

베이킹 열처리로 제조된 계피 첨가 와플의 이화학적 특성과 산화방지활성

염주희 · 서정희*
강원대학교 식품영양학과

Physicochemical properties and antioxidant activities of baked waffle added with cinnamon powder

Juhee Yeom and Jeonghee Surh*

Department of Food and Nutrition, Kangwon National University

Abstract Waffles with cinnamon powder added in different proportions (0-12% of wheat flour) were baked to investigate the effects of baking on the physicochemical properties and antioxidant activity. Compared with the control without cinnamon, baking loss was lower in waffles with cinnamon, which led to a decrease in waffle hardness. This was attributable to the higher water-holding capacity of cinnamon than wheat flour. With the increase in the amount of cinnamon, the springiness, resilience, and cohesiveness of the waffle decreased, which was thought to result from the decrease in gluten formation by the proportional decrease of wheat flour. The total reducing capacity and DPPH radical scavenging activity of the waffle was significantly increased. This was substantially in agreement with the observations that cinnamon had an appreciable total reducing capacity and radical scavenging activity that were unchanged by heat treatment. This indicates that the antioxidant functionality of cinnamon could be effectively added to thermally processed food.

Keywords: cinnamon, baking, heat, water-holding capacity, antioxidant activity

서 론

최근 우리의 식생활은 식품시장의 개방과 외식산업의 성장으로 서구화가 빠르게 진행되고 있는 동시에, 생활수준의 향상으로 건강식·웰빙식에 강한 니즈(needs)를 나타내고 있다. 이러한 트렌드는 베이커리 산업에도 영향을 끼쳐 영양성과 관능성에 초점을 두었던 제품 개발로부터 이제는 생리활성기능까지 부가된 제품 생산을 시도하고 있다(1). 특히 카페형 베이커리의 확산과 함께 빵 위주의 디저트(dessert) 문화가 대중화됨에 따라, 질적 고급화를 추구하는 소비자들의 건강지향적 니즈는 디저트 산업에서 구체적으로 반영되기 시작하였고, 이에 따라 관련 베이커리 시장은 빠른 속도로 성장하고 있다(1). 본 연구에서는 웰빙 디저트 개발의 일환으로, 제품의 특성상 소비자의 기호에 따라 신선한 과일, 견과류, 치즈, 계피분말 등 다양한 재료의 토핑(topping)이 가능한 와플(waffle)에 초점을 맞추었다. 특히 독특한 향을 지닌 대표적 기능성 식품 소재인 계피분말과 와플 사이의 잘 알려진 관능적 조화는 와플을 우선적으로 선정하게 된 배경이다.

와플은 밀가루, 계란, 우유, 버터, 소금을 주재료로 하고, 설탕, 이스트, 견과류 등을 기호에 따라 부재료로 첨가하여 반죽한 후,

160-190°C로 예열한 바둑판 무늬 틀에서 대류열로 베이킹(baking)한 케이크의 일종이다(2-4). 베이커리 카페와 디저트 카페에서 선호되는 대표적 식품 중 하나인 와플 역시, 베이커리 산업의 웰빙 트렌드에 따라 기능성 소재를 부가하여 소비자 니즈를 충족시키고자 한 시도들이 있었다(5-7). 와플 재료 중 버터를 중쇄 지방산(medium chain fatty acids)이 주를 이루는 코코넛 분말로 대체함으로써 고지방·고칼로리로 인지된 베이커리의 부정적 이미지를 극복하고자 했던 시도와(5), 와플의 주재료인 밀가루를 현미가루 등 식이섬유가 풍부한 곡물 분말로 일부 대체함으로써 식이섬유와 분말 소재의 기능성을 와플에 부가했던 시도들이(6,7) 대표적이다. 이처럼 소비자의 건강지향적 니즈를 충족시킬 목적으로 기존 제품에 부가된 소재들 중 상당수는 과일, 채소, 견과류 등을 포함한 식물 유래 자원들이 많았으며, 이들 자원에서 확인된 산화방지, 항암, 항염증 등의 생리활성은 제품 개발의 과학적 근거가 되었다. 또한 열처리로 식물성 소재들의 생리활성과 영양적 가치가 증가하였다고 보고한 다수의 연구들은(8-11) 이 소재들의 기능성이 열처리 가공식품에 실질적으로 부가될 가능성을 제시해주었다. 실제로, 열처리를 할 경우 환원물질을 생성하는 메일라드(Maillard) 갈변 반응은 가속화 되었으며(12) 고분자와 결합한 상당수의 생리활성 물질들은 생체이용률(bioavailability)이 높은 유리형으로 전환된 것이 확인되었다(8,10). 본 연구에서 계피를 첨가할 대상 식품으로 베이커리를 선정할 배경에는 고온에서 열처리하는 조리 조건에 있었다.

계피는 중국 남부와 베트남이 주산지이며 녹나무과(Lauraceae)에 속하는 *Cinnamomum*속의 껍질을 건조시킨 것으로 오래전부터 한방 재료 및 향신료로 사용되어왔다(13). 계피에서 산화방지, 항진균, 항염증, 항돌연변이, 항암작용 등의 생리활성이 보고되었으

*Corresponding author: Jeonghee Surh, Department of Food and Nutrition, College of Health Science, Kangwon National University, Samcheok, Gangwon 25945, Korea
Tel: +82-33-540-3314
Fax: +82-33-540-3319
E-mail: jsurh@kangwon.ac.kr
Received April 26, 2017; revised May 12, 2017;
accepted May 15, 2017

며, 주요 기능성분으로는 신남알데하이드(cinnamaldehyde), 신남산(cinnamic acid), 탄닌(tannin), 유게놀(eugenol) 등의 정유성분과 그 외 페놀성 화합물들이 알려져 있다(14,15). 특히 계피 속 신남알데하이드는 우수한 열 안정성을 지닌 것으로 알려져 있으며, 120-200°C 고온에서 단시간 열처리할 경우 그 함량이 증가하는 현상이 관찰되었다(16). 이에 따라 계피의 생리활성을 부가할 대상 배이커리로 160-190°C 고온에서 단시간 열처리하여 제조하는 외피를 선정하였다.

본 연구에서는 계피분말의 산화방지활성이 고온에서 베이킹하는 열처리 조건에서 실질적으로 외피에 부가될 수 있는지를 확인하고자 하였다. 이를 위해 기존에 외피 토폰용으로 주로 사용되던 계피분말을 외피 반죽 시 밀가루를 일부 대체하여 첨가함으로써 외피의 열처리 공정이 직접적으로 계피분말에 적용되도록 하였다. 베이킹 열처리가 계피외피의 산화방지활성과 이화학적·관능적 품질 특성에 미친 영향을 평가·해석함으로써 기호성과 기능성을 갖춘 웰빙 외피의 개발 가능성을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 시약

외피 제조에 사용된 계피분말(베트남산 계피100%)은 움트리(Woomtree Co., Pocheon, Korea)에서 제공받았으며, 밀가루(중력분, Cheiljedang Corp., Yangsan, Korea), 설탕(백설탕, Cheiljedang Corp., Incheon, Korea), 우유(Seoul Dairy Co-op., Seoul, Korea), 무염버터(Seoul Dairy Co-op.), 소금(Youngjinsalt Co., Sinan, Korea), 드라이이스트(Bumafood Co., Buchun, Korea), 계란 등은 모두 2016년 3월 시중에서 구입하여 사용하였다.

Folin-Ciocalteu's 시약, 2,2'-다이페닐-1-피크릴하이dra질(2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl, DPPH), 갈산(gallic acid)은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)로 부터 구입하였으며, 황산, 붕산, 수산화나트륨, 탄산나트륨, 에탄올, 에틸에테르는 Showa Chemical Industry Co. (Tokyo, Japan)의 특급시약을 사용하였다. 시약 조제에는 탈염·탈이온수가 사용되었다.

계피분말과 밀가루의 일반성분 분석

AOAC 방법에 준하여(17) 수분은 105°C 건조기(OF-12, Jeio Tech, Gimpo, Korea)를 이용한 상압가열건조법으로, 조회분은 600°C 회화로(MF31G, Jeio Tech)에서 시료를 완전 회화시킨 직접 회화법으로 분석하였다. 조단백질은 분해장치(Digestion unit K-424, Buchi, Flawil, Switzerland), 증류장치(Kjelflex K-360, Buchi), 적정장치(702 SMTitrino Metrohm, Buchi)를 연속적으로 사용하여 마이크로 켈달법(micro-Kjeldahl)으로 분석하였다. 조지방은 디에틸에테르(diethyl ether)를 용매로 하여 속슬렛장치(E-816, Buchi)로 추출한 후 정량하였으며 탄수화물은 차감법에 따라 100-(수분+조회분+조단백질+조지방)의 식으로 산출하였다.

계피분말과 밀가루의 물 결합력

물 결합력은 Medcalf와 Gilles(18)의 방법에 따라 측정하였다. 가루 1g에 생수(11.6°C) 19 mL를 첨가하여 교반한 후 원심분리기(5810R, Eppendorf, Hamburg, Germany)로 3,091×g에서 30분 동안 원심분리하였다. 상층액을 제거한 후 가라앉은 침전물의 무게를 측정하였다. 물 결합력(%)은 시료의 처음 무게에 대한 증가된 무게의 %로 계산하였다.

계피분말과 밀가루의 산화방지 활성

Yang 등(16)의 연구에 기초하여 계피분말과 밀가루의 에탄올 추출액을 준비하였다. 가루 2g에 70% 에탄올 40 mL를 가하여 25°C 진탕수조(Shacking & Heating Bath BS-21, Jeio Tech)에서 150 rpm의 회전속도로 12시간 동안 추출하였다. 이 후 여과(Qualitative filter paper No. 2, Whatman, Maidstone, England)하여 얻은 액체를 추출액으로 사용하였다. 분광광도계(Spectrophotometer, UV-1650, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 490 nm (A_{490})와 285 nm (A_{285})에서 10배 희석한 추출액의 흡광도를 측정함으로써 갈변정도(A_{490})와 페놀성 물질의 존재(A_{285})를 비교·확인하였다. 한편, 총 환원력은 페놀성 및 비페놀성 환원 물질이 염기적 조건에서 Folin-Ciocalteu's 시약에 전자를 전달하여 발색물질을 형성하는 원리를 바탕으로 하는 Folin-Ciocalteu's 시약법(19)으로 측정하였다. 70% 에탄올 추출액 1 mL에 Folin-Ciocalteu's 시약과 10% Na_2CO_3 를 각각 1 mL씩 첨가하여 교반한 후 실온(25°C)에서 1시간 동안 정치시켰다. 이 후 분광광도계로 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 환원력은 갈산당량(gallic acid equivalents, GAE)으로 나타내었다. 시료의 전자공여능은 DPPH 라디칼 소거활성(20)으로 측정하였다. 70% 에탄올 추출액 100 μ L에 0.2 mM DPPH (in ethanol) 1 mL를 가하여 교반한 후 200 mL를 취하여 96-well plate에 넣었다. 5분 간격으로 525 nm에서 100분 동안 흡광도(EON microplate spectrophotometer, Biotek Instruments, Winooski, VT, USA)를 측정하였으며(A_1), 흡광도의 유의적 변화가 관찰되지 않은 반응 15분에서의 흡광도 값을 라디칼 소거활성 계산에 사용하였다. 시료 대신 증류수를 사용하여 동일하게 반응시킨 균을 blank로 사용하였다(A_0). DPPH 라디칼 소거활성(%)은 blank 대비 시료에 의해 감소된 흡광도의 % (DPPH 라디칼 소거능(%) = $(A_0 - A_1/A_0) \times 100$)로 나타내었다. 0.35 mM 갈산의 DPPH 라디칼 소거능을 함께 측정하여 시료의 라디칼 소거능과 비교하였다.

열처리가 계피분말과 밀가루의 산화방지 활성에 미치는 영향을 확인하기 위해, 각각의 가루를 180°C에서 3분 동안 건열처리(MF31G, Jeio Tech)한 후 산화방지 활성을 측정하였다. 열처리한 시료의 추출액 준비와 갈변정도, 페놀성 물질의 존재, 총 환원력, 전자공여능은 위와 동일한 과정에 따라 측정하였다.

외피 제조

계피분말을 첨가한 외피의 재료 배합비는 Table 1과 같다. 외피 레시피는 조리 서적(21)을 참고하여 변형 사용하였다. 먼저 계피분말의 최대 첨가량을 결정하기 위해 밀가루의 0, 5, 10, 15, 20%를 계피분말로 대체한 외피를 제조하여 관능적 기호도를 평가하였다. 그 결과 15, 20% 첨가군은 계피 특유의 강한 향미로 매우 높은 부정적 기호도를 나타내었으며, 10% 첨가군은 평가자에 따라 상반된 기호도를 나타내었다. 따라서 10% 근방을 최대 첨가량으로 결정하였다. 계피 첨가량 간격은 외피 표면의 색이 계피 첨가량에 따라 가시적으로 뚜렷하게 변화한 농도를 기준으로 0, 1, 3, 6, 9, 12%로 결정하였다. 계피분말을 첨가하지 않은 균을 대조군으로 사용하였다.

외피 제조 과정은 다음과 같다. 상온(25°C)에서 반죽기(WSS-6835P, Wiswell, Seoul, Korea)에 우유와 계란을 넣고 30초간 혼합하고, 이스트, 설탕, 소금을 차례대로 넣어 교반하였다. 이 후 20 mesh체에 친 밀가루와 계피분말을 배합비에 따라 첨가하여 5분간 교반하고 버터 75 g을 넣어 추가로 5분간 혼합하였다. 반죽의 표면을 비닐 랩(선상저밀도 폴리에틸렌, LLD-PE)으로 씌운 후

Table 1. Formula for waffle added with different levels of cinnamon powder

Ingredients (g)	Cinnamon powder (%) ¹⁾					
	0	1	3	6	9	12
Wheat flour	190	188.1	184.3	178.6	172.9	167.2
Cinnamon powder	0	1.9	5.7	11.4	17.1	22.8
Butter	75	75	75	75	75	75
Whole egg	60	60	60	60	60	60
Milk	50	50	50	50	50	50
Sugar	20	20	20	20	20	20
Dry yeast	5	5	5	5	5	5
Salt	2	2	2	2	2	2

¹⁾Relative percentage of cinnamon powder (g) to the amount of wheat flour used for a control waffle without cinnamon powder.

상온(25°C)에서 70분 동안 발효시켰다. 비닐 랩을 제거하고 반죽을 6분할하여 둥글리며 반죽 내부의 가스를 제거하였다. 이후 비닐 랩을 다시 씌워 15분 동안 휴지시켰다. 180°C로 예열된 와플기(BS-1310-WM, Ningbo Kaibo Group, Ningbo, China)에 반죽을 2분 30초 동안 구웠다. 완성된 와플을 즉시 꺼내 실온에서 10분 동안 방냉하여 실험에 사용하였다.

굽기손실률, 수분, 색도, 텍스처 및 관능검사는 와플 제조 당일 실시하였다. 한편, 조리된 와플의 일부는 산화방지 활성을 분석하기 위해 -50°C, 1.1 Pa 압력하에서 48시간 동안 동결건조(Eyela FDU-1200, Rikakikai Co., Ltd., Tokyo, Japan)하였다.

와플의 굽기손실률과 수분

계피분말 첨가량을 달리한 와플의 굽기손실률(%)은 굽기 전후 반죽의 중량 차이를 아래의 식에 대입하여 산출하였다. 수분은 105°C에서 상압가열건조법으로 정량하였다.

$$\text{굽기손실률(\%)} = \frac{\text{반죽 중량(g)} - \text{와플 중량(g)}}{\text{와플 중량(g)}} \times 100$$

와플의 색도와 외관

색차계(CR400, Konica Minolta Sensing, Osaka, Japan)를 사용하여 와플의 표면과 단면의 명도(L, lightness), 적색도(a, redness), 황색도(b, yellowness)를 측정하였다. 표준 백색판으로 보정한 후 L값은 0(검정색)에서 100(흰색), a값은 -80(녹색)에서 100(적색), b값은 -70(청색)에서 70(황색)의 범위에서 측정하였다. 또한 카메라(SM-G930, Samsung, Seoul, Korea)를 사용하여 와플의 외관을 촬영하였다.

와플의 텍스처

와플의 물성은 텍스처분석기(Texture Analyzer, Instron 5542, Instron, Norwood, USA)에 직경 50 mm의 원형 프로브(probe)를 장착하여 측정 전 속도(pre-test speed) 20.0 mm/min, 측정 속도(test speed) 3.3 mm/s, 측정 후 속도(post-test speed) 20.0 mm/min의 실험조건으로 시료를 2회 반복 압착(two-bite compression test)하여 측정하였다. 결과는 측정 후 얻어진 force-time curve로부터 경도(hardness), 탄력성(springiness), 복원력(cohesion force resilience), 응집성(cohesiveness), 점착성(gumminess), 씹힘성(chewiness)을 산출하여 나타내었다.

와플의 산화방지 활성

계피분말 첨가 와플의 에탄올 추출액은 계피가루와 동일한 과정으로 준비하였다. 총 환원력과 DPPH 라디칼 소거활성 역시 앞서 기술한 실험방법을 동일하게 따랐다. 다만, 와플의 DPPH 라디칼 소거활성은 5분 간격으로 300분 동안 흡광도를 측정하여 그 결과를 시간에 따른 라디칼 소거능의 변화로 나타내었다.

관능검사

와플의 관능검사는 강원대학교 식품영양학과 재학생 중 관능검사 경험이 있는 27명을 패널로 선정하여 (i)실험 목적, (ii)와플의 품질 특성, (iii)관능검사에 기재된 평가항목에 대한 용어 정의를 포함한 사전 교육을 실시한 후 5점 평점법(5-point scaling)으로 평가하였다. 대조군을 포함한 6종의 와플을 구워 실온에서 30분간 식힌 후 물과 함께 제공하였다. 시료 간 잔향 및 잔미의 방해를 최소화하기 위해 각 시료를 평가한 후 반드시 물로 입안을 헹군 뒤 다른 시료를 평가하도록 하였다. 와플의 관능적 특성 평가항목은 색깔(color; 매우 연한 갈색이다-매우 진한 갈색이다), 계피 향(cinnamon flavor), 계피 맛(cinnamon taste), 단맛(sweetness), 신맛(sourness), 촉촉한 정도(moistness; 와플 내부에 수분을 함유하고 있는 정도), 부드러운 정도(softness; 와플을 앞니로 씹었을 때 단단하고 부드러운 정도), 쫄깃한 정도 혹은 탄력성(elasticity: 씹히는 맛이 차지고 질긴 듯한 정도)으로 하였다. 각 관능적 특성, 기호도 및 전반적 기호도(overall acceptability)는 ‘특성이 약하거나 기호도가 낮은 경우’는 1점, ‘특성이 강하거나 기호도가 높은 경우’는 5점으로 하여 평가하였다. 관능검사에 기록된 용어의 정의는 ‘국립국어원 표준국어대사전’에 근거하였다(22).

통계처리

와플의 이화학적 특성 및 산화방지 활성은 3회 이상 반복 실험한 결과를 평균과 표준편차로 계산하여 나타내었다. 계피분말 첨가량이 다른 와플의 특성 차이는 ANOVA, Duncan's multiple range test로 유의성을 검정하였다. 계피분말과 밀가루 두 원재료 간의 특성 차이는 t-test (Microsoft Office Excel, Redmond, WA, USA)로 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

계피분말과 밀가루의 이화학적 조성 비교

와플의 주재료인 밀가루와 이를 대체할 계피분말의 이화학적 조성을 비교한 결과는 Table 2와 같다. 계피분말은 밀가루보다 수분 함량은 낮고 탄수화물은 상대적으로 높은 경향을 나타내었다. 조단백질 함량은 밀가루(9.2%)가 계피분말(3.6%)보다 유의적으로 높았으며($p < 0.001$), 이는 밀가루에 상당량 존재하는 글루테닌(glutenin)과 글리아딘(gliadin)에 의한 것으로 해석된다. 한편, 에테르 추출한 조지방 함량은 계피분말(2.5%)이 밀가루(0.6%)보다 4배 가량 높았다($p < 0.001$). 계피 속 정유성분(essential oil)의 80% 이상이 에테르에 용해 가능한 신남알데하이드(cinnamic aldehyde)라는 점을 고려하면(23,24), 밀가루의 일부를 계피분말로 대체할 경우 신남알데하이드의 기능성을 와플에 부가할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 무기질의 총량을 대표하는 조회분 함량 역시 계피분말(3.2%)이 밀가루(0.4%)보다 8배나 현저하게 높았다($p < 0.001$).

계피분말의 물 결합력은 밀가루보다 유의적으로 높았다($p < 0.01$). 섬유소가 지닌 우수한 물 결합력을 고려하면, 밀가루보다 계피분

Table 2. Proximate composition, water-holding capacity, browning index and antioxidant activity of cinnamon powder and wheat flour¹⁾

Composition/Property	Cinnamon powder	Wheat flour	Significance ²⁾
Proximate composition (%)			
Carbohydrates	77.1	75.7	_ ³⁾
Moisture	13.6±0.0	14.2±0.0	***
Crude protein	3.6±0.1	9.2±0.3	***
Crude fat	2.5±0.3	0.6±0.0	***
Crude ash	3.2±0.0	0.4±0.0	***
Water-holding capacity (%)			
	210.6±6.0	99.6±5.3	**
Browning index (A ₄₉₀) ⁴⁾			
Raw	0.135±0.005	-0.002±0.008	***
Heat-treated	0.203±0.026	-0.003±0.010	***
Significance ⁵⁾	*	NS	
Antioxidant activity			
Presence of phenolics (A ₂₈₅) ⁴⁾			
Raw	3.068±0.000	0.140±0.047	***
Heat-treated	3.068±0.000	0.129±0.026	***
Significance ⁵⁾	NS	NS	
DPPH radical scavenging activity (% inhibition) ⁶⁾			
Raw	90.5±1.7	6.9±4.9	***
Heat-treated	90.2±0.7	6.8±6.1	***
Significance ⁵⁾	NS	NS	
Total reducing capacity (µg/g, GAE)			
Raw	930±117	210±49	***
Heat-treated	1027±191	219±31	**
Significance ⁵⁾	NS	NS	

¹⁾The value was expressed as the mean±standard deviation of triplicate.

²⁾** and *** mean that the values within a same row are significantly different at $p<0.01$ and $p<0.001$, respectively.

³⁾Carbohydrate content was calculated by a following equation; 100-(moisture+protein+ash+fat), here moisture, protein, ash, and fat are the average contents of triplicate analysis. Therefore, statistical significance is not applicable.

⁴⁾A₄₉₀ and A₂₈₅ are the absorbance values at 490 and 285 nm, respectively measured for 70% ethanol extract of cinnamon powder and wheat flour.

⁵⁾* means that the values for raw and heat-treated samples are significantly different at $p<0.05$. NS means 'not significant'.

⁶⁾DPPH radical scavenging activity of 0.35 mM gallic acid used for comparison was 94.4±0.5%.

말에 100배 가량 많이 함유된 섬유소가(25) 물 결합력 상승에 주로 기여한 것으로 해석된다. 한편 490 nm에서 측정된 계피분말 추출물의 갈색도(browning index)는 밀가루 추출물보다 유의적으로 높았으며($p<0.001$), 이러한 경향은 열처리 이후에도 동일하게 관찰되었다. 이는 계피 고유의 황적색 색소인 카로테노이드(carotenoids)가 용출된 결과로 보이며, 특히 열처리 후 유의적으로($p<0.05$) 증가된 갈색도는 (i)단백질과 결합하여 존재하는 일부 카로테노이드가 열에 의해 유리형으로 전환되어 용출성이 증가하였거나 (ii)당과 단백질 사이의 화학반응인 메일라드 갈변 반응이 열에 의해 가속화된 결과로 해석된다.

페놀성 물질의 존재를 확인하기 위해 285 nm에서 흡광도를 측정한 결과, 계피분말 추출물은 밀가루 추출물보다 뚜렷하게 높은 흡광도를 나타내었고($p<0.001$), 두 분말을 열처리한 이후에도 이 현상은 동일하게 관찰되었다($p<0.001$). 이는 계피에 상당량 존재하는 신남알데하이드(cinnamaldehyde), 신남산(cinnamic acid) 및 유게놀(eugenol) 등의 페놀성 물질에 의한 것으로 이들 물질이 비교적 열에 안정함을 확인해주었다(26). 수소 라디칼 공여능을 확인해주는 DPPH 라디칼 소거활성 실험에서도 동일한 경향이 관찰됨에 따라, 계피 분말 추출물의 탁월한 라디칼 소거활성이 페놀성 물질과 높은 상관성이 있음을 시사하였다. 페놀성 및 비페놀성 환원 물질의 총량을 반영한 총 환원력 역시 계피분말(930 µg GAE/g)이 밀가루(210 µg GAE/g)보다 유의적으로 높았으며($p<0.001$), 열처리 후 두 분말의 차이는 다소 증가하였다. 이 현상은 계피분말 추출물의 갈색도가 열처리 이후 증가했던 결과로

설명할 수 있다. 즉 열처리로 유리형 카로테노이드나 메일라드 갈변반응 생성물(MRP, Maillard Reaction Products) 등 비페놀성 환원물질들이 증가하여 갈색도 증가와 함께 총 환원력 상승에 기여한 것으로 보인다.

외플의 굵기손실을 및 수분

반죽에 열을 가해 외플을 제조하는 동안 줄어든 무게를 측정 한 굵기손실률(Table 3)은 계피 첨가 군이 5.5-7.2%의 분포로 무첨가군(7.7%)보다 유의적으로($p<0.01$) 낮았다. 즉 계피분말 첨가로 외플 내부에 상대적으로 더 많은 수분이 보유되었으며, 이는 계피분말의 높은 물 결합력과 상관된 것으로 보인다(Table 2). 그러나 계피 첨가군들 사이에서는 첨가량이 많을수록 굵기손실률이 오히려 증가하는 결과를 나타내었다. 이는 밀가루를 계피분말로 대체함에 따라 (i) 계피분말이 부여하는 우수한 물 결합력은 증가하지만 (ii) 글루텐의 전구체인 글리아딘과 글루테닌 함량이 감소하고 (iii) 글루텐 형성에 필요한 물 또한 계피분말 속 섬유소가 경쟁적으로 결합하여 글루텐 망상구조가 부여하는 보수력은 오히려 감소하였기 때문으로 해석된다.

한편 굵기손실률 결과와는 달리, 계피 첨가량이 다른 6종 외플은 수분함량이 유의적으로 다르지 않았다(Table 3). 이는 밀가루를 식이섬유원으로 대체할 경우 빈번히 관찰되는 현상으로(26,27) 섬유소가 글루텐 수화와 전분 호화를 지연시켜 글루텐 망상구조가 발달하는 것을 방해하거나 약화시킨 결과로 해석되고 있다.

Table 3. Baking loss and moisture content of the waffle added with different levels of cinnamon powder¹⁾

Cinnamon powder (%)	Baking loss (%)	Moisture (%)
0	7.7±1.2 ^a	23.1±0.4
1	5.5±1.6 ^c	23.9±0.1
3	6.1±1.2 ^c	23.8±0.4
6	6.3±1.1 ^{bc}	23.2±0.9
9	7.2±1.0 ^{ab}	23.3±1.6
12	6.6±1.8 ^{ab}	22.9±1.4
Significance ²⁾	**	NS

¹⁾The value was expressed as the mean±standard deviation of triplicate.

²⁾** means that the values with different superscripts in a same column are significantly different at $p<0.01$. NS means 'not significant'.

와플의 외관과 색도

계피 첨가로 와플은 전체적으로 어두워지며 다소 짙은 갈색을 나타내었다(Fig. 1). 색차계로 측정된 와플의 색 역시 동일한 결과를 나타내었다(Table 4). 계피 첨가량이 증가할수록 와플 표면의 명도(L)와 황색도(b)는 감소하고($p<0.001$) 적색도(a)는 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 계피 첨가로 와플에 계피 고유의 황적색이 부가되고, 와플을 굽는 동안 일어난 비효소적 갈변 반응의 종합적 결과로 볼 수 있다. 한편 와플 단면에서는 계피 첨가 후 적색도와 황색도(b)가 함께 증가한 현상이 관찰되었다($p<0.001$). 표면과 단면에서 관찰된 황색도의 상반된 결과는, 열과 직접 접촉하는 와플 표면의 경우 계피 첨가에 의한 황색 부가 효과가 열에 의해 가속화된 갈변 반응에 의해 상당부분 상쇄되었기 때문으로 해석된다.

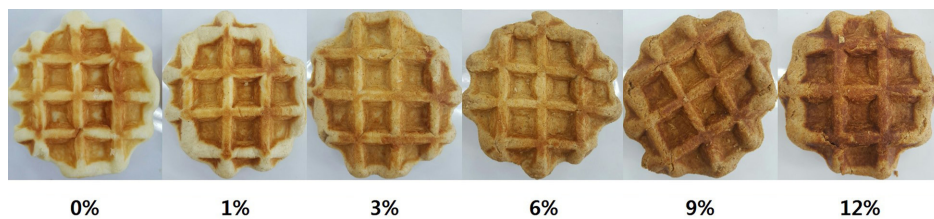
와플의 텍스처

계피 첨가량이 다른 6종 와플의 텍스처 분석 결과는 Table 5와 같다. 와플의 경도(hardness)는 계피 첨가군이 무첨가군보다 유

의적으로($p<0.05$) 낮은 특성을 나타내었다. 이는 계피분말의 우수한 물 결합력(Table 2)과 이로 인한 계피 와플의 낮은 굽기손실률(Table 3)과 연관된 것으로 보인다. 한편, 와플의 탄력성(springiness)과 복원력(resilience) 및 와플 내부의 구성 성분들 간 응집성(cohesiveness)은 계피분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 밀 가공식품에서 전형적으로 관찰되는 점탄성이 글루텐 단백질에 의한 것임을 고려하면, 이 결과는 계피분말 증가에 따른 밀가루 함량의 비례적 감소와 이로 인해 글루텐 생성이 상대적으로 감소한 결과로 해석된다. 또한 지방은 글루텐 신장을 방해할 수 있으므로, 밀가루보다 계피분말에 상대적으로 많은 지방(Table 2) 역시 이 물성 값들의 감소에 기여한 것으로 보인다. 이에 따라, 경도, 탄력성, 응집성의 곱으로 산출되는 2차 물성 값인 점착성(gumminess=hardness×cohesiveness)과 씹힘성(chewiness=hardness×cohesiveness×springiness)도 계피분말 첨가량이 증가할수록 유의적으로($p<0.001$) 감소하였다. TPA (texture profile analysis) 결과를 종합하면, 계피 첨가로 와플은 부드러워지고 씹힘성도 감소하여 무첨가 와플보다 씹어서 삼킬 때 힘이 더 적게 들어감을 알 수 있었다.

와플의 총 환원력과 DPPH 라디칼 소거 활성

와플의 총 환원력(Table 6)은 갈산당량으로 무첨가군 43.7 $\mu\text{g/g}$ 에서 12% 첨가군 273.3 $\mu\text{g/g}$ 으로 계피 첨가량에 비례하여 증가하였다($p<0.001$). 무첨가군에서 관찰된 총 환원력은 와플 원재료에 존재하는 당과 단백질 사이의 메일라드 갈변반응의 결과로 보인다. 즉 와플 제조 중 열에 의해 갈변반응이 가속화되고 그로 인해 환원물질(Maillard reaction products)이 생성된 것으로 해석된다. 한편 DPPH 라디칼 소거활성(Fig. 2) 역시 동일한 경향을 나타내었다. 그러나 계피 와플의 총 환원력이 1% 첨가군부터 대조군 대비 유의적으로 높았던 결과(Table 6)와 달리, 라디칼 소거활성의 경우는 1% 첨가군은 대조군과 다르지 않았고, 6% 첨가군에 이르러 대조군 대비 뚜렷한 증가를 나타내었다. 이는 페놀

**Fig. 1. Waffle added with different levels of cinnamon powder.****Table 4. Color properties of the waffle added with different levels of cinnamon powder¹⁾**

Cinnamon powder (%)	L (lightness)			a (redness)			b (yellowness)		
	Cross-section	Surface	Significance ²⁾	Cross-section	Surface	Significance	Cross-section	Surface	Significance
0	74.3±3.2 ^a	58.2±4.6 ^a	***	-3.9±0.3 ^f	11.1±2.7 ^b	***	23.7±1.2 ^{cd}	38.1±1.5 ^a	***
1	69.2±0.9 ^b	56.0±3.0 ^a	***	1.0±0.3 ^e	11.0±2.6 ^b	***	23.0±1.1 ^d	34.0±3.1 ^b	***
3	60.2±1.6 ^c	50.9±3.7 ^b	***	5.4±0.3 ^d	14.1±1.7 ^a	***	24.8±0.6 ^{bc}	33.3±1.9 ^b	***
6	50.7±3.7 ^d	50.3±5.0 ^b	NS	8.5±0.3 ^c	11.6±1.8 ^b	***	25.5±1.3 ^{ab}	30.0±1.7 ^c	***
9	40.9±2.9 ^e	47.4±1.7 ^b	***	15.4±1.2 ^a	10.5±0.4 ^b	***	26.2±1.8 ^a	27.0±0.5 ^d	NS
12	41.9±1.2 ^e	40.8±1.3 ^c	NS	12.1±0.4 ^b	14.8±0.7 ^a	***	26.0±0.5 ^a	25.9±0.9 ^d	NS
Significance ³⁾	***	***	***	***	***	***	***	***	***

¹⁾The value was expressed as the mean±standard deviation.

²⁾*** means that the two color values measured for surface and cross-section of waffle were significantly different at $p<0.001$. NS means 'not significant'.

³⁾*** means that the values with different superscripts in a same column are significantly different at $p<0.001$.

Table 5. Texture profile analysis of the waffle added with different levels of cinnamon powder¹⁾

Cinnamon powder (%)	Hardness (N)	Springiness (mm)	Resilience	Cohesiveness	Gumminess (N)	Chewiness (N·mm)
0	282.5±9.3 ^a	16.5±2.7 ^a	0.83±0.03 ^a	0.39±0.04 ^a	110.0±6.6 ^a	1979.7±117.7 ^a
1	234.6±20.4 ^b	12.8±0.6 ^b	0.83±0.00 ^a	0.40±0.01 ^a	93.4±8.1 ^b	1682.0±146.5 ^b
3	222.3±13.2 ^b	13.2±0.8 ^b	0.81±0.01 ^{ab}	0.38±0.03 ^a	85.3±5.6 ^b	1535.0±100.3 ^b
6	224.7±5.6 ^b	11.2±0.3 ^b	0.79±0.01 ^{bc}	0.32±0.01 ^b	71.5±0.4 ^c	1286.9±7.4 ^c
9	213.4±46.3 ^b	11.7±0.9 ^b	0.78±0.01 ^c	0.32±0.02 ^b	66.8±7.2 ^c	1202.6±128.7 ^c
12	194.3±46.3 ^b	11.8±0.3 ^b	0.74±0.03 ^d	0.32±0.04 ^b	60.5±10.0 ^c	1089.3±179.8 ^c
Significance ²⁾	*	**	***	**	***	***

¹⁾The value was expressed as the mean±standard deviation of triplicate.

²⁾*, ** and *** mean that the values with different superscripts within a same column are significantly different at $p<0.05$, $p<0.01$ and $p<0.001$, respectively.

Table 6. Total reducing capacity of the waffle added with different levels of cinnamon powder¹⁾

Cinnamon powder (%)	Total reducing capacity (µg GAE/g freeze-dried waffle)
0	43.7±0.7 ^f
1	91.7±1.1 ^e
3	126.1±1.0 ^d
6	166.9±1.7 ^c
9	219.2±0.7 ^b
12	273.3±6.3 ^a
Significance ²⁾	***

¹⁾The value was expressed as the mean±standard deviation of triplicate.

²⁾*** means that the values with different superscripts in a same column are significantly different at $p<0.001$.

성 및 비폐놀성 환원물질을 포괄적으로 반영하는 총 환원력 측정과 달리 DPPH 라디칼 소거 활성은 주로 폐놀성 물질의 수소 라디칼 공여능에 의존하기 때문에 해석된다. 그럼에도 불구하고 이 결과들은 계피분말에서 확인된 총 환원력과 라디칼 소거 활성이 열처리 이후에도 동일했던 Table 2 결과와 일치하는 것으로, 계피 분말의 산화방지 활성이 열처리 식품인 와플에 실질적으로 부여되었음을 확인해주었다.

와플의 관능평가

계피 첨가량이 다른 6종 와플의 관능평가 결과는 Table 7, 8과 같다. 계피 첨가량이 증가할수록 와플 색은 매우 연한 갈색에서

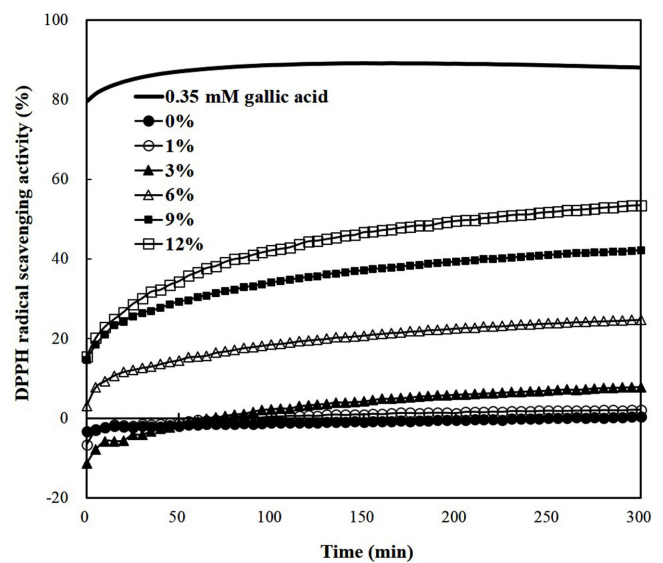


Fig. 2. Kinetics of DPPH radical scavenging activity of the waffle added with different levels of cinnamon powder. 3.5 mM gallic acid was used for comparison.

진한 갈색으로 뚜렷한 차이를 보였으며($p<0.001$), 기호도는 감소하였으나 3% 첨가군까지는 유의적 차이가 없었다. 계피 고유의 향($p<0.001$)과 맛($p<0.001$) 역시 계피 첨가량에 비례하여 유의적으로 강해졌으며, 기호도는 6% 첨가군까지 무첨가 대조군과 유의적으로 다르지 않았다. 계피 속 유기산이 부여하는 신맛을 평

Table 7. Sensory characteristics of the waffle added with different levels of cinnamon powder¹⁾

Cinnamon powder (%)	Color	Cinnamon flavor	Cinnamon taste	Sweetness	Sourness	Moistness	Softness	Elasticity
0	1.2±0.5 ^c	1.0±0.2 ^f	1.0±0.2 ^c	1.4±0.7 ^b	1.0±0.0 ^d	3.2±1.2 ^a	3.4±1.2 ^a	2.6±1.2 ^a
1	2.2±0.6 ^d	1.7±0.7 ^e	1.9±0.5 ^d	1.6±0.5 ^{ab}	1.1±0.3 ^{cd}	3.0±0.8 ^a	3.3±0.7 ^a	2.5±1.1 ^a
3	3.2±0.8 ^c	2.4±0.9 ^d	2.2±0.8 ^d	2.0±0.9 ^a	1.2±0.5 ^{cd}	3.0±0.9 ^{ab}	3.4±0.9 ^a	2.1±0.9 ^{ab}
6	3.3±0.7 ^c	3.3±0.9 ^c	2.8±0.6 ^c	1.7±0.8 ^{ab}	1.4±0.8 ^{bc}	2.7±1.0 ^{ab}	3.2±0.9 ^a	1.9±1.0 ^b
9	4.2±0.6 ^b	4.0±0.9 ^b	3.7±0.7 ^b	1.7±1.0 ^{ab}	1.7±1.0 ^b	2.4±1.2 ^{bc}	3.0±1.0 ^a	1.7±1.1 ^b
12	4.9±0.3 ^a	4.5±0.9 ^a	4.4±0.7 ^a	1.6±1.2 ^{ab}	2.2±1.2 ^a	2.3±1.5 ^c	3.0±1.4 ^a	1.9±1.2 ^b
Significance ²⁾	***	***	***	NS	***	*	NS	*

¹⁾The value was expressed as the mean±standard deviation.

²⁾*, ** and *** mean that the values with different superscripts within a same column are significantly different at $p<0.05$, $p<0.01$ and $p<0.001$, respectively.

Table 8. Preference to the sensory characteristics of the waffle added with different levels of cinnamon powder¹⁾

Cinnamon powder (%)	Color	Cinnamon flavor	Cinnamon taste	Sweetness	Sourness	Moistness	Softness	Elasticity	Overall acceptability
0	3.6±1.1 ^a	3.4±0.8 ^a	3.1±1.1 ^{ab}	2.6±1.0 ^{bc}	3.7±0.8 ^a	3.3±0.9 ^a	3.6±1.0 ^a	3.5±0.7 ^a	3.3±1.1 ^a
1	3.9±1.0 ^a	3.8±0.9 ^a	3.4±1.1 ^a	2.9±1.0 ^{abc}	3.6±0.9 ^a	3.4±0.8 ^a	3.7±0.7 ^a	3.5±0.6 ^a	3.3±1.1 ^a
3	3.4±1.0 ^{ab}	3.8±0.9 ^a	3.6±0.9 ^a	3.2±0.9 ^a	3.5±0.9 ^a	3.3±0.8 ^a	3.5±0.7 ^a	3.3±0.9 ^{ab}	3.5±1.1 ^a
6	3.0±1.0 ^b	3.4±0.8 ^a	3.4±0.8 ^a	2.9±0.9 ^{ab}	3.6±1.0 ^a	3.0±1.0 ^{ab}	3.3±0.9 ^{ab}	3.0±0.9 ^{bc}	3.3±0.9 ^a
9	2.4±1.1 ^c	2.4±1.1 ^b	2.6±1.1 ^b	2.6±0.8 ^{abc}	2.7±1.2 ^b	2.6±1.0 ^{bc}	2.9±1.0 ^{bc}	2.8±0.9 ^c	2.3±0.9 ^b
12	1.9±0.9 ^c	2.2±1.0 ^b	2.0±0.8 ^c	2.4±1.0 ^c	2.5±1.2 ^b	2.2±1.0 ^c	2.8±1.1 ^c	2.6±1.0 ^c	1.7±0.9 ^c
Significance ²⁾	***	***	***	*	***	***	**	***	***

¹⁾The value was expressed as the mean±standard deviation.

²⁾*, ** and *** mean that the values with different superscripts within a same column are significantly different at $p<0.05$, $p<0.01$ and $p<0.001$, respectively.

가한 항목에서, 계피 첨가량이 증가할수록 평가자들은 와플에서 약간의 신맛을 인지하였고($p<0.001$) 이에 대해 낮은 기호도를 보임으로써($p<0.001$) 와플에서 신맛은 부정적 관능인자로 확인되었다. 특히 계피 첨가량에 비례하여 증가하는 관능적 특성인 계피 향, 계피 맛, 신맛에 대해 고농도(>6%) 첨가군에서는 상대적으로 낮은 기호도를 나타내었다. 한편 계피 첨가 후 와플의 부드러운 정도는 무첨가군과 유의적으로 다르지 않았으며, 따라서 TPA 측정 시 관찰된 기계적 경도 차이가 관능적 인지 수준 이하임을 시사해주었다. 반면 와플의 탄력성은 TPA 결과와 동일하게 계피 첨가 후 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). 이는 글루텐 감소 효과로 해석되었으며 평가자들은 탄력성이 감소한 와플에 대해 낮은 기호도를 나타내었다($p<0.001$). 색과 탄력성을 제외한 모든 관능적 특성에서 6% 이하 첨가군의 기호도는 대조군과 유의적으로 다르지 않았으며, 이는 계피 첨가 와플의 전반적 기호도($p<0.001$)에 영향을 준 것으로 나타났다.

요 약

본 연구에서는 계피분말의 우수한 산화방지활성이 열처리 식품에 실질적으로 부가될 수 있는지를 확인하고자 하였다. 먼저 관능적 측면에서 계피와 잘 조화되는 와플에 밀가루의 일부(0, 1, 3, 6, 9, 12%)를 계피분말로 대체하여 6종 와플을 제조하였다. 와플을 굽는 동안 계피 첨가군은 무첨가군보다 굽기손실률이 낮았으며, 이는 계피분말에서 관찰된 높은 물 결합력에 의한 결과로 와플의 경도를 감소시키는데 기여한 것으로 나타났다. 계피 첨가량이 증가할수록 와플의 탄력성, 복원력, 응집성도 유의적으로 감소하였고, 이는 밀가루 함량이 비례적으로 감소함에 따라 글루텐 생성량이 감소한 결과로 해석되었다. 계피 첨가로 와플은 전반적으로 어두워지고 갈색을 띠었으며 이러한 색 변화는 계피분말이 부가한 황적색과 와플을 굽는 동안 일어난 갈변반응의 종합적 결과로 볼 수 있다. 한편 계피 첨가량에 비례하여 와플의 총 환원력과 DPPH 라디칼 소거활성이 증가하였다. 이 결과는 계피분말에서 확인된 높은 총 환원력과 DPPH 라디칼 소거활성이 열처리 이후에도 동일했던 현상과 일치하였으며, 계피에 상당량 존재하는 페놀성 물질들이 비교적 열에 안정함을 확인해주었다. 계피 고유의 향미와 신맛은 첨가량에 비례하여 와플에서 인지되었으며 특히 고농도 첨가군에서는 기호도에 부정적 영향을 준 것으로 나타났다. 그러나 6% 이하 첨가군들은 대부분의 관능 평가 항목에서 대조군과 유의적으로 다르지 않은 기호도를 나타내었다. 이 결과들은 계피의 산화방지활성이 열처리 식품의 이화학적·관능적 특성들에 부정적 영향없이 실질적으로 부가될 가능성을 보여주었다.

References

- Lee KW. Recent trend and future of bakery industry. Food Ind. Nutr. 19: 38-46 (2014)
- Wikipedia. Waffle. Available from: <https://en.wikipedia.org/wiki/Waffle>. Accessed Apr. 17, 2017.
- Wikipedia. Baking. Available from: <https://en.wikipedia.org/wiki/Baking>. Apr. 17, 2017.
- Wikipedia. Oven Temperatures. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Oven_temperatures. g. Apr. 18, 2017.
- Kim SB, Lee KH. Quality characteristics of waffle added with coconut powder. J. East Asian Soc. Diet. Life 26: 380-388 (2016)
- Choi SN, Chung NY, Kim HJ. Quality characteristics of waffle by adding brown rice flour. Korean J. Food Cook. Sci. 29: 47-52 (2013)
- Kim HG, Kim NJ, Whang EM, Shin WS. Effects of brown rice and brown rice powder mixing ratio on the preference analysis of the waffles and rice ball. J. Food Cook. Sci. 30: 146-152 (2014)
- Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. Food Chem. 99: 381-387 (2006)
- Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. J. Agr. Food Chem. 50: 3010-3014 (2002)
- Xu G, Ye X, Chen J, Liu D. Effect of heat treatment on the phenolic compounds and antioxidant capacity of citrus peel extract. J. Agr. Food Chem. 55: 330-335 (2007)
- Kim SY, Jeong SM, Park WP, Nam KC, Ahn DU, Lee SC. Effect of heating conditions of grape seeds on the antioxidant activity of grape seed extracts. Food Chem. 97: 472-479 (2006)
- Manzocco L, Calligaris S, Mastrocola D, Nicoli MC, Lerici CR. Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. Trends Food Sci. Tech. 11: 340-346 (2001)
- Wikipedia. Cinnamon. Available from: <https://en.wikipedia.org/wiki/Cinnamon>. Accessed Apr. 18, 2017.
- Mathew S, Abraham TE. In vitro antioxidant activity and scavenging effects of *Cinnamomum verum* leaf extract assayed by different methodologies. Food Chem. Toxicol. 44: 198-206 (2006)
- Jayaprakasha GK, Negi PS, Jena BS, Rao LJM. Antioxidant and antimutagenic activities of *Cinnamomum zeylanicum* fruit extracts. J. Food Compos. Anal. 20: 330-336 (2007)
- Yang EJ, Kim SI, Hur JM, Song KS. Roasting process enhances antioxidative effect of cinnamon (*Cinnamomi Cortex*) via increase in cinnamaldehyde content. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 52: 443-447 (2009)
- AOAC. Official Methods of Analysis of the AOAC. Method 984.13. Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA (1990)
- Medcalf DF, Gilles KA. Wheat starches I. Comparison of physicochemical properties. Cereal Chem. 42: 558 (1965)
- 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)
20. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm. Wiss. Technol.* 28: 25-30 (1995)
 21. Gong W. *I Love Waffle*. Mediawill, Seoul, Korea. pp. 17-18 (2011)
 22. The National Institute of the Korean Language. *Standard Korean Language Dictionary*. Available from: <http://www.korean.go.kr>. Accessed Mar. 12, 2016.
 23. Wikipedia. Cinnamaldehyde. Available from: <https://en.wikipedia.org/wiki/Cinnamaldehyde>. Accessed Mar. 15, 2017.
 24. Kamaliroosta L, Gharachorloo M, Kamaliroosta Z, Alimohammad ZKH. Extraction of cinnamon essential oil and identification of its chemical compounds. *J. Med. Plants Res.* 6: 609-614 (2012)
 25. Kim NM, Ko SR, Choi KJ, Kim WJ. Effect of some factors on extraction of effectual components in cinamon extracts. *J. Korean Agric. Chem. Soc.* 36: 17-22 (1993)
 26. Shin JH, Choi DJ, Kwon OC. Physical and sensory characteristics of sponge cakes added steamed garlic and yuza powder. *Korean J. Food Nutr.* 20: 392-398 (2007)
 27. Lim EJ. Quality characteristics of sponge cake added with *Laminaria japonica* powder. *Korean J. Food Nutr.* 25: 922-929 (2012)