

뽕잎분말을 첨가한 당면의 생리활성 평가

A Study on the Physicochemical Activities of Dangmyon (starch vermicelli) Added with Mulberry Leaves Powder

전서영¹ · 김애정² · 노정옥^{1*}

전북대학교 식품영양학과¹, 경기대학교 대체의학대학원²

Jeon, Seo Young¹ · Kim, Ae Jeong² · Rho, Jeong Ok^{1*}

1Department of Food Science and Human Nutrition, Chonbuk National University, Jenju 54896, Korea

2Department of Alternative Medicine, Kyonggi University, Seoul 03746, Korea

Abstract

This study was performed to investigate the physicochemical activities such as mineral contents, antioxidant activities, β -glucosidase activity, and angiotensin I-converting enzyme(ACE) inhibitory effect of Dangmyon (starch vermicelli) prepared with mulberry leaves powder. Mulberry leaves powder was added in ratio (w/w) of 0% (CON), 0.5% (MD1), 1.0% (MD2), 1.5% (MD3), and 2.0% (MD4), and then mineral contents, total polyphenol contents, antioxidant, antidiabetic, and antihypertensive activities of the Dangmyon were measured. The mineral contents were significantly increased by the addition of mulberry leaves powder ($p < 0.001$). The total polyphenol contents and antioxidant activities of Dangmyon were significantly increased by the addition of mulberry leaves powder ($p < 0.05$). In terms of antidiabetic and antihypertensive activities showed MD1 ~ MD4 samples higher contents of ACE and α -glucosidase compared to control ($p < 0.05$). Our findings suggest that addition of mulberry leaves powder to Dangmyon may improve the effects of anti-oxidation, anti-DM, and anti-hypertension and provide health benefits of consumers.

Keywords: Dangmyon, mulberry leaves, mineral, antioxidant, antidiabetic, antihypertensive

I. 서론

당면은 고구마전분을 주원료로 제조되어 영양성분으로
는 탄수화물이 대부분이지만 특유의 씹힘성과 조리 시 다
른 식재료와 잘 어울려 조화로운 풍미를 주기 때문에 기
호도가 높은 식품 중 하나다(Ryoo & Hong, 2009). 현재
우리나라 당면의 전체 시장규모는 2,150억으로 가정 및
업소에서 뿐만 아니라 단체급식에서의 사용량이 증가하고
있다. 이러한 조건에도 불구하고 당면의 품질향상 및 신
제품개발에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다(Jeon et

al., 2015).

그 동안의 당면연구로는 다양한 전분이나 쌀가루를 원
료로 사용한 당면제조법(Ko & Kim, 1990; Lee et al.,
2002; Seo, 2008), 당면의 이화학적 특성연구(Yook &
Kim, 2001; Yook & Lee, 2001), 자몽종자 추출물을 처
리한 당면의 저장성 연구(Kim et al., 2004a) 및 당면 제
조공정별 위해요소 분석 연구(Cheon et al., 2012) 등이
있다. 최근, 명반으로 인한 고혈압, 간경화 등의 유발가능
성이 알려지면서 당면 제조 시 물성보완제로 키토산을 이
용한 연구(Cheon et al., 2012)와 당면의 향미, 천연색소

* Corresponding Author : Rho Jeong Ok

Tel: +82-63-270-4135

Fax: +82-63-270-3854

E-mail: jorho@jbnu.ac.kr

등의 안정성 및 품질향상을 위하여 베타-시클로덱스트린 (β -cyclodextrin)을 첨가한 연구(Lee & Shin, 2000)가 있을 뿐 아직까지 천연식물자원을 이용하여 당면의 생리활성을 향상시키고자 하는 연구는 많지 않다.

콩잎은 여러 가지 생리활성물질이 다양하게 함유되어 있어 약리효과가 뛰어난 천연식물자원이다(Kim, 2005). 즉, 혈당강하 및 항당뇨 효과가 있는 DNJ (1-deoxynojirimycin), 혈압강하 효과가 있는 γ -aminobutyric acid(GABA) 및 항산화 효과가 있는 flavonoid 성분을 함유하고 있다(Bae & Ye, 2010; Chae et al., 2003). Kim(1999)은 콩잎의 기능성 효과 규명에서 콩잎에는 조단백질 25~35%, 조지방 3.5%, 조섬유소 10.7%, 회분 7.2%, 탄수화물 20.2%를 함유하고 있으며, 펠수 아미노산, 미네랄과 섬유소가 풍부하여 현대인의 생활습관병 예방효과가 높다고 보고하였다(Kim et al., 2003). 이와 같이 콩잎은 다양한 기능성 성분으로 식품소재로서의 가치가 인정되어 빵·케이크류(Choi et al., 2007; Kim, 2003; Kim & Cho, 2010), 떡류(Kim et al., 2000; Nam et al., 2004), 강정(Yuh & Kim, 2001), 면류(Kim, 2002; Song et al., 2010), 김치(Lee & Rho, 2014a; Lee & Rho 2014b; Shin et al., 2007) 및 메밀묵(Kim & Seok, 2013) 등의 콩잎을 이용한 제품개발이 이루어졌으나 현재 판매되고 있는 콩잎제품은 콩잎음료(Kang, 2015), 콩잎김치(Shin, 2015) 등으로 시판제품은 다양하지 않다.

따라서 본 연구에서는 기존 당면의 생리활성을 향상시

키고자 고구마전분, 키토산에 콩잎분말과 베타-시클로덱스트린의 첨가량을 달리한 콩잎당면을 부안지역 당면업체의 지원으로 제조한 후 무기질 함량, 항산화능과 항고혈압, 항당뇨 효소활성 분석을 실시하였다. 이를 통하여 콩잎의 생리활성능이 강화된 당면의 개발 및 상품화에 기여하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

당면제조에 사용된 콩잎분말은 2014년 전북 부안군에서 생산된 것을 동훈푸드산업(부안군, 한국)에서 구입하였으며 고구마전분과 키토산은 (주)서안(부안군, 한국)에서 제공받았다. 베타-시클로덱스트린은 (주)에이스기술연구소(군포시, 한국)에서 구입하여 사용하였다.

2. 콩잎분말 첨가 당면의 제조

본 연구의 콩잎당면 제조방법은 선행연구(Seo, 2008; Yook & Kim, 2001)와 실제 당면제조업체의 제조공정을 기본으로 하여 실시하였다(특허출원 10-2014-0177029). 콩잎당면은 고구마전분(196~200 g)과 키토산(0.4 g)에 증류수(170~180 mL)를 첨가하여 혼합액을 만들었다. 그 다음에 콩잎분말(0~2.0%)과 β -cyclodextrin(0~

(Table 1) Formulas for the manufacture of Dangmyon(starch vermicelli) added with mulberry leaves powder

Samples	Ingredient (g)			
	Sweet potato starch	Chitosan	Mulberry leaves powder	β -Cyclodextrin
CON ¹⁾	200	0.4	0	0
MD1	199	0.4	1	1
MD2	198	0.4	2	2
MD3	197	0.4	3	3
MD4	196	0.4	4	4

¹⁾CON: sweet potato starch added with 0% mulberry leaves powder

MD1: sweet potato starch added with 0.5% mulberry leaves powder

MD2: sweet potato starch added with 1.0% mulberry leaves powder

MD3: sweet potato starch added with 1.5% mulberry leaves powder

MD4: sweet potato starch added with 2.0% mulberry leaves powder

2.0%)을 전분(w/w)비율에 따라 일정 농도별로 첨가하여 호액을 형성한 후, 형성된 호액에 나머지 고구마전분을 진공기에 넣어 공기를 제거한 후 압출기를 통하여 당면을 성형하였다. 제조된 당면은 100℃의 물에 호화시킨 후, 15±5℃의 물에서 냉각 후 절단하였다. 절단된 당면을 6시간 동안 숙성시킨 후 예냉과 냉동처리 후 26~30℃에서 18시간 동안 당면을 건조하였다. 건조된 당면은 실온에서 보관하며 분석에 이용하였다(Jeon et al., 2015). 뽕잎당면의 함량별 배합비는 <Table 1>과 같다. 본 연구에서는 뽕잎분말 무첨가 일반당면(CON)과 뽕잎분말 0.5%, 1.0%, 1.5% 및 2.0% 첨가된 당면을 MD1, MD2, MD3 및 MD4로 명명하였다.

3. 무기질함량 측정

1) 가수분해 조건

시험용액의 제조는 시료 1 g정도 정밀히 달아 마이크 로웨이브용 Express Vessel에 넣고 질산(70%) 5 mL를 가한 후 Hood에서 20시간 방치하여 예비 분해를 한 후 Microwave Digestion System으로 분해하였다. 600 W Power에서 30분간 180℃ 까지 상승시킨 후, 30분간 온도를 유지하고 상온상안까지 식혔다. 상온에서 꺼내 50 mL 튜브에 담아 2% 질산 수용액을 가해 최종용액을 50 mL로 희석하여 시험용액을 만들었다. 이 수용액을 희석해서 1/10, 1/100 그리고 1/1,000으로 하였다.

2) 분석조건

분해한 시험용액을 유도결합플라즈마질량분석기용 표준용액 (Agilent Multi-Element Calibration Standard 2A-8500-6940, Agilent Technology, USA)을 사용해 50 mL 튜브에 희석하여 표준용액을 제조하였다. 제조한 시험용액은 유도결합플라즈마질량분석기 (HP7973MSD, P6890plusGC, Agilent Technology, USA)를 이용하여 나트륨, 마그네슘, 칼륨, 칼슘, 구리 그리고 아연을 분석하였다. 시료는 3반복 실험하여 평균과 표준편차를 구하였으며 분석조건과 각 원소별 원자량, 이성체의 종류 및 분석에 이용한 원자량 값은 <Table 2>와 <Table 3>과 같다.

4. 항산화능과 효소활성 측정

1) 추출물 제조

뽕잎분말과 뽕잎당면의 항산화능과 효소활성 측정을 위해 70% 에탄올 추출물을 제조하였다. 뽕잎분말과 뽕잎당면 무게 대비 각각 20배 부피의 70% 에탄올을 첨가한 후 48시간 동안 homogenizers로 상온에서 추출하였다. 이렇게 2, 3차 추출액을 얻어 모두 혼합한 후 감압농축기(HS-2005S-N, Hahn Shin Scientific Co., Kyonggi, Korea)로 용매를 증발시켜 농축액을 동결건조기(FD8508, Shinbiobase, Kyonggi, Korea)를 이용하

(Table 2) Operating conditions and data acquisition parameters for ICP-MS

Parameter	Operating conditions
Rf power(W)	1200
Argon gas flow rates	
Plasma	15.0 L/min
Auxiliary	0.86 L/min
Carrier	1.08 L/min
Sampling and skimmer cones	Nickle
Acquisition parameters	Quantitative
Points / mass	3
Intergration time / mass	0.3 sec
Mean acquisition time / replicate	1.84 sec
Replicates	3
Mean acquisition time / sample	5.52 sec

여 동결건조 후 분말화하여 -70℃ deep freezer에 보관하면서 시료로 사용하였다.

2) Total polyphenol 함량 측정

총 페놀 함량은 Arnous et al.(2001)의 방법을 수정하여 측정하였다. 추출물 500 µL을 취하고 2N Folin-Ciocalteu 시약 50 µL를 가하여 실온에서 3분간 방치한 후, 20% Na₂CO₃용액 500 µL를 가하여 이 혼합액을 25 °C에서 1시간 동안 방치하였다. 이 혼합물에서 100 µL을 취해 ELISA (Tecan Infinite M200 Pro, GreenMate Bio., Seoul, Korea)을 사용하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도는 tannic acid를 이용하여 표준곡선을 작성하고 총 폴리페놀 함량을 계산하였다. 시료는 3반복 실험하여 평균과 표준편차를 구하였다.

3) DPPH radical 소거능 측정

DPPH free radical 소거능은 Jeong et al.(2010)의 방법을 수정하여 측정하였다. 96 well micro plate에 추출물의 농도를 Dose dependent 하게 희석한 100 µL의 추출물에 각각 0.1 mM DPPH ethanol 용액 100 µL을 첨가한 후, 30분간 실온에 방치하여 517 nm에서 ELISA (Tecan Infinite M200 Pro, GreenMate Bio., Seoul, Korea)를 사용하여 흡광도를 측정하였다. 이 때 농도별 전자공여능은 백분율로 표현하였고, IC₅₀(The half maximal inhibitory concentration)저해 농도는 µg/mL 단위로 표시하였다. 시료는 3반복 실험하여 평균과 표준편차를 구하였으며 free radical 소거능 계산식은 다음과 같다.

$$\text{free radical 소거능(\%)} = [(1 - \text{반응군의}$$

$$\text{흡광도})/\text{대조군의 흡광도}] \times 100$$

4) ABTS radical 소거능 측정

ABTS free radical 소거능은 Jeong et al.(2010)의 방법을 수정하여 측정하였다. 7.4 mM ABTS 용액에 2.6 mM Potassium phosphate를 첨가한 후 24시간 냉동보관하고 1배 PBS buffer 용액을 15배 희석하여 732 nm에서 흡광도를 0.700±0.03(mean±SD)로 맞춰 ABTS reagent로 사용하였다. 제조한 ABTS reagent 950 µL와 추출물의 농도를 Dose dependent 하게 희석한 각각 추출물을 50 µL씩 투여하여 실온에서 5분간 반응 시킨 후, ELISA (Tecan Infinite M200 Pro, GreenMate Bio., Seoul, Korea)를 사용하여 732 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 때 농도별 전자공여능은 백분율로 표현하였고, IC₅₀ 저해 농도는 µg/mL 단위로 표현 하였다. 시료는 3반복 실험하여 평균과 표준편차를 구하였으며 free radical 소거능은 다음 계산식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{free radical 소거능(\%)} = [(1 - \text{반응군의}$$

$$\text{흡광도})/\text{대조군의 흡광도}] \times 100$$

5) Angiotensin I-converting enzyme 저해능 측정

Angiotensin I-converting enzyme(ACE)저해 활성은 Cushman & Cheung(1971)의 방법에 따라 측정하였다. 조효소액은 rabbit lung acetone powder(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 0.3 M NaCl을 함유한 0.1 M sodium borate buffer(pH 8.3)에 1 g/mL (w/v)의 농도로 4°C에서 24시간 추출한 후, 4°C, 4,000 rpm에서 40분간 원심 분리하여 상등액을 ACE 조효소액으로 사용하였다.

(Table 3) Isotopes of elements and measured value by Agilent Multi-Element Calibration Standards

Elements	Atomic Weight	Isotopes	Measured Value
Na	23.0	23	23
Mg	24.3	24, 25, 26	24
K	39.1	39, 40, 41	39
Ca	40.1	40, 42, 43, 44, 46, 48	44
Cu	63.6	63, 65	63
Zn	65.4	64, 66, 67, 68, 70	64

기질은 0.3 M NaCl이 함유된 0.1 M sodium borate buffer(pH 8.3)에 HHL(hippuryl-histidyl-leucine, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)을 5 mg/mL(w/v)의 농도로 녹인 후 기질로 사용하였다. ACE 저해활성은 시료 50 µL에 ACE 조효소액 50 µL을 가한 다음 37°C에서 5분간 예비 반응시킨 후, 기질 50 µL을 가하고 다시 37°C에서 1시간 반응시켰다. 150 µL의 1 N HCl로 반응을 정지시키고 750 µL의 ethyl acetate를 가한 후, 1분간 교반하고 4°C, 5,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후, 500 µL의 상등액을 얻었다. 이 상등액을 120°C에서 30분간 완전히 건조시켜 2 mL의 메탄올을 넣은 후 ELISA (Tecan Infinite M200 Pro, GreenMate Bio., Seoul, Korea)를 이용하여 228 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군은 추출물 대신 추출용매 50 µL을 가해서 실험하였다. 시료는 3반복 실험하여 평균과 표준편차를 구하였으며 ACE 저해 활성효과는 다음 계산식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{저해율(\%)} = \frac{[(1 - \text{반응군의 흡광도}) / \text{대조군의 흡광도}] \times 100}{100}$$

6) α-glucosidase 저해활성 측정

빵잎분말과 빵잎당면 70% 에탄올 추출물 시료의 α-glucosidase 저해활성 분석은 Kim et al.(2004b)의 방법에 따라 측정하였다. 96 well plate를 이용하여 시료 50 µL에 0.7 unit α-glucosidase 효소액(G5003, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 100 µL를 첨가하여 혼합한 다음 37°C에서 10분간 반응시킨 후, 1.5 mM p-NPG (p-nitrophenyl-α-D-glucopyranoside) 기질액을 50 µL 넣고 37°C에서 20분간 반응시켰다. 1 M Na₂CO₃ 1 mL를 첨가하여 반응을 정지시킨 뒤, Anthos 2020 microplate reader (Cambridge, England)로 405 nm에서 흡광도를 측정하였다. α-glucosidase 저해활성을 비교하기 위하여 양성 대조군으로 acarbose를 사용하여 측정하였다. 시료는 3반복 실험하여 평균과 표준편차를 구하였다.

5. 통계처리

본 실험에서 얻어진 결과는 통계분석용 소프트웨어인 SPSS 17.0 package를 이용하여 분석하였다. 실험결과는

일원 분산분석(one-way ANOVA)으로 유의성을 분석하였고, 유의차가 있는 경우 Duncan의 다중범위 검정(Duncan's multiple range test)를 실시하여 p<0.05 수준으로 검증하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 무기질 함량

빵잎당면의 무기질 함량 분석 결과는 <Table 4>와 같다. 빵잎당면에 함유된 무기질은 나트륨(Na), 마그네슘(Mg), 칼륨(K), 칼슘(Ca), 구리(Cu), 아연(Zn) 순으로 나타났다며 모든 항목에서 대조군과 첨가군간에 유의적인 차이를 보였다(p<0.001). 나트륨(Na)은 대조군(43.52 mg)에 비해 첨가군의 Na함량이 크게 증가하였으나 첨가군간에는 유의적인 차이가 없었다. 마그네슘(Mg)은 대조군이 33.97 mg으로 가장 낮은 값을 보였으며 MD3가 85.27 mg으로 가장 높은 값을 보였다(p<0.001). 대조군의 칼륨(K)은 51.48 mg이었으나 MD3와 MD4가 396.90~396.08 mg으로 높게 나타나 두 시료간에는 유의적인 차이는 없었다. 칼슘(Ca)은 대조군이 213.30 mg으로 빵잎분말 첨가에 따라 첨가군의 칼슘의 함량이 증가하였으나 MD3(0.24 mg)와 MD4(0.25 mg), MD1(0.19 mg)과 MD2(0.21 mg) 각각의 시료간에는 유의적인 차이가 없었다. 구리(Cu)의 경우 대조군은 0.15 mg, 첨가군은 0.19~0.25 mg으로 빵잎분말첨가에 따른 증가가 높지 않았다. 아연(Zn)은 대조군은 0.52 mg으로 가장 낮은 값을 보였으며 MD4가 3.02 mg으로 나타났으며 첨가군간에 유의적인 차이를 보였다. Kim et al.(2003)의 연구에서 빵잎 중에는 섬유질 함량은 52%이며 각종 무기질과 섬유질 함량이 매우 높으며 특히 칼슘 2,699 mg, 철분 44 mg, 칼륨 3,100 mg으로 함유량이 높다고 보고하였다. 본 연구에서도 빵잎분말을 첨가한 당면의 경우 무첨가 당면보다 Ca, K 등의 무기질 함량이 높게 나타났다. Kim et al.(2000)의 빵잎가루를 첨가한 빵잎절편 연구에서 빵잎가루 첨가량이 증가할수록 절편의 무기질 함량이 유의적으로 증가하였다는 보고와 동일한 결과를 보였다.

(Table 4) Mineral contents analysis of Dangmyon(starch vermicelli) added with mulberry leaves powder by ICP_MS

(unit : ppm, mg/kg)

Samples	CON ¹⁾	MD1	MD2	MD3	MD4	F-value
Na	43.52±2.67 ^{2)b}	221.01±25.52 ^a	215.51±44.53 ^a	245.89±48.47 ^a	246.71±68.89 ^a	11.286 ^{***}
Mg	33.97±1.09 ^c	49.13±1.28 ^d	60.84±1.24 ^c	85.27±0.57 ^a	81.85±1.45 ^b	1041.466 ^{***}
K	51.48±2.49 ^c	140.04±28.30 ^c	248.16±48.45 ^b	396.90±58.75 ^a	396.08±76.33 ^a	28.464 ^{***}
Ca	213.30±60.71 ^c	563.93±60.82 ^b	626.85±11.55 ^b	751.87±11.55 ^a	752.14±77.70 ^a	53.713 ^{***}
Cu	0.15±0.01 ^d	0.19±0.01 ^c	0.21±0.002 ^{bc}	0.24±0.007 ^{ab}	0.25±0.04 ^a	10.030 ^{***}
Zn	0.52±0.02 ^c	1.59±0.05 ^d	1.80±0.02 ^c	2.97±0.06 ^b	3.02±0.05 ^a	2625.050 ^{***}

¹⁾Abbreviations are referred to Table 1.²⁾Means±SD(n=3)^{a-c}Means within a column with different letters are significantly different($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.^{***}: $p<0.001$

2. Total polyphenol 함량

빵잎분말과 빵잎당면의 총 폴리페놀 함량은 <Table 5>와 같다. 식물계에 널리 분포되어 있는 페놀화합물은 phenolic hydroxy group을 가지고 있어 단백질 또는 효소 단백질, 기타 2가 금속이온 및 거대분자들과 결합하는 성질을 가지며 항산화 및 항미생물 효과를 나타낸다(Kim, 2005). Kim & Seok(2013)은 과일이나 채소에 다량으로 함유된 천연 항산화 물질들이 빵잎에도 다량 함유되어 있

으며 특히 어린 빵잎의 항산화능이 가장 높다고 보고하였다. Park et al.(2014)은 Total polyphenol은 Anthocyanin과 anthoxanthine을 포함하는 비질소성 식품색소로 지질 과산화에 대한 항산화제의 기능을 가진다고 하였는데 본 연구에 사용된 빵잎분말의 총 폴리페놀 함량은 82.01 mg TAE/g이었다. 빵잎분말 무 첨가 대조군과 빵잎분말이 첨가된 비교군들의 총 폴리페놀 함량은 각각 CON 2.84 mg TAE/g, MD1 9.27 mg TAE/g, MD2 15.27 mg TAE/g, MD3 17.80 mg TAE/g, 및 MD4 22.03 mg TAE/g으로

(Table 5) Total polyphenol contents of extracts of Dangmyon(starch vermicelli) added with mulberry leaves powder

Samples	MUL ¹⁾	CON	MD1	MD2	MD3	MD4	F-value
Total polyphenol (mg TAE/g)	82.01±0.26 ^{2)a}	2.84±0.18 ^f	9.27±0.73 ^e	15.27±0.14 ^d	17.80±0.43 ^c	22.03±0.83 ^b	11,416.866 ^{***}

¹⁾MUL mulberry leaves powder extracts(48 hr 70% EtOH extraction)

CON mulberry leaves powder 0% included mulberry Dangmyon extracts(48hr 70% EtOH extraction)

MD1 mulberry leaves powder 0.5% included mulberry Dangmyon extracts(48hr 70% EtOH extraction)

MD2 mulberry leaves powder 1.0% included mulberry Dangmyon extracts(48hr 70% EtOH extraction)

MD3 mulberry leaves powder 1.5% included mulberry Dangmyon extracts(48hr 70% EtOH extraction)

MD4 mulberry leaves powder 2.0% included mulberry Dangmyon extracts(48hr 70% EtOH extraction)

²⁾Means±SD(n=3)^{a-f}Means within a row with different letters are significantly different($p<0.05$) by Duncan's multiple range test

뽕잎분말의 첨가량이 증가할수록 총 폴리페놀 함량이 유의하게 증가하였다($p<0.001$). Park et al.(2014)의 뽕잎차의 Total polyphenol 분석결과 977 ± 33.2 mg/100g ~ 653 ± 18.5 mg/100g으로 높은 함량을 보였으나 본 연구에서는 당면의 제조에서 첨가된 뽕잎분말의 양의 차이가 있어 함량에 차이가 있는 것으로 보인다. Jin(2013)의 뽕잎분말 첨가 매작과 연구에서 뽕잎분말 첨가량이 증가할수록 매작과의 총 페놀함량이 증가하는 것으로 나타났는데 본 연구에서도 뽕잎분말의 영향으로 폴리페놀 함량이 증가한 것으로 판단된다.

3. DPPH radical 소거능 및 ABTS radical 소거능

뽕잎분말과 뽕잎당면의 DPPH와 ABTS 라디칼 소거능(IC₅₀)에 대한 결과는 <Table 6>과 같다. DPPH 라디칼 소거능(IC₅₀)은 양성 대조군인 L-ascorbic acid와 뽕잎분말이 각각 2.34 µg/mL(IC₅₀), 54.15 µg/mL(IC₅₀)로 나타났다. 뽕잎분말의 첨가량(CON, MD1, MD2, MD3, 및 MD4)에 따른 뽕잎당면의 DPPH 라디칼 소거능(IC₅₀)은 각각 965.17 µg/mL, 833.30 µg/mL, 539.11 µg/mL, 449.39 µg/mL, 387.76 µg/mL로 뽕잎분말 첨가량이 높아질수록 항산화능(C₅₀)이 우수하게 나타났다($p<0.001$), 뽕잎분말의 첨가로 당면의 항산화력이 높아지는 것을 알 수

있다. Lee et al.(2008)의 스피루리나 첨가 생면의 연구에서 스피루리나 첨가 농도가 증가할수록 DPPH 라디칼 소거능의 IC₅₀ value가 감소되는 것으로 나타나 본 연구 결과와 유사하였다.

ABTS 라디칼 소거능(IC₅₀)은 양성대조군과 뽕잎분말 각각 11.26 µg/mL, 62.56 µg/mL로 나타났다. ABTS 라디칼 소거능(IC₅₀)은 CON 1227.53 µg/mL, MD1 999.36 µg/mL, MD2 905.17 µg/mL, MD3 857.27 µg/mL 및 MD4 841.32 µg/mL로 뽕잎분말의 첨가량이 증가할수록 ABTS 라디칼 소거능(IC₅₀)이 우수하였다($p<0.001$).

4. Angiotensin I-converting enzyme 저해능 및 α-glucosidase 저해활성

뽕잎당면의 ACE(angiotensin I-converting enzyme) 저해효과에 대한 결과는 <Table 7>과 같다. 항고혈압 효소 저해활성에 사용된 대조군인 captopril은 500 µg/mL 수준에서 84.85% 억제효과를 나타냈다. 뽕잎분말은 $150,000$ µg/mL 수준에서 95.57% 억제효과를 나타냈다. 대조군은 91.02% , MD1 93.60% , MD2 93.62% , MD3 93.43% , 및 MD4 94.21% 으로 뽕잎분말 첨가량이 높아질수록 ACE 저해활성이 유의하게 높게 나타났다($p<0.001$). 본 연구결과 MD4의 ACE 저해활성뽕잎분말

<Table 6> DPPH IC₅₀ Value and ABTS IC₅₀ Value of extracts of *Dangmyon*(starch vermicelli) added with mulberry leaves powder

Samples	L-ascorbic acid ¹⁾	MUL ²⁾	CON	MD1	MD2	MD3	MD4	F-value
DPPH IC ₅₀ (µg/mL)	$2.34\pm 0.03^{3)g}$	68.43 ± 0.12^f	965.17 ± 0.32^a	833.30 ± 18.43^b	539.11 ± 12.59^c	449.39 ± 8.29^d	387.76 ± 10.32^e	5,446.811***
ABTS IC ₅₀ (µg/mL)	11.26 ± 0.04^f	62.56 ± 0.24^e	1227.53 ± 18.45^a	999.36 ± 7.09^b	905.17 ± 11.30^c	905.17 ± 11.30^c	841.32 ± 9.35^d	1,580.380***

¹⁾L-ascorbic acid positive control at the DPPH, ABTS free radical inhibition effects

²⁾MUL mulberry leaves powder extracts(48 hr 70% EtOH extraction)

CON mulberry leaves powder 0% included mulberry Dangmyon extracts(48 hr 70% EtOH extraction)

MD1 mulberry leaves powder 0.5% included mulberry Dangmyon extracts(48 hr 70% EtOH extraction)

MD2 mulberry leaves powder 1.0% included mulberry Dangmyon extracts(48 hr 70% EtOH extraction)

MD3 mulberry leaves powder 1.5% included mulberry Dangmyon extracts(48 hr 70% EtOH extraction)

MD4 mulberry leaves powder 2.0% included mulberry Dangmyon extracts(48 hr 70% EtOH extraction)

³⁾Means±SD(n=3)

^{a-f}Means within a row with different letters are significantly different($p<0.05$) by Duncan's multiple range test

의 억제효과와 비슷한 수준으로 높은 억제효과를 보였다. Yang et al.(2012)의 빵잎 추출액의 항고혈압 효과 연구에서 빵잎 추출액이 고혈압 쥐에서 혈압을 낮추는 효과가 있으며, 상당한 ACE 저해 효과를 보인다는 결과와 유사함을 보였다. 따라서 빵잎분말을 첨가한 당면에서 항고혈압에 효과가 있음을 보였다.

빵잎당면의 α -glucosidase inhibitory effects 결과는 <Table 8>과 같다. 항당뇨 효소 활성검증에 사용된 positive control인 acarbose는 81.03% 억제효과를 나타냈다. 빵잎분말은 61.23% 억제효과를 나타냈으며, CON 13.55%, MD1 25.06%, MD2 31.25%, MD3 31.25%, 및 MD4 46.49%로 빵잎분말의 첨가량이 증가할수록 유의하

게 높은 활성을 보였다($p < 0.001$). 즉 빵잎분말 첨가량이 높아질수록 α -glucosidase 저해활성이 우수하였다. Jang & Rhee(2004)의 빵잎과 누에환의 혈당강하 연구에서 빵잎환을 섭취한 쥐에서 α -glucosidase 활성 저해 효과 있다는 결과와 Chae et al.(2003)의 빵잎의 기능성 분석 연구에서 빵잎이 가지고 있는 GABA (γ -aminobutyric acid) 성분과 필수 지방산인 γ -linolenic acid와 DNJ (dioxynozirimycine)가 다량 함유 되어 혈당개선에 효과가 있다는 결과로 보았을 때, 빵잎분말의 첨가가 많은 당면일수록 항당뇨에 효과가 있는 것으로 보인다.

<Table 7> ACE(angiotensin I-converting enzyme) inhibitory effects of extracts of *Dangmyon*(starch vermicelli) added with mulberry leaves powder

Samples	Captopril ¹⁾	MUL ²⁾	CON	MD1	MD2	MD3	MD4	F-value
ACE(%)	84.85 ±0.59 ^{3)d}	95.57± 0.11 ^a	91.02± 0.91 ^c	93.60± 0.84 ^b	93.62± 1.45 ^b	93.43± 0.37 ^b	94.21± 1.158 ^{ab}	48.706 ^{***}

¹⁾Captopril positive control at the ACE inhibitory effects

²⁾MUL mulberry leaves powder extracts(48 hr 70% EtOH extraction)

CON mulberry leaves powder 0% included mulberry *Dangmyon* extracts(48 hr 70% EtOH extraction)

MD1 mulberry leaves powder 0.5% included mulberry *Dangmyon* extracts(48 hr 70% EtOH extraction)

MD2 mulberry leaves powder 1.0% included mulberry *Dangmyon* extracts(48 hr 70% EtOH extraction)

MD3 mulberry leaves powder 1.5% included mulberry *Dangmyon* extracts(48 hr 70% EtOH extraction)

MD4 mulberry leaves powder 2.0% included mulberry *Dangmyon* extracts(48 hr 70% EtOH extraction)

³⁾Means±SD(n=3)

^{a-f}Means within a row with different letters are significantly different($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test

<Table 8> α -glucosidase inhibitory effects of extracts of *Dangmyon*(starch vermicelli) added with mulberry leaves powder

Samples	Acabose ¹⁾	MUL ²⁾	CON	MD1	MD2	MD3	MD4	F-value
α -glucosidase (%)	81.03± 1.68 ^{3)a}	61.23± 0.64 ^b	13.55± 0.89 ^e	25.06± 0.68 ^f	31.25± 0.91 ^c	36.84± 0.49 ^d	46.49± 3.08 ^c	714.871 ^{***}

¹⁾Acabose positive control at the α -glucosidase inhibitory effects

²⁾MUL mulberry leaves powder extracts(48 hr 70% EtOH extraction)

CON mulberry leaves powder 0% included mulberry *Dangmyon* extracts(48 hr 70% EtOH extraction)

MD1 mulberry leaves powder 0.5% included mulberry *Dangmyon* extracts(48 hr 70% EtOH extraction)

MD2 mulberry leaves powder 1.0% included mulberry *Dangmyon* extracts(48 hr 70% EtOH extraction)

MD3 mulberry leaves powder 1.5% included mulberry *Dangmyon* extracts(48 hr 70% EtOH extraction)

MD4 mulberry leaves powder 2.0% included mulberry *Dangmyon* extracts(48 hr 70% EtOH extraction)

³⁾Means±SD(n=3)

^{a-f}Means within a row with different letters are significantly different($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test

IV. 결론

뽕잎분말을 첨가한 당면의 무기질 함량, 항산화능, 항고혈압, 항당뇨 효소활성 분석을 실시한 결과는 다음과 같다. 뽕잎당면의 무기질함량 분석 결과, 다량무기질(Na, Mg, K, Ca)과 미량무기질(Cu, Zn)의 함량이 뽕잎분말의 첨가량이 증가할수록 값이 유의적으로 증가하였다 ($p<0.001$). 뽕잎당면의 항산화 평가 결과, 총 폴리페놀 함량은 뽕잎분말의 첨가량이 증가할수록 값이 유의적으로 증가하였다($p<0.001$). 뽕잎분말의 첨가량이 증가할수록 DPPH 라디칼 소거능의 IC₅₀ value, ABTS 라디칼 소거능의 IC₅₀ value는 유의적으로 감소하였다($p<0.001$). 항고혈압 및 항당뇨 효소 활성검증에 뽕잎분말의 첨가량이 증가할수록 유의적으로 값이 증가하였다($p<0.001$). 이상의 결과, 뽕잎분말을 첨가하여 제조한 당면은 기존의 무 첨가 당면보다 항산화능이 증가하였으며 항고혈압 및 항당뇨 효소활성이 높게 나타나 일반당면보다 생리활성이 향상된 기능성 당면이 되겠다.

주제어: 당면, 뽕잎분말, 무기질, 항산화능, 항당뇨, 항고혈압

참고문헌

- Arnous A, Makris D. P. & Kefalas P. (2001). Effect of principal polyphenol components in relation to antioxidant characteristics of aged red wines. *Journal of Agriculture Food Chemistry*. 49(12): 5736-5742.
- Bae, M. J & Ye, E. J. (2010). Antioxidant activity and in vitro for anticancer effects of manufactured fermented mulberry leaf tea. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 39(6): 796-804.
- Chae, J. Y., Lee, J. Y., Hong, I. S., Whang, B. D., Choi, P. W., Lee, W. C., Kim, J. W., Kim, S. Y., Choi, S. W, & Rhee, S. J. (2003). Analysis of functional components of leaves of different mulberry cultivars. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 32(1): 15-21.
- Cheon, J. Y., Yang, J.H., Kim, M. J., Lee, S. M., Cha, M. H., Park, K. H., & Ryu, K. (2012). Microbial hazard analysis of manufacturing processes for starch noodle. *Journal of Food Hygiene & Safety*. 27(4): 420-426.
- Choi, G. Y., Bae, J. H. & Han, G. J. (2007). The quality characteristics of sponge cake containing a functional and natural product (1. mulberry leaf powder). *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*. 17(5): 703-709.
- Cushman, D. W. & Cheung, H. S. (1971). Spectrophotometric assay and properties of the angiotensin-converting enzyme of rabbit lung. *Biochemical Pharmacology*. 20(7): 1637-1648.
- Jang, M.J. & Rhee, S. J. (2004). Hypoglycemic effects of pills made of mulberry leaves and silkworm powder in streptozotocin induced diabetic rats. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 33(10): 1611-1617.
- Jeon, S. Y., Lee, Y. S. & Rho, J. O. (2015). A study on the characteristics of Dangmyon(starch vermicelli) added with mulberry leaves powder. *Korean Journal of Human Ecology*. 24(3): 437-449.
- Jeong, J. H., Jung, H., Lee, S. R., Lee, H. J., Hwang, K. T. & Kim, T. Y. (2010). Anti-inflammatory activities of the extracts from black berry fruits and wine. *Food Chemistry*. 123(2): 338-344.
- Jin, S. Y. (2013). Quality characteristics and antioxidant activities of maejalgwa added mulberry leaf powder. *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*. 23(5): 597-604.
- Kang, K. U. (2015). Mulberry tea. Donguinana. Retrieved September 24, 2015 from <http://www.fgo.kr>
- Kim, A. J., Lim, Y. H., Kim, M. W., Kim, M. H. & Woo, K. J. (2000). Mineral contents and properties of pongihp julpyun preparation by adding mulberry leaves powder. *Journal of Korean Society of Food & Cookery Science*. 16(4): 311-315.

- Kim, A. J., Rho, J. O., Woo, K. J. & Choi, W. S. (2003) The study on the characteristic of cooked rice according to the different coating ratio of mulberry leaves extracts. *Journal of Korean Society of Food & Cookery Science*. 19(5), 571-580
- Kim, C. H., Youn, H. M., Jang, K. J., Song, C. H. & Ahn, C. B. (2004b). Inhibitory effect on NO₂ scavenging effect on DPPH radical in Whallak-tang. *Journal of Acupuncture & Moxibustion Society*. 21(5): 69-78.
- Kim, H. B. (2005). Anti-oxidative capacity analysis of water-soluble substances according to varieties and maturity stages in mulberry leaves and fruits. *Korean Journal of Sericultural Science*. 47(2): 62-67.
- Kim, H. B. & Seok, Y. S. (2013). Manufacturing and characterization evaluation of mulberry concentrate for food additive. *Korean Journal of Sericultural Science*. 51(2): 180-184.
- Kim, M. K., Kim, J. W., Choi, S. U., Park, H. R. & Hwang, Y. I. (2004a). Effect of grapefruit seed extract treatment on microbial growth of starch vermicelli during storage. *Journal of Basic Science*. 20: 183-194.
- Kim, S. Y. (1999). The study on the functional effects of mulberry leaf. *Korean Journal of Sericultural Science*. 41(2): 21-42.
- Kim, Y. A. (2002). Effects of mulberry leaves powder on the cooking characteristics of noodle. *Journal of Korean Society of Food & Cookery Science*. 18(6), 632-636.
- Kim, Y. A. (2003). Effects of mulberry leaves powders on the quality characteristics of yellow layer cakes. *Journal of Food Science and Technology*. 35(5): 817-876.
- Kim, Y. H. & Cho, N. J. (2010). Effects of mulberry leaf powder on physicochemical properties of bread dough. *Journal of Korean Food Science and Technology*. 42(6): 705-713.
- Ko, C. H. & Kim, S. K. (1990). Quality evaluation of tangmyon prepared from sweet potato and/or corn starches. *Journal of Korean Food Science and Technology*. 24(2): 160-164.
- Lee, H. J., Jang, J. S., Choi, E. Y. & Kim, Y. H. (2008) Anthocyanin content and color stability in black rice according to different extract conditions and selected stabilizers. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 21(2): 127-134.
- Lee, Y. C., Oh, S. W., Han, S. B., Han, S. D. & Kang, N. K. (2002). Properties of dangmyuns using different starches and freeze dried dangmyuns. *Journal of Korean Food Science and Technology*. 34(1): 24-29.
- Lee, Y. J. & Shin HD. (2000). Mechanical properties and industrial production and characteristic the molecular structure of the cyclodextrin. *Bioindustry*. 13(1): 36-47.
- Lee, Y. S. & Rho, J. O. (2014a) A study on quality characteristics of *Kimchi* with added mulberry leaves extracts. *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*. 24(6): 827-836.
- Lee, Y. S. & Rho, J. O. (2014b). Quality characteristics of *Kimchi* with mulberry leaves enzyme liquid and its acceptability by middle school students. *Korean Journal of Human Ecology*. 23(2): 163-174.
- Nam, T. H., Kim, A. J. & Woo, K. J. (2004). Effects of mulberry leaf on the quality of jeung-pyun(Korean fermented rice cake). *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*. 14(4): 379-386.
- Park, J. H., Nam, S. H., Yim, S. H., Koo, H. Y. Kim H. J. & Kim J. S. (2014). Properties of physicochemical components of mulberry leaves according to picking time. *Journal of Korean Tea Society*. 20(1): 39-44.
- Ryoo, K. M. & Hong, B. .J. (2009). A study on preference and satisfaction level of elementary school students about school meals menu depending on their residential areas. *Korea Journal of Tourism Hospitality Research*. 23(2): 327-344.
- Seo, T. R. (2008). Textural and cooking properties of

- the starch noodle to using rice flour or rice starch. *Master's thesis*. Korea University, Seoul.
- Shin, M. S. (2015). Pongnip *Kimchi* of Byun San Food. Retrieved September 25, 2015 from <http://www.ibuan.com/news/articlePrint.html?idxo=6802>
- Shin, S. M., La, S. H., & Choi, M. K. (2007). A study on the quality characteristics of *Kimchi* with mulberry leaf powder. *Korean Journal of Food & Nutrition*, 20(1), 53-62.
- Song, E. J., Kim, K. B., Lee, K. S. & Choi, S. K. (2010). A study on the optimization of rice pasta with addition of mulberry leaf powder. *Korean Journal of Culinary Research*. 16(4): 286-296.
- Yang, N. C., Jhou, K. Y. & Tseng, C. Y. (2012). Antihypertensive effect of mulberry leaf aqueous extract containing γ -aminobutyric acid in spontaneously hypertensive rat. *Food Chemistry*. 132(4): 1796-1801.
- Yook, C. & Kim, J. S. (2001). Production of starch vermicelli (dangmyun) by using modified corn starches (II) - Physicochemical properties of starch vermicelli (dangmyun) made with different starches in laboratory. *Journal of Food Science and Technology*. 33(3): 313-318.
- Yook C & Lee WK (2001). Production of Starch Vermicelli (dangmyun) by using modified corn starches (I) - Physicochemical properties of domestic and foreign starch vermicelli (dangmyun). *Journal of Korean Food Science and Technology*. 33(1): 60-65.
- Yuh, S. H. & Kim, A. J. (2001). Studies on chemical composition, minerals and texture characteristics pongnipgangjung. *Korean Journal of Culinary Research*. 7(1): 135-145.

Received 31 August 2015;
1st Revised 02 October 2015;
Accepted 25 October 2015