨가한 쿠키에서는 밀웜만 첨가한 쿠키보다 ABTS 라디칼 소거능이 증가하는 것으로 나타나 밀웜과 검은콩 모두에 ABTS 라디칼 소거능이 있다는 것을 알 수 있었다. 검은콩은 항산화 활성 중 ABTS 활성이 가장 강한 것으로 보고되어[20] 본 연구와 유사한 결과가 보고된 바 있고, 밀웜을 첨가한 식품에서 ABTS 라디칼 소거능을 측정한 연구는 없었지만, 본 연구 결과를 통해 밀웜과 검은콩 분말의 첨가로 ABTS 라디칼 소거능은 3~12%로 증가할 수 있음을 알 수 있었다. ABTS 라디칼 소거능을 보고한 연구는 아로니아에 관한 연구[33,38,39], 계피분말을 함유한 쿠키[34] 등에서 보고되었고, 이들 성분의 함량이 증가할수록 ABTS 라디칼 소거능이 각각 8~18%, 10~34%로 증가한다고 보고하였다.

쿠키 색도 및 조직감

밀웜과 검은콩 분말의 첨가량을 달리하여 제조한 여섯 종류 쿠키의 색도는 Table 5와 같이 나타났고, 굽기 전과 후의 쿠키 색을 비교한 그림은 Fig. 1과 같다. 밀웜은 갈색을 띠는 식용곤충이므로 밀웜 첨가량이 증가할수록 적색도(a^*)는 유의적으로 증가하는 것으로 나타났다. 즉, 무첨가 쿠키의 적색도(a^*)는 0.9이었으나, 밀웜 20%이상 첨가 쿠키에서는 적색도(a^*)가 4.5 이상으로 측정되다($p < 0.05$). 그러나 밀웜과 검은콩을 함께 첨가한 쿠키(MB1, MB2)에서는 검은콩 함량이 증가할수록 적색도(a^*)가 낮아지는 것으로 나타나 검은콩 20% 첨가 쿠키(MB1)에서는 무첨가 쿠키(M0) 보다도 낮게 나타났다($p < 0.05$). 이에 반해 밝기는(L^*) 무첨가 쿠키(M0)가 가장 높은 것으로 나타났고(69.7), 밀웜과 검은콩 분말을 첨가할수록 66.4에서 55.9로 유의적으로 낮아지는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 황색도(b^*) 또한 무첨가 쿠키(M0)가 27.0으로 가장 높았으며 밀웜 및 검은콩 분말의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 낮아졌다($p < 0.05$). 이와 같이 밀웜의 첨가량이 증가할수록 밝기(L^*)와 황색도(b^*)는 낮아지고 적색도(a^*)는 증가하는 경향은 Min 등[19], Kim 등[40]에서도 동일하게 보고된 바 있어, 밀웜을 첨가할 경우 식품의 색이 더 붉고 어두워진다는 것을 알 수 있었다. 또한 Fig. 1에서 보듯이 쿠키를 굽는 도중 마이얄 반응 및 캐러멜화가 일어나기 때문에 쿠키의 색은 굽기 전 보다 더 어두워진다는 것도 확인할 수 있었다.

상기 여섯 종류 쿠키의 조직감은 Table 5와 같이 나타났다. 강도(strength)가 가장 약한 쿠키는 밀웜 30% 첨가

Table 5. Color and texture properties of cookies containing various contents of mealworm powder

Cookies containing mealworm powder[1)]	Color			Texture properties		
	L^*	a^*	b^*	Strength (g/cm^2)	Gumminess (g)	Springiness (%)
M0	69.70 ± 1.59[2)a3)]	0.88 ± 0.55[c]	27.03 ± 1.04[a]	4098.42 ± 14.88[b]	9.03 ± 0.53[b]	101.97 ± 0.78[b]
M1	66.40 ± 1.61[b]	1.17 ± 0.46[c]	22.32 ± 1.54[b]	4010.62 ± 128.41[b]	9.23 ± 0.06[b]	101.22 ± 0[b]
M2	59.13 ± 1.80[c]	4.84 ± 0.80[a]	22.97 ± 1.40[b]	2250.85 ± 100.23[d]	3.46 ± 0.16[d]	101.31 ± 0[b]
M3	58.37 ± 2.34[c]	4.54 ± 1.40[a]	21.99 ± 1.55[c]	1815.07 ± 68.59[e]	4.42 ± 0.16[d]	102.63 ± 0[a]
MB1	57.97 ± 2.49[d]	0.21 ± 0.20[d]	18.17 ± 1.17[d]	4470.76 ± 45.39[a]	10.17 ± 1.27[a]	100 ± 0[c]
MB2	55.88 ± 1.23[d]	2.00 ± 1.11[b]	19.77 ± 0.52[d]	3749.14 ± 129.05[c]	6.39 ± 0.21[c]	100 ± 0[c]

[1)]M0, M1, M2, and M3 are cookies containing 0, 10, 20, and 30% of mealworm powder, respectively. MB1 is cookie containing 10% of mealworm powder and 20% of black bean powder. MB2 is cookie containing 20% of mealworm powder and 10% of black bean powder.
[2)]Data are expressed as mean ± SD.
[3)a-d]Values with different letters in the same row are significantly different as $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

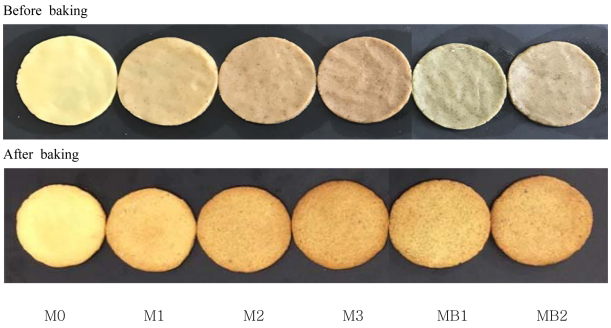

Fig. 1. Comparison of appearance through before and after baking of cookies containing various contents of mealworm powder.
M0, M1, M2, and M3 are cookies containing 0, 10, 20, and 30% of mealworm powder, respectively. MB1 is cookie containing 10% of mealworm powder and 20% of black bean powder. MB2 is cookie containing 20% of mealworm powder and 10% of black bean powder.

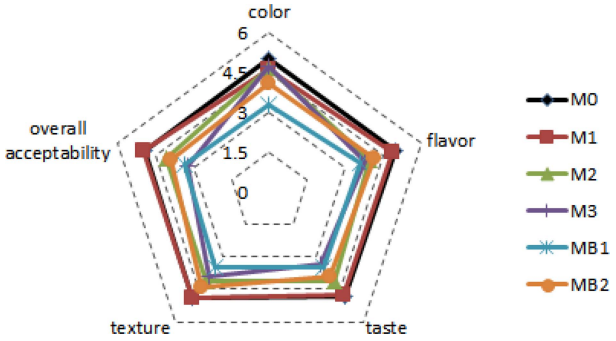

Fig. 2. Consumer preference profiles of cookies containing various contents of mealworm powder.
M0, M1, M2, and M3 are cookies containing 0, 10, 20, and 30% of mealworm powder, respectively. MB1 is cookie containing 10% of mealworm powder and 20% of black bean powder. MB2 is cookie containing 20% of mealworm powder and 10% of black bean powder.

쿠키(M3)로서 1,815.1 g/cm^{2}로 나타났고, 밀웜의 첨가량을 증가할수록 강도가 유의적으로 감소하는 것을 알 수 있었다($p < 0.05$). 이는 밀웜에 지방이 많이 함유되어 있어서 쿠키의 팽창력을 증가시키고 글루텐 형성이 억제되기 때문에 나타난 결과로 해석된다. Kim 등[41]은 밀웜(갈색거저리) 분말 첨가량이 많아질수록 글루텐 형성이 방해되어 파스타의 경도가 낮아졌다고 보고하여 본 연구와 일치하는 결과를 보고한 바 있다. 그러나 Min 등[19]은 밀웜의 첨가량이 많아질수록 쿠키의 경도가 증가하였다고 보고하였고, Hwang과 Choi[18]는 밀웜 첨가량에 따라 머핀의 경도에 차이를 보이지 않았다고 보고하여 본 연구와 다른 결과를 보고한 바 있다. 한편 밀웜 분말과 검은콩 분말을 함께 첨가한 쿠키(MB1, MB2)에서는 밀웜만 첨가한 쿠키에 비해 강도가 훨씬 강해서 밀웜 10%와 검은콩 20% 첨가 쿠키의 강도가 가장 강한 것으로 나타났다(4070.8 g/cm^2). 이는 검은콩 분말이 쿠키의 팽창력을 약화시키고 쿠키를 서로 응집하게 만들어 단단한 쿠키를 형성하기 때문으로 보인다. 이와 같이 부재료를 첨가할 경우 식품이 더 단단해지는 결과는 오가피 분말을 첨가한 쿠키[42], 감잎 분말 첨가 쿠키[36], 새송이 버섯 첨가 쿠키[32], 케일 분말 첨가 쿠키[43] 등에서도 동일하게 나타났으며, 지방이나 수분이 적은 분말을 첨가함에 따라 쿠키가 단단해 진다는 것을 알 수 있었다. 검성도 감도와 비슷한 결과가 나타나, 밀웜 10%와 검은콩 20% 첨가 쿠키(MB1)가 가장 검성이 큰 것으로 나타났다(10.2g). 또한 탄력성(springiness)은 밀웜 30% 첨가 쿠키(M3)가 가장 우수하고(102.6%), 검은콩 첨가 시 탄력성이 감소하는 것을 알 수 있었다(Table 5).

관능평가

밀웜과 검은콩 분말의 첨가량을 달리하여 제조한 여섯 종류 쿠키의 7점 척도에 의한 선호도 평가 결과는 Table 6 및 Fig. 2와 같이 나타났다. 색의 경우 무첨가 쿠키의 선호도가 가장 높은 것으로 나타났지만, 밀웜 10%, 20%, 30% 첨가 쿠키와 유의적인 차이를 나타내지 않았고, 검은콩 첨가 쿠키의 색에 대한 선호도는 낮은 것으로 나타났다. 이는 검은콩을 첨가할 경우 쿠키가 초록색을 띠기 때

Table 6. Consumer preference test of cookies containing various contents of mealworm powder

Cookies containing mealworm powder[1)]	Color	Flavor	Taste	Texture	Overall acceptability
M0	5.00 ± 1.54[2)a3)]	5.00 ± 1.26^{a}	4.83 ± 1.52^{a}	4.90 ± 1.19^{a}	4.95 ± 1.48^{a}
M1	4.60 ± 1.24^{ab}	4.85 ± 1.14^{a}	4.78 ± 1.51^{a}	4.90 ± 1.10^{a}	4.98 ± 1.27^{a}
M2	4.65 ± 1.29^{ab}	3.98 ± 1.25^{b}	4.13 ± 1.51^{b}	4.08 ± 1.31^{b}	4.10 ± 1.34^{b}
M3	4.70 ± 1.47^{ab}	3.78 ± 1.37^{b}	3.30 ± 1.51^{c}	3.88 ± 1.73^{bc}	3.23 ± 1.25^{c}
MB1	3.30 ± 1.51^{c}	3.60 ± 1.35^{b}	3.50 ± 1.85^{bc}	3.50 ± 1.52^{c}	3.38 ± 1.64^{c}
MB2	4.10 ± 1.37^{b}	4.13 ± 1.24^{b}	3.90 ± 1.53^{bc}	4.38 ± 1.43^{ab}	3.88 ± 1.52^{bc}

[1)]M0, M1, M2, and M3 are cookies containing 0, 10, 20, and 30% of mealworm powder, respectively. MB1 is cookie containing 10% of mealworm powder and 20% of black bean powder. MB2 is cookie containing 20% of mealworm powder and 10% of black bean powder.
[2)]Data are expressed as mean ± SD.
[3)a-c]Values with different letters in the same row are significantly different as $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

문에 이에 대한 선호도가 떨어진 것으로 보인다. 향, 맛, 조직감의 경우, 밀웜 10% 첨가 쿠키(M1)는 무첨가 쿠키(M0)와 유의적인 차이를 나타내지 않았고(Table 6), 밀웜을 20% 이상 첨가한 쿠키(M2, M3)와 밀웜과 검은콩을 함께 첨가한 쿠키(MB1, MB2)의 향, 맛, 조직감에 대한 선호도가 낮은 것으로 나타났다. 특히 밀웜을 30% 첨가한 쿠키(M3)는 맛에 대한 선호도가 가장 낮았고, 밀웜 10%와 검은콩 20%를 함께 첨가한 쿠키(MB1)는 조직감에 대한 선호도가 가장 낮은 것을 알 수 있었다. 밀웜을 30% 첨가할 경우 쿠키에서 곤충의 향미가 강하게 느껴지기 때문에 맛에 대한 선호도가 가장 낮게 나타난 것으로 보인다. 또한 Table 5에서 밀웜 10%와 검은콩 20%를 함께 첨가한 쿠키(MB1)의 강도와 검성이 가장 강한 것으로 측정되었는데, 이러한 특성이 관능평가 결과 딱딱한 조직감으로 느껴져서 선호도가 낮게 나타난 것으로 생각된다. 전반적인 기호도 평가에서도 거의 동일한 결과가 나타나 밀웜 10% 첨가 쿠키(M1)는 무첨가 쿠키(M0)와 유의적인 차이를 나타내지 않았다(Table 6, Fig. 2). 또한 밀웜의 첨가량을 증가하거나 검은콩을 첨가하는 경우 전반적인 기호도가 유의적으로 낮아짐을 알 수 있었다($p < 0.05$).

이상의 결과를 통해 밀웜 첨가 쿠키를 제조할 경우 밀웜의 첨가량이 증가할수록 총 페놀함량, DPPH 라디칼 소거능, FRAP 활성, ABTS 라디칼 소거능 등 항산화 효과가 유의적으로 증가한다는 것을 알 수 있었으며, 검은콩 분말을 함께 첨가함으로써 총 페놀함량, DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능 등 항산화 효과를 향상시킬 수 있고, 밀웜만 첨가한 쿠키의 강도가 약해지는 것을 방지할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 그러나 관능평가 결과 밀웜 10% 첨가 쿠키만이 무첨가 쿠키와 동일하게 좋은 선호도를 나타내었고(Fig. 2), 밀웜 첨가량이나 검은콩 첨가량이 증가할수록 선호도가 낮아지는 것을 알 수 있었다. 따라서 소비자 기호도와 항 산화력을 함께 고려할 경우 밀웜 쿠키의 밀웜 분말 첨가량을 10%로 설정하는 것이 가장 우수하다는 것을 알 수 있었다.

국문요약

본 연구는 고기능 미래 식량자원으로서 이용 가치가 높은 밀웜과 검은콩을 첨가한 쿠키를 제조하고, 밀웜 및 검은콩 첨가량에 따른 품질특성, 항산화 활성, 기호성을 비교해 보고자 수행되었다. 밀웜의 첨가량을 0%, 10%, 20%, 30%로 증가한 쿠키와 밀웜과 함께 검은콩 분말 10%, 20%를 첨가한 쿠키를 제조하여, 품질특성, 항산화 활성, 관능특성을 비교한 결과는 다음과 같다. 팽창율, 손실율은 밀웜만 첨가한 쿠키와 밀웜과 검은콩 분말을 함께 첨가한 쿠키 모두에서 밀웜 분말 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다. 총 폴리페놀 함량, DPPH 라디칼 소거능, FRAP, ABTS 측정 결과 밀웜 분말과 검은콩 분말을 첨가한 쿠키 모두에서 아무것도 첨가하지 않은 쿠키보다 활성이 높게 측정되었다. 밀웜 분말의 첨가량이 증가할수록 항산화 활성은 증가하여 밀웜 분말 30% 첨가군에서 가장 높은 항산화 활성을 나타내었다. 또한 동일한 양의 밀웜에 검은콩 분말을 함께 첨가한 쿠키는 밀웜 분말만 첨가한 쿠키 보다 총 페놀함량, DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능이 높게 측정되었다. 밀웜만 첨가한 쿠키의 색도는 첨가량이 증가할수록 쿠키의 밝기(L 값)와 황색도(b 값)는 유의적으로 감소하고, 적색도는(a 값) 증가하였고, 밀웜과 검은콩을 함께 첨가한 쿠키는 적색도(a 값), 밝기 (L 값), 황색도 (b 값)가 모두 감소하는 것으로 측정되었다. 쿠키의 조직감 측정결과 밀웜 첨가량이 증가할수록 쿠키의 강도가 유의적으로 감소하였으나($p < 0.05$), 검은콩을 함께 첨가한 쿠키는 강도가 강하게 나타나 밀웜 증가에 의한 쿠키 강도의 감소를 검은콩을 첨가함으로써 개선할 수 있었다. 이상의 결과에서 밀웜 쿠키의 품질특성, 항산화 활성, 기호성을 모두 향상하기 위해서는 밀웜 분말을 10% 첨가하여 제조하는 것이 가장 우수하다는 것을 알 수 있었다.

References

1. Van Lenteren, J.C.: Ecosystem services to biological control of pests: why are they ignored, *Proc. Neth. Entomol. Soc. Meet.,* **17**, 103-111 (2006).
2. FAO: Biodiversity and nutrition, a common path. FAO Headquater, Rome, Italy (2009) Available from: http://www.fao.org/fileadmin/templates/food_composition/documents/upload/Interodocumento.pdf Accessed June 2017.
3. Lee, Y.W.: Silk reeling and testing manual. FAO Agricultural Services Bulletin **171**, pp. 136 (1999).
4. Elvin, C.M., Carr, A.G., Huson, M.G., Maxwell, J.M., Pearson, R.D., Vuocolo, T., Liyou, N.E., Wong, D.C.C., Meritt, D.J., Dixon, N.E.: Synthesis and properties of crosslinked recombinant pro-resilin. *Nature* **437**, 999-1002 (2005).
5. Cutter, C.N.: Opportunities for bio-based packaging technologies to improve the quality and safety of fresh and further processed muscle foods. *Meat Sci.* **74**, 131-142 (2006).
6. Chung, M.Y., Kwon, E.Y., Hwang, J.S., Goo, T.W., Yun, E.Y.: Pretreatment conditions on the powder of Tenbrio molitor for using as a novel food ingredient. *J. Seric. Entomol. Sci.* **51**, 9-14 (2013).
7. FAO.: Edible Insects - Future prospects for food and feed security. FAO Headquater, Rome, Italy (2013) Available from: http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf Accessed June 2017.
8. Ramos, E.J.: Insects, a hopeful food source. *In Paoletti MG*, ed. Ecological implications of minilivestock; role of rodents, frogs, snails, and insects for sustainable development. Hampshire New, Science Publishers. pp. 263-291 (2005).

9. DeFoliart, G.R.: An overview of the role of edible insects in preserving biodiversity. *Ecology Food Nutri.* **36**, 109-132 (1997).
10. Van Huis, A.: Insects eaten in Africa *(Coleoptera, Hymenoptera, Diptera, Heteroptera, Homop*tera). *In Paoletti MG*, ed. Ecological implications of minilivestock. New Hampshire, USA, Science Publishers. pp. 231-244 (2005).
11. Chen, X., Feng, Y., Chen, Z.: Common edible insects and their utilization in China. *Entomological Res.* **39**, 299-303 (2009).
12. Yhoung-Aree, J., Viwatpanich, K.: Edible insects in the Laos PDR, Myanmar, Thailand, and Vietnam. *In Paoletti MG*, ed. Ecological implications of minilivestock. New Hampshire, Science Publishers. pp. 415-440 (2005).
13. Nonaka, K., Sivilay, S., Boulidam, S.: The biodiversity of insects in Vientiane. National Agriculture and Forestry Institute and Research Institute for Hamanity and Nature. Nara, Japan (2008).
14. KFDA: Korean Food Standard Codex. Ministry of Food and Drug Safety. Cheongwon, Korea. Available from: http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx =4 Assessed July 2017.
15. Bang, H.Y., Park, M.H., Kim, G.H.: Quality characteristics of kochujang prepared with paecilomyces japonica from silkworm. *Korean J. Food Sci. Technol.* **36**, 44-49 (2004).
16. Jung, M.H., Park, G.S.: Effect of paecilimyces japonica and cordyceps militaris powder on quality characteristics of bread. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **31**, 743-748 (2002).
17. Kim, J.E.: Quality characteristics of dasik with added silkworm powder. *J. East Asian Soc. Dietary Life* **18**, 221-225 (2008).
18. Hwang, S.Y., Choi, S.K.: Quality characteristics of muffins containing mealworm (Tenebrio molitor). *The Korean J. Culinary Res.* **21**, 104-115 (2015).
19. Min, K.T., Kang, M.S., Kim, M.J., Lee, S.H., Han, J.S., Kim, A.J.: Manufacture and quality evaluation of cookies prepared with mealworm (*Tenebrio molitor*) powder. *Korean J. Food Nutr.* **29**, 12-18 (2016).
20. Lee, L.S., Choi, E.J., Kim, C.H., Kim, Y.B., Kum, J.S., Park, J.D.: Quality characteristics and antioxidant properties of black and yellow soybeans. *Korean J. Food Sci. Technol.* **46**, 757-761 (2014).
21. Ju, M.J.: Physicochemical and sensory characteristics of black bean yanggaeng preparation. MS Thesis. Yongin University, Gyeonggi-do, Korea. pp. 13-44 (2007).
22. AACC: Approved methods of the AACC. 10th ed. American Association Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. Method 10-50D (2000).
23. KFDA: Korean Food Standard Codex. Ministry of Food and Drug Safety. Cheongwon, Korea. Available from: http://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_02.jsp?idx=263 Assessed July 2017.
24. Anouse A., Makris D.P., Kefalas P.: Effect of principle polyphenol components in relation to antioxidant characteristics of aged red wines. *J. Agr. Food Chem.* **49**, 5736-5742 (2001).
25. Liang X.L., Wang X.L., Li Z., Hao Q.H., Wang S.Y.: Improved in vitro assays of superoxide anion and 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical-scavenging activity of isoflavones and isoflavone metabolites. *J. Agr. Food Chem.* **58**, 11548-11552 (2010).
26. Benzie I.F.F., Strain J.J.: The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal. Biochem.* **239**, 70-76 (1996).
27. Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C.: Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med* **26**, 1231-1237 (1999).
28. Yoon, M.H., Kim, K.H., Kim, N.Y., Byun, M.Y., Yook, H.S.: Quality characteristics of muffin prepared with freeze dried-perilla leaves (*Perilla frutescens var. japonica Hara*) powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **40**, 581-585 (2011).
29. SAS: SAS User's Guide. Ver. 9.1. SAS Institute, Cary, NC, USA (2005).
30. Koh, K.B., Noh, W.S.: Effect of sugar particle size and level on cookie spread. *J. East Asian Soc. Diet Life* **7**, 159- 165 (1997).
31. Lee, J.Y., Ju, J.C., Park, H.J., Heu, E.S., Choi, S.Y., Shin, J.H.: Quality characteristics of cookies with bamboo leaves powder. *Korean J. Food Nutr.* **19**, 1-7 (2006).
32. Kim, Y.J., Jung, I.K., Kwak, E.J.: Quality characteristics and antioxidant of cookies added with *Pleurotus eryngii* powder. *Korean J. Food Sci. Technol.* **42**, 183-189 (2010).
33. Lee, J.H., Choi, J.E.: Quality characteristics and antioxidant activities of cookies supplemented with aronia powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **45**, 1071-1076 (2016).
34. Song, J.H., Lim, J.A., Lee, J.H.: Quality and antioxidant properties of cookies supplemented with cinnamon powder. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **43**, 1457-1461 (2014).
35. Kim, S.H., Kwon, T.W., Lee, Y.S., Choung, M.G., Moon, G.S.: A major antioxidative components and comparison of antioxidative activities in black soybean. *Korean J. Food Sci. Technol.* **37**, 73-77 (2005).
36. Lim. J.A., Lee, J.H.: Quality characteristics and antioxidant properties of cookies supplemented with persimmon leaf powder. *Korean J. Food Sci. Technol.* **48**, 159-164 (2016).
37. Jeon, H.L., Oh, H.L., Kim, C.R., Hwang, M.H., Kim, H.D., Lee, S.W., Kim, M.R.: Antioxidant activities and quality characteristics of cookies supplemented with mulberry pomace. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **42**, 234-243 (2013).
38. Lee, J.Y., Yoon, J.Y.: The Quality and antioxidant properties of cookies containing aronia powder. *The Korean J. Culinary Res.* **22**, 179-189 (2016).
39. Hwang, E.S., Lee, Y.J.: Quality characteristics and antioxidant activities of yanggaeng with aronia juice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **42**, 1220-1226 (2013).
40. Kim, S.H., Kim, K.B., Noh, J.S., Yun, E.Y., Choi, S.K.: Quality characteristics of pasta with addition of mealworm (*Tenebrio molitor*). *Food Service Industry J.* **10**, 55-64 (2014).
41. Kim, H.M., Kim, J.N., Kim, J.S., Jeong, M.Y., Yun, E.Y., Hwang, J.S., Kim, A.J.: Quality characteristics of patty pre-

pared with mealworm powder, *Korean J. Food Nutr.* **28**, 813-820 (2015).
42. Jin, S.Y., Lee, E.J., Gil, G.Y., Joo, S.Y.: Quality characteristics and antioxidant activities of cookies added *Eleutherococcus sessiliflorus* Leaf powder. *J. East Asian Soc. Dietary Life* **24**, 234-241 (2014).
43. Lee, J.A.: Quality characteristics of cookies added with Kale powder. *The Korean J. Culinary Res.* **21**, 40-52 (2015).