

# 초음파와 효소 전처리 솔잎 추출액 첨가량에 따른 식혜의 품질특성

## Quality Characteristics of Sikhye Supplemented with Different Levels of Pine Needle Extract Pretreated with Ultrasound and Enzyme

류다현<sup>1)</sup> · 유현희<sup>2),\*</sup>

군산대학교 식품영양학과 석사<sup>1)</sup> · 군산대학교 식품영양학과 교수<sup>2),\*</sup>

Ryu, Da Hyeon<sup>1)</sup> · Yu, Hyeon Hee<sup>2),\*</sup>

Department of Food and Nutrition, Kunsan National University<sup>1),2)</sup>

### Abstract

Sikhye is a traditional fermented beverage primarily made from malt syrup and rice through a saccharification process. Recent research has focused on enhancing its quality and nutritional value by incorporating various functional ingredients. Pine needles, the leaves of evergreen trees in the Pinaceae family, are a representative conifer in East Asia. They contain several physiologically active compounds known for their antioxidant, anti-inflammatory, and antibacterial properties. In this study, sikhye was prepared using different amounts of pine needle extract that had been treated with ultrasound and the enzyme Pectinex. The control group consisted of 100% malt syrup extract, while the experimental groups included 3%, 6%, and 9% pine needle extract replacing malt syrup extract. The results showed that turbidity, a value, and b value significantly increased with higher amounts of pine needle extract, whereas pH, sweetness, and L value decreased ( $p < 0.001$ ). The total polyphenol and total flavonoid content, along with DPPH and ABTS radical scavenging activities, were significantly higher in the experimental groups compared to the control, with the 9% addition group exhibiting the highest values ( $p < 0.001$ ). Characteristic difference tests indicated that the intensity of pine needle color, scent, taste, and sourness increased with the amount added ( $p < 0.001$ ). Preference levels were highest for the control and the 6% addition groups ( $p < 0.001$ ). These findings suggest that sikhye formulated with 6% ultrasound and Pectinex-treated pine needle extract is the most suitable option.

**Keywords:** Sikhye, Pine(*Pinus densiflora*) needles, Quality characteristics, Enzyme treatment, Ultrasound treatment

## I. 서론

솔잎은 소나무과(pinaceae)에 속하는 상록 교목의 칩엽으로, 한국을 비롯한 동아시아지역인 중국, 일본 등에 광범위하게 분포하며 자생한다. 예로부터 솔잎은 민간요법과

한의학에서 건강 증진을 위한 기능성 자원으로 활용되어 왔다(문화방송, 1988; 박종갑, 1984; 홍재민, 2015). 솔잎은 테르페노이드(terpenoid), 테르펜(terpene), 플라보노이드 등의 정유성분을 함유하고 있어 항산화와 항균 등 다양한 생리활성을 나타낸다(박가영 외, 2006; 이향경, 201

본 연구는 군산대학교 석사학위 논문과 2025년 한국생활과학회 하계 학술대회에서 구두 발표한 것임. 관능검사는 군산대학교 생명윤리위원회의 승인하에 진행하였음(승인번호: 1040117-202502-HR-002-02).

\* Corresponding author: Yu, Hyeonhee

Tel: +82-63-469-4636, Fax: +82-63-469-7426

E-mail: youhh@kunsan.ac.kr

© 2025, Korean Association of Human Ecology. All rights reserved.

6; 정봉희, 2014). 그밖에 솔잎은 향당뇨(김경미 1997; 김미정 외, 2006; 김신희 외, 2005; 문정애, 1999)를 비롯하여 항암(김은정 외, 1998), 항비만(최민영 외, 2022), 항고지혈증(박용근 외, 1996), 항충치(최희돈 외, 2007) 등의 생리 기능성 효과에 대해 보고되었다. 식물체로부터 생리 활성 성분을 추출하기 위한 방법으로 열수, 감압, 마이크로웨이브, 초음파 등이 주로 사용 되는데, 그중 초음파 추출법은 전단(shear) 및 압축(compression) 효과를 통해 세포 구조를 파괴하고, 이로 인해 세포 내 성분의 방출을 유도하며 물리적·화학적 반응을 촉진시키는 것으로 알려져 있다(박성진 외, 2017; 이광진, 엄병현, 2008; 장귀영 외, 2012; 정현식 외, 2016; Li et al., 2004). 식품에 대한 효소 전처리는 고온 추출보다 에너지 소비가 적으며, 열에 민감한 성분의 변성을 최소화할 수 있다. 또한, 효소에 의한 세포벽 분해를 통해 유효 성분의 방출을 촉진함으로써 생리활성 물질의 추출 효율을 향상시킬 수 있는 방법이다(장은진 외, 2020). 본 연구에 사용한 효소인 Pectinex Ultra SP-L(이하 Pectinex)은 pectin trans-eliminase, polygalacturonase, pectinesterase 등 다양한 펙틴 분해 효소를 포함하고 있다. 선행연구에 따르면, 연잎(최선주 외, 2009), 인삼(김영찬 외, 2007), 사과껍질(박민경, 김철현, 2009), 복분자(김희선 외, 2015) 등의 식물 소재에 적용하여 추출 수율, 총 폴리페놀 함량, 항산화 활성, 기호성 등이 유의하게 향상된 것으로 보고되었다(김미진 외, 2024). 나아가 효소 기반의 추출법은 단순히 생리활성 성분 확보에 그치지 않고 점도, 감미, 향미 등과 같은 물리적·관능적 품질 특성의 개선에도 긍정적인 영향을 미치는 것으로 보고되고 있다(인병호 외, 2024).

식혜는 우리나라를 대표하는 전통 음청류로, 감주 또는 단술이라고도 불리는 비알코올성 전분 당화 음료이다(박신인, 2006; 신희희, 2013). 보리를 발아시켜 만든 엿기름을 물에 우려낸 후, 추출된 아밀라아제에 의해서 쌀 전분이 당화되어 포도당, 맥아당 등의 당류가 생성된다(안연화, 2009; 이경훈, 2017). 이 과정에서 감미와 고유의 풍미가 형성된다(유수현, 2021). 한의학적 및 영양학적 관점에서 식혜는 따뜻한 성질과 단맛을 지닌 맥아를 주원료로 하여 제조되며, 다수의 건강증진에 기여할 수 있는 다양한 생리활성 성분을 포함하고 있는 전통 발효 음료이다(김지연, 2002; 김향희, 2006; 정광열, 2010; 황은선, 손은명, 2020). 식혜에 함유된 식이섬유는 장내 환경 개선에 기여하며, 당화 반응을 통해 생성된 단당류는 즉각적인 에너지원으로 작용하며 소화기능에 도움을 준다. 이로 인해 식혜는 소화불량, 복부팽만, 식욕부진, 구토, 설사 등 위장 관련 증상을 완화

하는 데 효과적인 정장(整腸) 작용을 지닌 음료로 인식되고 있다(박현숙 외, 2009; 정미선 외, 2014).

국민들의 건강에 관한 관심이 높아지면서, 건강 기능성을 강조한 식품 개발이 활발히 이루어지고 있다. 이에 따라 기호식품을 포함한 다양한 분야에서 건강 유지를 돕는 기능성 제품이 상용화되고 있으며, 특히 전통 식품에 대한 관심도 함께 높아지고 있다(안연화, 2009; 정승일, 유현희, 2013). 이러한 흐름 속에서 전통 음청류인 식혜 역시 천연 식품 소재를 활용해 생리활성 기능을 강화하려는 다양한 시도가 이루어지고 있다(김수민 외, 1999; 석미숙, 2014). 이에 대한 연구로 식혜에 가루 녹차(박신인, 2006), 구기자(이경훈, 2017), 도라지(정승일, 유현희, 2013), 돼지감자(김혜숙, 황은선, 2021), 새싹보리(유수현, 2021), 아로니아(황은선, 손은명, 2020), 야콘(황수정, 2024a), 여주(이인아, 2019), 오디(김정수, 2012; 양지원 외, 2016), 유근피(정광열, 2010), 인진쑥(송금자, 황은선, 2016), 조릿대(서지형, 2016), 천궁(김귀순, 2013), 커피박(박나영, 2014), 황기(민성희, 2009) 등의 추출물 또는 분말을 첨가하여 기능성을 부여한 사례들이 보고 되었다. 본 연구진은 선행연구에서 솔잎을 초음파와 효소로 복합 전처리하여 항산화 및  $\alpha$ -Glucosidase 활성 저해율 등이 증가한 것을 확인하였다(류다현 외, 2025). 따라서 이들을 식혜에 활용한다면 식혜의 생리활성 증진 등 품질을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

이에 본 연구는 솔잎을 초음파 및 효소(Pectinex)를 동시에 복합 전처리한 솔잎 추출액을 식혜 제조에 첨가하여, 식혜의 이화학적 품질특성과 관능적 특성을 평가하고자 하였다. 이를 통해 솔잎의 기능성 식품 소재로서의 활용 가능성을 검토하고, 향후 산업적 응용을 위한 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 실험 재료 및 시약

솔잎은 2025년 2월에 채취한 강원도 정선군의 적송을 온라인에서, 쌀(신동진, 군산, 한국), 엿기름(두레반(주), 고양, 한국), 설탕(CJ 제일제당(주), 서울, 한국)은 대형마켓에서 구매하여 사용하였다.

솔잎 전처리에 사용된 섬유 분해 효소는 Pectinex(Novozymes A/S, Bagsvaerd, Denmark)를 사용하였다.

항산화 실험에 Folin-Ciocalteu's phenol reagent(F-925 2), Potassium persulfate(216224), 2,2'-Azino-bis(3-ethyl benzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt(A188 8)는 Sigma Chemical Co. St. Louis, USA)의 제품을 이용하였고, 그 외 1급 시약을 사용하였다.

## 2. 실험 방법

### 1) 초음파와 효소 전처리 술잎 추출액의 제조

예비 실험을 통해 추출 효율, 항산화 활성과  $\alpha$ -Glucosidase 활성 저해율이 가장 높게 된 효소와 초음파 전처리 방법으로 술잎 추출액을 제조하였다. 즉, 술잎은 깨끗한 물로 3번 세척하여 표면의 물기를 완전히 제거한 다음 2cm로 절단하여 물과 1:10의 비율로 혼합하였다. 그 후 술잎을 25°C Sonicator(UIL-DHS15040, 유일초음파(주))에 1시간 처리 후 Pectinex를 5% 첨가하여 50°C Shaking incubator(SI-100R, 한양사이언스랩(주))에서 1시간 추출하였다. 효소 증지 반응을 위해 Autoclave(AC-13, 제이오텍(주), 대전, 한국)에서 121°C 15분 처리해 주었다. 가열이 끝난 술잎을 믹서기(GJ-MM6031, 제이월드텍(주), 안산, 한국)에 같은 후, 체(35 mesh, 청계씨브(주), 군포, 한국)에 걸러 추출액만 사용하였다.

### 2) 초음파와 효소 전처리 술잎 추출액 첨가량에 따른 식혜의 제조

식혜 제조를 위해 엿기름 추출액은 엿기름 가루에 10배의 물을 넣고 40°C, 100rpm Shaking incubator(SI-100R, 한양사이언스랩(주))에서 2시간 동안 교반한 후 cheese cloth를 이용하여 착즙하였다. 엿기름 추출액은 냉장고에서 2시간 침전시킨 후 앙금은 가라앉히고 위의 맑은 상등액을 취하여 식혜 당화에 사용하였다.

술잎 식혜의 제조는 먼저 쌀을 3회 세척하여 쌀과 물의 비율을(1:1)로 전기밥솥에서 고두밥을 지었다. 엿기름 착즙액과 고두밥의 비율을 1:10로 혼합하였다. 선행연구(정민환, 1999; 정봉희, 2014)와 예비실험을 통해 엿기름 추출액과 고두밥만으로 제조한 식혜를 대조군으로, 실험군은 엿기름 추출액 대신 초음파 및 효소 전처리 술잎 추출액을 각각 3, 6, 9%를 첨가하였다. 대조군과 실험군의 식혜 혼합물을 60°C의 항온수조 내에서 5시간 동안 당화 시켜준 후 식혜에 엿기름 추출액과 술잎 추출액의 5% 만큼 설탕을 넣고 10분간 가열한 후, 즉시 찬물에 10분 정도 담가 냉각 후

4°C의 냉장고에 저장하며 실험 재료로 사용하였다.

### 3) 술잎 식혜의 pH, 당도 및 탁도

식혜를 원심분리기(MF-80, 한일과학산업(주), 인천, 한국) 3,000rpm으로 10분간 원심분리 시킨 후 여과지(No.2)를 사용해 여과한 상등액으로 pH는 pH meter(A221, Orion Co., Beverly, USA)를 이용하였고, 당도는 당도계(PAL-1, Atago, Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 또한 탁도는 96 wells plate에 상등액을 200 $\mu$ L씩 분주 후 분광광도계(Spectra MR, Dynex Technologies Inc., Chantilly, Virginia, USA) 600nm에서 흡광도를 측정하였다.

### 4) 술잎 식혜의 색도

색도는 추출액을 Cell-dish(35mm  $\times$  10mm)에 담아준 뒤, 색차계(CM-2600d Chroma Meter, Konica Minolta Holdings Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 L(명도: lightness), a(적색도: redness) 및 b(황색도: yellowness) 값을 측정하였다. 표준색판(Standard Plate)으로는 백판(L=99.36, a=-0.07, b=-0.04)을 사용하였다.

### 5) 술잎 식혜의 항산화

항산화 실험은 술잎 추출액 2g에 80% 에탄올을 18g 혼합한 후 원심분리기(MF-80, 한일과학산업(주)) 3,000rpm으로 10분간 원심분리 시킨 후 시료로 사용하였다.

총 폴리페놀 함량은 Folin-Ciocalteu(Folin & Ciocalteu., 1927)의 방법을 약간 변형하여 실험하였다. 시료 0.2mL에 2N Folin-Ciocalteu phenol reagent 0.4mL와 증류수 2mL를 취하고 3분간 상온에 반응시킨 뒤, 1N Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 0.8mL를 가하여 1시간 동안 암소 반응한 것을 분광광도계(Spectra MR, Dynex Technologies Inc.)를 이용하여 750nm에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid를 표준물질로 사용하여 총 폴리페놀 함량을 산출하였다.

총 플라보노이드 함량은 이경훈(2017)의 방법을 참고하였다. 시료 400 $\mu$ L에 90% diethylen glycol 4mL와 1N-NaOH 40 $\mu$ L를 분주 후 혼합해주고 37°C 인큐베이터에서 1시간 반응시킨 다음 분광광도계(Spectra MR, Dynex Technologies Inc.)를 이용하여 420nm에서 흡광도를 측정하였다. Rutin을 이용하여 총 플라보노이드 함량의 표준 물질을 산출하였다.

DPPH 라디칼 소거능은 Blois(1958)의 방법을 참고하여 실험하였다. 시료 1mL에 0.2mM DPPH( $\alpha$ -a-diphenyl- $\beta$ -

picrylhydrazyl) 에탄올 용액 4mL를 첨가하여 혼합한 뒤, 30분간 암소 반응을 하고, 분광광도계(Spectra MR, Dynex Technologies Inc.)를 이용하여 517nm에서 흡광도를 측정하였다. 다음과 같은 계산식으로 DPPH 라디칼 소거능을 백분율(%)로 나타내었다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거능(\%)} = \{1 - (\text{시료 첨가군/무첨가군})\} \times 100$$

ABTS 라디칼 소거능은 Re et al.(1999)의 방법을 약간 변형하여 실험하였다. ABTS(2,2'-Azino-bis 3 ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) 7mM 용액과 Potassium persulfate 2.45mM 용액을 1:1로 섞어 16시간 암소 반응을 시켜 ABTS cation(ABTS<sup>+</sup>) radical을 형성한 후 734nm에서 0.7±0.02의 흡광도가 되도록 증류수로 희석하였다. 96 wells plate에 시료 20μL과 라디칼이 형성된 ABTS용액 200μg를 분주하고 30분간 암소 반응시킨 후 분광광도계(Spectra MR, Dynex Technologies Inc.)를 이용하여 734nm에서 흡광도를 측정하였다.

#### 6) 솔잎 식혜의 α-Glucosidase 활성

식혜의 α-Glucosidase 활성은 α-Glucosidase Activity Assay Kit(MAK123, Sigma-Aldrich Co., Louis, USA)를 사용하였으며, Kit의 protocol 방식으로 실험을 진행하였다. 96 wells plate의 2개의 wells에 증류수 20μL씩 넣은 후 각각 증류수 200μL, calibrator 200μL을 분주하였다. 각 시료 20μL와 Master Buffer Mix(Assay Buffer 200μL, α-NPG 8μL)를 분주해 섞어준 뒤 분광광도계(Spectra MR, Dynex Technologies Inc.)를 이용하여 405nm에서 초기 흡광도(405\_initial)를 측정하였다. 37°C 배양기에서 20분간 반응시킨 후 405nm에서 최종 흡광도(405\_final)를 측정하였다.

$$\alpha\text{-Glucosidase 활성(units/L)} = (405\_final - 405\_initial) \times 250 / (405\_calibrator - 405\_water)$$

#### 7) 관능검사

솔잎 추출액이 첨가된 식혜의 관능검사는 군산대학교 생명윤리위원회의 승인하에 진행하였으며(승인번호: 1040117-202502-HR-002-02), 자발적으로 연구 참여 의사를 밝힌 대학생 남녀 50명을 대상으로 검사 방법과 평가 특성을 안

내한 후 실시하였다. 각각의 시료는 3자리의 난수표를 이용하여 표시하였고, 투명한 용기에 10mL씩 담아 제공하였다. 한 개의 시료를 평가하고 나면 물로 한번 헹군 뒤 다음 시료를 진행하도록 하였다. 검사 항목 중 특성 강도 평가 솔잎 색, 솔잎 향, 솔잎 맛, 신맛, 기호도 평가는 외관, 맛, 색, 향미, 목 넘김, 밥알 조직감, 전반적 기호도에 대해 9점 척도 법으로 평가하였고, 특성 강도 평가 각 항목의 특성이 강할수록 높은 점수를, 기호도 검사는 각 항목의 선호도가 좋을수록 높은 점수를 주었다.

### 3. 통계분석

식혜의 품질특성 결과는 SPSS 프로그램(IBM SPSS Statistics 20.0, IBM SPSS Co., New York, USA)을 이용하여 평균값과 표준편차를 구하고, 첨가량에 따른 솔잎 식혜의 차이 검증은 일원 배치 분산 분석(one-way ANOVA)을 이용하였고, 사후검증은 Duncan's test를 이용해 통계적 유의성을 검증하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 솔잎 식혜의 당도 및 pH, 탁도

초음파와 효소 처리 솔잎 추출액의 첨가량을 달리하여 제조한 식혜의 당도와 pH, 탁도는 <표 1>과 같다. 당도는 대조군이 13.07 Brix%, 첨가군이 13.03~12.83 Brix%로 솔잎 추출액 첨가량이 증가할수록 당도는 유의적으로 감소하였다( $p < 0.001$ ). 이인이(2019)의 여주 추출물을 첨가한 식혜의 당도는 여주 추출물 첨가 수준에 따라서 당도가 낮아졌는데 이는 여주 추출물에 의해 엿기름의 아밀라아제 활성이 저하된 것이 원인이라고 하였다. 이에 본 연구에서도 엿기름 추출액 대신 솔잎 추출액 비율이 높아질수록 식혜의 당도가 낮아지는 것은, 엿기름 추출액보다 솔잎 추출액의 당화력이 낮을 뿐 아니라, 솔잎 추출액의 아밀라아제 활성 저하로 인한 결과로 생각된다. 또한 오미자(이준호, 2011), 오디(김정수, 2012), 아로니아(황은선, 손은명, 2020), 야콘(황수정, 2024a), 천궁(김귀순, 2013)은 첨가량이 높아짐에 따라 식혜의 당도가 높아져 본 연구와 반대되는 결과를 보였는데, 이는 이들 추출물에 함유된 고유 당 성분이 높으나 본 연구의 솔잎 추출액은 당 함량이 2.10 Brix%로 낮아서 나온 결과로 보인다. 따라서 식혜의 당도는 첨가

〈표 1〉 초음파와 효소 전처리 솔잎 추출액 첨가량에 따른 식혜의 당도, pH 및 탁도

구분	대조군	3%	6%	9%	F-value
당도(Brix%)	13.07±0.06 <sup>b1)2)</sup>	13.03±0.06 <sup>b</sup>	12.87±0.06 <sup>a</sup>	12.83±0.06 <sup>a</sup>	19.583 <sup>***3)</sup>
pH	6.05±0.01 <sup>d</sup>	6.02±0.01 <sup>c</sup>	5.99±0.01 <sup>b</sup>	5.95±0.01 <sup>a</sup>	82.792 <sup>***</sup>
탁도	0.15±0.001 <sup>a</sup>	0.16±0.001 <sup>b</sup>	0.20±0.002 <sup>c</sup>	0.31±0.001 <sup>d</sup>	10926.386 <sup>***</sup>

1) Values are Mean ± SD

2) <sup>a-d</sup>Means within row with different superscripts are significantly different ( $p < 0.05$ ) by one-way ANOVA followed by Duncan's multiple range test.

3) <sup>\*\*\*</sup>  $p < 0.001$

물의 당화력, 엿기름의 아밀라아제 활성 저해 정도 뿐만 아니라 첨가물 자체의 당도 또한 식혜의 당도에 매우 큰 영향을 주는 것으로 보인다.

초음파와 효소 처리 솔잎 추출액 식혜의 pH는 대조군에서 6.05이며, 첨가군은 6.02~5.95로 솔잎 추출액 첨가량이 증가할수록 유의적으로 낮게 나타났다( $p < 0.001$ ). 노종희(2013)는 솔잎 분말을 첨가한 개성약과의 품질특성 연구에서 솔잎 분말의 첨가량이 증가할수록 약과의 pH가 감소하는 경향이 나타났는데, 이는 솔잎의 정유 성분 때문이라고 하였다. 정민환(1999)의 솔잎 가루와 솔잎 추출액을 첨가한 동결 요구르트에서 솔잎 추출액의 첨가량이 증가할수록 pH는 감소하였는데 이는 솔잎 중에 존재하는 유기산에 기인한 것이라고 하였다. 또한, 최동만 외(2007)의 솔잎 발효액 첨가 식빵의 반죽과 홍재민(2015)의 솔잎 추출액 첨가 쌀밥에서도 첨가량이 증가할수록 pH가 낮아지는 결과가 나타났으며, 이는 미생물적 안전성을 도와 저장 중 pH에 영향을 미칠 것이라고 하였다. 이에 본 연구에서도 솔잎의 정유, 유기산으로 솔잎 추출액의 첨가량이 증가함에 따라 식혜의 pH가 감소한 것으로 생각되며, 이는 저장기간 연장에 도움을 줄 것으로 보인다. 황수정(2024b)의 와송 착즙액을 첨가한 식혜의 pH는 첨가량에 따라 감소하였는데, 이는 와송 착즙액 자체의 pH 때문으로, 이러한 pH 감소는 식혜의 품질에 긍정적인 영향을 줄 수 있다고 하였다. 유사하게 양지원 외(2016)의 오디 농축액 첨가 식혜와 황은선, 손은명(2020)의 아로니아 착즙액 첨가 식혜에서도 각각 농축액 첨가량이 증가함에 따라 유기산 함량이 높아져 pH가 유의적으로 감소하였다. 이 외에도 팽화미분(이명옥, 2011), 가루녹차(박신인, 2006), 천궁(김귀순, 2013), 구기자(이경훈, 2017), 돼지감자(김혜숙, 황은선, 2021) 등을 첨가한 식혜에서도 첨가량 증가에 따라 pH가 낮아져 본 연구와 같은 결과를 보였다. 한편, 신정연 외(2017)의 섬애약쑥 추출물 첨가 식혜는 첨가량 증가에 따라 pH가 오히려 증가하였

는데, 이는 섬애약쑥 자체의 높은 pH 영향으로 보고하였다. 또한 안연화(2009)의 단호박 첨가 식혜에서도 단호박의 첨가량이 증가할수록 pH가 증가하였으며 이는 단호박의 pH가 상대적으로 높기 때문으로 분석하였다. 이와 같은 결과들은 식혜의 pH가 첨가되는 원료 고유 pH에 따라 달라질 수 있음을 보여준다.

초음파와 효소 처리 솔잎 추출액의 첨가량에 따른 식혜의 탁도는 대조군은 0.15, 실험군은 0.16~0.31로 첨가량 증가에 따라 유의적으로 증가하였다( $p < 0.001$ ). 탁도는 식혜의 흐림 수준을 나타내는 것으로(황수정, 2024a), 식혜의 탁도 증가는 일반적으로 밥의 양, 엿기름의 비율에 영향이 크다고 보고되고 있으나, 물 대신 각종 추출액이 첨가되는 것 또한 고형분 함량이 증가하여 탁도가 증가할 수 있다고 보고되고 있다(김혜숙, 황은선, 2021; 남상주, 김광옥, 1989). 천궁(김귀순, 2013), 아로니아(황은선, 손은명, 2020), 팽화미분(이명옥, 2011) 첨가에 따른 식혜 또한 첨가량이 증가함에 따라 탁도가 증가하였는데, 이는 가용성 고형물 함량의 증가가 원인이라고 하였다. 이 외에도 조릿대(서지형, 2016), 와송(황수정, 2024b), 여주(이인아, 2019), 헛개나무(김향희, 2006), 돼지감자(김혜숙, 황은선, 2021) 첨가 식혜에서도 본 연구와 같은 결과가 나타났다. 이에 본 연구의 솔잎 추출액 첨가량이 증가함에 따라 고형분 함량이 증가하여 식혜의 흐림 수준이 높아진 것으로 해석할 수 있다.

## 2. 솔잎 식혜의 색도

초음파와 효소 처리 솔잎 추출액의 첨가량에 따른 식혜의 색도는 <표 2>와 같다. L 값은 대조군에서 13.07, 첨가군에서 13.13~12.83으로 대조군이 가장 높았고, 솔잎 추출액 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 보였다( $p < 0.001$ ). a 값은 대조군에서 0.56, 첨가군에서 0.66~0.89로 대조군이 가장 낮았고, 솔잎 추출액 첨가량이 증가

할수록 a 값이 유의적으로 증가하였다( $p<0.001$ ). b 값은 대조군에서 3.20, 첨가군에서 3.43~3.72로 대조군이 가장 낮고, 솔잎 추출액 첨가량이 증가할수록 b 값이 유의적으로 증가하였다( $p<0.001$ ). 색도 변화가 솔잎 추출액을 첨가하지 않은 대조군에 비해 추출액 첨가량이 증가할수록 L 값은 감소하여 전체적으로 색이 어두워졌고, a 값은 증가하여 붉은색이 더 진해졌으며, b 값 또한 증가하여 황색이 더욱 뚜렷해지는 경향을 보였다. 홍재민(2015)의 솔잎 추출액을 첨가한 쌀밥의 색도에서 솔잎 추출액을 첨가할수록 L 값은 감소하고, a 값과 b 값은 증가하였는데, 이는 육안으로도 적갈색이 높게 나타날 정도였으며, 취반으로 인한 솔잎의 엽록소 갈변현상으로 인한 것이라 하였다. 또한, 전정례 외(2005)의 솔잎 분말 첨가 생면에서도 첨가량이 증가할수록 L 값은 감소, a 값과 b 값은 증가하는 결과를 보였다. 서지형(2016)의 조릿대 추출물 첨가 식혜의 색도는 첨가량이 증가할수록 L 값 감소, a 값과 b 값은 증가하였는데, 이러한 색도 결과는 품질 선호도에 영향을 미칠 것이라 하였다. 황수정(2024b)의 와송 착즙액 첨가 식혜에서도 착즙액 첨가량에 따라 L 값 감소, a 값과 b 값은 증가하였고, 식혜는 첨가되는 첨가물 자체의 색도에 영향을 받으며, 이러한 색은

관능적 평가 외에도 안토시아닌, 클로로필, 플라보노이드 등 생리 활성을 가지므로 연구 시 중요 요소로 평가된다고 하였다. 신정연 외(2017)의 섬애약썩 추출물 첨가량에 따라 식혜의 L 값 감소, a 값과 b 값이 증가하였는데, 이는 썩 추출물 자체 색상 영향으로 당화 과정 중 열에 의한 당과의 반응 및 갈변반응으로 인한 것이라 하였다. 이 외에도 천궁(김귀순, 2013), 커피박(박나영, 2014), 팽화미분(이명옥, 2011), 야콘(황수정, 2024a), 황기(민성희, 2009)를 넣은 식혜 연구에서도 본 연구와 같은 결과가 나타났다.

따라서 본 연구 결과는 식혜에 첨가된 솔잎 추출액을 초음파와 효소 전처리 과정 중 효소 중지 반응에 고압증기 멸균기로 가열함으로써 솔잎의 엽록소 갈변반응에 의한 착색 현상으로 이와 같은 결과가 나타난 것으로 보이며, 이는 식혜의 관능적 평가에 영향을 미칠 것으로 보인다.

### 3. 솔잎 식혜의 항산화

초음파와 효소 처리 식혜의 항산화 결과인 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량, DPPH와 ABTS 라디칼 소거능에 대한 결과는 <표 3>과 같다.

<표 2> 초음파와 효소 전처리 솔잎 추출액 첨가량에 따른 식혜의 색도

구분	대조군	3%	6%	9%	F-value
L	13.07±0.06 <sup>b1)2)</sup>	13.13±0.06 <sup>b</sup>	12.87±0.06 <sup>a</sup>	12.83±0.06 <sup>a</sup>	19.583 <sup>***3)</sup>
a	0.56±0.01 <sup>a</sup>	0.66±0.01 <sup>b</sup>	0.73±0.01 <sup>c</sup>	0.89±0.01 <sup>d</sup>	854.167 <sup>***</sup>
b	3.20±0.01 <sup>a</sup>	3.43±0.01 <sup>b</sup>	3.55±0.01 <sup>c</sup>	3.72±0.01 <sup>d</sup>	2852.611 <sup>***</sup>

1) Values are Mean ± SD

2) <sup>a-d</sup>Means within row with different superscripts are significantly different ( $p<0.05$ ) by one-way ANOVA followed by Duncan's multiple range test.

3) <sup>\*\*\*</sup> $p<0.001$

<표 3> 초음파와 효소 전처리 솔잎 추출액 첨가량에 따른 식혜의 총 폴리페놀 함량과 총 플라보노이드 함량, DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능

구분	대조군	3%	6%	9%	F-value
총 폴리페놀(mg GAE/mL)	56.75±4.19 <sup>a1)2)</sup>	67.03±1.051 <sup>b</sup>	71.87±0.002 <sup>c</sup>	79.13±0.001 <sup>d</sup>	56.655 <sup>***3)</sup>
총 플라보노이드(mg QE/mL)	2.89±0.09 <sup>a</sup>	3.86±0.08 <sup>b</sup>	4.30±0.09 <sup>c</sup>	4.57±0.12 <sup>d</sup>	176.121 <sup>***</sup>
DPPH 라디칼 소거능(%)	31.28±0.18 <sup>a</sup>	35.50±0.10 <sup>b</sup>	40.02±0.17 <sup>c</sup>	43.95±0.05 <sup>d</sup>	5092.112 <sup>***</sup>
ABTS 라디칼 소거능(%)	64.30±0.38 <sup>a</sup>	81.96±0.48 <sup>b</sup>	83.73±0.60 <sup>c</sup>	87.33±0.05 <sup>d</sup>	1711.180 <sup>***</sup>

1) Values are Mean ± SD

2) <sup>a-d</sup>Means within row with different superscripts are significantly different ( $p<0.05$ ) by one-way ANOVA followed by Duncan's multiple range test.

3) <sup>\*\*\*</sup> $p<0.001$

총 폴리페놀 함량의 대조군은 56.75 mgGAE./mL로 가장 낮았으며, 3% 첨가군은 67.03 mgGAE./mL, 6% 첨가군은 71.87 mgGAE./mL, 9% 첨가군은 79.13 mgGAE./mL로 총 폴리페놀 함량이 첨가량 증가에 따라 유의하게 증가하였으며( $p < 0.001$ ), 이는 술잎 추출액을 첨가하지 않은 대조군에 비해 1.18~1.39배 증가한 수치이다. 박선영(2015)의 술잎 분말 첨가 아이스크림의 총 폴리페놀 함량이 첨가량에 따라 증가하였으며, 이를 통해 술잎의 생리활성 기능을 강화한 아이스크림을 제조할 수 있을 것이라 하였다. 박창일, 김영직(2011)의 술잎 분말을 급여한 계육의 총 폴리페놀 함량이 급여량 증가에 따라 증가하였으며, 이는 계육의 저장성을 개선하는 데 긍정적인 영향을 줄 수 있다고 보고하였다. 이서은, 이준호(2013)의 술잎 분말 첨가 스펀지케이크에서 유의적이진 않지만, 술잎 분말 첨가량에 따라 총 폴리페놀 함량이 다소 증가하였는데, 이는 술잎 분말을 첨가함으로써 식품에 발암 물질 생성을 억제하는 데 기여할 가능성이 있다고 하였다. 또한 황수정(2024a)의 야콘 착즙액 첨가 식혜는 첨가량이 증가할수록 총 폴리페놀 함량이 증가하였으며, 이는 야콘이 항산화 활성을 기반으로 식품 보존제와 같은 생리활성 물질로 활용될 수 있는 가능성을 보여준다고 하였다. 박나영(2014)의 커피박 열수 추출물로 제조한 식혜 제조에서 추출물이 증가함에 따라 총 폴리페놀 함량이 증가하였고, 이는 커피박 추출물의 폴리페놀 성분이 식혜로 이행되었기 때문이라고 하였다. 신정연 외(2017)의 섬애야삭 추출물 첨가 식혜의 폴리페놀은 추출물의 첨가 비율이 높을수록 총 폴리페놀의 함량이 증가하였으며, 이는 속에 함유 되어있는 폴리페놀이 지질 산화를 억제하고 유리기를 제거함으로써 생체 내 항산화 활성을 나타낼 것이라고 설명하였다. 이 외에도 초당 옥수수(인병호 외, 2024), 조릿대(서지형, 2016), 오디(양지원 외, 2016), 아로니아(황은선, 손은명, 2020), 새싹보리(유수현, 2021), 여주(이인이, 2019), 인진쑥(송금자, 황은선, 2016) 첨가 식혜에서도 본 연구와 같은 결과를 보였다. 따라서, 술잎 추출액 첨가 식혜는 생리활성 기능 강화뿐만 아니라 품질 보존, 저장성 개선에도 도움이 될 것으로 보인다.

총 플라보노이드 함량의 대조군은 2.89 mgQE/mL로 가장 낮았고, 3% 첨가군은 3.86 mgQE/mL, 6% 첨가군은 4.30 mgQE/mL, 9% 첨가군은 4.57 mgQE/mL로 총 플라보노이드 함량이 첨가량 증가에 따라 유의하게 증가하였으며( $p < 0.001$ ), 이는 술잎 추출액을 첨가하지 않은 대조군에 비해 1.34~1.58배 높은 수치이다. 김영언 외(2009)는 총 폴리페놀 및 플라보노이드류의 함량과 항산화 활성의 관련

성이 크다고 하여 총 폴리페놀 함량, DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능에서 첨가량 수준에 따라서 증가한 값과 같이 높게 나온 것으로 보인다. 김원지 외(2012)의 술잎 생즙을 첨가하여 제조한 쌀 컵케이크의 총 플라보노이드 함량은 첨가량이 증가할수록 함량이 증가하였다. 양지원 외(2016)의 오디 농축액과 박나영(2014)의 커피박 열수 추출물 첨가 식혜는 각각의 추출물이 증가함에 따라 총 플라보노이드의 함량이 높아졌는데, 이는 추출물에 함유된 플라보노이드가 식혜로 이행되었기 때문이라고 하였다. 이 외에도 여주(이인이, 2019), 인진쑥(송금자, 황은선, 2016), 와송(황수정, 2024b), 구기자(이경훈, 2017), 조릿대(서지형, 2016) 첨가 식혜에서 본 연구와 같은 결과가 나타났다.

DPPH 라디칼 소거능의 대조군은 31.28%로 가장 낮았으며, 3% 첨가군은 35.50%, 6% 첨가군은 40.02%, 9% 첨가군은 43.95%로 술잎 추출액을 첨가하지 않은 대조군에 비해 첨가군은 1.14~1.41배 증가하여 DPPH 라디칼 소거능이 첨가량이 증가함에 따라 유의하게 증가하였다( $p < 0.001$ ). 이는 술잎 추출액 내에 존재하는 앞선 폴리페놀, 플라보노이드와 같은 항산화 물질의 유입량이 첨가량에 증가가 원인으로 보인다. 손병길 외(2015)의 술잎 분말 첨가 두부에서 분말의 첨가량이 증가함에 따라 DPPH 라디칼 소거능이 증가하였으며, 이는 술잎의 항산화 작용으로부터 유래한 것으로 보인다고 하였다. 진소연(2013)의 술잎 분말 매작과는 분말 첨가량이 비례하여 DPPH 라디칼 소거능이 증가하였다. 이는 술잎의 항산화 물질인 4-hydroxy-5-methyl-3[2h]-furan과 (+)-catechin이 매작과의 항산화능을 증가시킨 것이라고 하였다. 이서은, 이준호(2013)의 술잎 분말 첨가 스펀지케이크는 술잎 분말 첨가량에 비례하여 DPPH 라디칼 소거능이 증가하였다. 이러한 결과는 술잎의 항산화 작용으로부터 유래한 것으로 술잎 분말 첨가는 편의식품에 항산화 효과를 부여할 수 있을 것이라 하였다. 박나영(2014)의 커피박 열수 추출물 첨가 식혜의 DPPH 라디칼 소거능은 추출물 첨가 비율에 따라 증가하였는데, 이는 커피박의 열수 추출물이 항산화 활성을 지니고 있으며, 이를 활용하여 식혜를 제조하였을 때도 항산화 효과가 유지되는 것으로 나타나 천연 항산화제로서 다양한 식품으로 활용 가능성이 있다고 하였다. 김귀순(2013)의 천궁 열수 추출물과 양지원 외(2016)의 오디농축액 첨가 식혜에서도 첨가량이 증가함에 따라 DPPH 라디칼 소거능이 증가하였고, 이는 각각의 추출물이 식혜의 항산화능을 증가시켜 기능성 식혜의 소재가 될 수 있다 하였다. 이 외에도 인진쑥

(송금자, 황은선, 2016), 여주(이인이, 2019), 새싹보리(유수현, 2021), 아로니아(황은선, 손은명, 2020), 야콘(황수정, 2024a) 첨가 식혜에서도 본 연구와 같은 결과를 보였다. 이에 본 연구는 솔잎의 폴리페놀, 플라보노이드와 같은 항산화 성분이 솔잎 추출액 첨가 식혜에 DPPH 라디칼 소거능을 증가시키며, 그로 인해 솔잎 추출물 첨가 식혜는 항산화 활성을 가진 기능성 식혜로서의 가능성이 있는 것으로 생각된다.

ABTS 라디칼 소거능의 대조군은 64.30%, 3% 첨가군은 81.90%, 6% 첨가군은 83.70%, 9% 첨가군은 87.33%로 솔잎 추출액의 첨가량이 증가함에 따라 ABTS 라디칼 소거능도 유의하게 증가하였다( $p<0.001$ ). 이는 솔잎 추출액을 첨가하지 않은 대조군에 비해 첨가군이 1.28~1.36배 증가하여 앞선 DPPH 라디칼 소거능 결과와 같이 솔잎 추출액 내에 존재하는 항산화 물질의 유입량이 첨가량에 비해 증가한 것이 원인으로 보인다. 이인이(2019)의 여주 추출물 첨가 식혜에서 추출물 첨가량에 따라 ABTS 라디칼 소거능이 증가하였고, 이는 여주 추출물을 이용해 식혜를 제조 시 전자 공여능 및 환원력이 증가한다고 하였다. 유수현(2021)의 새싹보리 추출물 첨가 식혜에서도 첨가량이 증가함에 따라 ABTS 라디칼 소거능이 증가하였는데, 이는 새싹보리에 폴리페놀, 비타민 C, 무기질과 같은 항산화 물질이 다량 함유되어 있기 때문이라고 하였다. 이에 따라 본 연구에서 솔잎 추출액의 첨가량이 증가할수록 ABTS 라디칼 소거능이 증가하였는데, 이러한 결과는 솔잎에 함유되어 있는 솔잎 추출액 내에 존재하는 폴리페놀, 플라보노이드와 같은 항산화 물질이 식혜에 유입되어 나타난 결과로 생각된다.

#### 4. 솔잎 식혜의 $\alpha$ -Glucosidase 활성도

초음파와 효소 처리 솔잎 추출액 첨가량에 따른 식혜의  $\alpha$ -Glucosidase 활성도는 <표 4>와 같다. 대조군은 50.80 units/L, 3% 첨가군 47.55 units/L, 6% 첨가군 23.52 units/L,

9% 첨가군 16.02 units/L로 첨가량 증가에 따라 유의적으로 감소하였다( $p<0.001$ ).  $\alpha$ -Glucosidase 활성도 저해율은 대조군 대비 3% 첨가군은 6.39%, 6% 첨가군은 53.70%, 9% 첨가군은 68.47%가 증가한 것이다. 조은경 외(2010)는 솔순 열수 추출물에 혈당 강하 효능이 있어 식후의 혈당 상승을 제어할 수 있다 하였다. 김소운 외(2013)는  $\alpha$ -Glucosidase 활성도 저해율이 솔잎 추출액은 53.9%, 솔잎 발효액은 87.8%로 둘 다 높은 억제 활성도를 보였지만 그 중 솔잎 발효액이 더 높은  $\alpha$ -Glucosidase 억제 활성도를 보였다. 이는 솔잎 추출액과 발효액은 탄수화물 소화 과정에서  $\alpha$ -Glucosidase 활성을 저해함으로써 단당류 생성이 억제되어 식후 혈당의 급격한 상승을 제어할 수 있을 것이라 보고하였다. 이에 따라 본 연구결과, 솔잎 추출액의 첨가 식혜는 첨가량이 증가함에 따라  $\alpha$ -Glucosidase 억제 활성도가 증가하여 식후 혈당의 급격한 상승을 제어에 도움이 될 것이라고 생각된다.

#### 5. 솔잎 식혜의 관능검사

초음파와 효소 처리 솔잎 추출액의 첨가량을 달리하여 제조한 식혜의 관능검사 결과는 <표 5>와 같다. 특성 강도는 솔잎 색, 솔잎 향, 솔잎 맛, 신맛으로 구성하였고 기호도는 식혜의 외관, 맛, 색, 향미, 목 넘김, 밥알 조직감 전체적 기호도로 구성하여 진행하였다.

특성 강도에서 솔잎 색, 솔잎 향, 솔잎 맛, 신맛에서 대조군과 실험군 간의 유의적인 차이를 나타내었다( $p<0.001$ ). 모든 항목에서 9% 첨가군이 가장 높았으며, 6% 첨가군, 3% 첨가군, 대조군 순으로 특성 강도가 낮게 평가되었다.

기호도에서는 외관, 맛, 색, 향미, 목 넘김, 전체적 기호도에서 시료 간의 유의적인 차이를 나타내었다( $p<0.001$ ). 외관은 대조군(6.92), 6%(6.40), 3%(6.08), 9%(4.32) 순으로 대조군과 실험군에서는 6% 첨가군이 가장 높았으며, 9% 첨가군이 유의적으로 낮게 평가를 받았다( $p<0.001$ ). 김귀순(2013)의 천궁 추출물(20%, 40%, 60%, 80%, 10

<표 4> 초음파와 효소 전처리 솔잎 추출액 첨가량에 따른 식혜의  $\alpha$ -Glucosidase 활성도

(units/L)

Control	3%	6%	9%	F-value
50.80±7.59 <sup>b1)2)</sup>	47.55±5.73 <sup>b</sup>	23.52±1.56 <sup>a</sup>	16.02±1.56 <sup>a</sup>	37.637 <sup>***3)</sup>

1) Values are Mean ± SD

2) <sup>a-b</sup>Means within row with different superscripts are significantly different ( $p<0.05$ ) by one-way ANOVA followed by Duncan's multiple range test.

3) <sup>\*\*\*</sup> $p<0.001$

〈표 5〉 초음파와 효소 전처리 솔잎 추출액 첨가량에 따른 식혜의 관능검사

구분		대조군	3%	6%	9%	F-value
특성 강도	솔잎 색	2.12±1.83 <sup>a1)2)</sup>	4.60±1.68 <sup>b</sup>	4.82±1.93 <sup>b</sup>	6.98±1.71 <sup>c</sup>	61.725 <sup>***3)</sup>
	솔잎 향	2.02±1.80 <sup>a</sup>	4.62±2.08 <sup>b</sup>	4.72±2.29 <sup>b</sup>	6.32±2.49 <sup>c</sup>	33.308 <sup>***</sup>
	솔잎 맛	1.90±1.33 <sup>a</sup>	4.94±2.31 <sup>b</sup>	5.30±2.13 <sup>b</sup>	6.88±2.11 <sup>c</sup>	53.945 <sup>***</sup>
	신맛	1.82±1.22 <sup>a</sup>	2.48±1.91 <sup>ab</sup>	2.54±1.89 <sup>ab</sup>	2.94±2.24 <sup>b</sup>	3.135 <sup>*</sup>
기호도	외관	6.92±1.50 <sup>c</sup>	6.08±1.72 <sup>b</sup>	6.40±1.70 <sup>bc</sup>	4.32±1.99 <sup>a</sup>	21.046 <sup>***</sup>
	맛	6.72±1.81 <sup>b</sup>	6.00±1.94 <sup>b</sup>	6.34±2.07 <sup>b</sup>	4.40±2.03 <sup>a</sup>	13.499 <sup>***</sup>
	색	6.20±1.65 <sup>b</sup>	6.00±1.60 <sup>b</sup>	6.22±1.79 <sup>b</sup>	4.34±2.04 <sup>a</sup>	12.963 <sup>***</sup>
	향미	6.32±2.06 <sup>c</sup>	5.48±1.85 <sup>b</sup>	6.24±1.73 <sup>bc</sup>	4.60±2.04 <sup>a</sup>	8.646 <sup>***</sup>
	목 넘김	6.86±1.50 <sup>c</sup>	6.56±1.58 <sup>bc</sup>	6.16±1.62 <sup>ab</sup>	5.68±1.89 <sup>a</sup>	4.780 <sup>**</sup>
	밥알 조직감	6.14±1.87	5.94±1.85	5.86±1.70	5.56±1.82	0.883
	전체적 기호도	6.96±1.55 <sup>c</sup>	5.92±1.85 <sup>b</sup>	6.70±1.47 <sup>c</sup>	4.62±1.95 <sup>a</sup>	18.724 <sup>***</sup>

1) Values are Mean ± SD

2) <sup>a-c</sup>Means within row with different superscripts are significantly different ( $p<0.05$ ) by one-way ANOVA followed by Duncan's multiple range test.

3) <sup>\*\*\*</sup> $p<0.001$  <sup>\*\*</sup> $p<0.01$  <sup>\*</sup> $p<0.05$

0%)을 첨가한 식혜의 외관 기호도는 추출물 첨가 60%가 가장 높게 나타나고 대조군이 가장 낮게 나타났다고 하였다. 맛은 대조군(6.72), 6%(6.34), 3%(6.00), 9%(4.40) 순으로 대조군, 6% 첨가군, 3% 첨가군 간의 유의적인 차이가 없었으며, 9% 첨가군보다 유의적으로 높았다( $p<0.001$ ). 이는 앞선 식혜 당도 측정 <표 1>에서 솔잎 추출액 9% 첨가군의 당도가 가장 낮게 나타난 것이 영향을 미친 것으로 보인다. 전정례 외(2005)의 솔잎 분말의 첨가량(1%, 3%, 5%)에 따른 국수에서 맛은 대조군보다 솔잎 첨가량이 증가할수록 값이 저하되었고, 이서은, 이준호(2013)의 솔잎 분말 첨가량(2%, 4%, 6%, 8%)에 따른 스펀지케이크에서는 대조군, 2%, 4% 첨가군에서 유의적인 차이 없이 높았다고 하여 본 연구 결과와 유사하였다. 색은 6%(6.22), 대조군(6.20), 3%(6.00), 9%(4.34) 순으로 대조군, 3%, 6% 첨가군 간의 유의적인 차이는 없었으며, 9% 첨가군보다 유의적으로 높았다( $p<0.001$ ). 이는 앞선 식혜 색도 측정 <표 2>에서 초음파와 효소 전처리 솔잎 추출액 첨가군이 대조군보다 명도는 낮아지고, 적색도와 황색도는 증가하여 솔잎 추출액이 과다(9%)하게 첨가되면 색에 대한 기호도가 낮게 나타나는 것으로 보인다. 정봉희(2014)의 솔잎 첨가 탁주(3%, 6%, 9%)에서 색은 솔잎을 첨가하지 않은 대조군이 가장 값이 높았고, 9% 첨가군이 가장 낮았다고 하였다. 손병길 외(2015)의 솔잎 분말 첨가량(0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%)에 따른 두부에서는 0.2% 첨가군이 가장 높은 값을

보였고, 0.4% 첨가군부터 값이 감소하였다고 하였다. 향미는 대조군(6.32), 6%(6.24), 3%(5.48), 9%(4.60) 순으로 대조군과 6% 첨가군 간의 유의적인 차이는 없었으며, 9% 첨가군보다 유의적으로 높았다( $p<0.001$ ). 이서은, 이준호(2013)의 솔잎 분말 첨가 스펀지케이크의 향미는 대조군, 2%, 4% 첨가군 사이에 유의적인 차이는 없었다고 하였고, 정봉희(2014)의 솔잎 첨가 탁주에서는 대조군이 가장 높았고, 9% 첨가군이 가장 낮았다고 하였다. 목 넘김은 대조군(6.86), 3%(6.56), 6%(6.16), 9%(5.68) 순으로 대조군과 3% 첨가군이 유의적인 차이가 없었으며, 9% 첨가군보다 유의적으로 높았다( $p<0.01$ ). 정봉희(2014)의 솔잎 첨가 탁주에서 목 넘김은 대조군이 가장 높은 점수를 받았고, 9% 첨가군이 가장 낮은 점수를 받았다. 밥알 조직감은 모든 시료 간의 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 서형주 외(1997)의 밀, 쌀보리, 겉보리를 달리한 식혜의 관능검사 중 밥알 조직감에서도 실험군들 간의 유의적 차이를 보이지 않았다. 전체적 기호도는 대조군(6.96), 6%(6.70), 3%(5.92), 9%(4.62) 순으로 대조군과 6% 첨가군 간의 유의적인 차이는 나타나지 않았으며, 9% 첨가군보다 유의적으로 높았다( $p<0.001$ ). 손병길 외(2015)의 솔잎 분말 첨가 두부에서 전체적 기호도는 0.2% 첨가군이 가장 높게 나타났고, 전정례 외(2005)의 솔잎 분말 첨가 국수에서는 3% 첨가군이 가장 높았다. 또한, 노종희(2013)의 솔잎 분말의 첨가량(2%, 4%, 6%, 8%)에 따른 개성약과의 기호도에서 대조군

에 비해 첨가군에서 낮은 경향이 나타났지만, 대조군과 2% 첨가군에 유의적인 차이가 나타나지 않았다 하였다.

이에 따라 초음파 및 효소 처리 솔잎 추출액을 첨가한 식혜 중 6% 첨가군이 맛, 색, 향미, 외관, 목 넘김 및 전체적인 기호도에서 가장 높은 결과가 나왔다. 이는 솔잎 특유의 풍미와 생리활성 성분이 긍정적으로 작용한 결과로 판단되며, 기호성을 해치지 않는 수준으로의 첨가가 품질 향상에 기여할 수 있을 것으로 사료된다. 이에 초음파 및 효소 처리 솔잎 추출액 첨가 식혜 제조 시에 관능적인 면에서 6% 첨가가 가장 적당할 것으로 보인다. 그리고 본 연구의 관능검사는 20대를 대상으로 한 결과임으로 20대를 소비자로서는 솔잎 식혜 제조 시에는 솔잎이 가지는 고유한 맛, 향미 등을 소비자가 보다 선호하는 맛과 향미로 전환 시키거나 상쇄시키는 향신료의 선정 및 배합 비율, 배합 형태 등의 조절에 대한 더 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다. 또한 향후에는 다른 연령대를 대상으로 하여 폭 넓은 관능 검사도 필요할 것으로 보인다.

#### IV. 요약

본 연구에서는 솔잎의 우수한 생리활성을 식혜의 기능성 향상을 위한 식품 소재로 사용하고자, 초음파 및 효소(Pectinex) 복합 처리된 솔잎 추출액을 0%, 3%, 6%, 9%로 첨가하여 제조한 식혜의 품질특성 분석 결과, 당도와 pH가 솔잎 추출액 첨가량이 증가함에 따라 유의적으로 감소하였으며, 탁도는 증가하였다( $p < 0.001$ ). 색도 중 L 값은 감소하였고 a 값과 b 값은 유의적으로 증가하였다( $p < 0.001$ ). 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량, DPPH와 ABTS 라디칼 소거능도 첨가량이 증가에 따라 유의적으로 증가하였다( $p < 0.001$ ). 항당뇨 활성을 반영하는  $\alpha$ -Glucosidase 활성도는 첨가량이 증가할수록 유의적으로 감소하였다( $p < 0.001$ ).

관능검사 결과, 특성 강도 항목인 솔잎 색, 솔잎 향, 솔잎 맛, 신맛은 첨가량 증가에 따라 유의적으로 증가하였으며, 기호도 항목인 외관, 맛, 색, 향미, 목 넘김, 전체적 기호도에서 실험군 중 6% 첨가군이 가장 높은 기호도를 보였으며, 9% 첨가군은 유의적으로 낮은 기호도를 나타내었다. 이에 초음파 및 효소 처리 솔잎 추출액 첨가 식혜 제조 시에 관능적인 면에서 6% 첨가가 가장 적당할 것으로 생각된다.

주제어: 식혜, 솔잎, 품질특성, 효소 전처리, 초음파 전처리

#### REFERENCES

- 김경미(1997). 솔잎 추출물을 첨가한 청국장의 숙성 중 화학성분 변화. 건국대학교 석사학위논문.
- 김귀순(2013). 전통 음청류 이용 실태와 천궁(*Cnidium officinale Makino*)추출물 첨가 식혜의 품질특성. 대구가톨릭대학교 박사학위논문.
- 김미정, 안진홍, 최강호, 이윤학, ... 정영신(2006). 2형 당뇨병 마우스에서 솔잎 추출액의 경구투여가 혈당조절에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지*, 35(3), 321-327.
- 김미진, 황인국, 김지영, 임푸름, ... 최애진(2024). 효소처리를 활용한 오디의 기능성분 대량 추출 적용성 연구. *한국식품영양과학회지*, 53(6), 629-638.
- 김소윤, 이현정, 박재희, 김래영, ... 박은주(2013). 발효과정에서 솔잎 착즙액의 항산화,  $\alpha$ -Glucosidase 및 Angiotensin Converting Enzyme 저해 활성에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지*, 42(3), 325-334.
- 김수민, 김은주, 조영석, 성삼경(1999). 제조방법별 솔잎 추출물의 항산화성 검토. *한국식품과학회지*, 31(2), 527-534.
- 김신희, 황석연, 박오성, 김무강, 정연진(2005). 솔잎종류액의 투여가 Streptozotocin으로 유도한 당뇨쥐에서 혈당, 구강내당능검사, 혈액 성분에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지*, 34(7), 973-979.
- 김영언, 양지원, 이창호, 권은경(2009). 송이(*Tricholoma matsutake Sing.*)의 ABTS Radical 소거능과 암세포 성장 억제효능의 검색. *한국식품영양과학회지*, 38(5), 555-560.
- 김영찬, 조장원, 이영경, 유경미, 노정해(2007). 효소처리와 열처리에 의한 인삼 추출물의 항산화 활성. *한국식품영양과학회지*, 36(11), 1482-1485.
- 김원지, 김지명, 허영란, 신말식(2012). 솔잎분말과 추출물을 첨가한 쌀 컵케이크의 항산화성과 품질 특성. *한국식품조리과학회지*, 28(5), 613-622.
- 김은정, 정성원, 최근표, 함승시, 강하영(1998). 솔잎 추출물의 in vitro계 암세포 성장억제효과. *한국식품과학회지*, 30(1), 213-217.
- 김정수(2012). 오디 첨가한 식혜의 품질특성에 관한 연구. *한국조리과학회지*, 18(2), 206-215.
- 김지연(2002). 기능성 강화쌀을 이용한 오미자 식혜 개발 연구. 용인대학교 석사학위논문.

- 김향희(2006). 헛개나무 추출물을 첨가한 식혜의 품질특성 및 저장성. 대구가톨릭대학교 석사학위논문.
- 김혜숙, 황은선(2021). 돼지감자 추출물을 첨가하여 제조한 식혜의 품질 특성 및 항산화 활성. *한국식품저장유통학회지*, 28(6), 771-779.
- 김희선, 최우영, 김원석, 김명환(2015). 효소처리를 이용한 복분자 추출공정의 최적화 연구. *산업식품공학*, 19(1), 62-69.
- 남상주, 김광옥(1989). 재료의 양과 감미료를 달리한 식혜의 관능적 특성. *한국식품과학회지*, 21(2), 197-202.
- 노종희(2013). 술잎 분말을 첨가한 개성약과의 품질 특성. 세종대학교 석사학위논문.
- 류다현, 황선영, 박준영, 안규혁, 유현희(2025). 초음파 및 효소 전처리 술잎 추출액을 첨가한 식혜의 품질특성. *한국생활과학회 하계학술대회 자료집*(p.85), 경주, 한국.
- 문정애(1999). Streptozotocin 으로 유발시킨 당뇨병 흰쥐에 있어 울피 Ext. 및 술잎 Ext.의 혈관보호효과. 동덕여자대학교 석사학위논문.
- 문화방송(1988). *한국민간요법대전*. 서울: 금박.
- 민성희(2009). 황기 추출액을 첨가한 식혜의 특성. *동아시아식생활학회지*, 19(2), 216-223.
- 박가영, 리홍선, 황인덕, 정현숙(2006). 술잎착즙액의 발효에 따른 기능성 효과. *한국생물공학회지*, 21(5), 376-383.
- 박나영(2014). 커피박 열수추출물로 제조한 식혜의 품질 특성 및 항산화 활성. *한국식품과학회지*, 46(4), 470-476.
- 박민경, 김철현(2009). Cellulase와 Pectinase를 이용한 사과껍질 폴리페놀 추출 및 항산화 활성 평가. *한국식품영양과학회지*, 38(5), 535-540.
- 박선영(2015). 술잎을 첨가한 아이스크림의 품질특성. 성신여자대학교 석사학위논문.
- 박성진, 권성필, 나영아(2017). 초음파추출 공정을 이용한 아가위나무 열매의 항산화 활성 증진. *한국식품영양과학회지*, 46(7), 891-895.
- 박신인(2006). 가루녹차를 첨가한 식혜 제조. *한국식품영양과학회지*, 19(2), 227-233.
- 박용곤, 강윤한, 하태열, 문광덕(1996). 술잎추출물이 고지방식이를 급여한 흰쥐의 혈청과 간장 지질조성에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지*, 25(3), 367-373.
- 박종갑(1984). *한방대의전*. 대구: 동양종합통신교육원출판부.
- 박창일, 김영직(2011). 술잎 분말 첨가 사료가 계육의 품질 및 이화학적 특성에 미치는 영향. *한국가금학회지*, 38(4), 247-254.
- 박현숙, 양경춘, 양경미(2009). 한약재 추출물로 제조된 식혜가 고지방식이에 의한 흰쥐의 간 손상과 간 지질 함량에 미치는 영향. *생명과학회지*, 19(8), 1104-1111.
- 서지형(2016). 조릿대 추출물을 첨가한 식혜의 품질 특성. *한국식품저장유통학회지*, 23(4), 599-604.
- 서형주, 정수현, 황종현(1997). 쌀보리, 겉보리 및 밀 및 기름에 의한 식혜 제조시 특성. *한국식품과학회지*, 29(4), 716-721.
- 석미숙(2014). 생강즙을 첨가한 식혜의 품질특성. 대구한의대학교 석사학위논문.
- 손병길, 김현은, 이준호(2015). 술잎 분말을 첨가한 두부의 품질특성. *한국식품영양과학회지*, 44(2), 296-301.
- 송금자, 황은선(2016). 인진쑥 추출물을 첨가하여 제조한 식혜의 품질 특성 및 항산화 활성. *한국식품영양과학회지*, 45(11), 1630-1637.
- 신성희(2013). 복합 당화효소를 이용한 식혜 제조에 관한 연구. 위덕대학교 석사학위논문.
- 신정연, 우연우, 조유림, 서원택, 최진상(2017). 섬에약쑥 추출물의 첨가 비율에 따른 식혜의 품질특성. *한국식품저장유통학회지*, 24(2), 196-205.
- 안연화(2009). 단호박 첨가수준에 따른 식혜(食飴)의 저장 중 품질 특성. 충북대학교 석사학위논문.
- 양지원, 정성근, 송경모, 김영호, ... 김영언(2016). 오디농축액 첨가에 따른 식혜의 품질 특성. *동아시아식생활학회지*, 26(1), 44-54.
- 유수현(2021). 새싹보리 추출물을 첨가하여 제조한 식혜의 품질특성 연구. 서울과학기술대학교 석사학위논문.
- 이경훈(2017). 구기자 추출액 첨가량을 달리한 식혜의 품질특성. 명지대학교 석사학위논문.
- 이광진, 엄병현(2008). 초음파 시스템을 이용한 천연물로부터 유용성분의 추출. *한국생물공학회지*, 23(2), 101-108.
- 이명욱(2011). 팽화미분 첨가에 따른 식혜의 당화 과정 중 pH, 탁도, 색도, 당도, 환원당, 총당, ketoes, 아미노산, 단백질 그리고 관능 성질. 서울과학기술대학교 석사학위논문.

- 이서은, 이준호(2013). 솔잎 분말을 첨가한 스펀지 케이크의 품질 및 항산화 특성. *한국식품과학회지*, 45(1), 53-58.
- 이인이(2019). 여주(*Momordica charantia* L.) 추출물을 첨가한 식혜의 품질 특성 연구. 동덕여자대학교 박사학위논문.
- 이준호(2011). 오미자 열매 추출액을 첨가한 식혜의 품질 특성. *산업식품공학*, 15(1), 80-84.
- 이향경(2016). 솔잎 추출물을 이용한 구취제거 효과에 대한 연구. 초당대학교 석사학위논문.
- 인병호, 이재준, 장다빈, 이원중, ... 이경행(2024). 효소처리 초당옥수수 식혜의 이화학적 특성. *한국식품영양학회지*, 37(1), 9-16.
- 장귀영, 김현영, 이상훈, 강유리, ... 정현상(2012). 열처리와 추출방법에 따른 몇가지 약초의 항산화 활성. *한국식품영양과학회지*, 41(7), 914-920.
- 장은진, 김자민, 윤경영, 김성호(2020). 반응표면분석법을 이용한 천년초 줄기로부터 식이섬유소 추출물을 위한 효소처리 조건의 최적화. *한국식품저장유통학회지*, 27(6), 800-808.
- 전정례, 김향희, 박금순(2005). 솔잎 분말과 추출물 첨가 국수의 품질특성과 저장성. *한국식품조리과학회지*, 21(5), 685-692.
- 정광열(2010). 유근피 추출물을 첨가한 식혜의 품질특성. 대구한의대학교 석사학위논문.
- 정미선, 고지연, 송석보, 이재생, ... 우관식(2014). 조, 기장, 수수를 이용한 식혜의 이화학적 특성. *한국식품영양과학회지*, 43(11), 1785-1790.
- 정민환(1999). 솔잎가루와 솔잎 추출물의 첨가가 동결 요구르트의 품질에 미치는 영향. 진주산업대학교 석사학위논문.
- 정봉희(2014). 솔잎 처리방법 및 첨가량을 달리한 탁주의 품질특성. 명지대학교 석사학위논문.
- 정승일, 유현희(2013). 도라지 분말을 첨가한 식혜의 품질 특성. *한국식품영양과학회지*, 42(5), 759-765.
- 정현식, 조정석, 김한수, 김동섭, ... 문광덕(2016). 초음파 추출이 커피 음료의 품질특성에 미치는 영향. *한국식품저장유통학회지*, 23(5), 660-665.
- 조은경, 정보림, 최영주(2010). 솔순 열수 추출물의 생리활성. *한국식품영양과학회지*, 39(11), 1573-1579.
- 진소연(2013). 솔잎 분말을 첨가한 매작과의 품질특성 및 항산화 활성. *한국식품영양학회지*, 26(4), 646-654.
- 최동만, 이동선, 정순경(2007). 솔잎 발효액이 식빵의 품질에 미치는 영향. *한국식품저장유통학회지*, 14(2), 154-159.
- 최민영, 신별, 유주형, 여주호, ... 정진부(2022). 솔잎 (*Pinus densiflora* leaf) 추출물의 항비만 효과. *한국자원식물학회지*, 35(2), 385-389.
- 최선주, 김소영, 이성철, 이진만, ... 채희정(2009). 세포벽 분해 효소 처리에 의한 연잎 추출물의 항산화 및 tyrosinase 저해 활성. *한국생물공학회지*, 24(6), 579-583.
- 최희돈, 고윤정, 최인옥, 김윤숙, 박용곤(2007). 솔잎 및 소나무 가지 추출물의 항충치 활성 및 glucosyltransferase 억제 효과. *한국식품과학회지*, 39(3), 336-341.
- 홍재민(2015). 솔잎 추출액을 첨가한 쌀밥의 품질특성 및 기호도. 세종대학교 석사학위논문.
- 황수정(2024a). 야콘 착즙액을 첨가하여 제조한 식혜의 품질 특성. *한국조리학회지*, 30(7), 1-9.
- 황수정(2024b). 외송 착즙액 첨가 식혜의 항산화 활성 및 품질특성. *한국외식산업학회지*, 20(3), 157-170.
- 황은선, 손은명(2020). 아로니아 착즙액을 첨가하여 제조한 식혜의 품질특성 및 항산화 활성. *한국식품영양과학회지*, 49(9), 946-952.
- Blois, M. S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200.
- Folin, O., & Ciocalteu, V. (1927). On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. *Biological Chemistry*, 73(2), 627-650.
- Li, H., Pordesimo, L., & Weiss, J. (2004). High intensity ultrasound-assisted extraction of oil from soybeans. *Food Research International*, 37(7), 731-738.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., ... & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10), 1231-1237.

Received 30 June 2025;

Accepted 14 July 2025