베이킹 온도가 쿠키의 품질 특성, 항산화 활성 및 아크릴아마이드 생성에 미치는 영향

황은선 · 문소진

한경대학교 웰니스산업융합학부 식품영양학전공

Effects of Baking Temperatures on the Quality Characteristic, Antioxidant Activity, and Acrylamide Formation of Cookies

Eun-Sun Hwang and So Jin Moon

School of Wellness Industry Convergence, Major in Food and Nutrition, Hankyong National University

ABSTRACT Samples of the same cookie dough were put in an oven and baked at 140, 160, 170, 180, and 200°C, respectively, and the quality characteristics, acrylamide content and antioxidant activity of cookies were determined. Moisture content was highest at 4.62% in cookies baked at 140°C for 12 min and decreased from 2.30% to 0.52% as the baking temperature increased from 160~200°C. There was no statistical difference in the crude protein and ash contents in the cookies with variations in the baking temperature. As the baking temperature increased, the weight loss rate and hardness increased. The pH of the cookies baked at 140°C was the highest at 6.89 and as the baking temperature increased, the pH decreased to 4.42. The L^* and b^* of the cookies decreased in proportion to the baking temperature, and the a^* and the browning index increased as the baking temperature increased. The acrylamide content of the cookies was 13.04 ng/g when baked at 140°C and increased from 33.91 to 210.94 ng in proportion to the baking temperature increase from 160~200°C. As the baking temperature of cookies increased, the total polyphenol content and antioxidant activities increased. Thus, it is important to set the baking temperature by properly balancing the toxicity of acrylamide and the benefit of antioxidant activity when baking cookies.

Key words: cookie, baking temperature, acrylamide, browning, antioxidant activity

서 론

쿠키를 포함한 베이커리 제품들은 많은 국가에서 다양한 소비자 계층들이 꾸준히 섭취하고 있는 대표적인 간식류 중 하나이다(Nachi 등, 2018). 쿠키는 밀가루, 설탕, 버터, 달걀 등의 주재료를 적절한 비율로 혼합 후 반죽하여 가열하는 동안 다양한 물리·화학적 변화를 거치고, 반죽 내의 수분이 증발하여 최종 수분이 5~7% 내외로 낮아져 저장성이 높아진다(Lee 등, 2015; Yeom과 Hwang, 2020). 또한, 쿠키를 고온에서 굽는 과정 중에 재료 내에 있는 glucose, fructose 등의 환원성이 있는 당류와 아미노산이 반응하여 식품의 표면색이 갈색으로 변하고 독특한 맛과 향미를 형성하는 비효소적인 갈변 반응인 마이야르 반응이 일어난다(Mottram 등, 2002). 마이야르 반응은 일명 아미노-카보닐

반응 또는 멜라노이딘 반응으로 불리며, 아미노산, 펩타이드, 아민, 단백질의 자유 아미노기와 환원당의 카보닐기가 반응하여 갈색 색소인 멜라노이딘을 생성하는 반응이다(Tareke 등, 2002).

마이야르 반응의 결과로 생성되는 부산물 중 하나인 아크릴아마이드는 1949년에 처음으로 합성되었고, 1950년 이후부터 다양한 화학공업, 화장품, 제지, 섬유 공업 분야에서 널리 사용되어 왔다(Sarion 등, 2021). 식품에 존재하는 아크릴아마이드는 2002년에 스웨덴에서 처음 보고되었고, 단백질이 적고 탄수화물 함량이 높은 식품을 습도가 낮은 환경에서 120°C 이상으로 굽거나 튀기는 과정에서 생성되는 것으로 알려져 있다(Mottram 등, 2002; Sarion 등, 2021). 많은 연구에 따르면 조리 가공 과정에서 식품에서 생성되는 아크릴아마이드는 공존하는 식품 성분, 온도, 가열시간, 수

Received 20 August 2021; Revised 17 December 2021; Accepted 27 December 2021

Corresponding author: Eun-Sun Hwang, School of Wellness Industry Convergence, Major in Food and Nutrition, Hankyong National University, 327 Chungang-ro, Anseong-si, Gyeonggi 17579, Korea, E-mail: ehwang@hknu.ac.kr

Author information: Eun-Sun Hwang (Professor), So Jin Moon (Student)

© 2022 The Korean Society of Food Science and Nutrition.

This is Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

분, pH 등에 의해 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Jung 등, 2003; Gokmen 등, 2007; Sung과 Chen, 2017). 즉, 높은 온도와 수분이 적은 상태에서 아크릴아마이드가 많이 형성되며, 이는 식품 외관의 갈색 정도와도 밀접한 관련성이 있다. 실험동물을 이용한 아크릴아마이드의 독성평가에 의하면 장기간 다량 섭취 시 쥐에서 암을 유발할 수 있으며 유전 및 신경독성이 발견되는 등 실험동물의 발암 증거는 충분하므로 국제암연구기관에서는 인체에 대해 발암 가능성이 있는 2A 그룹으로 분류하고 있다(Hogervorst 등, 2007; Mousavi Khaneghah 등, 2020). 아크릴아마이드의 위해성에 대한 우려가 계속되는 가운데 많은 국가에서는 다소비 식품에 대한 모니터링을 계속하고 있다(Kim 등, 2009; Kowalska 등, 2017). 나라마다 식품관이 다르므로 식품을 통한 아크릴아마이드의 노출 정도는 차이가 있으며, 모니터링 결과에 따르면 커피, 프렌치프라이, 감자칩, 스낵류, 도넛 등과 리조토, 라멘, 약과 등과 같은 각 나라의 식습관을 반영한 전통식품에도 상당량의 아크릴아마이드가 검출되었다(Tateo 등, 2007). 우리나라는 식품 내에 잔류하는 아크릴아마이드 함량을 1,000 ng/g으로 정하고, 업계가 자율적으로 관리하여 아크릴아마이드 함량을 저감화하도록 유도하고 있다(Lee 등, 2016). 모니터링 결과에 따르면 국내에서 유통되는 식품들의 대부분은 권고기준 이하로 관리되고 있는 것으로 파악되고 있다(Lee와 Do, 2006).

한편, 마이야르 반응을 포함한 식품의 갈변반응에 의해 생성된 물질을 항산화 활성, 항암, 항돌연변이 등에 효과가 있는 것으로 보고하고 있다(Jin 등, 2013; Shin 등, 2010). 선행연구에 따르면 인삼, 마늘, 양파의 숙성이 진행되어 갈색이 짙게 나타날수록, 식품을 고온에서 오래 가열할수록 원재료에 비해 페놀 물질의 함량이 높고 항산화 활성이 높아지는 것으로 보고하고 있다(Yang과 Park, 2011; Shin 등, 2010; Lee와 Do, 2006). 따라서, 쿠키 제조 시 고온에서 굽는 동안 생성된 갈색화 반응 산물에 의해 아크릴아마이드 함량이 증가하여 항산화 활성이 증가할 것으로 예상되지만, 유해물질 함량이 증가할 가능성이 있다. 감자칩의 제조 온도, 시간, 전처리 방법 등에 따른 아크릴아마이드 저감화가 시도되었으나(Akkurt 등, 2021; Tajner-Czopek 등, 2021), 쿠키의 제조 온도에 따른 아크릴아마이드 연구는 많이 다양하게 보고되지 않았다.

따라서 본 연구에서는 베이킹 온도를 달리하여 쿠키를 제조한 후, 쿠키의 이화학적 품질 특성, 아크릴아마이드 형성 정도, 항산화 물질의 함량 및 항산화 활성을 측정하여 향후 쿠키 제조 및 섭취를 위한 자료를 제공하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 시약

본 연구에 사용한 박력분 밀가루(Samyang Co., Ltd., Seoul, Korea), 버터(Seoul Milk, Seoul, Korea), 백설탕

(CJ Cheiljedang Co., Ltd., Incheon, Korea), 달걀(CJ Freshway, Yongin, Korea), 베이킹파우더(Geonwon Food, Gimpo, Korea)는 시판품을 구입하였다. Folin-Ciocalteu's phenol reagent, gallic acid, catechin, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH), 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS), acrylamide 표준물질 및 내부표준물질인 $^{13}\text{C}_3$ -labeled acrylamide는 Sigma-Aldrich Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였다. 그 외 시약들은 분석용 등급으로 Junsei Chemical Co., Ltd.(Tokyo, Japan)에서 구입하였다. 아크릴아마이드 정제를 위한 Oasis HLB SPE 카트리지(C_{18} , 200 mg, 6 mL)는 Waters Corporation (Milford, MA, USA)에서, Bond Elut-AccuCAT SPE 카트리지(C_8 , 200 mg, 3 mL)는 Agilent Technologies(Agilent Technologies, Memphis, TN, USA)에서 구입하였다. HPLC 분석을 위한 용매는 J.T Baker(Phillipsburg, NJ, USA) 제품을 사용하였다.

쿠키 제조

쿠키는 선행연구(Yeom과 Hwang, 2020; Hwang과 Lee, 2021)를 참고하고 여러 차례 예비실험을 통해 Table 1과 같은 배합 비율을 적용하여 크림법(AACC, 2000)으로 제조하였다. 실온에서 부드럽게 된 버터를 반죽기(MUM54420, BOSCH, Munich, Germany)에 넣고 3단에서 2분 동안 돌리면서 부드럽게 한 후에 설탕을 4회에 걸쳐 조금씩 첨가하면서 4단으로 3분간 크림화하였다. 달걀을 3회에 걸쳐 크림화된 반죽에 서서히 넣으면서 3단으로 2분 동안 혼합하였다. 박력분 밀가루와 베이킹파우더를 표준망체(Test Sieve 35, 500 μm)에 2번 통과시킨 후, 주걱으로 잘 혼합하여 쿠키 반죽을 완성하였다. 쿠키 반죽을 오븐에 굽는 온도를 5가지로 세분화하여 시료를 만들기 위해 완성된 반죽은 5개로 나누어 랩에 싸서 냉장고에서 1시간 동안 휴지시켰다. 휴지가 끝난 후에 밀대로 반죽을 6 mm 두께로 균일하게 편 다음 지름 40 mm의 쿠키틀로 찍어낸 후 오븐용 철판에 3 cm 간격을 두고 배치하였다. 오븐의 윗불과 아랫불의 온도를 5가지(140, 160, 170, 180 및 200°C)로 나누어 미리 예열시킨 다음 준비한 쿠키 반죽을 각 온도에서 12분 동안 구운 후, 1시간 냉각시켜 지퍼백에 담아 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다(Fig. 1).

일반성분 함량 측정

쿠키의 일반성분 함량은 AOAC(1995)의 방법에 따라 분석하였다. 수분은 드라이오븐(EYELA, Tokyo, Japan)을 이

Table 1. Formula for cookies made with different baking temperatures

Ingredients (g)				
Wheat flour	Butter	Sugar	Egg	Baking powder
600	260	200	140	4

Fig. 1. Cookies made with different baking temperatures.

용하여 105°C 상압건조법으로 측정하였고, 조희분은 회화로(Jeil, Seoul, Korea)에서 600°C 회화법으로 정량하였다. 조단백질은 자동 단백질 분석기(Kjeltec 2400 AUT, Foss Tecator, Eden Prairie, MN, USA)를 이용하여 Semimicro-Kjeldahl법으로 분석하였고, 조지방은 Soxhlet 추출기(Soxtec System HT 1043, Foss Tecator)를 사용하여 정량하였다.

굽기 손실률 및 조직감 측정

쿠키의 굽기 손실률은 쿠키를 굽기 전의 쿠키 반죽 한 개의 무게와 완성된 쿠키의 무게 차이를 아래 식에 대입하여 측정하였다.

$$\text{굽기 손실률(\%)} = \frac{\text{굽기 전 반죽의 중량(g)} - \text{구운 후 쿠키의 중량(g)}}{\text{굽기 전 반죽의 중량(g)}} \times 100$$

쿠키의 조직감은 Texture analyzer(CT3 10K, Brookfield., Middleboro, MA, USA)를 이용하여 반복 압착시험(two-bite test)으로 측정하고 경도(hardness) 값으로 나타냈다. 분석조건은 probe는 TA25/1,000, 3 mm cylinder probe를 사용하였고, target type은 % deformation, pre-test speed는 2.0 mm/s, test speed는 10 mm/s, return speed는 1 mm/s로 하였다.

당도 및 pH 측정

쿠키 20 g을 믹서기(KHC-1000, Kitchenart, Seoul, Korea)에 넣고 30초 동안 분쇄하여 당도 및 pH 측정에 사용하였다. 분쇄한 쿠키 시료 5 g에 95% 에탄올 45 mL를 넣고 잘 혼합한 후 40°C에서 10분 동안 초음파로 추출한 혼합액을 16,700 rpm에서 30분간 원심분리(Mega 17R, Hanil Co., Incheon, Korea)하여 상등액을 얻었다. 당도는 원심분리한 상등액을 취하여 당도계(PR-201a, Atago Co., Tokyo, Japan)로 측정하였다. pH는 원심분리한 상등액을 취하여 pH meter(420 Benchtop, Orion Research, Beverly, MA, USA)로 측정하였다.

색도 및 갈색화 지표 측정

쿠키의 색도는 색차계(Chrome Meter CR-300, Minol-

ta, Tokyo, Japan)를 이용하여 L값(명도, lightness), a값(적색도, redness), b값(황색도, yellowness)을 측정하였다. 사용한 표준백색판의 값은 L=97.10, a=0.24, b=1.75였고, 모든 측정은 3회 반복하여 평균값으로 나타냈다.

쿠키의 갈색화 지표(Browning Index; BI)는 Sung과 Chen(2017)의 방법에 따라 각 시료의 L, a 및 b값을 아래 식에 대입하여 측정하였다.

$$BI = 100 [x - 0.31] / 0.17$$

$$x = (a^*_{\text{sample}} + 1.75 L^*_{\text{sample}}) / (5.645 L^*_{\text{sample}} + a^*_{\text{sample}} - 3.012 b^*_{\text{sample}})$$

아크릴아마이드 함량 분석

쿠키 시료 중에 함유된 아크릴아마이드는 FDA 분석법(FDA, 2003)을 변형하여 측정하였다. 아크릴아마이드 내부 표준물질(¹³C₃ acrylamide)은 메탄올에 1 mg/mL의 농도가 되도록 용해시킨 후, 0.1% formic acid를 첨가하여 500 mg/mL가 되도록 조제하였다. 쿠키 10 g을 믹서기(KHC-1000, Kitchenart)에 넣고 30초 동안 분쇄한 후에 1 g을 취하여 폴리프로필렌 원심분리용 튜브에 넣고 미리 조제한 내부 표준용액 1 mL와 증류수 9 mL를 첨가하여 Shaking incubator(BF-60SIR-1, BioFree, Seoul, Korea)에서 25 분 동안 300 rpm으로 추출하였다. 추출액은 원심분리기(Mega-17R, Hanil)를 이용하여 9,000 rpm에서 30분 동안 1차 원심분리를 하였다. 원심분리하여 얻어진 물 층 중에서 5 mL를 취하여 새로운 튜브에 옮기고 7,000 rpm으로 10분 간 2차 원심분리하여 A 용액을 얻었다. Oasis HLB SPE 카트리지는 메탄올 3.5 mL와 증류수 3.5 mL로 활성화시킨 후에 전처리 과정을 통해 얻은 A 용액 1.5 mL를 넣어 통과시킨 후, 물 0.5 mL를 첨가하여 나온 용액은 흘려버리고 증류수 1.5 mL를 넣어 용출시킨 용액을 새로운 튜브에 모았다(B 용액). Bond Elut-AccuCAT SPE 카트리지는 사용 전에 메탄올 2.5 mL와 증류수 2.5 mL로 활성화시킨 후에 B 용액 1.5 mL를 넣은 뒤 처음 0.5 mL를 흘려버리고, 이후 얻어진 용액 1 mL를 새로운 튜브에 모아 아크릴아마이드 분석에 사용하였다. 아크릴아마이드는 LC/MS(Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry)-2020(Shimadzu, Kyoto, Japan)과 Nexera XR(Shimadzu)로 0.1% acetic acid와 0.5% formic acid가 포함된 수용액을 이동상

으로 하여 분리하였다. MS/MS 이온화 모드는 HESI⁺, acrylamide는 72 m/z > 55 m/z, ¹³C₃-acrylamides는 75 m/z > 58 m/z 이온으로 확인하였다.

총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량 분석

분말화한 쿠키에 20배의 95% 에탄올 20 mL를 첨가하여 균질화한 다음 9,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 상등액을 취하여 분석에 사용하였다. 시료는 적절한 농도로 희석하여 2 N Folin 시약과 1:1로 혼합하여 실온에서 3분 동안 반응시켰다. 반응이 종료된 후에 반응액 1 mL에 2% sodium carbonate 1.5 mL를 첨가하여 암소에서 2시간 동안 반응시킨 후 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료에 함유된 총 폴리페놀 함량은 gallic acid의 표준곡선(6.25~250 µg/mL)으로 계산하고 gallic acid equivalent(GAE)로 나타내었다.

총 플라보노이드 함량 측정을 위해 시료 추출액과 2% aluminium chloride 용액을 1:1로 혼합한 후 실온에서 15분 동안 반응시켰다. 반응이 종료된 후에 430 nm에서 흡광도를 측정하고, quercetin 표준곡선(6.25~100 µg/mL)을 이용하여 시료에 함유된 총 플라보노이드 함량을 계산하고 quercetin equivalent(QE)로 나타내었다.

항산화 활성 측정

베이킹 온도를 달리하여 제조한 쿠키의 항산화 활성 측정을 위해 쿠키를 분말화하여 20배의 95% 에탄올과 혼합하여 균질화한 후 4°C에서 10분 동안 9,000 rpm에서 원심분리하여 얻은 상등액으로 항산화 활성을 측정하였다. DPPH 라디칼 소거 활성은 Cheung 등(2003)의 방법으로 측정하였다. 쿠키 시료를 원심분리하여 얻은 상등액과 0.2 mM DPPH 용액을 1:1로 혼합하여 37°C에서 30분간 반응시킨 후 515 nm에서 microplate reader로 흡광도를 측정하고 아래 식에 대입하여 DPPH 라디칼 소거 활성을 계산하였다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거 활성(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{시료 무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

ABTS 라디칼 소거 활성은 Re 등(1999)의 방법으로 측정하였다. 24시간 전에 ABTS를 7.0 mM이 되도록 제조하여 2.45 mM potassium persulfate와 혼합하여 암소에서 반응시키면서 ABTS 양이온을 형성시켰다. ABTS 양이온은

735 nm에서 흡광도 값이 0.70±0.03이 되도록 에탄올로 희석하여 사용하였다. 흡광도를 맞춘 ABTS 용액과 쿠키 추출액을 1:1로 혼합하여 37°C에서 30분간 반응시킨 후, 732 nm에서 흡광도를 측정하고 아래 식에 대입하여 ABTS 라디칼 소거 활성을 계산하였다.

$$\text{ABTS 라디칼 소거 활성(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{시료 무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

환원력은 Oyaizu(1986)의 방법으로 측정하였다. 쿠키 추출액 0.5 mL에 인산 완충액(20 mM, pH 6.6) 0.5 mL와 1%의 potassium ferricyanide 0.5 mL를 차례로 첨가한 후, 50°C의 항온수조에서 20분 동안 반응시켰다. 반응이 종료된 후에 10% trichloroacetic acid 용액 1 mL를 첨가하고 13,500×g에서 15분간 원심분리하여 얻은 상등액 1 mL에 증류수와 ferric chloride를 각각 1 mL씩 넣고 혼합하였다. 혼합액의 흡광도를 720 nm에서 측정하여 얻은 값을 환원력으로 하였다.

통계분석

모든 실험값은 세 번 측정하여 평균(mean)±표준편차(standard deviation)로 나타내었다. 통계처리는 R-Studio 프로그램(Version 3.5.1, RStudio, Boston, MA, USA)을 이용하였다. 각 처리군 간의 유의성 검증은 ANOVA로 확인하였고, Duncan's multiple range test로 분석하였다(*P*<0.05).

결과 및 고찰

일반성분 측정

베이킹 온도를 달리하여 제조한 쿠키의 일반성분 분석 결과는 Table 2와 같다. 쿠키의 수분함량은 140°C에서 10분간 구운 시료에서 4.62%로 가장 높았고, 베이킹 온도가 160~200°C로 높아짐에 따라 2.30%에서 0.52%로 감소하였다. 이는 쿠키를 굽는 온도가 높아짐에 따라 쿠키 반죽이 고온에 노출되어 수분이 빠르게 증가하여 쿠키 전체의 수분량이 감소한 것으로 사료된다. 쿠키는 일반적으로 160~200°C의 오븐에서 굽는 것으로 알려져 있으며, 선행연구에서도 베이킹 온도가 높으면 쿠키나 빵류의 수분 증발의 양과 속도가 빠르게 일어난다고 보고하여 본 연구 결과와 유사한 경향을

Table 2. Proximate analysis of cookies made with different baking temperatures (%)

Measurement	Baking temperature (°C)				
	140	160	170	180	200
Moisture	4.62±0.03 ^a	2.30±0.12 ^b	0.80±0.01 ^c	0.56±0.02 ^d	0.52±0.08 ^d
Ash	0.46±0.07 ^a	0.49±0.02 ^a	0.53±0.01 ^a	0.52±0.02 ^a	0.50±0.00 ^a
Crude protein	1.01±0.08 ^a	1.03±0.09 ^a	1.04±0.11 ^a	1.07±0.10 ^a	1.10±0.11 ^a
Crude fat	20.55±0.00 ^d	21.06±0.13 ^c	21.82±0.05 ^{bc}	22.18±0.01 ^b	22.86±0.02 ^a

Data were the mean±SD of triplicate experiment.

Means with different superscript letters (a-d) in a row are significantly different at *P*<0.05.

Table 3. Loss rate and hardness of cookies made with different baking temperatures

Measurement	Baking temperature (°C)				
	140	160	170	180	200
Baking weight loss (%)	15.34±0.73 ^c	18.59±2.11 ^d	23.03±1.42 ^c	24.60±0.74 ^b	25.97±1.04 ^a
Hardness (g)	3,421.46±115.92 ^c	4,013.55±157.53 ^d	4,673.85±246.21 ^c	5,135.32±254.37 ^b	5,648.15±318.56 ^a

Data were the mean±SD of triplicate experiment.

Means with different superscript letters (a-e) in a row are significantly different at $P<0.05$.

나타냈다(Budzaki 등, 2014; Saric 등, 2014).

쿠키의 조화분 함량은 140°C에서 구운 쿠키가 0.46%로 가장 낮았고 170°C에서 구운 쿠키가 0.53%로 수치상으로는 가장 높았으나, 시험군별로 통계적으로 유의성 있는 차이는 나타나지 않았다. 온도를 달리하여 구운 쿠키의 조단백질 함량은 1.01~1.10%로 나타났고 통계적으로 유의적인 차이는 없었다. 베이킹 온도가 다른 5종의 쿠키에서 측정한 조지방의 경우 140°C에서 10분간 구운 시료에서 20.55%로 가장 낮았고, 베이킹 온도가 160~200°C로 높아짐에 따라 조지방은 21.06%에서 22.86%로 증가하였다. 이는 베이킹 온도가 높아짐에 따라 쿠키의 수분함량이 감소하여 쿠키 전체에서 조지방이 차지하는 비중이 증가하여 나타난 결과로 해석된다.

중량 손실률 및 조직감 측정

쿠키를 굽는 과정에서 손실된 중량과 완성한 쿠키의 경도는 Table 3과 같다. 손실률은 140°C에서 구운 쿠키에서 15.34로 가장 낮았고, 베이킹 온도가 높아짐에 따라 증가하는 경향을 보였다. 즉, 160~200°C까지 온도가 높아짐에 따라 베이킹에 의한 중량 손실률도 18.59~25.97%까지 증가하였고, 이는 140°C에서 구운 쿠키에 비해 각각 1.21~1.69배 증가한 수치였다. 이는 고온의 노출된 쿠키 반죽에서 수분 증발이 급속도로 이루어져 쿠키 무게가 감소하였기 때문으로 사료된다.

쿠키의 경도를 측정한 결과, 140°C에서 구운 쿠키의 경도가 3,421.46 g로 가장 낮았고, 베이킹 온도가 160~200°C까지 높아짐에 따라 쿠키의 경도도 4,013.55~5,648.15 g까지 증가하였다.

쿠키의 경도는 바삭한 식감과 기호도와 깊은 관련성이 있으며, 쿠키에 함유된 재료의 비율, 굽는 시간, 온도 등 다양한 요인들에 의해 영향을 받는다(Lee 등, 2015; Yeom과 Hwang, 2020; Hwang과 Lee, 2021). 베이킹 온도가 높을수록 쿠키 조직 내의 수분이 빠르게 증발하여 낮은 온도에서

구운 쿠키에 비해 치밀하고 단단한 조직을 갖기 때문에 쿠키의 경도도 높아지는 것으로 알려져 있다(Saric 등, 2014). 쿠키의 경도가 지나치게 높으면 바삭한 식감보다는 단단하고 딱딱한 질감을 주어 소비자의 기호성이 저하될 수 있으므로 최적의 베이킹 온도를 고려하는 것이 필요하다.

당도 및 pH 측정

굽는 온도를 달리하여 제조한 쿠키 용출액 중의 당도와 pH 측정 결과는 Table 4와 같다. 굽는 온도에 따른 쿠키의 당도는 140°C에서 가열한 쿠키에서는 3.80°Brix로 나타났고, 굽는 온도가 160~180°C까지 높아짐에 따라 당도도 3.87~3.90°Brix로 140°C로 가열한 쿠키에 비해 당도가 증가하였으나, 160~180°C 구간에서는 온도에 따른 통계적으로 유의성 있는 변화가 관찰되지 않았다. 굽는 온도를 200°C까지 증가시킨 쿠키의 당도는 3.37°Brix로 감소하여 다른 온도 범위에 비해 가장 낮은 당도를 나타냄을 확인하였다. 쿠키의 주재료인 밀가루에 함유된 전분은 굽는 과정 중에 효소들에 의해 텍스트린과 단순 당으로 분해되어 전체적인 당도를 결정하며, 효소 작용에 의한 탄수화물의 분해 정도는 굽는 온도 및 시간에 따라 차이가 있다(Alfeo 등, 2020). 쿠키 제조 시 첨가한 설탕도 굽는 과정 중에 과당과 포도당의 분해가 일어나며, 열처리 온도가 높아지고 굽는 시간이 길어짐에 따라 전분 분해 효소가 불활성화되어 전체적인 당도는 감소하는 것으로 알려져 있다(Alfeo 등, 2020).

굽는 온도에 따른 쿠키의 pH는 140°C에서 구운 쿠키에서 pH 6.89로 가장 높았고, 온도가 높아짐에 따라 감소하는 경향을 보여 200°C에서 구운 쿠키의 pH는 4.42로 가장 낮게 나타났다. 쿠키를 오븐에서 굽는 동안 환원당의 카보닐기와 아미노산의 아미노기가 결합하여 아마도리 전위 화합물(amadori product)을 형성하고 이들 화합물이 재배열되고 산화 과정을 거치면서 수소이온이 방출되어 pH가 감소하는 것으로 알려져 있다. 따라서 오븐에서 굽는 온도가 높아질수록 비효소적인 갈변반응 및 다양한 중간 반응 물질의 생성도

Table 4. Sugar contents and pH of cookies made with different baking temperatures

Measurement	Baking temperature (°C)				
	140	160	170	180	200
Sugar contents (°Brix)	3.80±0.00 ^b	3.87±0.00 ^a	3.90±0.06 ^a	3.90±0.00 ^a	3.37±0.06 ^c
pH	6.89±0.02 ^a	6.78±0.01 ^b	6.35±0.01 ^c	5.91±0.01 ^d	4.42±0.00 ^e

Data were the mean±SD of triplicate experiment.

Means with different superscript letters (a-e) in a row are significantly different at $P<0.05$.

Table 5. Changes in hunter's color value and browning index of cookies made with different baking temperatures

Measurement	Baking temperature (°C)				
	140	160	170	180	200
L*	58.51±0.09 ^a	56.21±0.23 ^b	45.43±0.33 ^c	31.50±0.99 ^d	21.55±0.94 ^e
a*	-0.95±0.01 ^d	2.34±0.11 ^c	2.59±0.10 ^c	5.41±0.11 ^b	6.35±0.13 ^a
b*	15.42±0.20 ^a	14.59±0.34 ^b	13.19±0.19 ^c	7.94±0.22 ^d	4.92±0.40 ^e
BI ¹⁾	28.58±0.44 ^e	32.51±1.04 ^d	37.83±0.67 ^c	41.19±1.23 ^b	46.72±2.95 ^a

Data were the mean±SD of triplicate experiment.

Means with different superscript letters (a-e) in a row are significantly different at $P<0.05$.

¹⁾Browning index.

가속화되기 때문에 오븐 온도가 높을수록 pH가 더 빠르게 감소하는 것으로 사료된다(Sung과 Chen, 2017).

색도 측정

굽는 온도를 달리하여 제조한 쿠키의 색도를 측정한 결과는 Table 5와 같다. 명도(L*)는 140°C에서 구운 시료에서 58.51로 가장 높게 나타났고, 쿠키의 굽는 온도가 160~200°C로 증가함에 따라 명도 값은 56.21에서 21.55로 감소하였다. 적색도(a*)는 140°C에서 가열한 시료에서 -0.95로 가장 낮은 값을 보였고, 굽는 온도가 160~200°C로 높아짐에 따라 2.34에서 6.35까지 증가하였다. 황색도(b*)는 140°C에서 가열한 시료에서 15.42로 가장 낮은 값을 나타냈고, 쿠키의 베이킹 온도가 160~200°C까지 증가함에 따라 황색도 값은 14.59에서 4.92로 감소하였다. 쿠키의 색도를 이용하여 측정된 갈색화 지표의 경우, 140°C에서 12분 동안 가열하여 제조한 쿠키는 28.58로 가장 낮은 값을 나타냈고, 베이킹 온도가 160~200°C로 높아짐에 따라 32.51에서 46.72로 증가하였다.

쿠키의 색은 쿠키를 오븐에서 굽는 동안 메일라드 반응, 캐러멜화 반응에 의해 표면이 갈색으로 변하면서 명도가 낮아지고, 함유된 재료의 종류와 비율, 굽는 시간 및 온도 등에 의해 적색도와 황색도가 변화한다. Dessev 등(2020)의 연구에서도 쿠키를 굽는 온도가 높아짐에 따라 명도 값이 더 빨리 감소하는 것으로 보고하여 본 연구 결과와 유사한 경향

성을 나타냈다.

아크릴아마이드 함량 분석

굽는 온도를 달리하여 제조한 쿠키의 아크릴아마이드 분석 결과는 Fig. 2와 같다. 140°C에서 구운 쿠키의 아크릴아마이드 함량은 시료 1 g당 13.04 ng으로 낮은 수준으로 나타났다. 쿠키의 굽는 온도가 높아짐에 따라 아크릴아마이드 생성량도 증가하였다. 즉, 160°C 및 180°C에서 구운 쿠키의 아크릴아마이드 함량은 각각 33.91 및 102.93 ng/g으로 나타났고, 이는 140°C에서 구운 시료의 아크릴아마이드 함량에 비해 각각 2.60 및 7.89배까지 증가한 수치였다. 쿠키를 200°C 오븐에서 구웠을 경우 아크릴아마이드 함량이 140°C 오븐에서 구운 시료의 약 16.18배인 210.94 ng/g까지 증가하였다.

아크릴아마이드 함량과 갈색화 지표와의 관계를 나타낸 것은 Fig. 3과 같다. 아크릴아마이드 생성량은 갈색화 지표와 정비례 관계($R^2=0.9302$)를 보였다. 선행연구(Hwang과 Lee, 2021)에서 쿠키의 베이킹 시간에 따른 아크릴아마이드 함량과 갈색화 지표와의 관계에서도 정비례 관계($R^2=0.9016$)를 나타내 아크릴아마이드 생성은 쿠키 색의 진한 정도와 밀접한 관련성이 있음을 확인하였다. 이상의 연구를 통해 쿠키의 굽는 시간이 길어질수록, 굽는 온도가 높을수록 아크릴아마이드 생성량이 증가하는 것을 알 수 있었다. 마이야르 반응은 비효소적 갈변 반응의 대표적인 반응으로 아크

Fig. 2. Acrylamide contents of cookies made with different baking temperatures. Means with the different letters (a-e) above bars are significantly different at $P<0.05$.

Fig. 3. Relationship between acrylamide concentration and browning index of cookies made with different baking temperatures.

릴아마이드를 비롯한 다양한 반응 부산물을 생성한다 (Tareke 등, 2002). 식품 가공 중 갈변의 정도와 아크릴아마이드 생성량은 비례관계를 가지며, 갈변 반응 중 아미노 화합물과 환원당의 축합반응에 의해 형성되는 슈프 베이스 (Schiff base)는 아크릴아마이드 생성의 첫 단계로 알려져 있다 (Jung 등, 2003).

Kim 등(2009)은 21종의 비스킷에 함유된 아크릴아마이드가 불검출~1,016 ng/g이었으며 평균 167.1 ± 271.1 ng/g으로 시료 간의 편차가 큰 것으로 나타났으며, 대부분이 식약처에서 권고하는 아크릴아마이드 기준을 넘지 않는 것을 확인하였다. 베이킹에서 아크릴아마이드 생성량은 밀의 종류, 제분 정도와 굽는 온도에 따라 영향을 받는다 (Claus 등, 2008). Surdyk 등(2004)의 연구에 따르면 빵을 구울 때 낮은 온도에서 오랜 시간 굽게 되면 아크릴아마이드 생성이 감소한다고 보고하였고, 특히 귀리로 제조한 빵에서는 낮은 온도에서 오랜 시간 동안 구운 경우 아크릴아마이드 생성이 감소하였다 (Brathen과 Knutsen, 2005). 반면에 밀가루 빵의 경우는 180~280°C에서 15~45분 동안 굽는 실험에서 온도와 시간에 비례하여 아크릴아마이드 생성이 증가함을 확인 (Brathen과 Knutsen, 2005; Dessev 등, 2020)하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량

굽는 온도를 달리하여 제조한 쿠키의 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량을 측정한 결과는 Table 6과 같다. 총 폴리페놀 함량은 굽는 온도에 따라 다르게 나타났다. 총 폴리페놀 함량은 쿠키를 오븐에 구운 온도에 비례하여 증가하였다. 즉, 140°C에서 구운 쿠키에서는 20.01 mg으로 가장 적은 총 폴리페놀 함량을 보였고, 굽는 온도가 160~200°C까지 높아짐에 따라 29.09~120.91 mg으로 나타났으며, 이는 140°C에서 측정된 총 폴리페놀 함량에 비해 1.45~6.04배

증가한 수치였다. 본 실험에서 적용한 가장 낮은 온도인 140°C와 가장 높은 온도인 200°C에서 각각 152.53 mg 및 150.75 mg으로 총 플라보노이드 함량이 비교적 낮게 나타났으나, 170°C와 180°C에서 구운 쿠키에서 173.46 mg 및 172.60 mg으로 총 플라보노이드 함량이 증가하였다. 140°C에서 구운 쿠키에서는 결합형 플라보노이드 화합물이 완전히 유리되지 않았고, 200°C에서 구운 쿠키의 경우는 높은 온도에서 플라보노이드 화합물이 활성을 잃고 다른 화합물로 변화되었기 때문에 총 플라보노이드 함량이 낮게 나타난 것으로 사료된다.

굽거나 끓이거나 찌는 등의 열처리를 하는 동안 식품 성분들과 단단히 연결되어 있는 페놀 물질들의 결합이 끊어져 유리되어 나오는 것으로 알려져 있다 (Rashmi와 Negi, 2020). 특히, 물을 첨가하지 않고 고온에서 굽는 베이킹을 통해 쿠키와 빵류의 표면이 갈색으로 변하고 마이야르 반응을 거치면서 페놀류의 일종인 ferulic acid가 형성되어 항산화 활성이 증가하는 것으로 보고되고 있다 (Jiang 등, 2009). 하지만 일부의 연구에서는 결합형의 페놀 물질을 유리형으로 전환시키는 동시에 열에 불안정한 페놀 물질들은 활성을 감소시켜 전체적인 폴리페놀 함량을 감소시킬 수 있다는 보고도 있다 (Abdel-Aal과 Rabalski, 2013; Ou 등, 2019).

항산화 활성 측정

베이킹 온도를 달리하여 제조한 쿠키의 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거 활성을 측정한 결과는 Table 7과 같다. 쿠키 추출물의 DPPH 라디칼 소거 활성은 140°C에서 구운 시료에서 20.09%로 가장 낮았고, 굽는 온도에 비례하여 높게 나타났다. 쿠키를 160, 170 및 200°C에서 가열한 시료의 DPPH 라디칼 소거 활성은 34.91, 53.65 및 77.84%로, 이는 140°C에서 구운 쿠키에 비해 각각 1.74, 2.67 및 3.87배 증가하였다. 쿠키 추출물의 ABTS 라디칼 소거 활성은 DPPH

Table 6. Total polyphenol and total flavonoid contents of cookies made with different baking temperatures

Measurement	Baking temperature (°C)				
	140	160	170	180	200
Total polyphenol (mg GAE ¹⁾ /g)	20.01±3.96 ^c	29.09±4.49 ^d	42.70±1.87 ^c	63.46±2.14 ^b	120.91±4.00 ^a
Total flavonoid (mg QE ²⁾ /g)	152.53±2.17 ^c	163.38±2.11 ^b	173.46±1.95 ^a	172.60±1.97 ^a	150.75±1.74 ^c

Data were the mean±SD of triplicate experiment.

Means with different superscript letters (a-e) in a row are significantly different at $P < 0.05$.

¹⁾GAE=gallic acid equivalent.

²⁾QE=quercetin equivalent.

Table 7. Antioxidant activities of cookies made with different baking temperatures

Measurement	Baking temperature (°C)				
	140	160	170	180	200
DPPH radical scavenging (%)	20.09±2.34 ^c	34.91±1.81 ^d	53.65±0.25 ^c	62.98±0.97 ^b	77.84±0.31 ^a
ABTS radical scavenging (%)	10.99±2.26 ^c	15.26±2.52 ^d	29.84±1.55 ^c	45.94±2.27 ^b	71.12±1.30 ^a
Reducing power	0.20±0.00 ^c	0.26±0.00 ^d	0.42±0.00 ^c	0.61±0.03 ^b	1.06±0.02 ^a

Data were the mean±SD of triplicate experiment.

Means with different superscript letters (a-e) in a row are significantly different at $P < 0.05$.

라디칼 소거 활성과 유사한 경향을 보였다. 즉, 쿠키를 140°C에서 가열한 시료의 ABTS 라디칼 소거 활성은 10.99%였고, 가열온도가 160°C에서 200°C까지 증가함에 따라 15.26%에서 71.12%까지 증가하였다. 쿠키의 가열온도가 160°C에서 200°C로 증가함에 따라 시료의 ABTS 라디칼 소거 활성은 140°C에서 가열한 시료에 비해 각각 1.39~6.47배 증가하였다. 쿠키 추출물의 환원력도 굽는 온도에 비례하여 증가하는 것을 확인하였다. 즉, 140°C에서 구운 쿠키에서는 0.20의 흡광도를 나타냈고, 굽는 온도가 160°C에서 200°C로 높아짐에 따라 환원력을 나타내는 흡광도 값은 0.26에서 1.06까지 증가하였다.

선행연구에 의하면 쿠키와 빵류의 베이킹 시간 및 온도, 설탕 첨가량에 비례하여 항산화 활성이 높아지는 것으로 나타났다(Shen 등, 2018; Alfeo 등, 2020). 베이킹 과정을 통해 시료 중의 수분이 증발함에 따라 항산화 물질이 농축되는 효과가 있었다. 특히, 총 폴리페놀 및 총 플라보노이드 함량은 가열온도가 높아질수록 식품 재료로부터 폴리페놀 및 플라보노이드 물질이 방출량도 증가하는 것을 확인하였고, 이들 물질들이 항산화 활성을 높이는 것으로 사료된다(Alfeo 등, 2020).

요 약

일정한 배합비로 쿠키 반죽을 제조한 후, 오븐에 굽는 온도를 140, 160, 170, 180 및 200°C로 달리하여 쿠키를 완성하고 품질 특성, 아크릴아마이드 함량 및 항산화 활성을 측정하였다. 쿠키의 수분함량은 140°C에서 10분간 구운 시료에서 4.62%로 가장 높았고, 베이킹 온도가 160~200°C로 높아짐에 따라 2.30%에서 0.52%로 감소하였다. 조희분과 조단백질 함량은 5가지 각기 다른 베이킹 온도에 따른 통계적인 차이는 없었다. 베이킹 온도가 높아짐에 따라 굽기에 의한 중량 손실률과 경도는 증가하였다. 당도의 경우, 160~180°C에서 구운 쿠키에서 3.87~3.90°Brix로 비교적 높았고, 200°C에서 구운 쿠키는 3.37°Brix로 감소하였다. 140°C에서 구운 쿠키의 pH는 6.89로 가장 높았고, 베이킹 온도가 높아짐에 따라 pH는 감소하는 경향을 보여 200°C에서 구운 쿠키는 pH 4.42로 가장 낮았다. 쿠키의 명도(L*)와 황색도(b*)는 가열온도에 비례하여 감소하였고, 적색도(a*)와 갈색화 지표는 베이킹 온도에 비례하여 증가하였다. 쿠키의 아크릴아마이드 함량은 140°C에서 구운 시료 1 g당 13.04 ng이었고, 베이킹 온도에 비례하여 33.91~210.94 ng까지 증가하였다. 갈색화 지표와 아크릴아마이드 함량은 비례 관계에 있음을 확인하였다. 베이킹 온도에 비례하여 총 폴리페놀 함량도 증가하여 160~200°C에서 구운 쿠키의 총 폴리페놀은 29.09~120.91 mg으로 나타났으며, 이는 140°C에서 측정된 총 폴리페놀 함량에 비해 1.45~6.04배 증가한 수치였다. 총 플라보노이드 함량은 140°C와 가장 높은 온도인 200°C에서 각각 152.52 mg 및 150.75 mg으로 비교적 낮

게 나타났으나, 170°C와 180°C에서 구운 쿠키에서 173.46 mg 및 172.60 mg으로 증가하였다. 베이킹 온도가 높아짐에 따라 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능과 환원력으로 측정된 항산화 활성도 증가하였다. 이상의 결과를 통해 쿠키 제조 시 베이킹 온도가 높을수록 갈색화 지표가 높아지고 아크릴아마이드 생성량과 항산화 활성이 증가하는 것을 확인하였다. 따라서 아크릴아마이드의 유독성과 항산화 활성의 유용성을 적절히 고려하여 베이킹 온도를 설정하는 것이 중요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 한국연구재단 기본연구지원사업(과제번호 2021R1F1A1060605)의 지원에 의해 이루어진 것이며, 그 지원에 감사드립니다.

REFERENCES

- AACC. Approved Methods of the AACC. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN, USA. 2000. p 10-50.
- Abdel-Aal ESM, Rabalski I. Effect of baking on free and bound phenolic acids in wholegrain bakery products. *J Cereal Sci.* 2013. 57:312-318.
- Akkurt K, Mogol BA, Gokmen V. Mitigation of acrylamide in baked potato chips by vacuum baking and combined conventional and vacuum baking processes. *LWT.* 2021. 144:111211. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111211>
- Alfeo V, Bravi E, Ceccaroni D, Sileoni V, Perretti G, Marconi O. Effect of baking time and temperature on nutrients and phenolic compounds content of fresh sprouts breadlike product. *Foods.* 2020. 9:1447. <https://doi.org/10.3390/foods9101447>
- AOAC. Official methods of analysis of AOAC international. 16th ed. Association of official analytical chemists, Washington, DC, USA. 1995. p 1-26.
- Brathen E, Knutsen SH. Effect of temperature and time on the formation of acrylamide in starch-based and cereal model system, flat breads and bread. *Food Chem.* 2005. 92:693-700.
- Budzaki S, Komlenic DK, Cacic JL, Cacic F, Jukic M, Kozul Z. Influence of cookies composition on temperature profiles and qualitative parameters during baking. *Croatian J Food Sci Technol.* 2014. 6:72-78.
- Cheung LM, Cheung PCK, Ooi VE. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. *Food Chem.* 2003. 81:249-255.
- Claus A, Mongili M, Weisz G, Schieber A. Impact of formulation and technological factors on the acrylamide content of wheat bread and bread rolls. *J Cereal Sci.* 2008. 7:546-554.
- Dessev T, Lalanne V, Keramat J, Jury V, Prost C, Le-Bail A. Influence of baking condition on bread characteristics and acrylamide concentration. *J Food Sci Nutr Res.* 2020. 3:291-310.
- FDA. Detection and quantitation of acrylamide in foods. 2003 [cited 2020 Feb 12]. Available from: <https://www.fda.gov/food/chemicals/detection-and-quantitation-acrylamide-foods>
- Gokmen V, Acar OC, Koksels H, Acar J. Effects of dough formula and baking conditions on acrylamide and hydroxymethylfurfural formation in cookies. *Food Chem.* 2007. 104:1136-1142.
- Hogervorst JG, Schouten LJ, Konings EJ, Goldbohm RA, van

- den Brandt PA. A prospective study of dietary acrylamide intake and the risk of endometrial, ovarian and breast cancer. *Cancer Epidemiol Biomarker Prev.* 2007. 16:2304-2313.
- Hwang ES, Lee SA. Quality characteristic, acrylamide content, and antioxidant activity of cookies by baking time. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2021. 50:264-271.
- Jiang D, Chiaro C, Maddali P, Prabhu KS, Peterson DG. Identification of hydroxycinnamic acid–Maillard reaction products in low-moisture baking model systems. *J Agric Food Chem.* 2009. 57:9932-9943.
- Jin C, Wu X, Zhang Y. Relationship between antioxidants and acrylamide formation: A review. *Food Res Int.* 2013. 51:611-620.
- Jung MY, Choi DS, Ju JW. A novel technique for limitation of acrylamide formation in fried and baked corn chips and in fresh fries. *J Food Sci.* 2003. 68:1287-1290.
- Kim MK, Oh MH, Youn SH, Kim CT, Sung DE, Ham JS, et al. Acrylamide concentration in domestic foods. *J Food Hyg Saf.* 2009. 24:238-246.
- Kowalska M, Zbikowska A, Onacik-Gur S, Kowalska D. Acrylamide in food products—eating habits and consumer awareness among medical school students. *Ann Agric Environ Med.* 2017. 24:570-574.
- Lee CS, Lim HS, Cha GH. Quality characteristics of cookies with ginger powder. *Korean J Food Cook Sci.* 2015. 31:703-717.
- Lee J, Oh M, Chang YH, Lee Y, Jin YI, Chang DC, et al. Reduction of acrylamide formation in potato chips fermented by *Bacillus* sp. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2016. 45:460-465.
- Lee JW, Do JH. Current studies on browning reaction products and acidic polysaccharide in Korean red ginseng. *J Ginseng Res.* 2006. 30:41-48.
- Mottram DS, Wedzicha BL, Dodson AT. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature.* 2002. 419:448-449.
- Mousavi Khaneghah A, Fakhri Y, Nematollahi A, Seilani F, Vasseghian Y. The concentration of acrylamide in different food products: A global systematic review, meta-analysis, and meta-regression. *Food Rev Int.* 2020. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1791175>
- Nachi I, Fhoula I, Smida I, Taher IB, Chouaibi M, Jaunbergs J, et al. Assessment of lactic acid bacteria application for the reduction of acrylamide formation in bread. *LWT.* 2018. 92:435-441.
- Ou J, Wang M, Zheng J, Ou S. Positive and negative effects of polyphenol incorporation in baked foods. *Food Chem.* 2019. 284:90-99.
- Oyaizu M. Studies on product of browning reaction—Antioxidant activities of products of browning reaction prepared from glucoseamine—. *Jap J Nutr Diet.* 1986. 44:307-315.
- Rashmi HB, Negi PS. Phenolic acid from vegetables: A review on processing stability and health benefits. *Food Res Int.* 2020. 136:109298. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109298>
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Rad Biol Med.* 1999. 26:1231-1237.
- Saric BM, Nedeljkovic NM, Simurina OD, Pestoric MV, Kos JJ, Mandic AI, et al. The influence of baking time and temperature on characteristics of gluten free cookies enriched with blueberry pomace. *Food Feed Res.* 2014. 41:39-46.
- Sarion C, Codina GG, Dabija A. Acrylamide in bakery products: A review on health risks, legal regulations and strategies to reduce its formation. *Int J Environ Res Public Health.* 2021. 18:4332. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084332>
- Shen Y, Chen G, Li Y. Bread characteristics and antioxidant activities of Maillard reaction products of white pan bread containing various sugars. *LWT.* 2018. 95:308-315.
- Shin JH, Lee HG, Kang MJ, Lee SJ, Sung NJ. Antioxidant activity of solvent fraction from black garlic. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2010. 39:933-940.
- Sung WC, Chen CY. Influence of cookies formulation on the formation of acrylamide. *J Food Nutr Res.* 2017. 5:370-378.
- Surdyk N, Rosen J, Andersson R, Aman P. Effects of asparagine, fructose, and baking conditions on acrylamide content in yeast-leavened wheat bread. *J Agric Food Chem.* 2004. 52:2047-2051.
- Tajner-Czopek A, Kita A, Rytel E. Characteristics of French fries and potato chips in aspect of acrylamide content—Methods of reducing the toxic compound content in ready potato snacks. *Appl Sci.* 2021. 11:3943. <https://doi.org/10.3390/app11093943>
- Tareke E, Rydberg R, Karlsson P, Eriksson S, Tornqvist M. Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated food-stuffs. *J Agric Food Chem.* 2002. 50:4998-5006.
- Tateo F, Bononi M, Andreoli G. Acrylamide levels in cooked rice, tomato sauces and some fast food on the Italian market. *J Food Comp Anal.* 2007. 20:232-235.
- Yang YR, Park YK. Black onions manufactured via the browning reaction and antioxidant effects of their water extracts. *Korean J Food Preserv.* 2011. 18:310-318.
- Yeom MS, Hwang ES. Quality characteristics, antioxidant activities and acrylamide formation in cookies added with onion peel powder. *Korean J Food Preserv.* 2020. 27:299-310.