

Quality characteristics of spray dried powder from unripe fig extract

Ho-Yong Chae, Joo-Heon Hong*

Department of Food Science and Technology, Catholic University of Daegu, Gyeongsan 38430, Korea

미숙 무화과 추출물을 이용한 분무건조 분말의 품질특성

채호용 · 홍주헌*

대구가톨릭대학교 식품공학전공

Abstract

In this study, the quality characteristics of spray dried powders from unripe fig extract were investigated. The protease activities of unripe fig and peeled unripe fig extract were 0.11 unit/mL and 0.28 unit/mL, respectively. The spray dried powder of unripe fig extracts was analyzed using different maltodextrin ratios (F-MD 5, 5% maltodextrin; F-MD 10, 10% maltodextrin; and F-MD 20, 20% maltodextrin). The spray-dried powder showed the highest protease activity with F-MD 10 (0.84 unit/g). The moisture content and L value of the spray-dried powder were higher than those of the freeze-dried powder. The particle diameter of the freeze-dried powder (209.67 μm) was higher than that of the spray-dried powders (22.18~37.33 μm). The water absorption index ranged from 0.18 to 0.40, while the water solubility index ranged from 94.40% to 98.80%. In the *in vitro* digestion study, spray-dried powders of the unripe fig showed a protease survival range of 16.47%~24.80%. In conclusion, it is considered appropriate to use the spray-dried powder (F-MD 10) of unripe fig as a meat tenderizer for processing food.

Key words : unripe fig, protease activity, spray drying, quality characteristics

서 론

무화과(*Ficus carica* L.)는 아열대성 반교목성 낙엽활엽수로 뽕나무과(Moraceae)에 속하는 식물로 세계적으로 600여종 이상의 품종이 분포하고, 오랜 역사상 인간이 가장 먼저 이용한 과일로 알려져 있다(1). 또한 무화과는 병충해가 적고 재배가 용이한 다수확성 과수로 비타민, 미네랄, 단백질 분해효소인 ficin을 다량 함유하고 있어 소화촉진 및 주독이나 어독에 효과가 있어 예부터 서양에서는 건강식으로 소비되고 있으며(2,3) ficin은 ficus속 나무에서 발견할 수 있는 효소로서 bromelain, papain 및 그 밖의 protease들과 같이 연육효소로 이용될 수 있다(4). 원산지는 소아시아의 카리카(carica)지방이며(5) 오늘날 세계적인 주요 산지는 미

국의 캘리포니아와 지중해 부근으로 비교적 비가 많고 배수가 잘 되는 지역에서 재배되고 있다(6). 우리나라의 주 생산 품종은 보통계 품종인 봉래시(horaish)와 승정도후인(masui dauphine)으로 생식용 과실로서 9월에서 10월까지 수확되는 가을 과일로 재배되고 있다(7). 한편, 무화과는 생과로서 저장성이 매우 불량하여 수확 즉시 적절한 저장 또는 가공 처리를 하지 않으면 과실로서의 가치가 떨어져 고소득 과수로서 가능성이 높으나 각광을 받지 못하는 실정이다(8). 또한 우리나라에서는 노지재배가 대부분을 차지하고 있어 수확기의 많은 강우량 및 수년마다 한 번씩 찾아오는 한파에 안정적인 재배가 어려우며(9) 기상상황 및 8월 초순 이후 적심하게 되면 적심부위가 10월 말경 서리를 맞아 미성숙 무화과는 성숙이 정지된 채로 수확을 마무리하게 된다(10). 이러한 미숙 무화과는 상품과로서의 가치가 없어 폐기되고 있다. 현재 무화과를 이용한 연구에는 식중독균에 대한 항균활성(11), 국내산 무화과의 이화학적 특성 및 항산화 활성(12), 무화과를 이용한 속성발효 멸치액젓에 관한 연구(13) 및 반응표면분석법에 의한 무화과 열수 추출조건의 최적화(14) 등 다양한 연구가 이루어지고 있지만 이는 완숙한 무화

*Corresponding author. E-mail : jhhong@cu.ac.kr
Phone : 82-53-850-3218; Fax : 82-53-850-3218
Received 9 March 2016; Revised 29 March 2016; Accepted 7 April 2016.
Copyright © The Korean Society of Food Preservation. All rights reserved.

과를 이용한 연구들로 미숙 무화과에 관한 연구는 전무한 실정이다.

미세캡슐화의 기술은 불안정한 물질을 외부환경, 즉 빛, 산소 및 수분으로부터 보호하여 손실을 줄이고 반응성이 큰 물질을 격리시키고 냄새, 맛을 은폐시키며 고형화시켜 취급을 간편하게 하고, 내용물의 용출속도를 조절하는 등의 목적으로 이용되고 있다(15,16). 그중 분무건조법(spray drying)은 피복물질을 수화시킨 후, 대상물질에 분산시키고 이 혼합물을 고온의 chamber로 분무하는 방법으로(17) 상업화된 방법 중 가장 보편화 된 것으로 그 생산량도 가장 많아 여러 분야에서 다양한 목적으로 이용되고 있다(18-20). 분무건조법의 장점은 비용이 저렴하며 최종산물의 안정성이 좋고 대량으로 지속적인 생산이 가능하여(21) 다른 건조방식에 비해 용해성, 유동성이 좋은 구상 분말 제품을 제조할 수 있다(22).

이에 본 연구에서는 상품성이 없고 식용으로 이용할 수 없어 전량 폐기가 되고 있는 미숙 무화과를 분무건조 공정을 이용하여 분말로 제조하였고 분말의 품질특성을 분석하여 향후 식품 가공용 육류 연화제로서의 개발 가능성을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 미숙 무화과(*Ficus carica* L.)는 경상북도 고령군의 산솔농장에서 재배된 것을 제공받아 사용하였다.

미숙 무화과 추출물의 제조

미숙 무화과 추출물은 껍질을 박피하고 가식부분을 잘게 썬 후 미숙 무화과 가식부와 증류수를 1:3 (w/v)의 비율로 혼합한 다음 분쇄기(problend 6, Philips, Amsterdam, Netherlands)로 10분간 분쇄하였고, 이를 원심분리기(1236MG, GYROZEN Co., Ltd., Daejeon, Korea)를 이용하여 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 한 후 상등액을 감압여과하여 제조하였다.

분무건조 분말 제조

미숙 무화과 추출물 400 mL에 maltodextrin(malto-dextrin, Baolingbao biology Co., Ltd., Shandong, China)을 5%, 10% 및 20% 비율로 첨가 후 homogenizer(HG-15D, DAIHAN scientific Co., Ltd., Wonju, Korea)로 7,000 rpm에서 10분간 균질화하여 분무건조용 시료로 제조하였다. 분무건조 조건은 분무건조기(KL-8, Seogang engineering Co., Ltd., Cheonan, Korea)를 이용하여 주입 온도 150℃, 방출 온도 100℃, 시료 공급속도는 12 mL/min으로 하였으며

17,000 rpm으로 atomizer를 작동하여 분무건조 후 분말을 -70℃ 이하의 암소에 보관하면서 시료로 이용하였다. 대조 실험구는 부형제를 첨가하지 않은 동결건조분말을 사용하여 비교하였다.

Protease 활성 측정

Protease 활성은 Kunitz법(23)을 변형하여 측정하였다. 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 7.0) 0.5 mL에 시료 0.5 mL를 혼합하고 0.6% casein 용액(w/v, Duksan pure chemicals Co., Ltd., Ansan, Korea) 0.5 mL를 가하여 진탕항온수조(BS-31, Jeio tech Co., Ltd., Seoul, Korea)를 이용하여 37℃, 100 rpm에서 20분간 반응시킨 후 0.44 M trichloroacetic acid(Acros organics, NJ, USA) 2.0 mL를 첨가, 원심분리기(1236MG, GYROZEN Co., Ltd., Daejeon, Korea)를 이용하여 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 상등액 1.5 mL에 0.55 M sodium carbonate anhydrous(Duksan pure chemicals Co., Ltd., Ansan, Korea) 1.0 mL와 1 N Folin ciocalteu 용액(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA) 1.0 mL를 가하고 37℃에서 30분간 발색반응시킨 다음 분광광도계(Ultaspec- 2100pro, Amersham Co., Uppsala, Sweden)를 이용하여 660 nm에서 흡광도를 측정하였다. Protease 활성은 tyrosine (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)을 정량하여 작성한 표준곡선으로부터 계산하였으며, 활성단위(unit)는 1분당 1 µg의 tyrosine을 생성하는 효소의 양으로 정의하였다.

수분함량, 색도 및 입자크기 측정

분말의 수분함량은 적외선 수분측정기(MB-45, Moisture analyzer, INC., Ohaus, NJ, USA)를 이용하여 분석하였으며 용기를 향량이 될 때까지 건조한 다음 시료 0.5 g을 105℃의 온도에서 측정하였다. 색도는 표준색도 $Y=86.6$, $x=0.3160$, $y=0.3214$ 로 보정된 chromameter(CR-400, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였으며 L값(brightness), a값(redness-greenness), b값(yellowness-blueness)을 3회 반복 측정하여 평균치로 나타내었다. 부형제에 따른 분말의 입자크기를 분석하기 위해 particle size analyzer(LS-13-320, Beckman coulter, Fullerton, CA, USA)를 이용하여 isopropyl alcohol에 분산시켜 측정하였다.

수분흡수지수(WAI) 및 수분용해지수(WSI) 측정

수분흡수지수(water absorption index, WAI) 및 수분용해지수(water solubility index, WSI) 측정은 philips(24)의 방법을 변형하여 측정하였다. 분무건조 분말 0.5 g에 20 mL 증류수를 첨가하여 3,000 rpm에서 20분간 원심분리한 후 침전물은 수분흡수지수로 사용하였으며, 상등액은 미리 무게를 구한 수기에 분리하여 dry oven(OF-22GW, Jeio tech Co., Ltd., Seoul, Korea)을 이용하여 100℃에서 5시간 동안

건조시킨 고형분을 수분용해지수로 사용하여 아래의 식으로 계산하였다.

$$\text{수분흡수지수 (WAI)} = \frac{\text{침전물의 양}}{\text{시료량}}$$

$$\text{수분용해지수 (WSI, \%)} = \frac{\text{상등액의 고형분량}}{\text{시료량}} \times 100$$

in vitro 인체 내 소화 모델

in vitro 인체 내 소화모델에 대한 미숙 무화과의 protease 활성은 Hur 등(25)의 *in vitro* human digestion의 multi-step model을 변형하여 이용하였으며, 대한약전에 따라 인공 위액(pH 1.2)은 0.1 N hydrochloric acid을, 인공 소장액(pH 6.8) 및 인공 대장액(pH 7.4)은 0.1 M sodium phosphate 완충 용액을 사용하여 제조하였다. 시료 3 g에 인공 위액 10 mL를 첨가하여 shaking water bath에서 2시간 반응 후, 인공 소장액 17 mL를 첨가하여 37℃, 100 rpm에서 1시간 반응하였다. 각 용액 첨가시 sodium bicarbonate 및 sodium hydroxide를 사용하여 pH를 조정한다. 다음 pH 1.2에서는 1시간, pH 6.8 및 pH 7.4에서는 30분 간격으로 하여 용출된 protease 활성을 측정하였다.

통계처리

실험결과는 3회 반복으로 행하여 평균±표준편차로 나타내었고 SPSS(19.0, SPSS INC., Chicago, IL, USA)를 이용하여 분산분석을 실시하였으며 각 측정 평균값의 유의성(p<0.05)은 Duncan's multiple range test로 검정하였다.

결과 및 고찰

미숙 무화과 추출물의 protease 활성

박피 전후에 따른 미숙 무화과 추출물의 protease 활성을 비교하여 Table 1에 나타내었다. 박피 전 미숙 무화과 추출물의 protease 활성은 0.11 unit/mL이었으며 박피 후 protease 활성은 0.28 unit/mL로 박피 처리된 미숙 무화과의 효소활성이 더 높은 것을 확인할 수 있었다. Yoo 등(26)에 따르면 일반 무화과의 효소활성은 0.69 unit/mL의 효소활성을 나타내었다고 하였으나 이는 미숙과와 완숙과의 시료 및 손질법에 따른 차이로 실제 효소활성은 미숙과와 완숙과 간 큰 차이가 없을 것으로 사료가 된다. 일반적으로 고기의 연화를 위해 식물에서 추출한 효소인 파파인, 브로멜라인, 피신을 이용하고 있으며 이들은 시스템인계 단백질을 분해효소로 콜라겐과 근원섬유 단백질에 강한 활성을 가져 육류 연화효소로 사용되며(27) 향후 미숙 무화과를 육류 연화제로 이용을 할 경우 박피를 하여 사용하는 것이 protease 활성 측면에서 효과적일 것으로 판단된다.

Table 1. Protease activity of unripe fig and peeled unripe fig extract

Samples	Protease activity (unit/mL)
Unripe fig extract	0.11±0.01 ¹⁾
Peeled unripe fig extract	0.28±0.01

¹⁾All values are means±SD (n=3).

분무건조 분말의 protease 활성

미숙 무화과의 식품 가공용 연육제로의 활용 가능성을 확인하기 위하여 추출물을 분무건조하여 분말화 하였으며 시중에 판매되고 있는 연육제와 비교하여 Table 2에 나타내었다. 실험의 농도는 50,000 µg/mL로 진행하였다. 실험결과 protease 활성은 동결건조 분말이 0.92 unit/g으로 가장 높은 활성을 나타내었으며 분무건조 분말 중 maltodextrin 10% 첨가구가 0.84 unit/g으로 효소활성이 가장 높았다. maltodextrin 5% 와 20% 첨가구 및 시중 육류 연화제는 각각 0.48 unit/g, 0.50 unit/g 및 0.11 unit/g으로 효소활성이 낮았다. Park 등(28)의 분무건조 공정을 이용한 파인애플 실험에서 파인애플 착즙액 동결건조 분말의 효소활성이 분무건조 분말보다 높아 본 실험과 유사한 실험결과를 나타내었다. Kim 등(29)의 연구에서는 효소식품을 동결건조하는 경우 장시간 건조 및 보관에 따른 효소 실험이 일어날 수 있다고 보고하여 식품가공용 연육제로 이용 시 동결건조법 보다 분무건조법을 이용하고 부형제로는 maltodextrin을 10% 비율로 첨가하는 것이 가장 좋은 구간으로 사료된다.

Table 2. Protease activity of spray-dried powders from unripe fig extract

Samples ¹⁾	Protease activity (unit/g)
F-MD 5	0.48±0.07 ²⁾
F-MD 10	0.84±0.04 ^b
F-MD 20	0.50±0.01 ^c
F-FD	0.92±0.05 ^a
MT	0.11±0.01 ^d

¹⁾F-MD 5, spray-dried powder with 5% maltodextrin; F-MD 10, spray-dried powder with 10% maltodextrin; F-MD 20, spray-dried powder with 20% maltodextrin; F-FD, freeze-dried powder from unripe fig extract; MT, meat tenderizer.

²⁾All values are mean±SD (n=3). Means with different superscript (a-d) in the same column are significantly different at p<0.05.

수분함량, 색도 및 입자크기

분무건조 분말의 수분함량, 색도 및 입자크기는 Table 3과 같다. 수분함량은 동결건조 분말에서 1.47%로 가장 낮은 것을 확인할 수 있었으며 분무건조 분말은 2.59~2.65%로 부형제의 첨가량이 증가할수록 수분함량이 증가하는 경향이였다. Lee 등(30)의 백미 발효물의 분무건조 분말이 2.90~3.83%의 수분함량과 동결건조 분말이 2.30%로 가장 낮은 수분함량을 나타내었다고 보고하였으며 Park 등(31)

유산균포집 분무건조 분말이 2.32~3.34%의 수분함량으로 본 연구결과와 유사한 수분함량을 나타내었다. 색도는 분무건조 분말이 동결건조 분말보다 L값이 높고 b값이 낮아 더 선명한 황색을 보여주었으며 부형제인 maltodextrin 첨가량이 증가할수록 L값은 80.31~86.22까지 증가하고 a값 및 b값은 각각 8.91~5.66, 4.79~4.18로 각각 낮아지는 경향을 나타내었다. Maltodextrin 5%, 10%, 20% 및 동결건조 분말의 입자크기는 각각 22.18 μm , 26.58 μm , 37.33 μm 및 209.67 μm 로 부형제의 첨가량이 증가할수록 입자의 크기가 증가하는 경향을 보였다. Kang 등(32)의 연구에 따르면 일반적으로 미세캡슐 분말의 입자 크기는 1~200 μm 의 범위에 분포한다고 하였으며 Rosenberg 등(33)은 입자크기가 작을수록 내부 물질을 포접하는데 유리하다고 한 연구결과에 따라 미숙 무화과 유래 분무건조 분말이 동결건조 분말에 비해 안정성이 더 향상되었을 것으로 사료가 된다.

Table 3. Moisture, color value and particle diameter of spray-dried powders from unripe fig extract

Samples ¹⁾	Moisture (%)	Hunter's color values			Particle diameter (μm)
		L	a	b	
F-MD 5	2.59±0.01 ^{b2)}	80.31±0.02 ^c	8.91±0.01 ^a	4.79±0.01 ^b	22.18±0.32 ^d
F-MD 10	2.60±0.01 ^b	82.68±0.02 ^b	7.47±0.01 ^b	4.41±0.01 ^c	26.58±0.01 ^c
F-MD 20	2.65±0.01 ^a	86.22±0.03 ^a	5.66±0.01 ^c	4.18±0.01 ^c	37.33±0.15 ^b
F-FD	1.47±0.01 ^c	68.79±0.63 ^d	7.57±0.26 ^b	11.81±0.25 ^a	209.67±3.29 ^a

¹⁾F-MD 5, spray-dried powder with 5% maltodextrin; F-MD 10, spray-dried powder with 10% maltodextrin; F-MD 20, spray-dried powder with 20% maltodextrin; F-FD, freeze-dried powder from unripe fig extract; MT, meat tenderizer.

²⁾All values are mean±SD (n=3). Means with different superscript (a-d) in the same column are significantly different at p<0.05.

수분흡수지수(WAI) 및 수분용해지수(WSI)

미숙 무화과 분무건조 분말의 수분흡수지수와 수분용해지수를 Table 4에 나타내었다. 분말의 수분흡수지수 및 수분용해지수는 식품산업 활용 측면에서 중요한 가공적성 요인으로 알려져 있다(34). 수분흡수지수는 maltodextrin

Table 4. Water absorption index and water solubility index of spray-dried powders from unripe fig extract

Samples ¹⁾	Water absorption index (WAI)	Water solubility index (WSI, %)
F-MD 5	0.18±0.06 ^{b2)}	98.80±0.04 ^a
F-MD 10	0.11±0.01 ^b	99.10±0.36 ^a
F-MD 20	0.23±0.13 ^b	98.08±1.42 ^a
F-FD	0.40±0.08 ^a	94.40±2.12 ^b

¹⁾F-MD 5, spray-dried powder with 5% maltodextrin; F-MD 10, spray-dried powder with 10% maltodextrin; F-MD 20, spray-dried powder with 20% maltodextrin; F-FD, freeze-dried powder from unripe fig extract; MT, meat tenderizer.

²⁾All values are mean±SD (n=3). Means with different superscript (a-b) in the same column are significantly different at p<0.05.

10% 첨가구가 0.11로 가장 낮았으며 동결건조 분말이 0.40으로 가장 높은 수분흡수지수를 나타내었다. 수분용해지수는 maltodextrin 10% 첨가구가 99.10%로 가장 높았으며 동결건조 분말이 94.40%로 가장 낮은 값을 나타내었다. 이에 동결건조 분말보다 유의적으로 용해성이 양호한 분말을 얻을 수 있을 것이라 판단되며 물 결합 능력은 전분 입자내의 비결정성부분에 의한 것으로 전분입자에 비결정성 부분이 많을수록 그리고 전분입자의 내부 치밀도가 낮을수록 수분흡수도가 크다고 보고되어(35) 분무건조 분말이 내부 결정을 견고하게 잘 이루어서 수분흡수지수가 낮은 것으로 사료된다.

in vitro 인체 내 소화 모델

분무건조 분말의 in vitro 인체 내 소화 모델에 따른 protease 활성을 Fig. 1에 나타내었다. 분무건조 분말은 pH 1.2의 인공 위액에서 효소활성이 나타나지 않았으며 2.5시간째인 인공 소장액인 pH 6.8에서 maltodextrin 10% 실험구가 0.12 unit/g, maltodextrin 20%에서 0.07 unit/g의 효소활성을 나타내었다. maltodextrin 5% 첨가구는 실험 3시간부터 효소활성을 보였으며 최종적으로 maltodextrin 5%, 10% 및 20% 첨가구는 실험 4시간째인 pH 7.4의 인공 대장액에서 각각 0.08 unit/g, 0.21 unit/g 및 0.11 unit/g의 효소활성을 나타내었다. 동결건조 분말의 경우 모든 구간에서 효소활성이 나타나지 않았다. Lee (36)의 아마란스 발효물 분무건조 분말 연구에서 동결건조 분말은 효소의 저장 및 섭취과정에서 열과 강산, 강알칼리에 불안정하다고 보고하였다. 따라서 동결건조된 미숙 무화과 분말이 인공위액(pH 1.2)에 의해 효소가 실행된 것으로 사료되며 분무건조 분말은 이 구간에서 protease 활성을 보여주어 내산성이 있는 것으로 확인되었다.

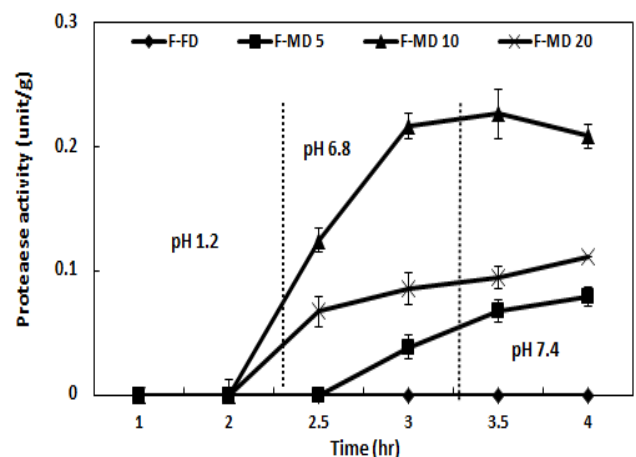


Fig. 1. In vitro dissolution of spray-dried powders from unripe fig extract in simulated pH 1.2, pH 6.8 and pH 7.4.

◆, freeze-dried powder from unripe fig extract; ■, spray-dried powder with 5% maltodextrin; ▲, spray-dried powder with 10% maltodextrin; ×, spray-dried powder with 20% maltodextrin. All values are mean±SD (n=3).

요 약

본 연구에서는 상품과로서 가치가 없어 전량 폐기되고 있는 미숙 무화과를 이용하여 산업적 이용 증대 및 식품 가공용 연육제로의 활용 가능성을 확인하기 위하여 미숙 무화과에 부형제인 maltodextrin을 5%, 10% 및 20%를 첨가하여 혼합한 후 분무건조공정을 이용하여 분말화 하였다. 분무건조 분말의 수분함량은 2.59~2.65%였으며 부형제인 maltodextrin 첨가량이 늘어날수록 색도는 L값이 늘고 a와 b값은 줄어드는 경향을 나타내었고 입자크기는 동결건조 분말(209.67 μm)에 비하여 22.18~37.33 μm 로 유의적으로 작고 균일한 크기였다. 수분흡수지수는 maltodextrin 10% 첨가군이 0.11로 가장 낮았으며 수분용해지수는 99.10%로 가장 높았다. 전체적으로는 분무건조 분말이 동결건조 분말에 비해 수분흡수지수는 낮고 수분용해지수는 높은 경향을 나타내어 산업적으로 이용시 분무건조 분말이 동결건조 분말보다 우수할 것으로 사료된다. 미숙 무화과 분말의 protease 활성은 동결건조 분말(0.92 unit/g)이 분무건조 분말(0.48~0.84 unit/g)보다 유의적으로 높은 활성을 나타내었으나, *in vitro* 인체 내 소화 모델에 대한 protease 활성은 분무건조 분말에서만 효소 활성이 나타나 낮은 pH에서도 안정함을 확인하였다. 따라서 본 실험결과, 미숙 무화과 분말 제조시 동결건조분말보다는 maltodextrin을 10% 혼합하여 제조된 분무건조 분말에서 protease 활성이 우수하였으며 향후식품가공용 연육제로서 활용이 가능할 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구는 교육부와 한국연구재단의 지역혁신창의인력 양성사업으로 수행된 연구결과임(No.2013H1B8A2032215)

References

- Williams DC, Sgarbieri VC, Whitaker JR (1968) Proteolytic activity in the genus ficus. *Plant Physiol*, 43, 1083-1088
- Kim KH (1981) Chemical components of Korean figs and its storage stability. *Korean J Food Sci Technol*, 13, 165-169
- Sgarbieri VC, Gupte SM, Kramer DE, Whitaker JR (1963) Ficus enzymes: I. Separation of the proteolytic enzymes of *Ficus carica* and *Ficus glabrata* latices. *J Biol Chem*, 239, 2170-2177
- Noh BS, Park KH (1980) Heat inactivation of proteolytic enzymes in papaya latex. *Korean J Food Sci Technol*, 12, 209-215
- Vinson JA (1999) The functional food properties of figs. *Cereal Foods World*, 44, 82-87
- Kim SS, Lee CH, Oh SL, Chung DH (1992) Chemical components in the two cultivars of Korean figs (*Ficus carica* L.). *J Korean Agric Chem*, 35, 51-54
- Lee KY (1978) pomology particulars. Hyangmunsa, Seoul, Korea, p 500-508
- Kim DH (1999) Studies on the production of vinegar from fig. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 28, 53-60
- Kim HR (2013) Studies on breeding and soil nutrient-water management technology in loquat and common fig. Final Report of NIHHS, NIHHS PJ007482
- Bang GP (2008) Studies on protected cultivation for environmentally-friendly fig production. Final Report of JARES, JARES 11-1390000-001938-01
- Jeong MR, Cha JD, Lee YE (2005) Antibacterial activity of Korean fig (*Ficus carica* L.) against food poisoning bacteria. *Korean J Food Cook Sci*, 21, 84-93
- Jeong MR, Kim BS, Lee YE (2002) Physicochemical characteristics and antioxidative effects of Korean figs. *J East Asian Soc Dietary Life*, 12, 566-573
- Kang SG, Yoon SW, Kim JM, Kim SJ, Jung ST (2001) Quality of accelerated salt-fermented anchovy sauce prepared with fig. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 30, 1142-1146
- Kim JO, Kwon ST, Lee GD, Hong JH, Moon DH, Kim TW, Kim DI (2008) Optimization of extraction condition on fig (*Ficus carica* L.) by response surface methodology. *Korean J Food Preserv*, 15, 66-73
- Tan LH, Chan LW, Heng PWS (2005) Effect of oil loading on microspheres produced by spray drying. *J Microencapsul*, 22, 253-259
- Reineccius GA (1991) Carbohydrates for flavor encapsulation. *Food Technol*, 45, 144-150
- Cho YH, Shin DS, Park JY (1997) Microencapsulation technology in the food industry. *Food Sci Ind*, 30, 98-111
- Hogan SA, McNamee BF, O'Riordan ED, O'Sullivan M (2001) Emulsification and microencapsulation properties of sodium caseinate/carbohydrate blends. *Int Dairy J*, 11, 137-144
- Cai YZ, Corke H (2000) Production and properties of spray-dried amaranthus betacyanin pigments. *J Food Sci*, 65, 1248-1252
- Han MW, Youn KS (2009) Quality characteristics of spray drying microparticulated calcium after wet-grinding.

- Korean J Food Sci Technol, 41, 657-661
21. Kim EHJ, Chen XD, Pearce D (2005) Melting characteristics of fat present on the surface of industrial spray-dried dairy powders. *Colloids Surf Biointerfaces*, 42, 1-8
 22. Sano Y (1993) Gas flow behavior in spray dryer. *Dry Technol*, 11, 697-718
 23. Kunitz M (1947) Crystalline soybean trypsin inhibitor: II. general properties. *J Gen Physiol*, 30, 291-310
 24. Phillips RD, Chinnan MS, Granch AL, Miller J, Mcwatters KH (1988) Effects of pretreatment on functional and nutritional properties of cowpea meal. *J Food Sci*, 53, 805-809
 25. Hur SJ, Lee SK, Kim YC, Choi JW (2012) Development of in vitro human digestion models for health functional food research. *Food Sci Ind*, 45, 40-49
 26. Yoo SA, Seo SH, Hyun SY, Son HS (2013) Characteristics of crude protease from fruits and traditional Korean fermentation starters. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 42, 1461-1466
 27. Jang PS, Noh BS, Yoo SH, Kim YW (2010) food enzyme technology. Soohaksa, Seoul, Korea, p 323-355
 28. Park HM, Chae HY, Hong JH (2015) Physicochemical properties and protease activities of microencapsulated pineapple juice powders by spray drying process. *Korean J Food Preserv*, 22, 84-90
 29. Kim SS, Kim SY, Lee WJ (1998) Microwave vacuum drying of germinated brown rice as a potential raw material for enzyme food. *Korean J Food Sci Technol*, 30, 1107-1113
 30. Lee DH, Park HM, Hong JH (2015) Physicochemical properties and microencapsulation process of rice fermented with *Bacillus subtilis* CBD2. *Korean J Food Preserv*, 22, 225-231
 31. Park HM, Lee DH, Jeong YS, Jung HK, Cho JG, Hong JH (2015) Physicochemical properties of spray-dried rice flour with *Lactobacillus plantarum* CGKW3. *Korean J Food Preserv*, 22, 392-398
 32. Kang YC, Choi KK, Kim KH, Kim HK (2002) Microencapsulation of *Aster scaber* and *Aster glehni* by spray drying. *Korean J Food Preserv*, 9, 212-220
 33. Rosenberg M, Kopelman IJ, Talmon Y (1990) Factors affecting retention in spray-drying microencapsulation of volatile materials. *J Agric Food Chem*, 38, 1288-1294
 34. Lee YR, Choi YH, Koh HJ, Kang MY (2001) Quality characteristics of brown rice flakes prepared with giant embryonic rice and normal rice cultivars. *Korean J Food Sci Technol*, 33, 540-544
 35. Beleia A, Varriano-Marston E, Hosney RC (1980) Characterization of starch from pearl millets. *Cereal Chem*, 57, 300-303
 36. Lee RH (2016) Physicochemical properties and functionalities of spray-dried powder using fermented amaranth. MS Thesis, Catholic University of Daegu, Korea, p 40-53