

## 효소처리 초당옥수수 식혜의 이화학적 특성

인병호 · 이재준\* · 장다빈\* · 이원종\* · 윤아름\* · 김성규\*\* · †이경행\*\*\*  
한국교통대학교 식품영양학과 대학원생, \*한국교통대학교 식품영양학전공 학부생,  
\*\*클래식영농조합법인 대표, \*\*\*한국교통대학교 식품영양학전공 교수

### Physicochemical Characteristics of Enzyme-treated Super Sweet Corn *Sikhye*

Byung-Ho In, Jae-Jun Lee\*, Da-Bin Jang\*, Won-Jong Lee\*, Ah-Rum Yoon\*,  
Sung-Kyu Kim\*\* and †Kyung-Haeng Lee\*\*\*

Graduate School Student, Dept. of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Jeungpyeong 27909, Korea

\*Student, Dept. of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Jeungpyeong 27909, Korea

\*\*CEO, Classicfarms, Koesan 28002, Korea

\*\*\*Professor, Major in Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Jeungpyeong 27909, Korea

### Abstract

To produce super sweet corn *sikhye*, substituted for sweetener, the ratio of rice and super sweet corn was adjusted and processed with complex enzymes during saccharification, and their physicochemical and sensory properties were analyzed. The soluble solid content of the control and Corn-5 showed significantly high content at 13.50 °Brix, and the reducing sugar content of Corn-5 showed the highest content at 9.45%. The control showed the lowest free sugar content among all the experimental groups, excluding maltose content. In the enzyme-treated corn *sikhye* group, as the amount of super sweet corn increased, the content of sucrose decreased and the contents of glucose and fructose increased. The content of ascorbic acid and polyphenol compounds increased as the amount of super sweet corn increased. DPPH and ABTS radical scavenging abilities increased with increasing ratio of super sweet corn and enzyme treatment compared to the control. In the case of sensory evaluation, Corn-3, which substituted 30% of super sweet corn for rice and treated with enzymes, showed higher evaluations in taste, sweetness, and overall preference than those of the control.

Key words: super sweet corn, enzyme treatment, physicochemical property, *sikhye*

### 서 론

옥수수(*Zea mays* L.)는 2020년 기준으로 전 세계에서 생산되는 가장 많은 곡물 중의 하나이며 주로 감미료용, 사료용, 간식용 등 다양한 용도로 이용되고 있다(FAO 2022). 옥수수는 일반옥수수, 찰옥수수, 튀김옥수수 단옥수수 등 용도에 따라 다양하게 분류되고 있으며 우리나라에서는 주로 찰옥수수를 재배하여 간식용으로 주로 이용되어지고 있다(Lee & Yoon 2019).

옥수수 품종 중 초당옥수수(Super sweet corn, *Zea mays*

*saccharata* Sturt.)는 당 함량이 20 °Brix 이상으로 일반 옥수수보다 당도가 높으면서 식미가 부드러우면서도 높은 당 함량으로 미생물 및 병충해 피해에 취약하여 소비기한이 짧은 단점을 가지고 있어(Yang 등 2007) 이를 원료로 한 새로운 가공 및 제품개발이 필요하다.

한편, 식혜는 보리로 만든 엿기름의  $\beta$ -amylase의 작용으로 고두밥을 당화시켜 만든 우리나라의 대표적인 전통 음료로(Ann YG 1999) 당화 과정 중 전분이 glucose, maltose 등으로 분해되어 이로 인해 단맛과 특유의 풍미를 낸다(Hwang 등 2020). 국내 시판 전통 음료에 대한 기호도와 섭취빈도 조사

† Corresponding author: Kyung-Haeng Lee, Professor, Major in Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Jeungpyeong 27909, Korea. Tel: +82-43-820-5334, Fax: +82-43-820-5850, E-mail: leekh@ut.ac.kr

연구에 따르면 녹차에 이어 식혜가 두 번째로 높게 나타나 (Lee & Byun 2006) 시판 전통 음료 중 식혜에 대한 높은 선호도를 알 수 있다. 현재 식혜의 산업적인 제조방법으로 널리 사용되고 있는 방법은 고두밥을 당화 후 설탕이나 스테비아 등의 당류 또는 식품첨가물인 감미료를 첨가하고 있어(Ann & Lee 1995) 식품영양학적 가치는 열량원 제공에 그치고 있다. 국내 선행연구에 따르면 식혜 제조 시 식품영양학적 가치를 부여하기 위해 헛개나무열매를 이용(Kim 등 2007)하거나 베리류(Yang 등 2015), 천궁(Kim & Park 2012), 도라지(Jeong & Yu 2013), 옥수수수염(Cho & Joo 2010) 등의 연구가 보고되었으나, 초당옥수수를 이용한 식혜 개발 연구는 찾아볼 수 없다. 초당옥수수는 당도가 높아 식품산업에서 식혜 제조 시 첨가되는 스테비아 등의 인공감미료를 대체하여 식혜에 식품영양학적 가치를 부여하기에 적합한 식품소재라고 생각된다.

식품가공기술 중 효소처리 기술은 제품의 감미도를 상승시키거나 점도의 변화, 수율향상 및 조직감 조절 등의 목적으로 다양하게 사용되고 있다(Lee 등 2021). 이와 같은 효소처리 기술은 초당옥수수의 단점을 보완하고 당도를 보다 향상시켜 식품소재로서의 활용 가능성을 넓힐 수 있을 것으로 사료된다.

따라서, 본 연구에서는 초당옥수수의 상품으로서의 단점을 해소하고 단맛과 기능성을 보다 높이고자 초당옥수수 알곡에 효소처리를 하여 초당 옥수수의 이화학적 및 항산화 활성 변화를 분석하였으며(In 등 2023) 이를 바탕으로 식혜 제조 시 효소와 초당옥수수를 활용하여 식혜의 식품영양학적 가치를 높이고 감미료 첨가를 대체한 음료를 개발하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

본 연구에서 사용한 초당옥수수는 2023년도 7월에서 8월

에 충청북도 괴산군 불정면 농가에서 구입하여 시료로 사용하였다. 초당옥수수를 사용한 식혜 제조를 위하여 첨가하기 적합한 효소는 초당옥수수 효소처리 추출물을 이화학적으로 분석하여(In 등 2023) 높은 가용성 고형분 함량 및 항산화 활성 등을 종합적으로 평가 후 선정하여 사용하였다. 식혜 제조에 사용된 쌀은 충북농산에서 구입한 2023년도 11월에 도정된 쌀을 이용하였고 당화를 위한 엿기름은 2023년도 11월에 구입하여 사용하였다.

초당옥수수의 효소처리를 위한 효소는 (주)대중자임스(Seoul, Koera)에서 구입한  $\alpha$ -amylase계의 AMG 300L BrewQ(300 AGU/g), 및 invertase계의 Inverlyve P(400 IGU/g)와 (주)노보자임스(Bagsvaerd, Denmark)에서 구입한 cellulase계의 Cellucast 1.5 L(700 EGU/g)를 사용하였다.

### 2. 효소처리 초당옥수수 식혜 제조

효소처리 초당옥수수 식혜의 제조는 Ann YG(1999)의 방법을 참조하여 Table 1의 구성에 따라 제조하였다. 효소처리 초당옥수수 식혜 제조에 사용한 효소는 앞선 초당옥수수 효소처리 추출물 실험을 통하여 최적의 효소인 amylase, cellulase, invertase를 혼합하여 식혜 제조에 이용하였다. 즉 실험군으로는 고두밥만 사용하여 제조한 대조군(Control), 고두밥의 50%를 초당옥수수 알곡 마쇄물로 대체하여 엿기름으로 제조한 실험군(Corn-control), 고두밥 대신 초당옥수수 알곡 마쇄물을 10%, 30%, 및 50% 각각 대체하고 amylase, cellulase, invertase를 혼합한 복합효소를 첨가하여 제조한 실험군(Corn-1, Corn-3, Corn-5)으로 하였다.

식혜제조를 위한 엿기름 추출액은 엿기름이 전체 중량 10%가 되도록 물을 가하여 60°C에서 2시간 추출한 다음 착즙하여 고형분은 버리고 냉장고에 12시간 방치하여 상등액만 사용하였다. 당화는 60°C에서 5시간 동안 당화시켜 제조하였고(Control, Corn-control). Corn-1, Corn-3 및 Corn-5 실험군은 60°C에서 4시간 당화시킨 후 복합효소를 가하여 추가로 1시간 당화하여 총 5시간을 당화시켰다. 당화 후 모든 실

Table 1. Formula for preparation of the enzyme-treated super sweet corn *sikhye*

Sample	Control	Corn-Control	Corn-1	Corn-3	Corn-5
Super sweet corn (g)	-	100.0	20.0	60.0	100.0
Cooked rice (g)	200.0	100.0	180.0	140.0	100.0
Malt powder (g)	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0
Water (mL)	720.0	720.0	720.0	720.0	720.0
Cellulase (mL)	-	-	8.0	8.0	8.0
Amylase (mL)	-	-	8.0	8.0	8.0
Invertase (g)	-	-	0.4	0.4	0.4

협균은 효소를 불활성화하기 위하여 100℃에서 20분 동안 가열하여 실행시켰다.

### 3. 효소처리 초당옥수수 식혜의 이화학적 분석

#### 1) 가용성 고형분 및 환원당 함량

효소처리 초당옥수수 식혜를 각 제조법에 따라 제조하고 가용성 고형분 함량은 굴절 당도계(PAL-2, ATAGO, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였고 환원당 함량은 dinitrosalicylic acid(DNS)에 의한 비색법을 이용하여 추출물 1 mL에 DNS 시약 2 mL를 첨가하여 10분간 가열하고 냉각한 후 550 nm에서 흡광도를 측정하였다(Chae 등 2000).

#### 2) 유리당 함량

효소처리 초당옥수수 식혜의 유리당 함량은 0.45 µm membrane filter를 통과시키고 HPLC(Waters, Millipore Co-Operative, Milford, MA, USA)로 측정하였으며 column은 Supelcosil TM LC-NH<sub>2</sub>(5 µm, 25 cm×4.6 mm; Supelco., Bellefonte, PA, USA), Detector는 RI detector(waters 410), 이동상은 acetonitrile: water(75:25, v/v), column 온도는 40℃로 하여 측정하였다(Yu 등 2020).

#### 3) 항산화 성분 함량

효소처리 초당옥수수 식혜 내 항산화 성분인 ascorbic acid, flavonoid 화합물, polyphenol 화합물의 함량 측정을 위하여 다음과 같이 측정하였다.

Ascorbic acid의 함량은 Park 등(2008)의 방법에 따라 시료 0.2 mL에 10% trichloroacetic acid(TCA) 0.8 mL를 가하고 원심 분리기에서 3,041×g 로 5분간 원심분리시킨 후 여과하고 여액 0.5 mL에 2% metaphosphoric acid 1.5 mL와 10% phenol reagent 0.2 mL를 혼합하여 상온에서 10분간 방치 후 UV-Vis spectrophotometer(Uvikon XL 70, Sacoman, Ales, France)를 이용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Flavonoid 화합물의 함량은 Moreno 등(2000)의 방법에 따라 시료 0.1 mL에 80% ethanol 0.9 mL를 가하여 이 혼합액 0.5 mL에 10% aluminium nitrate 0.1 mL, 1 M potassium acetate 0.1 mL 및 80% ethanol 4.3 mL를 각각 가하고 상온에서 40분간 방치 후 415 nm에서 흡광도 값을 측정하였으며 표준물질로는 quercetin(Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)을 사용하였다.

Polyphenol 화합물은 각 효소처리 시료 1 mL에 phenol reagent 0.5mL와 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1 mL, 증류수 7.5 mL를 차례대로 혼합하여 30분간 방치 후 760 nm에서 흡광도를 측정하였으며 표준물질로는 tannic acid(Sigma-Aldrich)를 사용하였다

(AOAC법 1995).

#### 4) 항산화 활성

효소처리 초당옥수수 식혜의 항산화 활성을 측정하기 위하여 DPPH radical 소거능과 ABTS radical 소거능을 측정하였다.

DPPH radical 소거능은 6배 희석한 시료 2 mL에 0.2 mM DPPH 2 mL 첨가 및 혼합 후 상온에서 30분간 반응하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다(Blois MS 1958).

ABTS radical 소거능은 ABTS 시약(2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) 7.4 mM과 potassium persulfate 2.6 mM을 제조한 후 하루 동안 암소에 방치한 시약의 흡광도 값이 1.5 이하가 되도록 증류수로 희석한 후 희석된 ABTS 시약 1 mL에 11배 희석한 시료 0.05 mL를 첨가하고 상온에서 90분간 반응시킨 후 734 nm에서 흡광도를 측정하였다(Re 등 1999).

#### 4. 관능평가

효소처리 초당옥수수 식혜의 관능적 품질 평가를 조사하기 위하여 청주시, 증평군 지역에 거주하는 19~64세 성인 남녀 총 16명(남녀 각 8명씩)으로 자발적으로 동의한 자를 대상으로 관능평가를 진행하였으며 시료의 맛, 향, 색, 단맛, 목넘김, 종합적 기호도에 대하여 대단히 싫다(dislike extremely) 1점, 보통이다(neither like nor dislike)를 4점, 대단히 좋다(like extremely)를 7점으로 하는 Likert 7점 척도법에 따라 측정하였다(IRB 승인번호: KNUT-2023-HR-30-33).

#### 5. 통계처리

SPSS 26.0(IBM Corporation, Armonk, NY, USA)을 이용하여 평균과 표준편차로 나타내었으며, 실험군 간 차이를 one-way ANOVA로 분석한 후, Duncan's multiple range test로 실험군 간 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

#### 1. 가용성 고형분 및 환원당 함량

효소처리 초당옥수수 식혜를 제조하고 가용성 고형분 및 환원당 함량을 측정된 결과는 Table 2와 같다.

가용성 고형분은 쌀 식혜 대조군과 효소처리 초당옥수수 식혜 Corn-5의 경우 13.50 °Brix로 모든 식혜군보다 유의적으로 높은 측정값을 나타냈으며, 효소처리를 하지 않은 초당옥수수 식혜 실험군(Corn-control)의 경우 9.60 °Brix로 유의적으로 가장 낮은 측정값을 나타냈다. 이와 같은 이유는 식혜 제조 시 고두밥의 함량이 적고 복합 효소처리를 하지 않았기 때문에 낮은 값을 나타내는 것으로 초당옥수수를 첨가한 식

**Table 2. Changes in soluble solid, reducing sugar content of enzyme-treated super sweet corn *sikhye***

	Sample				
	Control	Corn-Control	Corn-1	Corn-3	Corn-5
Soluble solid (°Brix)	13.50±0.00 <sup>a1)</sup>	9.60±0.00 <sup>d</sup>	12.97±0.58 <sup>b</sup>	12.90±0.00 <sup>e</sup>	13.50±0.00 <sup>a</sup>
Reducing sugar (%)	8.80±0.05 <sup>c</sup>	6.08±0.04 <sup>d</sup>	8.95±0.01 <sup>b</sup>	8.93±0.01 <sup>b</sup>	9.45±0.01 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Values with different superscripts within a row (<sup>a-d</sup>) were significantly different ( $p < 0.05$ ).

해 제조 과정에서 복합 효소처리 시 가용성 고형분 함량이 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

환원당 함량은 쌀 식혜 대조군은 8.80%였으며, 초당옥수수 함량이 높아질수록 증가하는 경향을 나타내었다. 이는 가용성 고형분의 함량의 결과와 마찬가지로 원료로 사용한 고두밥의 양이 줄어들었기 때문인 것으로 판단되었다. 효소처리 초당옥수수 식혜의 경우 초당옥수수 첨가 후 복합효소 처리로 대조군보다는 높은 환원당 함량을 보였고 초당옥수수 첨가량에 따라서는 비율이 높아질수록 상승하는 경향을 나타내었고 Corn-5 실험군이 다른 실험군보다는 높은 환원당의 함량을 보였다.

Kim JS(2012)는 식혜 제조 시 오디 첨가 비율에 따른 식혜의 특성을 비교한 결과, 오디 첨가 식혜의 가용성 고형분 함량은 오디의 첨가 비율이 증가할수록 유의적으로 증가하는 경향을 보여 본 연구결과와 유사한 결과를 보였다.

## 2. 유리당 함량

효소처리 초당옥수수 식혜의 유리당은 glucose, fructose, sucrose, maltose가 검출되었으며 그 결과는 Table 3과 같다.

식혜 실험군에 따른 유리당 함량 차이는 glucose와 fructose의 경우 대조군이 가장 낮은 함량을 나타내었고 효소처리 초당옥수수 식혜군은 초당옥수수의 함량이 증가할수록 함량이 증가하는 경향을 나타내어 Corn-5가 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었다. Sucrose의 경우 대조군이 0.023%의 함량을 나타내었고, 초당옥수수 식혜 대조군이 0.454%로 가장 높

은 함량을 보였다. 효소처리 초당옥수수 식혜군은 초당옥수수 함량이 증가할수록 sucrose의 함량이 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 복합효소 중 invertase의 작용에 의해 초당옥수수에 함유된 sucrose가 glucose와 fructose로 가수분해되어 sucrose의 함량이 감소하고 glucose 및 fructose의 함량이 증가한 것으로 생각된다. Maltose의 경우 대조군이 8.936%로 가장 높은 함량을 나타내었으며 다른 식혜군은 유의적인 차이를 보이지 않았다.

Jung 등(2017)의 효소처리에 따른 야생복숭아 당절임액의 특성 연구에서는 야생복숭아에 cellulase 및 pectinase 효소 처리 시 glucose 및 fructose의 함량이 유의적으로 증가하는 것으로 나타나 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

## 3. 항산화 성분 함량

효소처리 초당옥수수 식혜의 항산화 성분 함량 측정은 ascorbic acid, polyphenol 및 flavonoid 화합물을 측정하였으며 그 결과는 Table 4와 같다.

Ascorbic acid의 함량의 경우, 대조군 및 초당옥수수 식혜 대조군이 4.87 mg%로 측정되었다. 효소처리 초당옥수수 식혜군의 함량은 Corn-5에서 6.10 mg%, Corn-3에서 5.93 mg%로 가장 높은 함량을 나타내었으며 Corn-1에서 4.75 mg%로 측정되어 효소처리 및 초당옥수수의 함량이 증가함에 따라 유의적으로 함량이 증가하는 경향을 보였다.

Flavonoid 화합물 함량의 경우, 식혜 내 함량이 매우 적었으나 실험군 중에서는 초당옥수수 식혜 대조군이 1.65 µg%

**Table 3. Changes in free sugar contents of enzyme-treated super sweet corn *sikhye***

Sample	Free sugar (%)			
	Glucose	Fructose	Sucrose	Maltose
Control	1.028±0.004 <sup>e1)</sup>	0.229±0.002 <sup>d</sup>	0.023±0.001 <sup>b</sup>	8.936±0.010 <sup>a</sup>
Corn-Control	1.325±0.011 <sup>d</sup>	0.291±0.020 <sup>c</sup>	0.454±0.003 <sup>a</sup>	4.568±0.034 <sup>b</sup>
Corn-1	1.355±0.010 <sup>c</sup>	0.315±0.005 <sup>c</sup>	0.018±0.001 <sup>c</sup>	4.670±0.043 <sup>b</sup>
Corn-3	1.874±0.007 <sup>b</sup>	0.486±0.012 <sup>b</sup>	0.010±0.003 <sup>d</sup>	5.030±2.524 <sup>b</sup>
Corn-5	2.409±0.006 <sup>a</sup>	0.674±0.027 <sup>a</sup>	0.003±0.003 <sup>e</sup>	6.793±0.404 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> Values with different superscripts within a column (<sup>a-c</sup>) were significantly different ( $p < 0.05$ ).

**Table 4. Ascorbic acid, polyphenols and flavonoids contents of enzyme-treated super sweet corn *sikhye***

	Sample				
	Control	Corn-Control	Corn-1	Corn-3	Corn-5
Ascorbic acid (mg %)	4.87±0.22 <sup>b1)</sup>	4.87±0.13 <sup>b</sup>	4.75±0.22 <sup>b</sup>	5.93±0.53 <sup>a</sup>	6.10±0.19 <sup>a</sup>
Polyphenol (mg %)	18.25±0.90 <sup>e</sup>	25.69±0.34 <sup>b</sup>	21.27±0.14 <sup>d</sup>	24.44±0.11 <sup>c</sup>	32.09±0.18 <sup>a</sup>
Flavonoid (µg %)	1.12±0.23 <sup>b</sup>	1.65±0.00 <sup>a</sup>	0.85±0.00 <sup>bc</sup>	0.31±0.23 <sup>d</sup>	0.58±0.47 <sup>cd</sup>

<sup>1)</sup> Values with different superscripts within a row (<sup>a-c</sup>) were significantly different ( $p<0.05$ ).

가장 높은 함량을 나타내었고 쌀 식혜 대조군이 1.12 µg%로 나타났다. 효소처리 초당옥수수 식혜군에서는 초당옥수수 함량에 따른 flavonoid 화합물 함량의 경향을 보이지는 않았다.

Polyphenol 화합물의 함량은 대조군이 18.25 mg%로 가장 낮은 함량을 나타내었으나 Corn-5 실험군은 32.09 mg%로 유의적으로 가장 높은 함량을 나타내었으며 효소처리 초당옥수수 식혜군에서 초당옥수수 함량이 증가할수록 함량이 증가하였고 초당옥수수 식혜 대조군과 비교할 때 복합 효소처리에 의해 polyphenol 화합물의 함량이 증가하는 것으로 나타나 효소처리가 조직의 연화 등으로 그 함량을 증가시키는 것으로 판단되었다.

Hwang & Sohn(2020)의 아로니아 착즙액을 첨가하여 제조한 식혜의 품질특성에 관한 연구에서는 아로니아 착즙액의 첨가량이 증가할수록 총 polyphenol 화합물 함량이 유의적으로 증가하여 본 연구와 유사한 경향을 보였다.

#### 4. 항산화 활성

효소처리 초당옥수수 식혜의 항산화 활성을 측정할 결과는 Table 5와 같다.

DPPH 라디칼 소거능의 경우 쌀 식혜 대조군은 58.78%로 가장 낮은 활성을 나타냈으며, 초당옥수수 함량이 가장 높은 Corn-5이 69.28%로 유의적으로 가장 높은 활성을 나타냈다. 효소처리 초당옥수수 식혜의 DPPH 라디칼 소거능은 초당옥수수 함량이 증가할수록 활성이 증가하는 경향을 나타내었고, 초당옥수수 식혜 대조군이 62.33%로 측정되어 효소처리 시 증가하는 경향을 나타내는 것으로 확인되었다.

ABTS 라디칼 소거능은 쌀 식혜 대조군이 62.71%로 가장 낮은 활성을 보였다. 효소처리 초당옥수수 식혜군의 Corn-5의 경우 74.92%로 유의적으로 가장 높은 활성을 나타내었으며 초당옥수수 함량이 증가할수록 활성이 증가하는 경향을 나타내었다. 초당옥수수 식혜 대조군의 경우 70.83%로 효소처리 시 ABTS 라디칼 소거능이 증가하는 경향을 나타내는 것으로 나타났다.

Kim & Park(2012)의 천궁 열수 추출물을 첨가한 식혜의 품질 특성에 관한 연구에서 천궁 열수 추출물의 첨가량이 증가할수록 DPPH 라디칼 소거능이 유의적으로 증가하는 결과를 나타내어 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 특히, 초당옥수수 식혜 대조군과 비교하여 같은 비율로 제조한 효소처리 초당옥수수 식혜의 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능이 높은 것으로 보아 식혜 제조 과정에서 초당옥수수 효소처리 시 항산화 활성에 긍정적인 요인으로 작용하는 것을 확인할 수 있었다.

한편, 초당옥수수 식혜를 분석한 각각의 항산화 성분들과 항산화 활성들에 대한 상관분석(Table 6)에서는 polyphenol 화합물과 ABTS 라디칼 소거능간의 r값이 0.942로 가장 높은 것으로 나타났다.

#### 5. 관능평가

효소처리 초당옥수수 식혜의 관능평가 측정된 결과는 Table 7과 같다.

맛(taste)의 경우, 효소처리 초당옥수수 식혜군의 Corn-3가 4.44로 유의적으로 가장 좋게 평가되었으며 초당옥수수 식혜

**Table 5. Antioxidant activities of enzyme-treated super sweet corn *sikhye***

	Sample				
	Control	Corn-Control	Corn-1	Corn-3	Corn-5
DPPH radical scavenging activity (%)	58.78±0.80 <sup>d</sup>	62.33±0.41 <sup>c</sup>	60.02±1.04 <sup>d</sup>	64.79±0.98 <sup>b</sup>	69.28±0.37 <sup>a</sup>
ABTS radical scavenging activity (%)	62.71±1.36 <sup>d</sup>	70.83±0.55 <sup>b</sup>	66.85±0.34 <sup>c</sup>	71.61±0.27 <sup>b</sup>	74.92±1.29 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup> Values with different superscripts within a row (<sup>a-d</sup>) were significantly different ( $p<0.05$ ).

**Table 6. Correlation coefficients among antioxidant compounds and antioxidant activity in enzyme-treated super sweet corn *sikhye***

	Ascorbic acid	Flavonoids	Polyphenols	DPPH radical scavenging	ABTS radical scavenging
Ascorbic acid	1.000				
Flavonoids	-0.669	1.000			
Polyphenols	0.672	-0.214	1.000		
DPPH radical scavenging	0.709	-0.321	0.885	1.000	
ABTS radical scavenging	0.711	-0.255	0.942	0.936	1.000

**Table 7. Sensory evaluation of enzyme-treated super sweet corn *sikhye***

	Sample				
	Control	Corn-Control	Corn-1	Corn-3	Corn-5
Taste	3.88±1.50 <sup>ab1)</sup>	3.31±1.54 <sup>b</sup>	4.31±1.25 <sup>ab</sup>	4.44±1.21 <sup>a</sup>	4.00±1.10 <sup>ab</sup>
Flavor	4.25±1.18	4.56±1.46	4.06±1.12	4.38±1.02	4.56±0.81
Color	3.94±1.57	4.44±1.63	4.19±1.17	4.31±1.30	3.94±1.06
Sweet taste	3.63±1.26 <sup>ab</sup>	3.44±1.67 <sup>b</sup>	3.81±1.47 <sup>ab</sup>	4.69±1.30 <sup>a</sup>	4.19±1.33 <sup>ab</sup>
Swallowing	4.69±1.45 <sup>a</sup>	3.50±1.15 <sup>c</sup>	4.56±1.36 <sup>ab</sup>	4.00±1.10 <sup>abc</sup>	3.69±1.01 <sup>bc</sup>
Overall preference	4.00±0.51 <sup>ab</sup>	3.56±1.59 <sup>b</sup>	4.44±1.41 <sup>ab</sup>	4.81±1.28 <sup>a</sup>	4.19±1.28 <sup>ab</sup>

<sup>1)</sup> Values with different superscripts within a row (<sup>a-c</sup>) were significantly different ( $p < 0.05$ ).

대조군이 3.31로 유의적으로 가장 나쁘게 평가되었다. 향(flavor)의 경우, 모든 식혜군에서 유의적인 차이를 나타내지 않았으나 미미하지만 초당옥수수의 함량이 증가할수록 좋게 평가되는 경향을 나타내었다. 색(color)의 경우에는 모든 식혜군에서 유의적인 차이를 나타내지 않았으며 초당옥수수 식혜 대조군이 약간 높게 평가되는 경향을 나타내었다. 단맛(sweet taste)은 효소처리 초당옥수수 식혜군의 Corn-3가 4.69로 유의적으로 가장 좋게 평가되었다. 쌀 식혜 대조군, Corn-1 및 Corn-5의 경우 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 초당옥수수 식혜 대조군이 3.44로 유의적으로 가장 낮게 나타났다. 목넘김(swallowing)의 경우, 쌀 식혜 대조군이 4.69로 유의적으로 가장 좋게 평가되었으며, 초당옥수수 식혜 대조군이 3.50로 유의적으로 가장 나쁘게 평가되었다. 효소처리 초당옥수수 식혜군의 경우에는 초당옥수수의 함량이 증가할수록 나쁘게 평가되는 경향을 나타내었으며 이는 식혜 제조 후 효소처리된 초당옥수수의 알갱이가 마시는 과정에서 목넘김의 관능적 평가에 부정적인 요인으로 작용한 것으로 사료된다. 종합적 기호도(overall preference)에서는 효소처리 초당옥수수 식혜군의 Corn-3가 4.81로 유의적으로 가장 좋게 평가되었으며 이는 전반적인 맛과 단맛이 긍정적인 요

인으로 작용한 것으로 사료된다. 초당옥수수 식혜 대조군의 경우 3.56로 가장 나쁘게 평가되었으며, 쌀 식혜 대조군, Corn-1 및 Corn-5은 유의적인 차이를 보이지 않았다.

Park SI(2006)은 가루녹차를 0~3% 첨가한 식혜에서 맛, 단맛 및 종합적 기호도에서 첨가량이 증가할수록 유의적으로 선호도가 증가하는 경향을 보이거나, 가루녹차 3% 첨가 식혜에서 선호도가 감소하는 경향을 나타내 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. Kim JS(2012)의 오디를 첨가한 식혜 특성 연구에서 첨가 비율에 따른 종합적 기호도는 첨가 비율이 증가할수록 선호도가 증가하는 경향을 보이거나 오디 30% 첨가 식혜에서 선호도가 감소하는 것으로 보여 유사한 결과를 나타내었다.

이상의 결과를 종합해 보면, 효소처리 초당옥수수 식혜 제조 시 첨가되는 효소처리 초당옥수수의 비율이 증가함에 따라 가용성 고형분 및 환원당의 함량이 증가함을 확인할 수 있었으며 항산화 성분 함량 및 항산화 활성 또한 증가하였다. 관능적 품질 평가의 경우 일반적인 쌀로 만든 식혜보다 효소처리 초당옥수수 식혜의 맛, 단맛, 종합적 기호도 평가에서 높은 평가를 받은 경향을 보였다. 또한, 초당옥수수 함량이 가장 높은 Corn-5 실험군보다 함량이 적은 Corn-3 실험

군이 전반적으로 높은 평가를 나타내었다.

## 요약 및 결론

감미료 대체한 초당옥수수 식혜를 제조하기 위하여 밥과 초당옥수수의 비율을 조절하고 당화시 복합효소를 처리하여 제조한 후 이들의 이화학적 및 관능적 특성을 분석하였다. 가용성 고형분 함량은 쌀 식혜 대조군과 Corn-5가 13.50 °Brix로 유의적으로 가장 높은 함량을 보였고, 환원당 함량의 경우 Corn-5가 9.45%로 높은 함량을 나타내었다. 유리당 함량은 쌀 식혜 대조군의 경우 maltose를 제외한 유리당 함량은 모든 식혜군에서 가장 낮은 값을 나타내었으며 효소처리 초당옥수수 식혜군은 초당옥수수 함량이 증가할수록 sucrose의 함량이 감소하고 glucose 및 fructose의 함량이 증가하는 경향을 나타내었다. Ascorbic acid 및 polyphenol 화합물의 함량은 초당옥수수 함량이 증가함에 따라 그 함량이 증가하는 경향을 나타내었지만 flavonoid 화합물의 함량은 모든 실험군에서 매우 적은 것으로 나타났다. DPPH 라디칼 소거능과 ABTS 라디칼 소거능에서는 쌀 식혜 대조군에 비하여 초당옥수수 첨가 비율 상승과 효소처리에 의해 소거능이 증가하였다. 관능평가의 경우, 쌀 식혜 대조군보다 Corn-3가 맛, 단맛, 종합적 기호도 평가에서 높은 평가를 보여 식혜 제조 시 초당옥수수 첨가와 효소처리 기호도가 증가하는 것을 알 수 있었다. 이와 같은 결과로 초당옥수수를 활용한 식혜 개발 시 효소처리하여 제조한 Corn-3가 가장 우수한 것으로 판단되었다.

## 감사의 글

본 과제(결과물)는 2023년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신사업(2021RIS-001)과 2023년 한국교통대학교 산학협력단 지원을 받아 수행하였습니다.

## References

- Ann YG. 1999. Preparation of traditional malt-sikhye: 2. Preparation by malt. *Korean J Food Nutr* 12:170-176
- Ann YG, Lee SK. 1995. A study of sikhye. *Korean J Food Nutr* 8:165-171
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International. 16<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemist
- Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Chae SK, Kang KS, Ma SJ, Bang GW, Oh MH, Oh SH. 2000. Standard Food Analysis. pp.299-301, 403-404. Jigumunhwasa
- Cho KM, Joo OS. 2010. Manufacture of sikhe (a traditional Korean baverage) using corn silk extracts. *Korean J Food Preserv* 17:644-651
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. 2022. World Food and Agriculture: Statistical Yearbook 2022. Available from <https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc2211en> [cited 16 October 2023]
- Hwang ES, Shon EM, Lee S. 2020. Quality characteristics and antioxidant activity of sikhye according to rice type. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 49:592-600
- Hwang ES, Sohn EM. 2020. Quality characteristics and antioxidant activity of sikhye made with different amount of aronia juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 49:946-952
- In BY, Jang DB, Lee JJ, Lee WJ, Yoon AR, Kim SK, Lee KH. 2023. Changes in physicochemical and antioxidant properties of by enzyme-treated super sweet corn extracts. *Korean J Food Nutr* 36:526-534
- Jeong SI, Yu HH. 2013. Quality characteristics of sikhe prepared with the roots powder of doraji (*Platycodon grandiflorum* A. DE. Candolle). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42:759-765
- Jung KM, Kim SH, Jeong YJ, Choi MA. 2017. Quality characteristics and antioxidant effect of sugar preserved wild peach (*Prunus persica* L.) juice by enzymatic treatment. *Culin Sci Hosp Res* 23:25-33
- Kim GS, Park GS. 2012. Quality characteristics of sikhye prepared with *Cnidium officinale* Makino water extracts. *J East Asian Soc Diet Life* 22:868-878
- Kim HH, Park GS, Jeon JR. 2007. Quality characteristics and storage properties of sikhye prepared with extracts from *Hovenia dulcis* Thunb. *Korean J Food Cookery Sci* 23:848-857
- Kim JS. 2012. Quality characteristics of sikhea with mulberry fruit. *Korean J Culin Res* 18:206-215
- Lee KH, Joo GY, Kim CY, Han KJ, Jang DB, Yun JH, Yu KW, Bae YJ. 2021. Physicochemical quality change of enzyme-treated *Centella asiatica* and preparation of jam using enzyme-treated *Centella asiatica*. *Korean J Food Nutr* 34:612-620
- Lee YJ, Byun GI. 2006. A study on the preference and intake frequency of Korean traditional beverages. *Korean J Food*

- Cult* 21:8-16
- Lee YJ, Yoon WB. 2019. Characterization of quality changes of whole super sweet corn (*Zea mays saccharata* Sturt.) during thermal sterilization for shelf-stable products. *J Appl Biol Chem* 62:25-30
- Moreno MIN, Isla MI, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical-scavenging activity of propolis from several regions of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71:109-114
- Park SI. 2006. Application of green tea powder for *sikhe* preparation. *Korean J Food Nutr* 19:227-233
- Park YK, Kim SH, Choi SH, Han JG, Chung HG. 2008. Changes of antioxidant capacity, total phenolics, and vitamin C contents during *Rubus coreanus* fruit ripening. *Food Sci Biotechnol* 17:251-256
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26:1231-1237
- Yang JW, Jung SK, Song KM, Kim YH, Lee NH, Hong SP, Lee KH, Kim YE. 2015. Quality characteristics of *sikhye* made with berries. *J East Asian Soc Diet Life* 25:1007-1017
- Yang SK, Hong SB, Lee SS. 2007. Planting time for the economic yield of a super sweet corn hybrid in the southern part of Korea. *Koeran J Crop Sci* 52:325-333
- Yu KW, Bae YJ, Bae YJ, Joo GY, Kim CY, Yun JH, Lee KH. 2020. Qualities analysis of domestic soybean cultivars. *Korean J Food Nutr* 33:666-671
- 

Received 22 December, 2023

Revised 09 January, 2024

Accepted 15 January, 2024