

솔잎분말과 생즙을 첨가한 쌀 마들렌의 항산화성과 품질 특성

김원지¹ · 김지명¹ · 정현숙² · 허영란¹ · 신말식^{1*}

¹전남대학교 식품영양학과

²조선대학교 생명공학과

Antioxidative Activity and Quality Characteristics of Rice Madeleine Added with Pine Needle Powder and Extract

Won-Ji Kim¹, Ji-Myoung Kim¹, Hyeonsook Cheong², Young Ran Huh¹, and Malshick Shin^{1*}

¹Dept. of Food and Nutrition, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

²Dept. of Biotechnology, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

ABSTRACT To develop health functional gluten-free rice madeleines added with pine needle, rice flours were prepared by adding different contents (0.6, 1.2, and 1.8% on rice flour basis) of freeze-dried pine needle powder (PP) and extract (PE, by pressing pine needles). The preparation, textural and sensory properties, and antioxidative activities of rice madeleines were investigated. The antioxidative activities of rice madeleines added with PP and PE were higher than those of the control and were significantly different from each other. The specific volume of rice madeleines added with PE was higher than that added with PP. Lightness and yellowness decreased with increasing PP or PE content, whereas redness showed the reverse trend. Textural properties were also significantly different according to pine needle type and content. Hardness values of rice madeleines added with 1.2 and 1.8% PP or 1.2% PE were reduced compared to that of control. Hardness values increased while other textural properties decreased during storage. In the sensory test, color, flavor, and taste scores increased with increasing PP or PE contents, whereas flavor and overall quality scores were highest in rice madeleine added with 1.2% PP. Based on these results, pine needle powder addition improved antioxidative activities and overall quality.

Key words: pine needle powder, pine needle extract, gluten-free rice madeleine, antioxidative activity, quality characteristics

서 론

소나무(*Pinus densiflora* Sieb et Zucc.)는 한국, 일본, 중국 등 동북아시아에 넓게 분포된 침엽수로 오래전부터 건강을 위해 솔잎, 송화가루, 솔방울이 사용되어 왔다. 솔잎은 주로 분말로 만들어 간, 위장, 신경계, 순환계 및 피부질환에 사용하였으며(1) 송피와 송진도 사용되고 있다. 특히 식품으로는 송화가루를 다식원료로 사용하였고 송편을 찰 때 솔잎을 깔면 솔잎의 향기로 인해 저장성이 증가되어 항균효과가 있음이 보고되었다(2-4). 한방이나 민간요법에서는 신경통, 당뇨병, 고혈압이나 피부질환 등을 개선하는 목적으로 솔잎차, 솔잎주 및 솔잎추출액이 사용되어 왔다. 솔잎의 생리활성기능에 대한 연구로 항산화 활성(5,6), 면역 활성 증진(7), 항비만(8,9), 지질대사에 미치는 영향(10,11) 및 순환계 질환 억제(12) 등이 보고되었다. 이는 솔잎에 함유된 α -pinene, β -pinene, camphene 등의 테르펜 계열의 정유성분과 엽록소, 비타민, 플라보노이드, 수지 등에 의하며, 솔잎

은 수분 함량 58%, 단백질 4.5%, 지질 3.9%, 당질 19.6%, 섬유소 13.3%, 회분 0.6%가 함유되어 있다고 알려져 있다(13,14).

쌀은 영양적으로 우수할 뿐만 아니라 글루텐 프리 식품을 개발하기 위한 좋은 원료로 알려지면서 밀을 주식으로 하는 국가와 쌀 소비가 감소하는 동아시아에서 관심이 증가되고 있다(15-17). 최근에는 다양한 기능성 소재와 관련된 항산화 활성 연구와 기능성을 부여하여 부가가치가 높은 제품을 생산하기 위한 제품 연구가 진행되고 있다. 국내와 동아시아 국가의 쌀 소비의 감소는 식생활 변화로 식사와 간식으로 밀로 만든 과자 및 빵류에 대한 수요가 증가하고 있기 때문이다(18). 쌀가루를 이용한 글루텐 프리 제품을 제조하기 위해서 새로운 쌀가루 제분방법이 개발되었고 쌀가루의 입자크기와 수분흡수성이 제품 품질 특성에 영향을 줄 수 있다고 보고되었다(16,19).

제품제품 중에서 간단하게 조리할 수 있는 마들렌과 머핀은 달걀이나 우유가 혼합되어 영양가가 풍부하기 때문에 식사나 간식으로 많이 소비되고 있다. 이 제품에 기능성을 함유한 부재료를 첨가하여 다양한 제품을 제조할 수 있다. 검은콩 청국장 가루(20), 복숭아즙(21)과 효소 저항성 쌀 전분

Received 12 November 2013; Accepted 9 January 2014

*Corresponding author.

E-mail: msshin@chonnam.ac.kr, Phone: +82-62-530-1336

첨가 마들렌(22) 등이 보고되고 있다. 그러나 현재까지 보고된 연구는 밀가루를 사용하였는데 이를 글루텐 프리 쌀 마들렌으로 개발하고 여기에 기능성이 확인된 솔잎분말과 솔잎생즙을 첨가하여 품질이 향상된 제품을 개발하고자 하였다.

그래서 본 연구는 일반계 가공용 다수화 벼로 개발된 보람찬 백미를 처리한 쌀가루로 기능성을 가진 글루텐 프리 쌀 마들렌을 개발하기 위해 쌀가루에 솔잎분말과 솔잎을 압착하여 추출한 생즙을 각각 첨가하여 제조한 마들렌의 향산화활성과 품질 특성을 비교하였다.

재료 및 방법

재료

시료인 쌀은 농촌진흥청 국립식량과학원 벼 맥류부(익산)에서 육종 개발한 다수화 품종인 2010년산 일반계 품종인 보람찬 벼를 백미로 도정하여 사용하였다. 전라남도 곡성군에서 적송(Korean red pine tree)으로부터 채취한 솔잎을 압착하여 제조한 솔잎생즙(0.4 L/kg pine needle)과 솔잎을 동결건조 하여 분쇄한 솔잎분말을 바이오플랜(광주)으로부터 구입하였다. 쌀 마들렌을 제조하기 위해 설탕(삼양사), 달걀, 마가린(큐원), 슈가파우더(꼬미다), 베이킹파우더(에스웰 식품)는 시중에서 구입하여 사용하였다.

쌀가루의 제조

쌀가루는 Shin 등(19)과 Park 등(23)의 방법으로 처리하였다. 보람찬 백미를 낱알 형태로 3회 수세하여 상온(18±3°C)에서 6시간 수침한 후 저온(15±3°C)에서 풍건하였다. 건조된 쌀알의 수분 함량이 약 12% 정도 되었을 때 120 mesh 체가 내장된 제분기(풍진기계, 광주, 한국)로 제분하여 4°C의 저온고에 보관하면서 사용하였다.

물 결합능력 측정

쌀가루와 솔잎분말의 물 결합능력은 Medcalf와 Gilles의 방법(24)에 따라 실시하였다. 50 mL 원심분리관에 쌀가루 0.5 g(건량 기준)과 증류수 20 mL를 가한 후 마그네틱바(Φ 3.2×13 mm)를 넣어서 교반기를 이용하여 실온에서 1시간 동안 분산시킨 뒤 5,000 rpm에서 30분간 원심분리(Supra 22K, Hanil Science Industrial Co., Ltd., Seoul, Korea)하였다. 원심분리관을 1분간 거꾸로 세워 상등액을 제거하고 침전된 무게를 측정하여 처음 시료와의 중량비로부터 계산하였다.

솔잎 첨가 쌀 마들렌의 제조

쌀 마들렌 배합비는 실험실에서 쌀가루에 맞게 조절하여 정하였으며 쌀가루 167 g, 달걀 170 g, 마가린 116 g, 설탕 50 g, 슈가파우더 33 g, 베이킹파우더 4.5 g과 솔잎분말(pine needle powder: PP)과 솔잎생즙(pine needle extract: PE)은 각각 1, 3, 5 g을 사용하여 쌀가루 대비 0.6,

1.2, 1.8%(w/w)를 첨가하여 제조하였다. 깨끗한 볼에 달걀을 풀고 설탕을 녹였다. 쌀가루와 슈가파우더, 베이킹파우더, 솔잎분말은 함께 체질하여 반죽기(800-J, Spar Food Machinery MFG Co. Ltd., Taichung City, Taiwan)에 가루를 넣고 중속으로 2분간 저어 혼합하였다. 중탕한 마가린을 반죽에 혼합 후 중속으로 1분간 저어 매끄러운 상태의 반죽을 만들었다. 솔잎생즙 첨가 마들렌의 제조 시 달걀에 설탕을 혼합한 후 생즙을 첨가하여 섞어 주었으며 같은 방법으로 제조하였다. 완성된 반죽은 실온에서 30분 휴지 시간을 두고 마들렌 틀에 25 g씩 담아 180/150°C로 예열된 오븐에서 19분 동안 구운 후 냉각하였다. 완성된 쌀 마들렌은 실온에서 1시간 방냉 후 기계적 검사 및 관능평가를 실시하였다.

솔잎 첨가 쌀 마들렌의 품질 평가

마들렌의 형태적 관찰: 구워진 쌀 컵케이크의 외형적인 특성은 실온에서 1시간 냉각한 다음 마들렌의 전체 외관 모양과 단면, 뒷면을 디지털 카메라(Kento, Canon, Tokyo, Japan)로 찍어 관찰하였다.

쌀 마들렌의 무게, 부피 및 비체적: 쌀 마들렌의 중량은 구운 후 1시간 냉각시킨 후에 측정하였으며, 부피는 종자치환법(25)으로 측정하였다. 마들렌이 들어갈 수 있는 상자에 좁쌀을 채우고 좁쌀을 메스플라스크에 옮겨 부피를 재었다(a). 동일한 상자에 마들렌을 넣은 후 남은 공간에 좁쌀을 채우고 마들렌을 꺼낸 후 남은 좁쌀을 측정하였다(b). 마들렌의 부피(mL)는 a-b(a: 좁쌀만 채운 상자의 부피, b: 마들렌을 채우고 상자에 남은 좁쌀의 부피)로 구하였으며 마들렌의 비체적은 무게에 대한 부피의 비로 나타내었다.

쌀 마들렌의 색도 측정: 제조한 쌀 마들렌을 0, 1, 4일 실온 암실에서 저장하면서 단면을 색도계(SpectraMagic™ NX, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 Hunter의 L(lightness)값, a(redness)값 및 b(yellowness)값을 3회 반복 측정 후 평균값을 이용하였다. 기기는 L=96.55, a=0.07, b=1.90인 표준 백색판(standard white plate)으로 보정하여 사용하였다.

텍스처 측정: 텍스처 측정은 실온에서 1시간 냉각시킨 마들렌의 crumb 부분을 1×1×1 cm³ 크기로 잘라 모양을 유지하고 수분이 증발되지 않도록 0, 1, 4일 실온의 암실에서 보관하면서 텍스처 측정기(Texture Analyzer, TA-XT Plus, Surrey, UK)로 반복 압축시험 하였다. 기기의 probe는 실린더 모양(Φ 20 mm)을 사용하였고 변형률은 75%를 주었으며 두 번 압축시험 후 힘과 시간으로 그려진 TPA(texture profile analysis) 곡선으로부터 텍스처 측정치를 계산하였다. 각 조건마다 마들렌 시료를 10회 이상 반복 측정하였으며 TPA로부터 경도(hardness), 응집성(cohesiveness), 탄성(springiness), 부착성(adhesiveness), 씹힘성(chewiness), 회복력(resilience)의 특성치를 평균과 표준편차로 비교하였다.

쌀 마들렌의 관능평가: 쌀 마들렌의 관능평가는 차이 조사와 전반적인 품질에 대한 기호 조사를 9점 채점법으로 실시하였다. 각 평가항목에 대한 차이 조사는 훈련된 전남대학교 식품영양학과 대학원생 10명을 평가원으로 9점은 대단히 강하다, 1점은 대단히 약하다로 평가하였으며 반복 측정하였다. 차이 조사는 외관(표면색, 내부색, 기공균일성, 부피), 냄새(이취, 솔잎향), 맛(고소한 맛, 솔잎 맛), 텍스처(경도, 부착성, 탄력성, 촉촉함, 거칠음)였으며, 기호도는 전반적인 품질을 평가하였다.

솔잎첨가 쌀 마들렌의 항산화 활성 측정

솔잎분말과 솔잎생즙을 첨가한 쌀 마들렌을 제조한 후 항산화 활성의 차이를 확인하여 제조과정 중의 항산화 활성의 변화를 알아보았다.

추출물의 제조: 제조된 마들렌을 -80°C 에서 급속냉동시키고 동결건조 하여 분쇄한 다음 100 mesh 체를 통과시켜 분말을 제조하였다. 마들렌의 유지를 제거하기 위해 시료 20 g(건량)에 에테르 200 mL를 넣어 20°C 에서 100 rpm으로 1시간 교반 후 Büchner funnel을 사용하여 진공여과 하였다(filter paper Whatman No 6, Whatman International Ltd., Maidstone, UK). 진공여과 후 잔여물은 70°C 의 건조 오븐에서 overnight 시켰으며, 이 시료 10 g(건량)에 80% 에탄올 40 mL를 넣어 10분 간격으로 저어 1시간 추출하여 상등액을 따르고 잔여물에 20 mL 80% 에탄올을 넣어 3번 반복한 다음 추출한 여과액을 모아 45°C 에서 회전식 농축기(rotary evaporator, SB-1100, Eyela Co. Ltd., Shanghai, China)로 농축시켜 10 mL로 정용하였다. 추출물은 냉장보관 하면서 실험에 사용하였다.

총 플라보노이드 함량: 총 플라보노이드 함량은 Jin 등(26)의 방법을 수정하여 측정하였다. 추출한 시료 1 mL에 증류수 4 mL를 넣고 0.3 mL의 5% NaNO_2 를 혼합한 후 진탕하여 5분간 반응시켰다. 여기에 10% AlCl_3 0.3 mL와 1 M NaOH 2 mL를 넣어 혼합한 후 증류수 2.4 mL를 넣어 진탕한 후 510 nm에서 분광광도계(UV-Vis spectrophotometer, Optizen pop, Mecasys Co., Ltd., Daejeon, Korea)를 이용하여 흡광도를 측정하였다. 총 플라보노이드 함량은 0.1% quercetin(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)을 표준물질로 사용하여 흡광도를 측정한 후 추출물 mL 중의 g quercetin으로 환산하여 표기하였다.

총 페놀성 화합물 함량: 총 페놀성 화합물 함량(total phenolic content)은 Folin-Ciocalteu's phenol 시약을 이용한 비색법에 준하여 분석하였다(26). 시료액 100 μL 에 900 μL 의 증류수와 Folin-Ciocalteu's reagent 100 μL 를 가한 후 5분간 방치하고 7% Na_2CO_3 100 μL 를 가하여 암소에서 1시간 반응시킨 후 UV-vis spectrophotometer로 716 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 gallic acid를 사용하여 표준곡선을 작성한 후 총 페놀 함량은 추출물 mL 중의 g gallic acid(g GAE/mL)로 나타내었다. Gallic

acid를 이용하여 시료와 같은 방법으로 표준곡선식을 작성하였고, 표준곡선식은 $Y=52.063x-0.0033$ 으로 상관계수($R^2=0.9999$)가 매우 높았다. 이때 x는 100 mL당 gallic acid g이고 Y는 716 nm의 흡광도 값이다.

DPPH radical 소거능: 솔잎 첨가 컵케이크의 항산화 활성은 DPPH(1,1'-diphenyl-2-picryl hydrazyl) 라디칼 소거능을 측정하였다. 80% 에탄올로 추출한 시료 0.6 mL에 80% 에탄올 1.3 mL를 넣은 후 2 mM DPPH 용액 2.1 mL를 가하여 암실에서 30분간 반응시켰다. 분광광도계를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였고 DPPH의 전자공여능(electron donating ability, EDA)은 다음과 같은 식으로 계산하였으며 이때 A는 517 nm에서 시료의 흡광도, B는 517 nm에서 대조군의 흡광도였다.

$$\text{EDA} (\%) = \left(1 - \frac{A}{B}\right) \times 100$$

통계처리

모든 결과는 3번 이상 반복 측정하였으며 평균과 표준편차로 나타내었다. SPSS software package(version 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하여 ANOVA에 의해 분산분석을 실시하였고, $P<0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

쌀가루와 솔잎분말의 물 결합능력

마들렌 제조에 영향을 주는 수분 함량을 확인하기 위하여 보람찬 쌀가루와 솔잎분말의 물 결합능력을 측정한 결과 보람찬 쌀가루는 $184.73 \pm 4.16\%$, 솔잎분말은 $60.38 \pm 2.09\%$ 로 솔잎분말의 수분 결합력이 낮았다($P<0.05$). 쌀가루에 솔잎분말을 첨가한 경우는 솔잎분말을 첨가한 만큼 수분 결합력이 낮아졌고 솔잎생즙은 수분을 함유하고 있으므로 분말과 생즙의 첨가조건에 따라 가공적성이 달라지는 것을 고려하여 실험하였다.

쌀 마들렌의 무게, 부피 및 비체적

솔잎분말과 솔잎생즙의 적정 사용량을 확인하기 위해 쌀가루 167 g에 대해 각각 1, 3, 5 g을 첨가하여 마들렌을 제조하였다. 제조한 쌀 마들렌의 무게, 부피 및 비체적은 Table 1에 제시하였다. 백미로 제조한 대조군과 비교 시 솔잎을 첨가하여 마들렌을 제조한 경우 무게가 증가한 경향을 보임을 확인하였다. 이는 솔잎을 첨가한 쌀 컵케이크의 연구(27)에서 솔잎을 첨가함에 따라 무게가 증가하였다는 연구와 유사한 결과였다. 솔잎분말 5 g 첨가군과 솔잎생즙 5 g 첨가군이 대조군의 무게와 유사하였으나 솔잎분말과 생즙을 1, 3 g 첨가하면 무게 증가가 유의적인 차이를 보였다. 쌀 마들렌의 무게는 솔잎분말 5 g 첨가 마들렌이 가장 낮은 값을 보였다($P<0.05$).

Table 1. Weight, volume, and specific volume of rice madeleine added with different contents of PP and PE

Rice samples ¹⁾	Rice madeleine		
	Weight (g)	Volume (mL)	Specific volume (mL/g)
C	23.79±0.13 ^c	51.67±2.89 ^{ab}	2.17±0.12 ^{ab}
PP 1	24.06±0.03 ^a	48.33±2.89 ^{bc}	2.01±0.12 ^{bc}
PP 3	24.03±0.10 ^a	43.33±2.89 ^{cd}	1.80±0.13 ^{cd}
PP 5	23.83±0.12 ^c	41.67±2.89 ^d	1.75±0.13 ^d
PE 1	24.00±0.09 ^{ab}	56.67±2.89 ^a	2.36±0.13 ^a
PE 3	24.08±0.03 ^a	56.67±2.89 ^a	2.35±0.12 ^a
PE 5	23.88±0.09 ^{bc}	53.33±2.89 ^{ab}	2.23±0.12 ^{ab}

Data represents mean±SD.

^{a-d}Different superscripts within a same column are significantly different by Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

¹⁾C, PP, and PE means control, pine needle powder added, and pine needle extracts added rice madeleines, respectively with different concentrations (1, 3, 5 g).

마들렌의 부피는 술잎분말을 첨가한 마들렌에서 대조군에 비해 감소하였다. 술잎분말의 첨가량에 따라 부피가 감소하는 경향을 보였으나, 술잎생즙은 1, 3 g 첨가하였을 때 모두 대조군에 비해 증가하였지만 5 g 첨가 마들렌은 대조군과 비슷한 부피를 나타내었다. Fig. 1과 같이 술잎생즙 첨가군에서는 1, 3 g 첨가군이 대조군보다 109.68%씩 증가하였으며, 술잎분말을 첨가한 경우 6.46~19.35% 감소하였다. 쌀 마들렌의 내부 기공은 술잎분말 첨가군이 술잎생즙 첨가 마들렌보다 균일하여 전체적으로 안정된 내부구조를 보였고 술잎생즙 첨가 마들렌은 분말 첨가 마들렌보다 조밀한 기공구조를 보였다. 술잎분말 5 g을 첨가하였을 때 부피가 감소하고 술잎생즙을 첨가하여 제조한 마들렌의 부피가 큼을 육안으로 확인할 수 있었다. 술잎생즙을 첨가한 마들렌의 경우 외형적으로 볼 때 촉촉한 느낌을 주었으며 부피와 비체적이 증가하였고, 술잎분말 첨가 마들렌보다 상대적으로 술잎 특유의 시원한 향이 더 강하게 나타남을 확인하였다. 이

는 술잎분말과 추출물을 첨가한 쌀 컵케이크 연구(27)와 유사한 결과로 술잎생즙은 술잎을 그대로 갈아서 착즙한 것으로 술잎의 기능성 성분이 함축된 것이라고 생각할 수 있으나 분말은 세포 내에 함유된 성분 중 일부만이 반죽에 혼합되는데 반해 생즙은 세포의 파괴로 인해 술잎향이 더 강하게 나타남을 알 수 있었다(27). 케이크를 제조할 때 비체적에 영향을 주는 인자로는 글루텐과 첨가 재료의 단백질(28), 빵의 기포 형성으로 더 큰 부피를 갖게 하는 설탕, 설탕과 함께 크리밍 형성으로 가소성에 영향을 주는 쇼트닝이나 버터 등이 있다(29). 마들렌의 외관상 색은 분말을 첨가하여 제조한 마들렌은 녹색을 띄었고, 추출물 첨가 마들렌은 갈색을 띄어 술잎분말 첨가 마들렌이 비교적 술잎의 녹색을 잘 유지함을 확인하였다. 이는 술잎분말은 세포가 파괴되지 않고 엽록소가 그대로 들어 있지만 생즙의 경우 세포가 파괴되고 페놀화합물이 유출되면서 산화에 의한 갈변화 반응 진행이 더 용이하였을 것으로 생각되었다(27). 같은 소재의 첨가물이라도 첨가되는 형태에 의해 쌀 마들렌의 기공균일성, 부피, 색 등이 차이가 남을 확인하였으며 이러한 요인이 술잎첨가 쌀 마들렌의 품질 특성과 기능성에 영향을 줄 것으로 생각되었다.

술잎분말과 생즙 첨가에 따른 쌀 마들렌의 색도

쌀가루를 이용한 제품은 제조 과정을 거치면서 여러 가지 변화가 일어난다. 쌀가루에는 기본 색소 외에도 포도당, 지방, 아미노기 함유물 등에 의한 갈변이 일어난다. 이러한 색소 변화는 바람직하기도 하고 바람직하지 않는 경우가 있으므로 쌀가루 등의 시료가 나타내는 색도는 가공적성과 직결된다(22). 쌀 마들렌의 crumb 부분의 색도는 Hunter의 L, a, b value로 나타내었다(Table 2). L값은 술잎을 첨가하지 않은 대조군이 저장 0일과 1일에 각각 68.32~70.86로 가장 높았고, 저장 4일에는 PE1 마들렌이 61.16으로 가장 높았다. L값은 술잎분말과 생즙을 첨가할수록 감소하여 유의적인 차이를 보였다($P<0.05$). 이는 술잎분말과 생즙이 녹

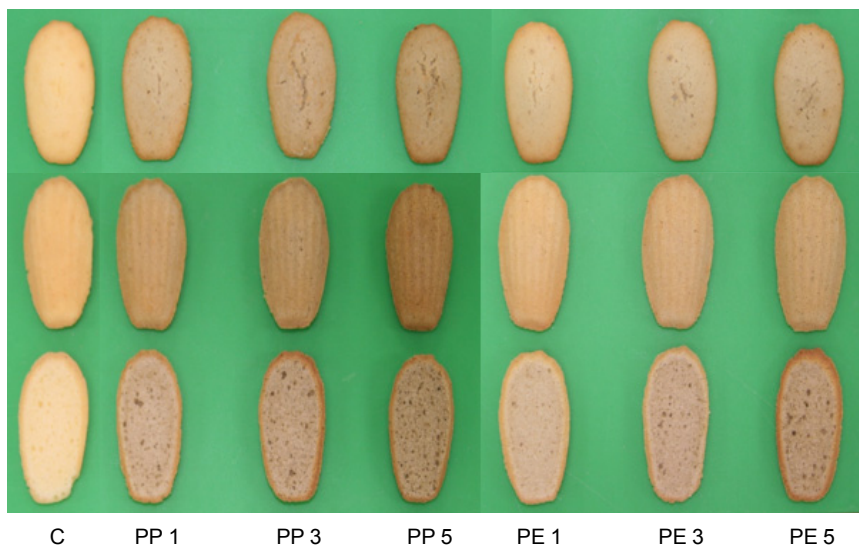


Fig. 1. Front, back, and cross sections of rice madeleine prepared with pine needle powder (PP) and extracts (PE). C, PP, and PE means control, pine needle powder added, and pine needle extracts added rice madeleines, respectively with different concentrations (1, 3, 5 g).

Table 2. Hunter L, a, b values of rice madeleine added with different contents of PP and PE during storage at room temperature

Samples ¹⁾	L				a				b			
	0 day	1 day	4 day	0 day	1 day	4 day	0 day	1 day	4 day	0 day	1 day	4 day
C	68.32±0.04 ^{Ba}	70.86±0.07 ^{Aa}	60.71±0.11 ^{Cb}	3.55±0.05 ^{Bf}	2.76±0.03 ^{Cc}	4.18±0.03 ^{Aa}	27.44±0.09 ^{Ba}	28.49±0.03 ^{Aa}	26.83±0.12 ^{Ca}			
PP 1	56.21±0.19 ^{Bd}	58.54±0.36 ^{Ac}	52.25±0.18 ^{Ce}	3.94±0.03 ^{Ad}	3.07±0.09 ^{Cb}	3.62±0.03 ^{Bd}	20.84±0.06 ^{Bf}	21.61±0.08 ^{Ad}	20.84±0.18 ^{Bg}			
PP 3	56.42±0.26 ^{Ad}	56.88±0.75 ^{Ad}	48.52±0.01 ^{Bf}	4.09±0.07 ^{Ac}	3.21±0.17 ^{Cab}	3.73±0.07 ^{Bc}	23.14±0.31 ^{Ac}	23.02±0.19 ^{Ac}	21.75±0.12 ^{Be}			
PP 5	54.58±0.19 ^{Ae}	54.12±0.04 ^{Bf}	43.83±0.12 ^{Ce}	3.75±0.09 ^{Ae}	3.22±0.03 ^{Cab}	3.51±0.07 ^{Be}	25.55±0.21 ^{Ab}	25.59±0.08 ^{Ab}	22.77±0.06 ^{Bc}			
PE 1	63.63±0.20 ^{Ab}	63.29±0.32 ^{Ab}	61.16±0.09 ^{Ba}	3.68±0.05 ^{Ae}	2.73±0.10 ^{Bc}	3.54±0.07 ^{Ae}	22.53±0.15 ^{Ad}	22.93±0.16 ^{Ac}	22.02±0.30 ^{Bd}			
PE 3	59.37±0.19 ^{Ac}	54.72±0.57 ^{Bef}	54.39±0.17 ^{Bd}	4.25±0.02 ^{Ab}	3.28±0.06 ^{Ca}	3.75±0.04 ^{Bc}	21.37±0.12 ^{Ae}	20.35±0.17 ^{Be}	21.21±0.09 ^{Af}			
PE 5	52.49±0.04 ^{Cf}	55.11±0.09 ^{Be}	56.03±0.06 ^{Ac}	4.67±0.09 ^{Aa}	3.27±0.14 ^{Ca}	3.87±0.08 ^{Bb}	22.36±0.08 ^{Bd}	21.43±0.40 ^{Cd}	23.06±0.06 ^{Ab}			

Data represents mean±SD.

^{a-g}Different superscripts within a same column (PP and PE content) are significantly different by Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

^{A-C}Different superscripts within a same row (storage day) are significantly different by Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

¹⁾C, PP, and PE means control, pine needle extracts added rice madeleines, respectively with different concentrations (1, 3, 5 g).

색과 녹색의 색깔을 띠고 있어 솔잎을 첨가하지 않은 대조군보다 명도가 낮아진 것으로 생각되었다. 솔잎분말과 추출물 첨가 국수(30), 솔잎분말 첨가 쿠키(31), 꾸지뽕잎을 첨가한 스펀지케이크(32) 등의 연구에서 솔잎과 부재료의 첨가에 따라 L값이 감소한 선행 연구와 유사한 결과를 보였다. 적색도를 나타내는 a값은 첨가량이 증가할수록 값이 증가하였으며, 솔잎분말을 첨가한 마들렌보다 생즙을 첨가한 마들렌의 적색도가 상대적으로 더 높게 나타났고, PE5 마들렌이 가장 높은 값을 보였다($P<0.05$). 이는 분말과 생즙을 첨가하여 마들렌을 제조하는 과정 중 열처리 과정에 의해 색소가 변화한 것으로 생각되었다. 저장기간에 따라서는 저장일수가 길어짐에 따라 솔잎분말은 적색도가 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 Kim 등(27)의 솔잎분말과 추출물을 첨가한 쌀 컵케이크 연구에서 저장일수가 길어짐에 따라 적색도가 증가하는 경향을 보인 결과와 상반된 결과였다. 이와 같은 결과는 컵케이크의 경우 달걀거품을 이용한 거품형 제품인 반면 마들렌은 유지를 첨가하여 제조한 반죽형 제품으로 제품의 특성에 기인한 것으로 생각되었다. b값은 솔잎분말의 첨가량이 많을수록 증가하는 경향을 보여 황색이 진하게 나타남을 알 수 있었으며 솔잎생즙 첨가량 증가에 따른 뚜렷한 경향은 나타나지 않았다.

저장기간에 따른 텍스처의 변화

솔잎분말과 생즙의 양을 달리하여 쌀 마들렌을 제조한 후 0일, 1일, 4일 동안 23°C에서 저장하여 텍스처를 측정할 결과는 Fig. 2와 같았다. 솔잎 형태와 첨가량에 따라 경도, 탄성, 응집성, 씹힘성, 회복력에서 유의적인 차이를 보였다($P<0.05$). 솔잎 컵케이크의 경도는 분말 1 g 첨가군이 생즙 첨가군보다 높은 값을 보여 단단하였고, 저장 4일의 경도도 가장 높아 대조군과 솔잎생즙 첨가군보다 더 단단함을 확인하였다. Jung 등(31)의 솔잎가루를 첨가한 쿠키의 텍스처 연구에서 솔잎가루 첨가량이 증가할수록 텍스처가 단단하다고 보고하였고, Lee와 Kim(33)의 솔잎가루를 첨가한 상자병 연구에서 경도가 증가하였다고 하였다. 생즙을 첨가하여 만든 마들렌의 저장 1일 경도가 분말 첨가군보다 높았다($P<0.05$).

탄력성은 첨가물의 함량이 증가함에 따라 뚜렷한 경향을 보이지 않았다. 저장기간이 증가함에 따라 탄력성이 감소하였으며, 대조군보다 솔잎생즙을 첨가한 마들렌의 탄력성이 저장기간이 지나도 상대적으로 높게 나타남을 확인하였다. Lee와 Han(13)의 솔잎가루를 첨가한 솔절기 연구에서는 솔잎의 첨가량이 증가할수록 탄력성이 낮아졌다고 보고하였고, Lee와 Kim(33)의 상자병 연구에서는 첨가량이 증가할수록 탄성이 높아졌다고 보고하였다. 응집성은 전반적으로 비슷한 경향이었고, 솔잎분말 3 g 첨가한 마들렌의 응집성이 상대적으로 낮은 결과를 보였다($P<0.05$). 씹힘성은 4일 저장하였을 때 확연히 감소하였으며, 솔잎분말 3 g 첨가군이 가장 낮아 유의적이었다. Lee와 Kim(33)의 상자병 연구

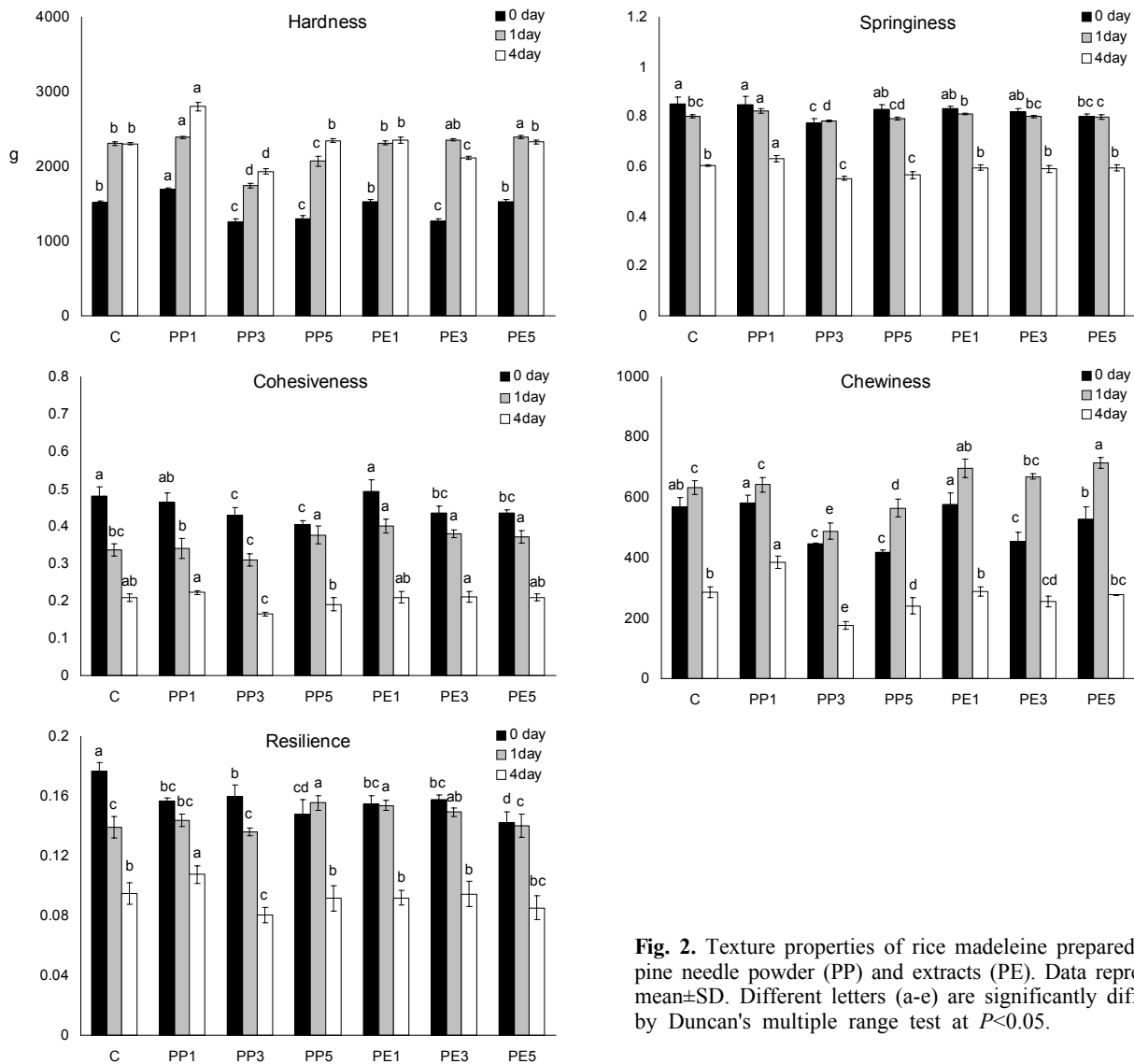


Fig. 2. Texture properties of rice madeleine prepared with pine needle powder (PP) and extracts (PE). Data represents mean±SD. Different letters (a-e) are significantly different by Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

에서는 도토리가루의 첨가량이 증가할수록 씹힘성이 증가하였는데, 솔잎생즙을 첨가한 군에서는 첨가량에 관련 없이 전반적으로 비슷한 결과를 보였다. 솔잎분말 3 g과 생즙 3 g을 첨가한 마들렌의 씹힘성이 낮게 나타났다. 회복력도 솔잎분말 3 g 첨가군에서 가장 낮은 수치를 보였고 전반적으로 비슷한 결과를 보였다.

쌀 마들렌의 관능평가

쌀 마들렌을 제조하여 관능평가를 실시한 결과는 Table 3에 제시하였다. 전체 평가항목 중 유의적인 상관성을 보인 표면색, 내부색, 솔잎향, 솔잎맛 항목과 기호도 조사 결과를 나타냈다. 표면색은 솔잎 생즙 첨가군이 진한 색을 보였으며 솔잎분말 첨가군의 솔잎향과 솔잎맛이 솔잎생즙 첨가군보다 상대적으로 높은 값을 보였다($P<0.05$). Kim 등(27)의 연구에서 20~30대 소비자는 솔잎을 첨가하지 않은 대조군의 선호도가 높았으며 맛과 전체적인 맛에서 대조군을 포함한

솔잎분말 첨가군을 선호하였다는 결과와 유사한 결과였다.

쌀 마들렌의 총 페놀 및 플라보노이드 함량과 항산화 활성

솔잎분말과 추출물을 첨가한 쌀 마들렌을 동결건조 하여 분쇄한 분말을 80% 에탄올로 추출한 추출물의 플라보노이드 함량, 페놀 함량, DPPH 라디칼 소거능(%)을 Fig. 3에 각각 제시하였다. 솔잎생즙보다 솔잎분말을 첨가한 쌀 마들렌의 플라보노이드 함량이 높아 유의적인 차이를 보였고 ($P<0.05$), 분말을 첨가하여 제조한 쌀 마들렌의 경우 첨가량 증가에 따른 플라보노이드 함량이 증가하였다. 이는 제품의 형태 관찰 및 색도의 결과에서 솔잎의 녹색을 잘 유지하고 있었던 솔잎분말 제품의 클로로필에 의한 항산화 능력으로 생각되었다. 총 페놀 함량은 솔잎분말 5 g 첨가한 마들렌이 가장 높았으며 $PP5>PP3$, $PE5>PE1$, $PE3>PP1>C$ 순이었다. 솔잎분말을 첨가한 마들렌의 경우 첨가량이 증가할수록 총 페놀 함량도 뚜렷하게 증가하는 경향을 보였으나, 생

Table 3. Sensory data for preference test of PP and PE added rice madeleine with different contents

Sample ¹⁾	Difference test				Preference test				
	Surface color	Inside color	Pine needle flavor	Pine needle taste	Appearance	Flavor	Taste	Texture	Overall quality
C	2.4±0.6 ^c	1.6±0.6 ^d	1.0±0.0 ^d	1.0±0.0 ^c	5.6±1.1	5.2±1.3 ^b	5.6±1.1	5.4±0.9	5.4±0.9 ^b
PP 1	3.8±0.8 ^{bc}	3.8±1.5 ^c	3.4±1.1 ^c	4.0±1.0 ^b	6.2±1.1	5.6±0.6 ^b	6.2±0.8	6.0±1.0	6.6±0.9 ^a
PP 3	5.0±1.0 ^{ab}	5.0±1.6 ^{bc}	5.4±1.1 ^a	5.6±1.1 ^{ab}	6.2±1.3	6.4±0.9 ^a	6.2±1.3	6.0±1.2	6.8±0.8 ^a
PP 5	6.4±1.1 ^a	6.8±0.8 ^a	6.2±0.8 ^a	6.6±1.1 ^a	5.8±0.8	5.6±1.3 ^b	6.0±1.0	6.2±1.1	6.0±1.0 ^{ab}
PE 1	4.8±1.3 ^{ab}	4.6±1.5 ^c	3.0±1.4 ^c	3.8±2.1 ^b	5.8±0.8	5.6±1.3 ^b	6.0±1.0	6.2±1.1	6.0±0.6 ^{ab}
PE 3	5.8±1.3 ^a	5.4±1.1 ^{abc}	3.8±1.3 ^{bc}	4.8±1.6 ^{ab}	5.8±0.5	5.8±0.5 ^b	6.4±0.9	5.6±1.1	5.6±0.6 ^b
PE 5	6.4±1.5 ^a	6.6±1.1 ^{ab}	5.0±1.2 ^{ab}	6.0±1.6 ^a	5.6±0.9	5.8±1.3 ^b	5.2±1.3	5.6±1.3	5.0±0.8 ^b

Data represents mean±SD.

^{a-d}Different superscripts with a same column are significantly different by Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

¹⁾C, PP, and PE means control, pine needle powder added, and pine needle extracts added rice madeleines, respectively with different concentrations (1, 3, 5 g).

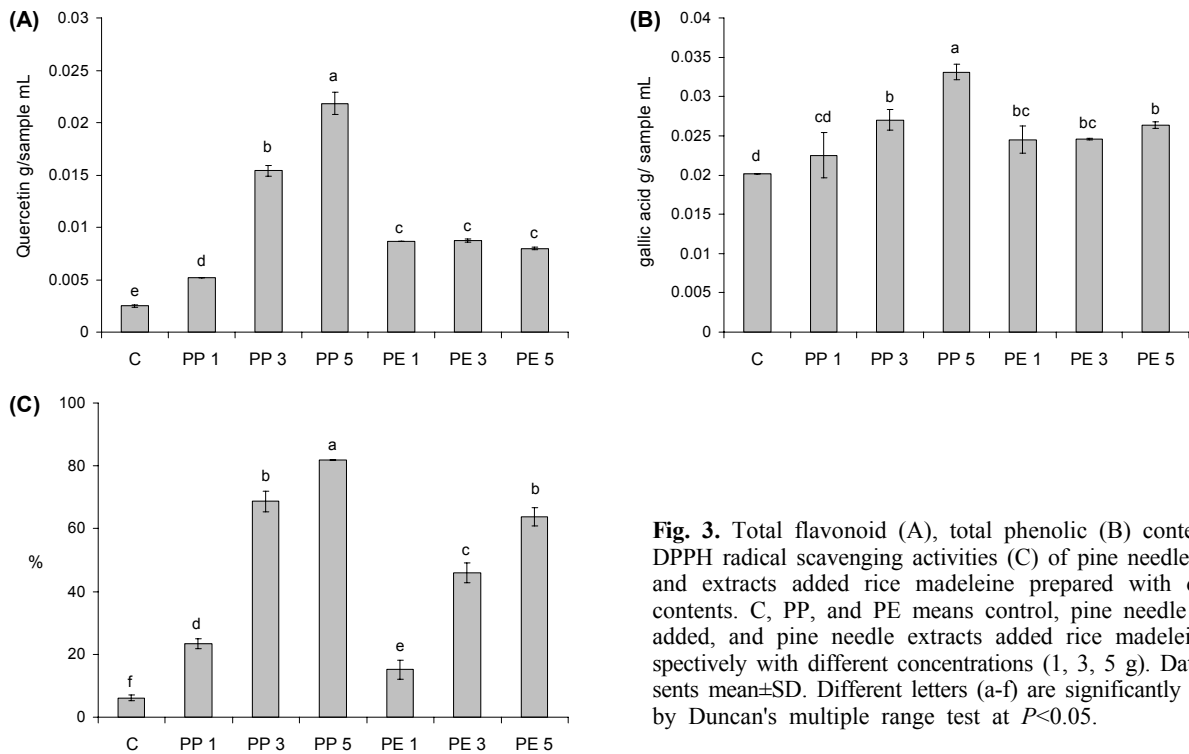


Fig. 3. Total flavonoid (A), total phenolic (B) contents and DPPH radical scavenging activities (C) of pine needle powder and extracts added rice madeleine prepared with different contents. C, PP, and PE means control, pine needle powder added, and pine needle extracts added rice madeleines, respectively with different concentrations (1, 3, 5 g). Data represents mean±SD. Different letters (a-f) are significantly different by Duncan's multiple range test at $P<0.05$.

즙을 첨가한 마들렌에서는 첨가량에 따른 함량의 증가가 거의 없었다. DPPH 소거능은 솔잎생즙과 분말을 첨가할수록 증가하였으며, 솔잎분말을 첨가한 쌀 마들렌의 DPPH 소거능이 솔잎생즙보다 유의적으로 높았다($P<0.05$). 솔잎분말 5 g 첨가한 마들렌이 가장 높았으며, 솔잎생즙과 분말의 첨가량이 동일할 때 솔잎분말을 첨가한 쌀 마들렌의 DPPH 소거능이 높아 유의적이었으므로 솔잎분말을 첨가한 마들렌이 솔잎생즙을 첨가한 것보다 기능성이 높은 것으로 확인되었다. 항산화 실험 결과 솔잎을 첨가하여 제조한 마들렌의 총 플라보노이드 함량, 총 페놀성 화합물 함량이 대조군에 비해 높은 것으로 보아 기능성이 있는 것으로 생각되었고, 솔잎의 첨가형태가 분말일 때 생즙보다 더 높은 기능성을 보였으나 제품 제조 과정 중 감소한 것으로 생각되었다.

요 약

솔잎의 기능성을 부여한 쌀가루 가공 제품을 개발하기 위하여 동결건조 한 솔잎분말과 압착에 의한 솔잎생즙을 각각 첨가하여 쌀 마들렌을 제조하였고 이화학적, 텍스처 및 관능평가를 실시하였으며 제품의 항산화 활성을 비교하였다. 솔잎을 첨가한 제품의 항산화 활성이 대조군에 비해 높음을 확인하였고, 같은 소재의 솔잎도 첨가되는 물질의 상태가 달라 제품의 품질에 유의적인 영향을 주었다. 마들렌의 비체적은 솔잎분말을 첨가하였을 때를 제외하고 모두 증가하였으며 텍스처도 유의적인 차이를 보였다. 본 연구를 통해 쌀 마들렌의 선호도는 솔잎분말 첨가 제품이 더 좋게 평가되었다. 위의 결과 솔잎의 향과 맛을 가지고 항산화 활성이 있는 솔

있 쌀 마들렌을 제조하려면 솔잎분말을 쌀가루에 대해 0.6~1.8%, 솔잎생즙 0.6% 첨가한 것이 전체적인 선호도가 높았으며 그중 솔잎향과 전체적인 맛이 높은 쌀 마들렌은 솔잎분말을 쌀가루에 대해 1.2% 첨가하는 것임을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2011년 농림수산식품부 기술사업화지원사업에 의해 이루어진 것이므로 이에 감사를 드립니다.

REFERENCES

1. Yim MH, Hong TG, Lee JH. 2006. Antioxidant and antimicrobial activities of fermentation and ethanol extracts of pine needles (*Pinus densiflora*). *Food Sci Biotechnol* 15: 582-588.
2. Choi MY, Choi EJ, Lee E, Rhim TJ, Cha BC, Park HJ. 1997. Antimicrobial activities of pine needle (*Pinus densiflora* Seib et Zucc.) extract. *Kor J Appl Microbiol Biotechnol* 25: 293-297.
3. Kim YS, Shin DH. 2005. Volatile components and antibacterial effects of pine needle (*Pinus densiflora* S. and Z.) extracts. *Food Microbiol* 22: 37-45.
4. Zeng WC, He Q, Sun Q, Zhong K, Gao H. 2012. Antibacterial activity of water-soluble extract from pine needles of *Cedrus deodara*. *Int J Food Microbiol* 153: 78-84.
5. Kim SM, Cho YS, Sung SK, Lee IG, Lee SH, Kim DG. 2002. Antioxidative and nitrite scavenging activity of pine needle and green tea extracts. *Korean J Food Sci Ani Resour* 22: 13-19.
6. Park YS, Jeon MH, Hwang HJ, Park MR, Lee SH, Kim SG, Kim M. 2011. Antioxidant activity and analysis of proanthocyanidins from pine (*Pinus densiflora*) needles. *Nutr Res Pract* 5: 281-287.
7. Choi HS, Hang D, Cho SJ, Kang SC, Sohn ES, Lee SP, Pyo S, Son E. 2006. Immunomodulatory activity of pine needle (*Pinus densiflora*) extracts in macrophages. *Korean J Food Sci Nutr* 11: 105-109.
8. Jeon JR, Kim JY, Lee KM, Cho DH. 2005. Anti-obese effects of mixture contained pine needle, black tea, and green tea extracts. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 48: 375-381.
9. Jeon JR, Kim JY. 2006. Effects of pine needle extract on differentiation of 3T3-L1 preadipocytes and obesity in high-fat diet fed rats. *Biol Pharm Bull* 29: 2111-2115.
10. Kim JD, Yoon TH, Choi M, Im KJ, Ju JS, Lee SY. 1991. Effect of dietary supplementation with pine leaf on lipid parameters in rats. *Korean J Gerontolgy* 1: 47-50.
11. Yen GC, Duh PD, Huang DW, Hsu CL, Fu TY. 2008. Protective effect of pine (*Pinus morrisonicola* Hay.) needle on LDL oxidation and its anti-inflammatory action by modulation of iNOS and COX-2 expression in LPS-stimulated RAW 264.7 macrophages. *Food Chem Toxicol* 46: 175-185.
12. Park G, Paudyal DP, Park Y, Lee C, Hwang I, Tripathi GR, Cheong H. 2008. Effects of pine needle extracts on plasma cholesterol, fibrinolysis and gastrointestinal motility. *Biotechnol Bioprocess Eng* 13: 262-268.
13. Lee HG, Han JY. 2002. Sensory and textural characteristics of *Solsulgi* using varied levels of pine leave powders and different types of sweeteners. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 18: 164-172.
14. Lee HJ, Cui CB, Choi HT, Kim SH, Ham YA, Lee DS, Ham SS. 2005. Biological activities of the vaporized liquid of water-boiled pine needle. *Korean J Food Preserv* 12: 179-183.
15. Renzetti S, Bello FD, Arendt EK. 2008. Microstructure, fundamental rheology and baking characteristics of batters and breads from different gluten-free flours treated with a microbial transglutaminase. *J Cereal Sci* 48: 33-45.
16. Shin M, Gang DO, Song JY. 2010. Effects of protein and transglutaminase on the preparation of gluten-free rice bread. *Food Sci Biotechnol* 19: 951-956.
17. Turabi E, Summu G, Sahin S. 2010. Quantitative analysis of macro and micro-structure of gluten-free rice cakes containing different types of gums baked in different ovens. *Food Hydrocolloid* 24: 755-762.
18. Kim MH, Kim HJ, Kim MY, Kim MR. 2008. Optimization of spirulina using response surface methodology. *Korean J Food Culture* 23: 761-770.
19. Shin M, Gang DO, An YH. 2007. Rice bread and the preparation of rice bread and thereof. *Korean Patent* 0742572.
20. Jang JO. 2007. Quality properties of madeleine added with black bean *Chungkukjang* flour. *J East Asian Soc Dietary Life* 17: 840-845.
21. Lim YT, Kim DH, Ahn JB, Choi SH, Han GP, Kim GH, Jang KI. 2012. Quality characteristics of madeleine with peach (*Prunus persica* L. Batsch) juice. *Korean J Food & Nutr* 25: 664-670.
22. Kim W. 2008. Effect of addition of enzyme-resistant rice RS3 on quality and textural characteristics of madeleine. *Korean J Human Ecology* 19: 191-201.
23. Park SJ, Ha KY, Shin M. 2012. Properties and qualities of rice flours and gluten-free cupcakes made with higher-yield rice varieties in Korea. *Food Sci Biotechnol* 21: 365-372.
24. Medcalf DF, Gilles KA. 1965. Wheat starches: I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem* 42: 558-568.
25. AACC. 2000. *Approved Methods of the AACC*. 10th ed. American Association for Clinical Chemistry, St. Paul, MN, USA. Method 72-10.
26. Jin YI, Hong SY, Kim SJ, Ok HC, Lee YJ, Nam JH, Yoon YH, Jeong JC, Lee SA. 2010. Comparison of antioxidant activity and amino acid components of mungbean cultivars grown in highland area in Korea. *Korean J Environ Agric* 29: 381-387.
27. Kim WJ, Kim JM, Huh YR, Shin M. 2012. Antioxidant activity and quality characteristics of rice cupcakes prepared with pine needle powder and extract. *Korean J Food Cookery Sci* 28: 613-622.
28. Kim JN, Shin WS. 2009. Physical and sensory properties of chiffon cake made with rice flour. *Korean J Food Sci Technol* 41: 69-76.
29. Lee HJ, Do JR, Kwon JH, Kim HK. 2011. Physiological activities of extracts from different parts of *Cudrania tricuspidata*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 942-948.
30. Jeon JR, Kim HH, Park GS. 2005. Quality characteristics of noodles prepared with pine needle powder and extract during storage. *Korean J Food Cookery Sci* 21: 685-692.
31. Jung HA, Kim SH, Lee MA. 2009. Storage quality characteristics of cookies prepared with pine needle powder. *Korean J Food Preserv* 16: 506-511.
32. Lee JH, Son SM. 2011. Effect *Cudrania tricuspidata* leaf powder addition on the quality of sponge cakes. *Food Eng Prog* 15: 376-381.
33. Lee HG, Kim HJ. 2000. Sensory and mechanical characteristics of Sang-ja-byung by different ingredient. *Korean J Soc Food Sci* 16: 342-351.