



부형제에 따른 동결건조 꿀 분말 제조 및 품질 특성 연구

오해원, 이승환*

국립안동대학교 식품생명공학과

A Study on the Manufacture and Quality Characteristics of Freeze-dried Honey Powders by Forming Agents

Hae Won Oh and Seung Hwan Lee*

Department of Food Science and Biotechnology, Andong National University, Andong 36729, Republic of Korea

Abstract

Honey powder is a substitute for honey, which application in the food industry is limited due to its high viscosity. Honey powder preparation involves the application of appropriate forming agents and drying methods. The aim of this study was to obtain a honey powder containing a higher amount of honey than was reported in the literature before. This study was performed to investigate the quality characteristics of freeze-dried honey powders by different forming agents (Gum Arabic (GA), Maltodextrin (MD), β -cyclodextrin (CD)). The influence of mixing ratio and type of honey/forming agent solutions was examined. The properties of obtained powders were quantified for drying yield, chemical and physical properties. It was confirmed that the content and type of forming agents are a major cause of the change in dry yield and moisture content during the honey powdering process. Honey powders using GA as an forming agents were light yellow, and honey powders using MD and CD were both white. The particle size decreased as the amount of forming agents increased. In the moisture absorption index and the moisture solubility index, honey powder using MD showed excellent results. However, GA was the most effective agent that could increase the amount of honey among the forming agents used. Therefore, GA was considered the most suitable forming agent for honey powder from an industrial perspective. It was confirmed that the honey content in the honey powder can be increased depending on the type of forming agents.

Keywords

Honey, Honey powder, Forming agents, Freeze-drying

서 론

식품공전에 따르면 벌꿀은 “꿀벌들이 꽃꿀, 수액 등 자연물을 채집하여 벌집에 저장한 것을 채밀한 것으로 채밀 후 화분, 로얄젤리, 당류, 감미료 등 다른 식품이나 식품 첨가물을 첨가하지 아니한 것을 말한다.”라고 규정하고 있다. 꿀은 일반 당류와는 다른 특유의 향미와 감미를 가지 는 천연 감미료로 건강, 미용 및 요리적 이점으로 인해 매

우 높이 평가된다(Osés *et al.*, 2021). 국내에서는 아카시아 꿀, 밤꿀, 유채꿀, 대추꿀, 밀감꿀 등이 주로 수확되고 있으며, 그 외 잡화꿀이 있다(Pyo *et al.*, 2020). 세계적으로 연간 꿀 생산량은 약 120만 톤으로 설탕 생산량의 1% 미만 수준이다(Alvarez-Suarez *et al.*, 2010). 영양학적으로 가치가 높은 벌꿀을 활용한 새로운 가공식품의 개발이 필요한 시점이고, 국산 양봉 산물의 차별성을 위한 제품 개발 연구가 진행되어야 한다. 천연 형태의 꿀은 액체 상태로

서 높은 점도로 인해 사용하기에 불편함이 있다(Cui *et al.*, 2008; Umesh Hebbar *et al.*, 2008). 또한 꿀은 과포화 용액으로서 결정화에 취약하며 꿀이 결정화되면 수분활성도의 증가로 인해 효모 증식에 더 민감하게 반응하고 이는 소비자의 선호도를 감소시킨다(Bhandari *et al.*, 1999; Cui *et al.*, 2008). 꿀 분말은 액상 꿀의 대체품으로써 건조 공정을 거쳐 액상 꿀을 분말로 가공한 것이며 유통기한이 연장되고, 간편한 식이, 저장, 운반 및 다른 제품과의 용이한 결합 등의 장점이 있다(Wang and Langrish, 2009). 최근 연구를 통해 꿀 분말 제조 및 분말 특성에 대한 연구가 진행되고 있고, 식품 첨가제로서 꿀 분말의 적용이 보고되고 있다. Cu *et al.* (2008)은 마이크로파-진공건조에 의해 꿀 분말의 제조에 관한 연구를 하였다. Nurhadi *et al.* (2012)은 분무건조 및 진공건조법으로 꿀 분말의 제조 및 특성에 관한 연구를 하였다. Samborska and Bieńkowska (2013), Samborska and Czelejewska (2014)는 꿀 분말을 제조하기 위하여 부형제로 말토 텍스트린, 아라비아검을 사용하여 분무건조 꿀 분말을 얻었다. Bringas-Lantigua *et al.* (2016)은 분무건조에 의해 꿀 분말을 제조하고, 공정 조건이 분말의 물리적·화학적 특성에 미치는 영향에 관한 연구를 하였다. Tong *et al.* (2010)은 꿀 분말이 반죽과 빵에 미치는 영향을 조사하여 꿀 분말이 반죽의 유동성, 강화된 질감 특성, 더 나은 감미를 부여한다는 사실을 밝혔다. 하지만 꿀은 높은 당 함량과 점도를 가져 분말화하는 것은 연구 및 산업적으로 여전히 어려운 일이다(Shi *et al.*, 2013; Jedlińska *et al.*, 2019; Samborska *et al.*, 2019). 일반적으로 꿀과 같은 당분이 많은 원료는 건조하는 동안 시럽화되거나 건조 챔버 벽에 붙어서 건조 수율이 낮고 순수한 꿀 원료만으로는 분말을 얻는 것이 불가능하다(Samborska *et al.*, 2015). 이러한 이유로 꿀의 분말화를 위해서 아라비아검, 말토 텍스트린, 녹말이나 포도당 시럽 같은 부형제의 첨가는 필수적이며 고운 분말을 얻기 위해서는 꿀 희석액에 다량의 부형제가 포함되어야 한다(Sramek *et al.*, 2016; Fan and Roos, 2019; Mutlu *et al.*, 2020). 또한 분리 유청 단백질과 카제인 나트륨과 같은 첨가제를 추가적으로 첨가하기도 한다(Suhag and Nanda, 2016). Shi *et al.* (2013)은 말토 텍스트린을 부형제로 사용한 분무건조 꿀 분말을 제조하는 과정에서의 유청 단백질의 첨가 효과에 관한 연구를 하였다. Gum Arabic은 아카시아 나무로부터 생산되는데 용해도가 높고 유화 특성이 좋아 미세캡슐화에 이용되고 있지만 특유의 색과 냄새가 있는 것이 단점이다(Krishnan *et al.*, 2005).

Dextrin류는 glucose와 maltose를 제외한 전분의 가수분해 생성물을 말하며 흡습성이 낮고, 분산성이 우수하며 특유의 색과 냄새가 없다(Kim and Ku, 1994). Cyclodextrin은 전분에 효소(cyclodextrin glucanotransferase; CGTase)를 작용시켜 얻어진 환상구조 물질로 분말의 기초재로 사용하면 풍미 유지, 흡습성 방지, 향기 성분 방지 등의 효과를 낸다. 또한 강한 포접성을 가지고 있어 이러한 성질을 이용하여 식품, 의약품, 화장품 등 다방면 분야에서 널리 응용되고 있다(Shahidi and Han, 1993).

건조는 식품의 수분을 제거하여 장기간 식품의 저장 및 보관을 가능하게 한다(Son *et al.*, 2020). 현재 식품 산업에서는 다양한 건조 방법을 사용하여 제품개발을 하고 있으며, 각 건조 방법에 따라 장점과 단점이 있다(Jung *et al.*, 2022). 꿀 분말 제조에 관한 선행 연구로는 분무건조(spray drying), 동결건조(freeze drying)를 통한 꿀 분말화가 있다(Samborska, 2019). 분무건조는 액체 식품을 분말로 전환하는 데 널리 사용되는 건조 방법으로 꿀 분말을 만드는데 가장 널리 사용된다. 일반적으로 분무건조 전에 고형분 함량 10~30%로 희석된다(Samborska and Czelejewska, 2014). 그러나 꿀 건조에 사용된 분무건조 조건은 입구 온도 150~200°C 범위, 출구 온도 70~100°C로 꿀을 건조하는 동안 맛, 향기 성분, 기능성 성분, 영양성분의 파괴가 있을 수 있다. 동결건조는 진공 상태에서 희석된 꿀 제형을 동결시켜 물이 승화되도록 한다. 동결건조는 건조 시간이 느리고 비용이 많이 들지만 열풍건조에 비해 영양성분의 손실이 적고, 식품의 향, 색 등이 비교적 잘 보존된다는 장점이 있다(Ratti, 2013; Kim *et al.*, 2018). 최근 국립농업과학원에서 진공동결건조를 통해서 액상 꿀을 과립형태로 제조하여 사용에 편리성을 향상시키기 위한 연구를 진행하였으나(Kim *et al.*, 2019) 꿀 분말화를 위해 첨가한 부형제인 dextrin 함량이 꿀 함량보다 높아 꿀 함량을 높이는 연구와 다양한 부형제 사용에 따른 꿀 분말화 품질 특성 비교에 대한 연구가 필요한 상황이다. 또한 현재 선행 연구는 대부분 분무건조를 이용한 꿀 분말 제조에 관한 것으로 동결건조를 이용한 꿀 분말 제조에 대한 연구는 적은 편이다.

따라서 본 연구에서는 꿀의 활용도와 보존성을 높일 수 있도록 꿀 분말 제조를 위해 최적의 부형제 종류 및 첨가 비율을 설정하고, 동결건조 기술을 통해 꿀 분말을 제조하여 분말의 품질 특성을 구명함으로써 향후 새로운 식품 소재 개발을 위한 기초 자료로 이용하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

본 실험에 사용한 벌꿀은 경북 예천 자선당 농원에서 국산 아카시아꿀을 구입하였으며, 해당 꿀의 품질 특성을 분석하기 위해 사단법인 한국양봉협회 양봉산물연구소에 의뢰하였다(Table 1). 꿀 분말 제조공정에서 사용한 기기는 진공동결건조기(FDTA-4504, OPERON, Gimpo, Korea), 초저온냉동고(DF8517, Ilsinbiobase, Korea), 가정용 믹서기(HMF-32060S, Hanil electric, Seoul, Korea) 제품을 사용하였다. 사용한 부형제는 말토 텍스트린 DE 14-20 (Daesang, Gunsan, Korea), 베타-사이클로덱스트린(Zibo Qianhui Fine Chemical Co., Ltd, Shandong, China), 아라비아검(Instantgum BA; Nexira, Rouen, France) 제품을 사용하였다.

2. 꿀 분말의 제조

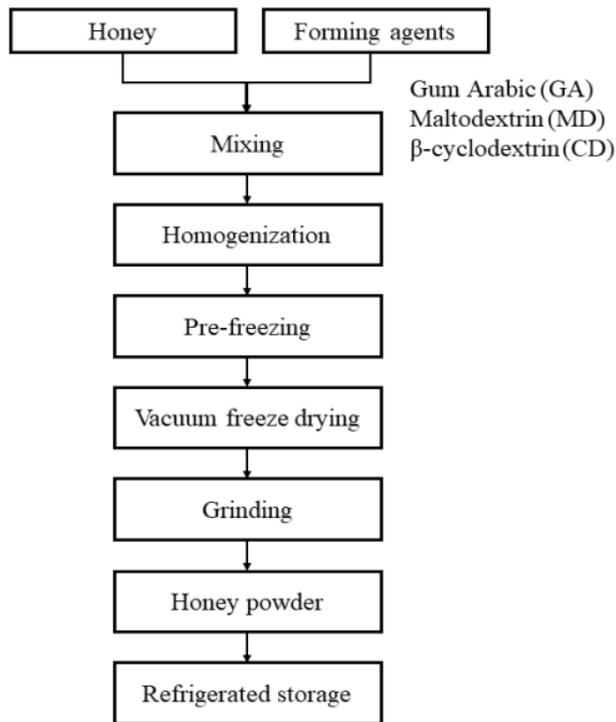
우선 예비실험을 통해 꿀 분말을 제조하기 위한 꿀, 부형제, 정제수의 비율을 설정하였다. 꿀과 정제수의 비율을 설정하고자 각각 꿀과 정제수를 1:1, 1:2, 1:5, 1:10의 비율로 혼합하여 꿀 혼합액을 제조하였으며, 이를 예비동결 후 동결건조하였다. 그리고 부형제 첨가 최소량을 알아보고자 각각 꿀과 부형제를 90:10, 80:20, 70:30, 60:40의 비율로 혼합하여 꿀 혼합액을 제조하였으며, 이를 예비동결 후 동결건조하였다. 예비실험을 통해 꿀과 정제수 비율은 1:10으로, 꿀과 부형제 비율은 60:40으로 선정하여 본 실험을 진행하였다. 총 실험구는 12개이며, 꿀 분말 제조 시 원재료 혼합 비율은 다음과 같다(Table 2). 각각 GA는 Gum Arabic, MD는 Maltodextrin, CD는 β -cyclodextrin 부형제를 말한다. 꿀, 부형제, 정제수를 혼합하여 완전히 균질화한 꿀 혼합액을 은박 알루미늄 플레이트에 담은 후 초

Table 1. Quality characteristics analysis of the Korean acacia honey

Category	Standard	Result
Appearance	Acceptable	Acceptable
Moisture content (%)	Less than 20.0%	17.8
Water insoluble solids (%)	Less than 0.5%	Acceptable
Acidity (meq/kg)	Less than 40.0 meq/kg	Acceptable
Invert sugar (%)	More than 60.0%	71.1
Sucrose (%)	Less than 7.0%	2.6
Sugar ratio (F/G)	Fructose/Glucose	1.6
H.M.F. (Hydroxy Methyl Furfural) (mg/kg)	Less than 80.0 mg/kg	0
Tar color	Non-detection	Non-detection
Sodium saccharin	Non-detection	Non-detection
Isomerase	Negative	Negative
Carbon isotope ratio (%)	Less than -22.5%: honey More than -22.5%: Sugar-fed honey	-25.7
Neomycin	Less than 0.10 ppm	Non-detection
Nitrofurantoin	Non-detection	Non-detection
Streptomycin	Less than 0.10 ppm	Non-detection
Oxytetracycline	Less than 0.30 ppm	Non-detection
Chloramphenicol	Non-detection	Non-detection
Tetracycline	Less than 0.03 ppm	Non-detection
Cymiazole	Less than 1.00 ppm	Non-detection
Bromopropylate	Less than 0.01 ppm	Non-detection
Amitraz	Less than 0.20 ppm	Non-detection
Coumaphos	Less than 0.10 ppm	Non-detection
Flumethrin	Less than 0.01 ppm	Non-detection
Fluvalinate	Less than 0.05 ppm	Non-detection
Grayanotoxin III	Non-detection	Non-detection

Table 2. Materials mixing ratio of Korean acacia honey/forming agents solutions for freeze-dried

Type of forming agents	Samples	Honey solids (%)	Forming agents solids (%)	Availability
Gum Arabic	H60-GA	60	40	O
Gum Arabic	H50-GA	50	50	O
Gum Arabic	H40-GA	40	60	O
Gum Arabic	H30-GA	30	70	O
Maltodextrin	H60-MD	60	40	-
Maltodextrin	H50-MD	50	50	-
Maltodextrin	H40-MD	40	60	O
Maltodextrin	H30-MD	30	70	O
β -cyclodextrin	H60-CD	60	40	-
β -cyclodextrin	H50-CD	50	50	-
β -cyclodextrin	H40-CD	40	60	O
β -cyclodextrin	H30-CD	30	70	O

**Fig. 1.** Procedure for the production of Korean acacia honey powder.

저온 냉동고 (-80°C , 0.111 mbar)에서 1일 이상 보관하였다. 그 후 진공동결건조기 (-80°C)에서 4일간 건조하였으며, 건조 즉시 가정용 믹서기를 이용하여 30초간 분쇄하여 분말로 제조하였다 (Fig. 1). 꿀 분말을 보관하는 과정에서 공기 중의 수분을 흡수하여 분말의 케이킹(caking) 현상이 발생할 수 있으므로 실온 보관 대신 냉장 (5°C) 보관하였다.

3. 꿀 분말 특성 분석

1) 색도 측정

제조한 꿀 분말의 색도 측정은 분광 색차계 (CM 3500d, Konica Minolta Co., Osaka, Japan)를 사용하여 Hunter 값의 명도 (Lightness), 적색도 (Redness), 황색도 (Yellowness)를 측정하였다. 측정 시 표준 백색판 ($L=98.88$, $a=-0.22$, $b=-0.34$) 값으로 보정한 후 3회 반복 측정하여 색도를 나타내었다. 외관 촬영은 같은 시간, 장소, 조명에서 시료와 사진기의 거리 및 높이를 동일하게 유지하고 플래시가 터지지 않도록 하여 촬영하였다.

2) 건조 수율 및 수분함량 측정

꿀 분말의 수율은 꿀-부형제 혼합액을 건조한 다음, 건물의 중량을 측정하여 시료 조제에 사용한 원료량에 대한 백분율로 나타내었다. 꿀 분말의 수분함량 측정은 시료 3g을 칭량하여 수분 측정용 용기에 담아 적외선 수분 측정기 (FD-660, Kett Electric Laboratory, Tokyo, Japan)를 이용하여 3회 반복 측정하였다.

3) 입도 분석

꿀 분말의 입자 크기는 입도분포측정기 (Mastersizer 3000, Malvem Ins. Lid, Worchestershire, UK)를 이용하여 3회 반복 측정하였다. 각 시료는 건식 조건으로 대기압에서 측정하였다.

4) 수분흡수지수 (WAI) 및 수분용해지수 (WSI) 측정

꿀 분말의 수분흡수지수 (water absorption index, WAI)

및 수분용해지수(water solubility index, WSI) 측정 방법은 Phillips의 방법으로 측정하였다(Phillips *et al.*, 2006). 꿀 분말 0.5 g과 증류수 20 mL를 원심분리 튜브에 넣고 30°C의 진탕배양기(WIS-010, Daihan Scientific, Co. Ltd., Korea)에서 10분간 120 rpm으로 교반하였다. 그 후 원심분리(3,000 rpm, 20 min)를 한 후 침전물은 수분흡수지수로 계산하였으며, 상등액과 침전물을 분리한 다음 105°C에서 4시간 동안 건조시킨 고형분을 수분용해지수로 사용하여 아래와 같이 계산하였다.

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

$$\text{수분용해지수(WSI, \%)} = \frac{\text{상등액 고형분의 양}}{\text{시료의 양}} \times 100$$

5) 안식각 측정

꿀 분말의 안식각(Angle of repose) 측정은 시료의 흐름성을 알아볼 수 있는 쌓임각의 방법을 변형하여 측정하였다. 시료 20 g을 고정시킨 깔때기에 넣고 일시에 내려오도록 자유낙하시켜 평면 위로 원뿔 모양으로 퇴적시켰다. 낙하된 분말의 원주의 모선을 그리고 20군데를 지정하여 평균 반지름을 측정하였고, 깔때기와 수평면과의 높이를 측정하여 수평면과 이루는 각을 측정하였으며 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{안식각}(\cot \alpha) = \frac{\text{원주의 반지름}}{\text{깔때기와 수평면이 이루는 높이}}$$

4. 꿀 분말 용해액 특성 분석

1) pH 및 가용성 고형분 함량 측정

꿀 분말 용해액의 pH 측정은 시료 1 g에 증류수 10 mL를 가하여 충분히 교반시킨 후 pH meter (HI 5521, HANNA Instruments, USA)를 이용하여 3회 반복 측정하였다. 꿀 분말 용해액의 가용성 고형분 함량 측정은 시료 1 g에 증류수 10 mL를 가하여 균질기(HG-15A, Daihan Scientific, Co. Ltd., Korea)로 5분간 균질화하였다. 이후 원심분리기(FLETA 5, Hanill, Korea)로 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 얻은 상등액을 굴절당도계(ATAGO N-1E, Atago, Tokyo, Japan)를 이용하여 Brix로 표시하였다.

2) 탁도 측정

꿀 분말 용해액의 탁도 측정을 위한 시료는 꿀 분말을 100배 희석한 용해액을 사용하였다. 탁도는 분광광도계(SpectraMax ABS Plus, Molecular Devices, San Jose, CA, USA)를 이용하여 600 nm에서의 흡광도로 3회 반복 측정하여 나타내었다.

5. 통계 분석

실험 결과의 통계 분석 시 모든 실험은 각각 따로 제조한 꿀 분말 및 꿀 분말 용해액으로 3회 반복하여 측정하였고, 모든 수치는 평균±표준편차로 표시하였다. 실험 결과는 R program을 이용하여 one-way analysis of variance (ANOVA) 분석 후, Tukey's multiple comparison test 방법으로 사후 검정하여 P value 0.05 미만인 경우 통계적으로 유의성이 있다고 판단하였다.

결과 및 고찰

1. 꿀 건조 및 꿀 분말의 제조

꿀, 부형제, 정제수의 비율을 설정하는 예비실험을 통해 정제수 희석 비율에 따른 건조 외관(Fig. 2)과 부형제 첨가 비율에 따른 건조 외관(Fig. 3)을 확인하였다. Fig. 2의 (A), (B), (C)와 같이 꿀과 정제수 비율 1:10 이하에서는 진공 동결건조 후에도 외관상 노란 부분이 보이고 건조가 덜 된 것을 확인할 수 있다. Fig. 3의 (B), (C), (D)와 같이 Gum Arabic (GA) 부형제 40% 이하에서는 건조 중 꿀이 부풀어 올라 더 이상 건조를 진행할 수 없었다. 따라서 꿀과 정제수 비율은 1:10으로, 꿀과 부형제 비율은 60:40으로 선정하였다.

또한 Table 2의 꿀 분말 제조 시 원재료 혼합 비율을 보면 총 실험구는 12개였으나 H60-MD, H50-MD, H60-CD, H50-CD는 건조가 이루어지지 않아 최종적으로 8개의 실험구(H60-GA, H50-GA, H40-GA, H30-GA, H40-MD, H30-MD, H40-CD, H30-CD)로 품질 특성을 연구하였다. H60과 H50 조건에서 부형제로 Gum Arabic을 사용한 경우 건조가 이루어진 반면 Maltodextrin과 β -cyclodextrin은 건조가 이루어지지 않아 추후 부형제로 사용한 gum과 dextrin 간의 건조 특성에 대한 차이는 추가 연구가 필요하다.

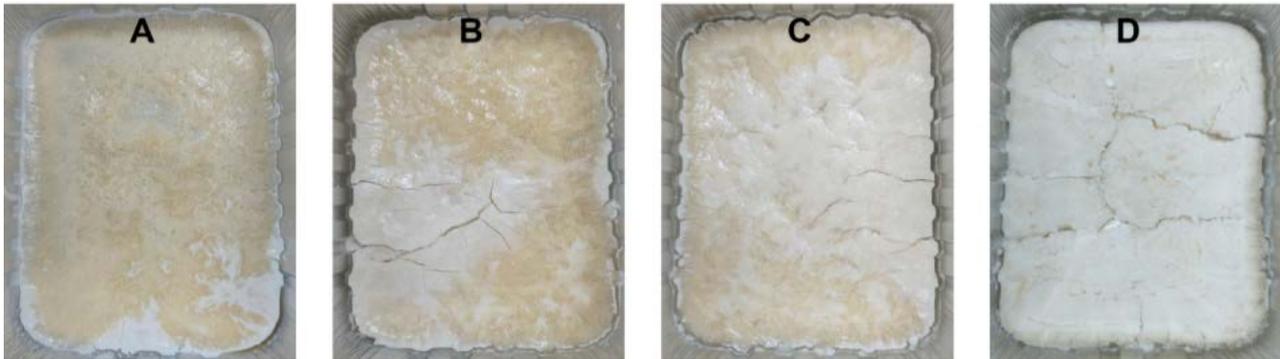


Fig. 2. Appearance of Korean acacia honey solutions according to water dilution ratios. (A) Honey : Water = 1 : 1, (B) Honey : Water = 1 : 2, (C) Honey : Water = 1 : 5, (D) Honey : Water = 1 : 10.

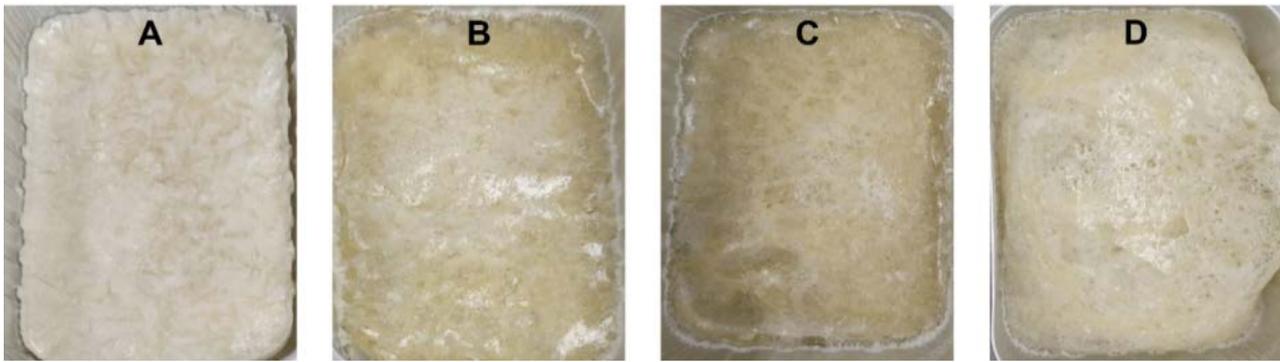


Fig. 3. Appearance of Korean acacia honey solutions according to honey addition ratios. (A) Honey : GA = 60 : 40, (B) Honey : GA = 70 : 30, (C) Honey : GA = 80 : 20, (D) Honey : GA = 90 : 10.

2. 꿀 분말 색도 측정

꿀 분말의 색상은 외관상의 품질을 판단하는 데 중요한 요인이자 소비자에게 가장 중요한 품질 요소이다. 꿀의 색상은 연한 노란색부터 짙은 호박색, 검은빛까지 다양하다. 부형제 종류에 따른 꿀 분말의 외관을 촬영한 사진은 Fig. 4와 같다. 부형제로 Gum Arabic (GA)을 사용한 꿀 분말의 경우 연한 노란색을 띠었고, Maltodextrin (MD)과 β -cyclodextrin (CD)을 사용한 꿀 분말의 경우 모두 하얀색을 보였다. 꿀 분말의 색도의 명도(Lightness), 적색도(Redness), 황색도(Yellownes)를 측정된 결과는 Table 3에 나타내었다. H60-GA의 L값(명도)은 90.88, H50-GA는 91.67, H40-GA는 91.97, H30-GA는 92.64로 GA 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. H60-GA의 b값(황색도)은 10.45이고, GA 첨가량이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 보였다. 하얀 분말을 보인 H40-MD, H30-MD, H40-CD, H30-CD의 b값(황색도)은 1.07~1.63의 범위로 부형제로 GA를 사용한 분말에 비해

Table 3. Color value of freeze-dried Korean acacia honey powder according to different forming agents

Samples	Color values		
	L*	a*	b*
H60-GA	90.88 ± 0.19 ^h	-0.29 ± 0.06 ^d	10.45 ± 0.04 ^d
H50-GA	91.67 ± 0.02 ^g	-0.47 ± 0.01 ^{ab}	10.53 ± 0.01 ^c
H40-GA	91.97 ± 0.01 ^f	-0.47 ± 0.01 ^{ab}	11.29 ± 0.01 ^b
H30-GA	92.64 ± 0.01 ^e	-0.49 ± 0.01 ^a	11.51 ± 0.1 ^a
H40-MD	94.39 ± 0.03 ^d	-0.31 ± 0.02 ^{cd}	1.63 ± 0.04 ^e
H30-MD	97.72 ± 0.04 ^a	-0.29 ± 0.01 ^{cd}	1.14 ± 0.03 ^f
H40-CD	96.58 ± 0.13 ^c	-0.18 ± 0.01 ^e	1.27 ± 0.02 ^f
H30-CD	97.38 ± 0.03 ^b	-0.19 ± 0.02 ^e	1.07 ± 0.06 ^f

Values are expressed as mean ± SD.

Different letters showed significant different ($P < 0.05$) by Tukey's multiple comparison test.

상대적으로 낮았다. 이처럼 꿀 분말의 색상은 부형제로 사용한 Gum Arabic (GA), Maltodextrin (MD), β -cyclodextrin (CD) 자체의 색상이 영향을 미친 것으로 사료된다. 따라서

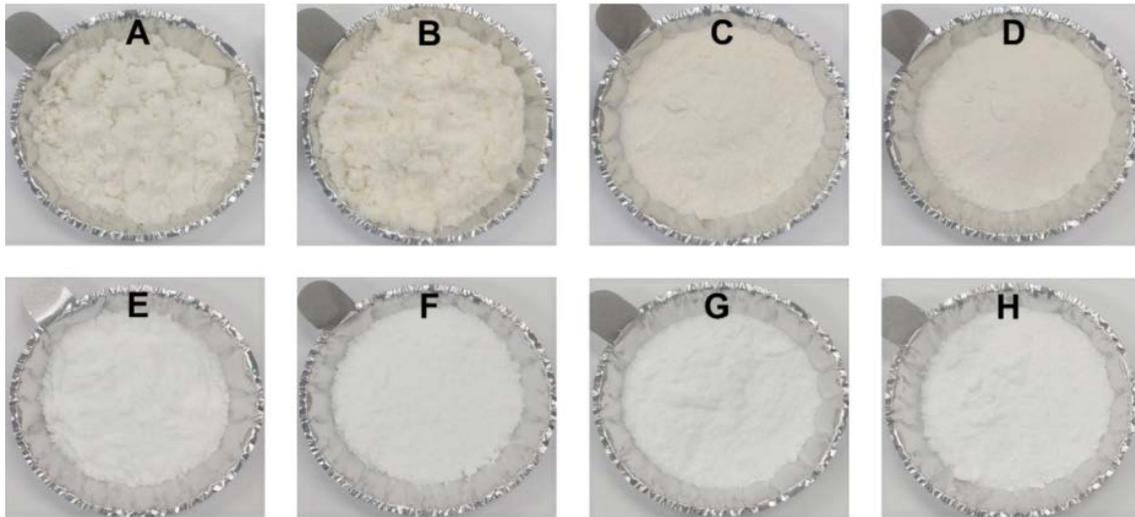


Fig. 4. Photo of Korean acacia honey power samples according to different forming agents. (A) H60-GA, (B) H50-GA, (C) H40-GA, (D) H30-GA, (E) H40-MD, (F) H30-MD, (G) H40-CD, (H) H30-CD.

꿀 분말을 상업적으로 생산하기 위해서는 액상 꿀 색상과 유사한 Gum Arabic (GA)을 부형제로 하는 것이 소비자 선호도가 높을 것이라고 판단된다.

3. 꿀 분말 건조 수율, 수분함량 측정

꿀 분말의 건조 수율 및 수분함량을 비교한 결과는 Table 4와 같다. 동일한 부형제 첨가량에서 부형제 종류별 건조 수율을 비교해보면 부형제 첨가 비율 60%인 H40-GA는 22.26%, H40-MD는 21.20%, H40-CD는 21.36%로 나타났으며, 부형제 첨가 비율을 70%로 증가시킨 H30-GA는 26.41%, H30-MD는 35.84%, H30-CD는 25.94%로 조사되었다. 부형제 첨가 비율 60%인 경우 부형제 종류에 따른 건조 수율은 통계적으로 유의적 차이는 있으나 수치적으로 큰 차이가 나지 않았다. 하지만 부형제 첨가 비율이 70%로 증가함에 따라 건조 수율이 높아졌을 뿐 아니라 부형제 종류에 따른 차이 또한 증가하였다. 꿀 분말의 수분함량은 GA, MD, CD 모두에서 부형제 첨가량이 늘어날수록 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 부형제의 함량과 종류가 꿀 분말화 과정에서 건조 수율과 수분함량 변화에 영향을 미치는 주요 원인이 되는 것을 확인하였다.

4. 꿀 분말 입도 측정

분말의 크기가 작으면 많은 반응 표면적을 가지게 되므로 다른 물질과 혼합에 용이하여 반응성, 용해성 및 이

Table 4. Drying yield, moisture content of freeze-dried Korean acacia honey powder according to different forming agents

Samples	Dry yields (%)	Moisture content (%)
H60-GA	11.14 ± 1.36 ^c	16.33 ± 1.92 ^a
H50-GA	17.76 ± 0.27 ^d	11.13 ± 0.80 ^b
H40-GA	22.26 ± 1.34 ^{bd}	10.10 ± 0.25 ^{bc}
H30-GA	26.41 ± 0.75 ^{bd}	8.75 ± 0.15 ^{bc}
H40-MD	21.20 ± 0.32 ^{bd}	4.85 ± 0.32 ^d
H30-MD	35.84 ± 0.32 ^a	4.40 ± 0.29 ^d
H40-CD	21.36 ± 1.06 ^{bd}	8.00 ± 0.31 ^{bc}
H30-CD	25.94 ± 0.93 ^{bcd}	6.00 ± 0.25 ^{bcd}

Values are expressed as mean ± SD.

Different letters showed significant different ($P < 0.05$) by Tukey's multiple comparison test.

화학적 기능성을 증가한다고 보고되고 있다(Seo *et al.*, 2003). 꿀 분말의 입자 크기는 Table 5와 같다. H60-GA와 H50-GA는 분말의 케이킹 현상 때문에 건조 조건에서 입도 측정이 불가하였다. H60-GA와 H50-GA는 Fig. 4에 외관 촬영을 한 사진을 보면 다른 분말에 비해 상대적으로 뭉침이 있지만 상업적으로 이용 가능한 수준으로 판단하였다. 꿀 분말의 입자 크기는 H40-GA에서 123.33 μm , H30-GA에서 108.96 μm 로 나타나 부형제 첨가량이 증가할수록 입자 크기가 작아지는 것을 확인하였다. Maltodextrin (MD)과 β -cyclodextrin (CD)을 부형제로 사용한 꿀 분말의 경우에도 부형제 첨가량이 증가할수록 입자 크기가 작아지는 동일한 결과를 보였다. 다만 β -cyclodextrin

Table 5. Particle size of freeze-dried Korean acacia honey powder according to different forming agents

Samples	Particle size (μm)			
	D[4,3]	Dx (10)	Dx (50)	Dx (90)
H60-GA	—	—	—	—
H50-GA	—	—	—	—
H40-GA	123.33 ^d	28.09 \pm 0.40 ^a	95.81 \pm 2.36 ^{bc}	260.21 \pm 9.51 ^{cd}
H30-GA	108.96 ^c	24.54 \pm 0.39 ^{bc}	82.66 \pm 1.36 ^c	235.13 \pm 7.06 ^d
H40-MD	140.09 ^c	24.67 \pm 0.27 ^b	89.41 \pm 2.43 ^{bc}	315.84 \pm 9.63 ^c
H30-MD	120.93 ^{de}	21.81 \pm 0.51 ^d	89.18 \pm 1.12 ^{bc}	243.58 \pm 9.39 ^{cd}
H40-CD	387.97 ^a	21.80 \pm 0.58 ^{de}	98.96 \pm 3.46 ^a	849.98 \pm 9.03 ^a
H30-CD	232.30 ^b	18.89 \pm 0.23 ^f	97.81 \pm 4.77 ^{ab}	674.96 \pm 5.95 ^b

Values are expressed as mean \pm SD.

Different letters showed significant different ($P < 0.05$) by Tukey's multiple comparison test.

*d10: minimum 10%, measurement

*d50: minimum 50%, measurement

*d90: minimum 90%, measurement

(CD)을 부형제로 사용한 꿀 분말은 Gum Arabic (GA)과 Maltodextrin (MD)에 비해 입도 크기가 매우 큰 것으로 나타났다. 따라서 입도 크기를 고려한 꿀 분말 제조를 위한 부형제로는 Gum Arabic (GA)과 Maltodextrin (MD)이 적절할 것으로 판단된다.

5. 꿀 분말 수분흡수지수 (WAI), 수분용해지수 (WSI), 안식각 측정

수분흡수지수(WAI)는 분말이 수분을 흡수하여 식품에서 점도를 향상시킬 수 있는 능력을 말하고, 수분용해지수(WSI)는 분말이 수분에 용해되는 정도를 의미한다(Kim *et al.*, 2012). 수분흡수지수 및 수분용해지수는 분말 제형의 안정성 및 저장 안정성에 있어서 중요한 품질 특성이며 특히 물에 첨가하여 먹는 제품의 경우 수분흡수지수 및 수분용해지수는 중요한 가공 적성 요인으로 알려져 있다(Lee *et al.*, 2001). 부형제 종류에 따른 꿀 분말의 수분흡수지수, 수분용해지수, 안식각 측정 결과는 Table 6과 같다. 꿀 분말의 수분흡수지수는 GA > CD > MD 순으로 GA에서 0.85로 가장 높은 지수를 나타내었으며, MD에서 0.53으로 낮은 흡수지수를 보였다. 이는 DE (dextrose equivalent) 값이 낮을수록 흡습성이 함께 낮아지는 특성에 기인한 결과이다(Biliaderis *et al.*, 1999). Han and Youn (2009)의 습식 분쇄하여 분무건조한 초미세 분말 칼슘의 품질 특성에서 아라비아검을 첨가하여 제조한 분말이 가장 많이 수분을 흡습하다는 것과 연구 결과가 일치하였다. 또한 Kim *et al.*

Table 6. Water absorption index (WAI), water solubility index (WSI), and dynamic angle of freeze-dried Korean acacia honey powder according to different forming agents

Samples	WAI	WSI (%)	Dynamic angle ($^{\circ}$)
H60-GA	0.41 \pm 0.11 ^b	93.59 \pm 0.55 ^c	39.51 \pm 0.95 ^a
H50-GA	0.43 \pm 0.09 ^b	96.48 \pm 0.69 ^{ab}	28.81 \pm 0.91 ^b
H40-GA	0.81 \pm 0.08 ^a	97.74 \pm 0.70 ^{ab}	14.09 \pm 0.56 ^d
H30-GA	0.85 \pm 0.08 ^a	98.95 \pm 0.76 ^a	11.96 \pm 0.40 ^e
H40-MD	0.53 \pm 0.07 ^b	85.43 \pm 0.75 ^c	14.97 \pm 0.28 ^d
H30-MD	0.55 \pm 0.11 ^b	87.83 \pm 0.53 ^d	12.60 \pm 0.53 ^e
H40-CD	0.57 \pm 0.09 ^b	80.54 \pm 0.58 ^e	18.08 \pm 0.64 ^c
H30-CD	0.59 \pm 0.07 ^b	82.94 \pm 0.55 ^f	14.82 \pm 0.45 ^d

Values are expressed as mean \pm SD.

Different letters showed significant different ($P < 0.05$) by Tukey's multiple comparison test.

(2013)의 블렌칭 처리 및 부형제 종류에 따른 곰취 착즙액 분무건조 분말에서 DE 값이 낮을수록 수분흡수지수가 낮아진다는 연구 결과가 일치하였다. 향후 말토 텍스트린을 부형제로 사용하여 흡습성이 저감된 제품을 생산할 수 있으므로 꿀 분말의 산업적 활용이 가능할 것으로 생각된다.

꿀 분말의 수분용해지수는 GA에서 90% 이상의 높은 수분용해지수가 나타난 것을 확인하였다. Choi *et al.* (2006)의 연구에서 분말의 입자 크기가 작을수록 수분용해지수가 증가한다고 보고하였는데 Table 5의 분말 입자 크기를 보면 CD > MD > GA 순으로 입자 크기가 큰 반면에 수분용해지수는 GA > MD > CD 순으로 나타났다. 또한 MD 첨가 실험군 분말(87.83%)이 CD 첨가 실험군 분말(82.94%)

보다 높은 수분용해지수를 보였다.

안식각은 분말이 아래로 자유낙하하면서 퇴적층이 차지하는 최대 경사의 수평면과 이루는 각도로 안식각이 작을수록 분말의 유동성이 우수하다고 판단할 수 있고, 이를 통해 분말의 케이킹(caking) 정도를 간접적으로 측정할 수 있다(Moon *et al.*, 2010).

H60-GA 분말의 안식각은 39.51°, H30-GA는 14.96°로 부형제 첨가량이 늘어날수록 분말의 안식각이 낮아짐을 확인하였다. 부형제 종류에 따른 안식각을 보면 H40-GA는 14.09°, H40-MD는 14.97°, H40-CD는 18.08°로 CD>MD>GA 순으로 안식각이 큰 것을 알 수 있다. 안식각이 작을수록 분말이 더 넓게 퍼지는 것을 의미한다(Paik *et al.*, 2012). 따라서 Gum Arabic (GA)을 사용한 꿀 분말이 가장 낮은 안식각을 나타내어 분말의 유동성이 좋은 제품을 생산하는 데 적절할 것으로 판단된다.

6. 꿀 분말 용해액 pH, 가용성 고형분 함량, 탁도 측정

꿀 분말 용해액의 특성 중에서 pH, 가용성 고형분 함량, 탁도를 측정한 결과는 Table 7과 같다. pH와 가용성 고형분 함량 측정의 대조군은 아카시아 꿀 1g에 증류수 10 mL를 가하여 만든 용해액이다. 탁도 측정의 대조군은 아카시아 꿀을 100배 희석한 용해액이다. 대조군인 꿀 용해액의 pH는 4.845로 가장 낮았으며, 꿀 분말 용해액은 5.205~6.782 범위의 값을 나타내어 부형제 첨가량이 늘어날수록 pH가 증가하였고, 또한 부형제 종류에 따른 pH는 CD>MD>GA 순으로 높았다.

꿀 분말 용해액의 가용성 고형분 함량은 GA와 MD를 부형제로 사용한 꿀 분말 용해액이 8.13~9.17 범위로 대조군인 꿀 용해액의 가용성 고형분 함량 8.87과 유사하거나 더

높은 경향을 보였다. 이는 부형제로 사용된 GA, MD, CD 자체에 존재하는 당류에 의하여 영향을 받는 것으로 판단된다.

탁도는 물의 흐린 정도를 정량적으로 나타낸 지표로서 빛의 통과에 대한 저항도이다(Lee *et al.*, 2016). 꿀 분말 용해액의 탁도는 H60-GA에서 0.115, H50-GA에서 0.138, H40-GA에서 0.406, H30-GA에서 0.535로 부형제 첨가량이 증가할수록 탁도가 증가하는 경향을 보였다. 부형제 종류에 따른 용해액의 탁도는 H40-GA 용해액은 0.406, H40-MD 용해액은 0.046, H40-CD 용해액은 1.904로 CD>GA>MD 순으로 높았다. 꿀 분말 용해액의 탁도를 측정하여 부형제 첨가에 따른 외관 차이를 확인하고자 하였다(Fig. 5). 대조군인 꿀 용해액과 비교해보면 MD 부형제로 제조한 꿀 분말 용해액이 외관이 가장 유사한 것을 확인할 수 있다.

Table 7. The pH, brix and turbidity of freeze-dried Korean acacia honey powder according to different forming agents

Samples	pH	Brix degree	Turbidity
Control	4.845 ± 0.058 ^f	8.87 ± 0.05 ^{abd}	0.141 ± 0.008 ^e
H60-GA	5.205 ± 0.074 ^{cde}	8.13 ± 0.12 ^d	0.115 ± 0.001 ^e
H50-GA	5.264 ± 0.031 ^{cd}	8.67 ± 0.26 ^{cd}	0.138 ± 0.001 ^e
H40-GA	5.383 ± 0.021 ^{cd}	9.10 ± 0.08 ^b	0.406 ± 0.004 ^d
H30-GA	5.465 ± 0.042 ^c	9.17 ± 0.17 ^a	0.535 ± 0.013 ^c
H40-MD	6.257 ± 0.110 ^b	8.37 ± 0.09 ^{de}	0.046 ± 0.001 ^e
H30-MD	6.761 ± 0.056 ^a	9.03 ± 0.05 ^c	0.049 ± 0.001 ^e
H40-CD	6.749 ± 0.028 ^a	3.73 ± 0.31 ^e	1.904 ± 0.067 ^b
H30-CD	6.782 ± 0.033 ^a	4.00 ± 0.08 ^f	2.254 ± 0.026 ^a

Values are expressed as mean ± SD. Different letters showed significant different ($P < 0.05$) by Tukey's multiple comparison test.

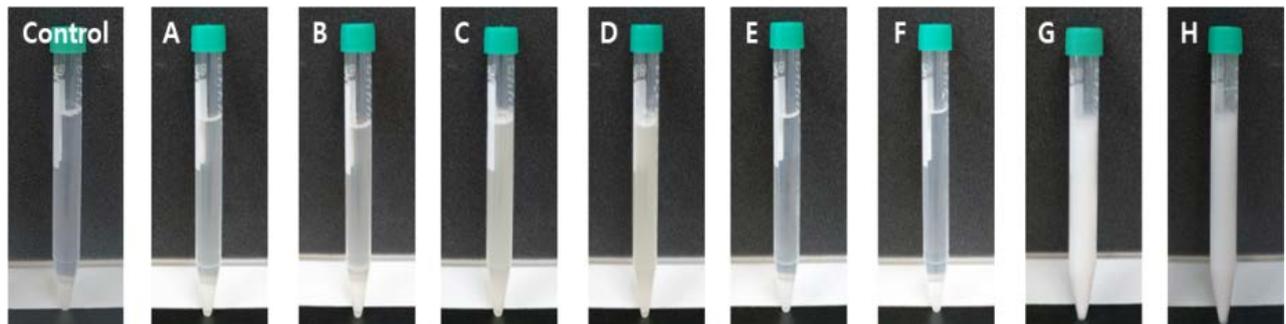


Fig. 5. Appearance of Korean acacia honey powder solutions according to different forming agents. (A) H60-GA, (B) H50-GA, (C) H40-GA, (D) H30-GA, (E) H40-MD, (F) H30-MD, (G) H40-CD, (H) H30-CD.

적 요

현재까지 꿀 분말화를 위한 연구는 대부분 분무건조를 이용한 꿀 분말 제조에 관한 것으로 동결건조를 이용한 꿀 분말 제조에 대한 연구는 적다. 따라서 진공동결건조를 이용하여 분말 형태의 꿀 분말을 제조하여 휴대 및 사용의 편리성을 향상시키고자 하였다. 부형제 없이 순수한 꿀 원료만으로는 분말화가 불가능하므로 꿀과 부형제를 혼합한 꿀-부형제 혼합액을 동결건조하여 분말로 제조하였고, 이러한 꿀 분말은 소비자의 사용상 불편함을 없애고, 설탕 대신 다양한 식품이나 요리에 첨가함으로써 이용 범위를 확대할 수 있도록 하였다. 3종의 부형제(Gum Arabic (GA), Maltodextrin (MD), β -cyclodextrin (CD))을 사용하여 꿀 분말 및 꿀 분말 용해액을 제조하고 품질 특성을 측정된 결과, 부형제로 Gum Arabic (GA)을 사용한 꿀 분말의 경우 연한 노란색을 띠었고 Maltodextrin (MD)과 β -cyclodextrin (CD)을 사용한 꿀 분말의 경우 모두 하얀색을 보였다. 부형제의 함량이 증가할수록 건조 수율이 증가하는 경향을 보였지만 동일한 부형제 첨가량에서 부형제 종류는 건조 수율에 영향을 미치지 않다는 것을 확인하였다. 꿀 분말의 수분흡수지수는 $GA > CD > MD$ 순이고 수분용해지수는 $GA > MD > CD$ 순으로 낮은 수분흡수지수와 높은 수분용해지수를 보인 Maltodextrin (MA)을 사용한 꿀 분말이 우수한 특성을 보였으나 Gum Arabic (GA)의 경우 다른 부형제 대비 꿀 함량을 높일 수 있다는 점에서 산업적으로 보다 높은 가치가 있을 것이라 사료된다. 특히 본 연구에서 제조한 H60-GA와 H50-GA 꿀 분말의 경우 시중 꿀 분말 제품 대비 부형제 함량이 적어 연구적으로도 가치가 높다. 연구 및 산업적으로 꿀 분말화는 중요한 과제이므로 부형제로 사용한 gum과 dextrin 간의 건조 특성에 대한 차이는 추가 연구가 필요하다. 본 연구를 바탕으로 부형제 종류, 첨가 비율과 건조 공정 등 보다 다양한 비교 연구를 통해 고품질 꿀 분말 제조가 가능할 것이다.

인용 문헌

- Alvarez-Suarez, J., S. Tulipani, S. Romandini, E. Bertoli and M. Battino. 2010. Contribution of honey in nutrition and human health: A review. *Med. J. Nutrition Metab.* 3: 15-23.
- Bhandari, B., B. D'Arcy and C. Kelly. 1999. Rheology and crystallization kinetics of honey: Present status. *Int. J. Food Prop.* 2(3): 217-226.
- Biliaderis, C. G., R. S. Swan and I. Arvanitoyannis. 1999. Physicochemical properties of commercial starch hydrolyzates in the frozen state. *Food Chem.* 64(4): 537-546.
- Bringas-Lantigua, M., J. A. Pino and Y. Araguez-Fortes. 2016. Influence of process conditions on the physicochemical properties of honey powder produced by spray drying. *Rev. CENIC. Cienc. Quím.* 47: 64-69.
- Choi, B. K., J. S. Kum, H. Y. Lee and J. D. Park. 2006. Physicochemical Properties of Black Rice Flours (BRFs) Affected by Milling Conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38(6): 751-755.
- Cui, Z. W., L. J. Sun, W. Chen and D. W. Sun. 2008. Preparation of dry honey by microwave-vacuum drying. *J. Food Eng.* 84: 582-590.
- Fan, F. and Y. H. Roos. 2019. Physicochemical properties, structural transformation, and relaxation time in strength analysis for honey powder models. *Food Res. Int.* 122: 137-148.
- Han, M. W. and K. S. Youn. 2009. Quality Characteristics of Spray Drying Microparticulated Calcium after Wet-grinding. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41(6): 657-661.
- Jedlińska, A., K. Samborska, A. Wiczyński, A. Wiktor, E. Ostrowska-Ligeza, W. Jamróz, K. Skwarczyńska-Maj, D. Kiełczewski, L. Błażowski, M. Tułodziecki and D. Witrowa-Rajchert. 2019. The application of dehumidified air in rapeseed and honeydew honey spray drying - Process performance and powders properties considerations. *J. Food Eng.* 245: 80-87.
- Jung, S., J. Yoon, J. T. Kim and G. Shin. 2022. Comparison of physicochemical properties and flavor content of yuja (*Citrus junos*) powders prepared by different homogenization and drying methods. *Korean J. Food Preserv.* 29: 59-69.
- Kim, A. N., K. Y. Lee, M. H. Ha, H. J. Heo and S. G. Choi. 2018. Effect of freeze, hot-air, and vacuum drying on antioxidant properties and quality characteristics of samnamul (*Aruncus dioicus* var. *Kamtschaticus*). *Korean J. Food Preserv.* 25(7): 811-818.
- Kim, H. B., Y. S. Seok, J. H. Lee and W. T. Ju. 2019. Manufacturing Properties of Granulated Honey Powder. *J. Apic.* 34(3): 265-271.
- Kim, H. Y., H. I. Seo, J. Y. Ko, J. I. Kim, J. S. Lee, S. B. Song, T. W. Jung, K. Y. Kim, D. Y. Kwak, I. S. Oh, H. S. Jeong and K. S. Woo. 2012. Physicochemical Characteristics of the Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Powder following Low Temperature-Microparticulation. *Korean J. Food And Nutr.* 25(3): 656-663.
- Kim, J. W., I. K. Park and K. S. Youn. 2013. Phytochemical compounds and quality characteristics of spray-dried powders with the blanching condition and selected forming agents from pressed extracts of *Ligularia fischeri* leaves. *Korean J. Food Preserv.* 20(5): 659-667.

- Kim, W. J. and K. H. Ku. 1994. Optimization of Heating and Addition of Water, Oil and Dextrin for Uncompressed SPI Tofu Preparation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26(1): 37-43.
- Krishnan, S., R. Bhosale and R. S. Singhal. 2005. Microencapsulation of cardamom oleoresin: Evaluation of blends of gum arabic, maltodextrin and a modified starch as wall materials. *Carbohydr. Polym.* 61(1): 95-102.
- Lee, J. S., K. T. Kim and G. S. Choi. 2016. Prediction of Alkaline Copper Quat (ACQ) Wood Preservative Concentration by Turbidity. *J. Korean Wood Sci. Technol.* 44(5): 743-749.
- Lee, Y. R., Y. H. Choi, H. J. Koh and M. Y. Kang. 2001. Quality Characteristics of Brown Rice Flakes Prepared with Giant Embryonic Rice and Normal Rice Cultivars. *Korean J. Food Sci. Technol.* 33(5): 540-544.
- Moon, J. H., R. S. Kim, H. D. Choi and Y. S. Kim. 2010. Nutrient Composition and Physicochemical Properties of Korean Taro Flours According to Cultivars. *Korean J. Food Sci. Technol.* 42(5): 613-619.
- Mutlu, C., A. Koç and M. Erbaş. 2020. Some physical properties and adsorption isotherms of vacuum-dried honey powder with different carrier materials. *LWT* 134: 110166.
- Nurhadi, B., R. Andoyo and R. Indiarito. 2012. Study the properties of honey powder produced from spray drying and vacuum drying method. *Int. Food Res. J.* 19(3): 849-854.
- Osés, S. M., L. Cantero, M. Crespo, G. Puertas, L. González-Ceballos, S. Vallejos, M. Á. Fernández-Muiño and M. T. Sancho. 2021. Attributes of ling-heather honey powder obtained by different methods with several carriers. *LWT* 150: 112063.
- Paik, S. Y., J. N. Ryu and S. H. Ko. 2012. Comparison of Physicochemical Properties of Calcium Carbonate Nano- and Micro-Powders. *Food Eng. Prog.* 16(2): 134-138.
- Phillips, R. D., M. S. Chinnan, A. L. Branch, J. Miller and K. H. McWatters. 2006. Effects of Pretreatment on Functional and Nutritional Properties of Cowpea Meal. *J. Food Sci.* 53: 805-809.
- Pyo, S. J., J. S. Kim, D. H. Lee and H. Y. Sohn. 2020. Absorbance as Simple Indicator for Polyphenol Content and Antioxidant Activity of Honey. *J. Life Sci.* 30(6): 555-562.
- Ratti, C. 2013. Freeze drying for food powder production. In *Handbook of Food Powders: Processes and Properties* pp. 57-84.
- Samborska, K. 2019. Powdered honey - drying methods and parameters, types of carriers and drying aids, physicochemical properties and storage stability. *Trends Food Sci. Technol.* 88: 133-142.
- Samborska, K. and B. Bieńkowska. 2013. Physicochemical properties of spray dried honey preparations. *Adv. Agric. Sci. Problem Issues.* 575: 91-105.
- Samborska, K. and M. Czelejewska. 2014. The Influence of Thermal Treatment and Spray Drying on the Physicochemical Properties of Polish Honeys. *J. Food Process. Preserv.* 38(1): 413-419.
- Samborska, K., P. Gajek and A. Kamińska-Dwórznicza. 2015. Spray Drying of Honey: The Effect of Drying Aids on Powder Properties. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 62: 109-118.
- Samborska, K., A. Wiktor, A. Jedlińska, A. Matwijczuk, W. Jamróz, K. Skwarczyńska-Maj, D. Kiełczewski, M. Tułodziecki, Ł. Błażowski and D. Witrowa-Rajchert. 2019. Development and characterization of physical properties of honey-rich powder. *Food Bioprod. Process.* 115: 78-86.
- Seo, C. H., J. W. Lee, N. M. Kim, J. H. Do, J. W. Yang and K. S. Chang. 2003. Quality Characteristics of Korean Red Ginseng Powder with Different Milling Methods. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32(3): 370-374.
- Shahidi, F. and X. Q. Han. 1993. Encapsulation of food ingredients. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 33(6): 501-547.
- Shi, Q., Z. Fang and B. Bhandari. 2013. Effect of Addition of Whey Protein Isolate on Spray-Drying Behavior of Honey with Maltodextrin as a Carrier Material. *Dry. Technol.* 31:13-14, 1681-1692.
- Son, H. K., Y. H. Jeong and J. H. Ha. 2020. Effects of freeze and hot-air drying methods on contents of physicochemical components and antioxidant activities of *Eruca sativa* Mill. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 49(7): 759-767.
- Sramek, M., B. Woerz, H. Horn, J. Weiss and R. Kohlus. 2016. Preparation of High-Grade Powders from Honey-Glucose Syrup Formulations by Vacuum Foam-Drying Method. *J. Food Process. Preserv.* 40(4): 790-797.
- Suhag, Y. and V. Nanda. 2016. Evaluation of Different Carrier Agents with Respect to Physico-Chemical, Functional and Morphological Characteristics of Spray Dried Nutritionally Rich Honey Powder. *J. Food Process. Preserv.* 40(6): 1429-1437.
- Tong, Q., X. Zhang, F. Wu, J. Tong, P. Zhang and J. Zhang. 2010. Effect of honey powder on dough rheology and bread quality. *Food Res. Int.* 43(9): 2284-2288.
- Umesh Hebbar, H., N. K. Rastogi and R. Subramanian. 2008. Properties of Dried and Intermediate Moisture Honey Products: A Review. *Int. J. Food Prop.* 11(4): 804-819.
- Wang, S. and T. Langrish. 2009. A review of process simulations and the use of additives in spray drying. *Food Res. Int.* 42(1): 13-25.