



과제구분	기관고유	수행시기		전반기	
연구과제 및 세부과제명		연구분야	수행기간	연구실	책임자
농식품 소비다양화를 위한 발효기술 개발 연구		농식품 자원	'17~'26	작물연구과	이대형
도라지 가공 부산물을 활용한 업사이클링 제품 개발		농식품 자원	'24~'25	작물연구과	안예향
색인용어	도라지, 음료, 젤리, 업사이클링				

## ABSTRACT

This study was conducted to establish optimal enzymatic treatment conditions for enhancing functional saponins in balloon flower processing by-products and to develop beverage base and stick jelly products using these materials. Enzyme screening results showed that Celluclast exhibited the highest conversion of platycoside E into platycodin D and deapi-)platycodin D, and increased the contents of polygalacin D and total six saponins by approximately 1.6-fold compared to the untreated control. The optimal enzymatic treatment condition was determined to be 1.0% Celluclast for 24hr using standardized balloon flower by-products. For beverage base preparation, the addition of 0.2% citric acid resulted in the highest scores in taste, mouthfeel, and overall acceptability. To reduce the characteristic bitterness of the beverage base, the addition of mixed fruit concentrates (peach:yuza=5:1) at 3% was found to be effective. In stick jelly formulation, the addition of 0.5%  $\kappa$ -carrageenan and 0.7% locust bean gum improved shape retention and texture, while suppressing syneresis and enhancing structural stability.

**Key words:** Balloon flower, Beverage, Jelly, Upcycling

## 1. 연구목표

도라지(*Platycodon grandiflorus*)는 초롱꽃과에 속하는 다년생 초본식물이며, 경기도 지역 약용작물(인삼 제외) 중 울무 다음으로 농가수와 재배면적이 넓고 생산량은 390톤으로 1위를 차지하고 있다(농림축산식품부, 2022). 도라지는 사포닌 성분이 풍부하여 기관지를 보호하고 염증을 줄여 기침, 가래 완화에 도움을 줄 수 있어(Ji et al., 2020) 호흡기 질환에 대표적인 한방 약재로 활용되어 왔다.

최근 식품 소비 트렌드는 건강과 즐거움을 동시에 추구하는 헬시플레저(Healthy Pleasure) 형태로 변화하고 있으며, 기능성 원료를 활용한 음료와 간식류 제품에 대한 관심이 증가하고 있다. 특히 음료, 젤리 및 캔디에 비타민, 콜라겐, 루테인 등 기능성 성분을 첨가한 제품이 국내외 시장에서 확대되고 있다(aT 식품산업통계정보, 2024).

한편 자원의 효율적인 활용과 폐기물 감소를 위한 순환경제의 중요성이 강조되면서 식품 가공 부산물을 활용하여 부가가치를 창출하는 푸드 업사이클링(Food upcycling) 기술이 주목받고 있다. 이러한 관점에서, 도라지 가공 과정에서 생성되는 부산물의 활용 필요성이 제기되고 있다. 도라지정과 제조 과정에서 발생하는 당침액과 같은 가공 부산물은 도라지 유래 성분이 용출되어 있음에도 불구하고 활용도가 낮은 실정이다. 따라서 이러한 부산물을 식품 소재로 활용할 경우 자원 활용 효율을 높이고 새로운 부가가치를 창출할 수 있을 것으로 기대된다.

현재 시중에서 유통되는 도라지 가공 제품은 도라지청, 정과, 진액 등 전통적인 형태로 국한되어 있어 소비 트렌드에 부합하는 다양한 가공식품 개발이 필요하다. 이에 본 연구에서는 효소 처리를 통해 도라지 가공 부산물 내 유용 사포닌의 전환 및 증진 가능성을 검토하고, 기능성과 기호성을 갖춘 음료베이스 및 스틱젤리 제품을 개발하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 시험재료

본 실험에서 사용한 도라지 가공 부산물은 도라지정과 제조 공정 중 발생한 당침액으로, 경기도 소재(안성, 이천) 도라지 가공업체로부터 제공받아 냉장 보관하여 사용하였다. 도라지가공 부산물의 유용 사포닌 증진을 위해 Termamyl<sup>®</sup> 2X, AMG 1100BG, BAN<sup>®</sup>, Celluclast<sup>®</sup>, Pectinex<sup>®</sup> Ultra Pulp, Viscozyme<sup>®</sup> L, Saczyme<sup>®</sup> Go 2X, Secura<sup>®</sup>, Fungamyl<sup>®</sup> 800 L, AMG 300L<sup>™</sup>(Novozymes, Bagsvaerd, Denmark)을 구입하여 실험에 사용하였다. 그 외 산도조절제(구연산, 사과산), 과일농축액(배, 사과, 유자, 복숭아, 적포도), 겔화제(카파카라기난, 로커스트콩검, 타마린드검, 한천) 등은 시중에서 구입하여 사용하였다.



### 나. 음료베이스 제조방법

도라지 가공 부산물을 1.4배 희석하여 표준화된 시료를 준비하였다. 시료에 효소를 1% 첨가하여 55℃에 24시간 효소 처리한 뒤 냉각하였다. 효소 처리된 재료에 산도조절제, 과일농축액, 그 외 재료를 혼합하여 음료베이스를 제조하였다. 그 후 살균 및 냉동 보관하여 품질 및 기호도를 조사하였다. 음료베이스 제조 공정은 그림 1과 같다.

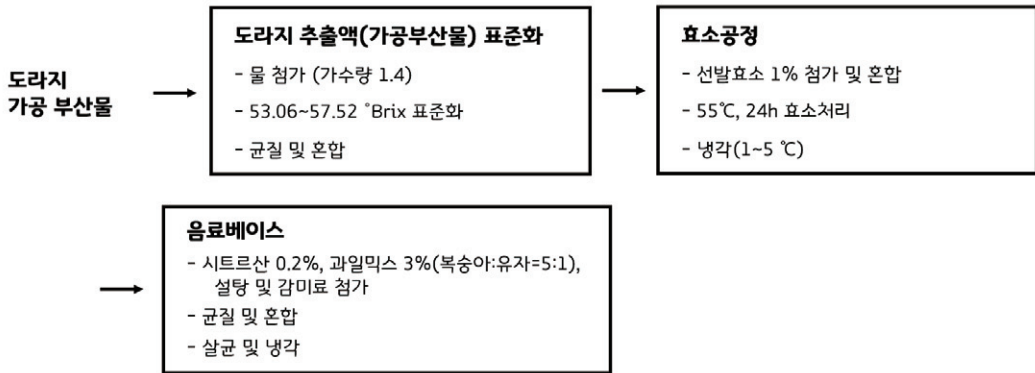


그림 1. 음료베이스 제조 공정

### 다. 스틱젤리 제조방법

앞서 언급된 표준화 및 효소 처리한 재료(2-나. 음료베이스 제조방법 참고)에 1.5배 물을 가수하고, 젤화제 및 산도조절제를 가열 조건에서 균일하게 혼합하였다. 준비된 틀에 부어 성형하고 냉장 보관하여 품질 및 기호도를 조사하였다. 스틱젤리 제조 공정은 그림 2와 같다.

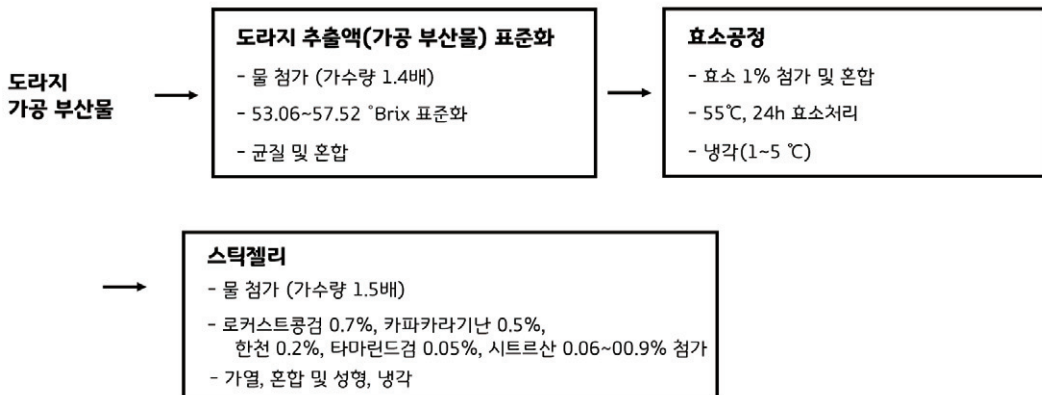


그림 2. 스틱젤리 제조 공정

### 라. 일반특성 분석

pH는 pH meter(781 pH/Ion meter, Metrohm, Herisau, Switzerland)로 측정하였으며, 산도는 시료 1mL에 naphthalene 2-3방울을 가하여 0.1N NaOH 용액으로 담녹색이 나타날 때까지 중화 적정하여 그때까지 소비된 NaOH의 양에 0.0064를 곱하여 citric acid로 환산하였다. 당도(brix)는 당도계(RX-5000a, ATAGO Co. Ltd., Tokyo, Japan)로 측정하였다. 시료의 당산비는 측정된 당도에 산도를 나눈 값으로 나타내었다. 점도는 점도계(Brookfield Viscometer, Model DV-II, USA)를 사용하여 직경 5.2cm, 높이 9.3cm인 원형용기에 시료를 넣고 25℃에서 spindle No.27을 이용하여 100rpm(시료특성에 따라 20 또는 50rpm)에서 3회 반복 측정하여 평균값으로 하였다. 색도는 색도색차계(RT 850i, Lovibond, USA)를 사용하여 각 샘플 색상을 Hunter's value 값인 L(명도), a(적색도), b(황색도) 값으로 나타내었다.

### 마. 사포닌 분석

사포닌 분석은 표준물질 platycodin D, deapi-platycodin D, deapi-platycodin D<sub>3</sub>, deapi-platycoside E, platycoside E, polygalacin D(ChemFaces, Wuhan, China)를 사용하여 HPLC(Agilent 1100, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA)로 분석하였다 (표 1, 2).

표 1. 사포닌 분석 조건

Column	Zorbax Eclipse Plus C18, 4.6mm ID X 150mm(5µm)
Detector	DAD 210nm
Temp.	30℃
Mobile phase	A: water, B: Acetonitrille
Flow	0.8mL/min
injection volume	10µl
Run time	45min

표 2. HPLC 이동상 구배 조건

Time(min)	A(%)	B(%)
0	82	18
15	82	18
30	70	30
35	73	27
45	82	18

### 바. 물성 분석

시료의 물성을 측정하기 위해 물성측정기(TA.XTplusC, Stable Micro Systems Ltd., Godalming, UK)에 HDP/BS(Blade set) 프로브를 장착하고 시료 7g 칭량하여 놓은 후 절단 속도 2mm/sec, 진입 깊이 10mm로 하여 절단할 때 드는 힘을 측정하였다.

## 사. 전자혀 및 전자코 분석

전자혀 분석은 전자혀 시스템(Astree, Alpha MOS, Toulouse, France)을 이용하여 분석하였다. 시료를 1차 증류수로 25배 희석하여 혼합액을 만들고 Whatman no.4 여과지로 여과시킨 액 25mL을 vial에 담아 120초 동안 시료 분석 후 센서 행굼 과정을 통해 시료 간 오염을 방지하였다. 시료측정은 5회 반복하여 실시하여 Taste screening score를 산출하였다. 전자코 분석은 전자코 시스템(Heracles Neo, Alpha MOS, Toulouse, France)을 이용하여 분석하였다. 시료 0.5g씩 vial에 담아 전자코를 이용하여 향기패턴을 분석하였고, 각 시료의 향기성분 패턴분석은 AlphaSoft 14.2 ver.을 이용하여 주성분을 분석하여 나타내었다.

## 아. 기호도 조사

기호도 조사는 훈련된 관능요원 10명을 대상으로 제조된 제품의 외관, 맛, 향, 식감, 묵넘김(잔여감), 종합 기호도를 9점 척도법을 이용하여 매우 좋음(9점), 좋음(7점), 보통(5점), 나쁨(3점), 매우 나쁨(1점)으로 기호도가 높을수록 높은 점수를 주도록 하였다.

## 자. 통계처리

통계처리는 SAS 프로그램을 이용하여 5% 유의수준에서 Duncan's multiple range test로 각각의 변수에 대한 결과를 분석하였다.

# 3. 결과 및 고찰

## 가. 도라지 가공 부산물 효소처리 조건 최적화 연구

### 1) 유용 사포닌 증진을 위한 효소 스크리닝 평가

당화된 사포닌은 체내 흡수율이 낮은 반면, 탈당화된 사포닌은 분자량이 낮고 소수성이 높아 체내에서 혈류로 더 쉽게 흡수되어 활성 화합물로 기능하는 것으로 보고되었다(Park et al., 2010; Shin et al., 2016). 또한 복합 효소를 이용한 도라지 추출물 제조 연구도 보고된 바 있다(Kim et al., 2022). 이에 본 연구에서는 효소 처리를 통해 도라지 가공 부산물 내 사포닌의 탈당화를 유도하여 유용 사포닌을 증진하고자 하였다.

여러 효소를 동일 농도로 처리한 후 6종 사포닌 함량을 분석한 결과(표 3), celluclast 처리구에서 platycoside E의 전환 및 탈당화가 가장 뚜렷하게 나타났다. 특히 platycodin D와 deapi-platycodin D 함량은 각각 56.50, 81.58 ppm으로 다른 처리구 대비 유의적으로 높았으며, polygalacin D 또한 156.67 ppm 으로 가장 높은 수준을 보였다. 이는 celluclast의 높은 효소 활성에 의해 탈당화 반응이 촉진된 결과로 판단된다. 총 사포닌 함량 역시 295.24 ppm 으로 다른 처리구에 비해 유의적으로 높은 값을 나타냈으며, 이는 무처리구 대비 약 1.6배 증가한 수준이었다. 이러한 경향은 효소 농도를 2~3%로 증가시킨 경우에도 유사하게 나타났다(data not shown). 이를 바탕으로 도라지 가공 부산

물의 유용 사포닌 증진을 위한 최적 효소로 celluclast를 선발하였다.

표 3. 효소 종류별 처리에 따른 도라지 가공 부산물의 사포닌 함량

(단위: ppm)

효소 종류	PE	Deapi-PE	Deapi-PD <sub>3</sub>	PD	Deapi-PD	PGD	total
Termamyl 2X	45.72±1.01 <sup>a</sup>	13.09±9.67 <sup>d</sup>	8.63±0.19	19.52±0.41 <sup>f</sup>	13.62±0.07 <sup>cd</sup>	80.83±0.57 <sup>e</sup>	181.41 <sup>d</sup>
AMG 1100BG	30.05±2.41 <sup>d</sup>	14.16±0.11 <sup>d</sup>	-	18.97±0.00 <sup>f</sup>	19.87±0.25 <sup>b</sup>	88.10±0.27 <sup>d</sup>	171.15 <sup>e</sup>
BAN	35.97±1.15 <sup>cd</sup>	17.38±0.87 <sup>bcd</sup>	-	16.84±0.19 <sup>h</sup>	12.95±0.94 <sup>d</sup>	67.87±0.22 <sup>g</sup>	151.01 <sup>fg</sup>
celluclast	<b>0.49±0.13<sup>e</sup></b>	<b>-<sup>e</sup></b>	<b>-</b>	<b>56.50±0.42<sup>a</sup></b>	<b>81.58±1.48<sup>a</sup></b>	<b>156.67±2.84<sup>a</sup></b>	<b>295.24<sup>a</sup></b>
pectinex ultra pulp	39.30±0.61 <sup>abc</sup>	11.88±1.17 <sup>d</sup>	-	20.17±0.37 <sup>e</sup>	12.95±0.24 <sup>d</sup>	74.94±1.72 <sup>f</sup>	159.24 <sup>f</sup>
viscozyme L	33.85±1.23 <sup>cd</sup>	22.36±2.66 <sup>ab</sup>	-	24.34±0.26 <sup>b</sup>	15.12±2.60 <sup>c</sup>	99.74±2.35 <sup>b</sup>	195.41 <sup>b</sup>
saczyme GO 2X	44.66±3.36 <sup>ab</sup>	20.28±1.13 <sup>abc</sup>	-	21.00±0.08 <sup>d</sup>	12.55±1.12 <sup>d</sup>	91.92±1.93 <sup>c</sup>	190.41 <sup>bc</sup>
secura	38.15±0.16 <sup>bc</sup>	21.75±0.04 <sup>abc</sup>	-	23.48±0.26 <sup>c</sup>	13.07±0.17 <sup>d</sup>	88.57±0.40 <sup>d</sup>	185.02 <sup>cd</sup>
fungamyl 800L	33.60±0.53 <sup>cd</sup>	20.23±0.61 <sup>abc</sup>	-	20.54±0.26 <sup>de</sup>	12.75±0.25 <sup>d</sup>	81.39±1.36 <sup>e</sup>	168.51 <sup>e</sup>
AMG 300L	30.69±0.73 <sup>d</sup>	16.45±0.66 <sup>cd</sup>	-	18.04±0.04 <sup>g</sup>	12.51±0.48 <sup>d</sup>	72.75±0.76 <sup>f</sup>	150.44 <sup>g</sup>
대주 (무처리)	37.70±0.66 <sup>c</sup>	24.56±0.55 <sup>a</sup>	-	23.62±0.24 <sup>c</sup>	13.50±0.18 <sup>cd</sup>	89.66±1.03 <sup>cd</sup>	189.04 <sup>bcd</sup>

- ※ 도라지가공 부산물(B) 중량 대비 효소 1%, 5hr, 3배 희석
- ※ PE: Platycoside E, Deapi-PE: Deapi-platycoside E, Deapi-PD<sub>3</sub>: Deapi-Platycodin D<sub>3</sub>, PD: Platycodin D, Deapi-PD: Deapi-platycodin D PGD: Polygalacin D
- ※ Termamyl 2X: alpha-amylase, AMG 1100BG: glucoamylase, BAN: alpha-amylase, celluclast: cellulase, Pectinex ultra pulp: pectinases, hemicellulases and beta-glucanases, viscozyme L: arabanase, cellulase, β-glucanase, hemicellulase, and xylanase, saczyme GO 2X: glucoamylase, securia: exo-beta-amylase, fungamyl 800L: endo alpha-amylase, AMG 300L: glucoamylase

2) 도라지 가공 부산물의 표준화 및 효소 처리 조건 최적화

서로 다른 가공업체에서 제공받은 A(안성) 및 B(이천) 시료를 대상으로 가수량에 따른 물성을 평가하였다(표 4). 두 시료 모두 1.4배 희석 시 당도는 53.06~57.52 °Brix, 점도는 39.60~63.20 cP 수준으로 나타났으며, 이는 가공품 제조에 적합한 물성으로 판단되었다. 이후 실험은 해당 조건을 기준으로 수행하였다.



표 4. 가수량에 따른 도라지 가공 부산물 재료 표준화

구분		pH	당도 (° Brix)	점도 (cP)
A (안성)	원액	4.08±0.01 <sup>d</sup>	73.74±0.02 <sup>b</sup>	1749.67±6.03 <sup>j</sup>
	1.4배	3.99±0.05 <sup>e</sup>	53.06±0.02 <sup>e</sup>	39.60±0.00 <sup>c</sup>
	2.0배	4.12±0.00 <sup>e</sup>	36.98±0.02 <sup>g</sup>	6.00±0.00 <sup>e</sup>
B (이천)	원액	4.40±0.00 <sup>b</sup>	80.08±0.02 <sup>a</sup>	24865.00±30.00 <sup>h</sup>
	1.2배	4.49±0.00 <sup>a</sup>	68.03±0.03 <sup>c</sup>	464.30±1.20 <sup>a</sup>
	1.4배	4.51±0.00 <sup>a</sup>	57.52±0.02 <sup>d</sup>	63.20±0.69 <sup>b</sup>
	1.6배	4.52±0.00 <sup>a</sup>	50.59±0.01 <sup>f</sup>	20.40±1.20 <sup>c</sup>

※ 점도 측정 시 63핀 100rpm 1분 교반, j 63핀 50rpm 1분 교반 h 64핀 20rpm 1분 교반

※ 점도 통계: 원액을 제외한 나머지 처리구 간 통계 분석 결과

가수량에 따른 효소 처리 결과(표 5), 선발 효소를 1%, 55°C, 5시간 처리 시 가수량이 증가할수록 platycoside E의 탈당화가 촉진되어 platycodin D, deapi-platycodin D로의 전환 효율이 증가하는 경향을 보였다. Bevilacqua 등(2024)은 in vitro 반응계에서 용액의 점도 및 분자 밀집도와 같은 물리적 특성이 기질의 확산 속도와 효소의 작용에 영향을 주어 효소 활성을 변화시키는 요인이라고 보고하였다. 이에 따라 가수량 증가로 점도는 감소하고 당도가 낮아지면서 효소의 기질 접근성이 향상되어 전환 효율이 증가한 것으로 사료된다.

한편, 가공에 적합한 1.4배 희석된 시료에서는 platycoside E의 전환이 완전히 진행되지 않아 5시간 이상의 효소 반응 시간이 필요한 것으로 판단되었다. 이에 따라 효소 활성을 충분히 유도하기 위하여 해당 조건에 적합한 최적 효소 처리 시간을 선발하고자 하였다.

표 5. 가수량에 따른 효소처리 도라지 가공 부산물 사포닌 함량 변화

(단위: ppm)

가수량	PE	Deapi-PE	Deapi-PD <sub>3</sub>	PD	Deapi-PD	PGD	Total	platycodin D 비율*
원액	99.17±0.73 <sup>a</sup>	59.90±0.68 <sup>a</sup>	70.86±3.40 <sup>a</sup>	85.16±0.10 <sup>d</sup>	20.12±0.35 <sup>d</sup>	98.83±0.63 <sup>d</sup>	434.04 <sup>a</sup>	1.06
1.4배	43.79±4.26 <sup>b</sup>	22.11±2.14 <sup>b</sup>	72.03±0.45 <sup>b</sup>	98.63±0.43 <sup>f</sup>	31.92±0.34 <sup>c</sup>	108.07±0.38 <sup>c</sup>	376.54 <sup>c</sup>	2.98
2.0배	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	57.74±2.94 <sup>b</sup>	126.52±1.44 <sup>b</sup>	50.62±1.88 <sup>b</sup>	122.12±2.22 <sup>b</sup>	357.00 <sup>d</sup>	모두 전환
3.0배	- <sup>c</sup>	- <sup>c</sup>	33.22±1.20 <sup>c</sup>	149.88±0.51 <sup>a</sup>	71.85±3.36 <sup>a</sup>	126.63±2.46 <sup>a</sup>	336.58 <sup>b</sup>	모두 전환

※ 도라지가공부산물(이천), 선발효소 1%, 55°C, 5hr

\* 플라티코딘 D 비율 = (PD+Deapi-PD)/PE



표준화(가수량 1.4배) 된 도라지가공 부산물(A', B')을 대상으로 효소 처리 시간에 따른 사포닌 전환 특성을 비교하였다(표 6). A' 시료의 경우 5시간 이상 처리 시 platycoside E가 모두 platycodin D와 deapi-platycodin D로 전환되었으며, platycodin D 함량은 무처리 대비 약 1.3~1.4배 증가하였다. 또한 polygalacin D 함량은 5시간 이후 큰 변화 없이 유사한 수준을 유지하였다.

반면, platycoside E 함량이 A' 보다 약 2.8배 높은 B' 시료에서는 24시간 이상 처리 시 대부분 platycodin D와 deapi-platycodin D로 전환되었으며, platycodin D 함량은 무처리 대비 약 1.3배 증가하였다. Polygalacin D 함량은 24시간 이후 유의적인 증가를 보이지 않아 반응이 평형 상태에 도달한 것으로 판단되었다. 이러한 결과를 종합하면, 두 시료 간 최소 효소 처리 시간의 차이는 초기 platycoside E 함량에 따른 기질 농도 차이에 기인한 것으로 사료된다. 본 연구에서는 동일 농도의 효소를 적용할 경우, 유용 사포닌 전환을 위해 최소 24시간 이상의 처리가 적절한 것으로 확인되었다.

한편, 도라지 가공 부산물은 제조 공정 및 원료 특성에 따라 초기 사포닌 함량이 상이할 수 있으므로, 산업적 활용을 위해서는 실제 사용 원료의 사포닌 함량을 고려한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

표 6. 효소 처리 시간에 따른 도라지 가공 부산물 사포닌 함량 변화

(단위: ppm)

구분	PE	Deapi-PE	Deapi-PD <sub>3</sub>	PD	Deapi-PD	PGD	Total	platycodin D 비율*	
A' (안성)	무처리	64.53±1.78 <sup>a</sup>	42.67±2.86 <sup>a</sup>	- <sup>ns</sup>	66.56±1.51 <sup>c</sup>	32.91±0.99 <sup>f</sup>	61.35±5.11 <sup>c</sup>	268.02 <sup>a</sup>	1.54
	5시간	- <sup>b</sup>	- <sup>b</sup>	-	88.28±1.68 <sup>b</sup>	54.04±2.84 <sup>d</sup>	82.57±4.61 <sup>a</sup>	224.90 <sup>c</sup>	모두 전환
	8시간	- <sup>b</sup>	- <sup>b</sup>	-	90.69±1.37 <sup>b</sup>	56.92±1.29 <sup>b</sup>	77.21±1.37 <sup>b</sup>	224.83 <sup>c</sup>	모두 전환
	24시간	- <sup>b</sup>	- <sup>b</sup>	-	95.14±2.30 <sup>a</sup>	58.51±2.78 <sup>b</sup>	82.03±4.73 <sup>a</sup>	235.68 <sup>b</sup>	모두 전환
	48시간	- <sup>b</sup>	- <sup>b</sup>	-	97.13±2.17 <sup>a</sup>	59.61±0.43 <sup>b</sup>	74.14±2.37 <sup>b</sup>	230.89 <sup>bc</sup>	모두 전환
B' (이천)	무처리	155.25±3.71 <sup>a</sup>	74.68±7.62 <sup>a</sup>	- <sup>ns</sup>	105.63±4.02 <sup>d</sup>	25.73±0.38 <sup>e</sup>	134.86±1.19 <sup>f</sup>	496.15 <sup>a</sup>	0.85
	5시간	43.62±7.10 <sup>f</sup>	42.70±1.06 <sup>b</sup>	-	110.78±2.62 <sup>cd</sup>	32.35±0.84 <sup>d</sup>	140.22±5.28 <sup>e</sup>	369.68 <sup>c</sup>	3.28
	8시간	62.82±2.31 <sup>b</sup>	26.87±0.67 <sup>b</sup>	-	115.51±2.98 <sup>c</sup>	37.18±1.65 <sup>d</sup>	150.95±0.46 <sup>b</sup>	393.33 <sup>b</sup>	2.43
	24시간	13.10±3.54 <sup>d</sup>	- <sup>c</sup>	-	132.03±2.76 <sup>b</sup>	37.44±1.09 <sup>b</sup>	171.85±4.10 <sup>f</sup>	356.43 <sup>c</sup>	12.93
	48시간	- <sup>e</sup>	- <sup>c</sup>	-	142.32±2.11 <sup>a</sup>	42.80±0.90 <sup>f</sup>	177.21±2.79 <sup>f</sup>	362.33 <sup>c</sup>	모두 전환

※ 도라지가공부산물 A', B' (원액에 1.4배 가수량), 선발효소 1%, 55°C

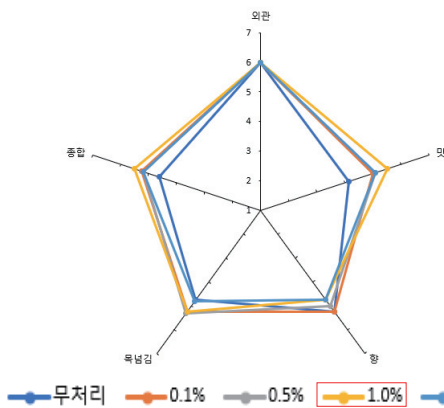
\* 플라티코딘 D 비율 = (PD+Deapi-PD)/PE

※ A', B' 각각 통계 분석함



박과, 곡류 및 버섯류 등 식품소재에 효소를 적용한 후 전자혀를 이용해 맛 성분의 강도를 분석한 결과, 식품소재의 종류보다 효소 종류가 맛 성분에 더 큰 영향을 미치는 것으로 보고된 바 있으며(Ban et al., 2024), 이를 통해 효소가 맛 성분에 중요한 영향을 미치는 것으로 유추할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 관능적으로 적합한 효소 처리량을 구명하고자, 효소 처리량에 따른 음료를 제조하여 관능 및 전자혀 데이터를 분석하였다. 무처리 대비 효소 처리구에서 맛, 목넘김 및 종합 기호도가 전반적으로 높은 경향이였다. 특히 효소 1.0% 처리구에서 맛과 종합 기호도가 가장 높게 평가되었으며, 1.0% 이상 처리 시 오히려 기호도가 감소하는 경향을 보였다(그림 3-a). 전자혀 데이터 분석 결과(그림 3-b), 효소 1.0% 처리구는 무처리 대비 단맛이 상대적으로 높게 나타났으며 감칠맛은 유사한 수준을 보였다. 효소 처리량이 1.5%로 증가한 경우 단맛은 오히려 감소하는 경향을 나타냈다. 효소 처리에 따른 사포닌 전환 및 성분 변화로 인해 1.0% 처리 수준에서는 맛 특성이 개선된 것으로 판단되며, 그 이상의 효소 처리 시에는 단맛 감소와 함께 관능 기호도가 낮아진 것으로 사료된다.

a. 관능 결과



b. 전자혀 데이터

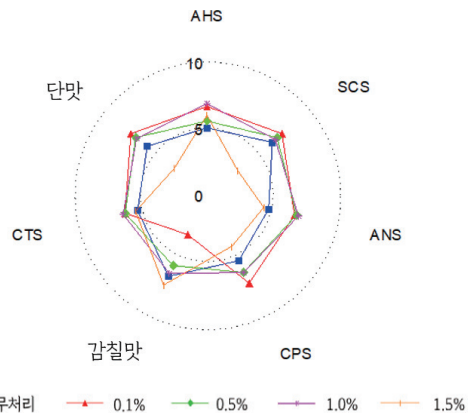


그림 3. 효소 처리량별 도라지음료\* 기호도 및 전자혀

\*탄산수 150ml 기준 음료베이스(A') 40ml

나. 도라지 가공 부산물을 이용한 음료베이스 제조 및 기호도 개선 연구

1) 음료베이스 제조를 위한 산도 조절제 선별

음료 제조 시 구연산 및 사과산과 같은 산도 조절제는 산미를 부여할 뿐만 아니라 단맛과의 상호작용을 통해 전반적인 풍미 균형에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Yuezhong et al., 2022). 또한 산도 조절제는 pH 조절을 통해 제품의 미생물 안정성 확보에도 기여하는 것으로 보고되었다(Booth et al., 2003). 이에 도라지 가공 부산물을 이용한 음료베이스 제조 시 적절한 산도 조절제를 선별하기 위하여 구연산과 사과산

을 단독 및 혼합 처리하여 일반 특성을 비교하였다(표 7). 구연산 비율이 증가할수록 pH는 감소하고 산도는 증가하였으며, 이에 따라 당산비는 감소하는 경향을 보였다. 구연산 및 사과산 단독 처리구는 혼합 처리구 대비 당산비가 낮게 나타났고, 사과산 단독 처리구보다 구연산 단독 처리구에서 산도가 더 높고 당산비가 더 낮은 값을 보였다.

표 7. 산도조절제 단독 및 혼합 처리별 음료베이스 일반 특성

구분	첨가량(%)		pH	점도 (cP)	당도 (° Brix)	산도 (%)	당산비
	구연산	사과산					
A' (안성)	0.4	-	3.27±0.01 <sup>c</sup>	35.60±0.69 <sup>b</sup>	58.89±0.02 <sup>a</sup>	3.15±0.07 <sup>a</sup>	18.68 <sup>c</sup>
	0.3	0.1	3.34±0.01 <sup>b</sup>	35.60±0.69 <sup>b</sup>	58.72±0.02 <sup>b</sup>	2.70±0.04 <sup>c</sup>	21.75 <sup>a</sup>
	0.2	0.2	3.36±0.01 <sup>a</sup>	35.20±0.69 <sup>b</sup>	58.42±0.03 <sup>c</sup>	2.67±0.02 <sup>c</sup>	21.88 <sup>a</sup>
	0.1	0.3	3.38±0.01 <sup>a</sup>	36.40±0.69 <sup>b</sup>	58.33±0.02 <sup>d</sup>	2.63±0.04 <sup>c</sup>	22.16 <sup>a</sup>
	-	0.4	3.33±0.02 <sup>b</sup>	39.20±0.69 <sup>a</sup>	58.20±0.02 <sup>e</sup>	2.95±0.03 <sup>b</sup>	19.72 <sup>b</sup>
B' (이천)	0.4	-	3.33±0.01 <sup>d</sup>	78.80±0.69 <sup>a</sup>	61.47±0.02 <sup>c</sup>	3.44±0.04 <sup>a</sup>	17.85 <sup>c</sup>
	0.3	0.1	3.60±0.02 <sup>b</sup>	75.60±0.69 <sup>b</sup>	61.50±0.02 <sup>b</sup>	3.13±0.02 <sup>b</sup>	19.65 <sup>b</sup>
	0.2	0.2	3.67±0.01 <sup>a</sup>	74.80±0.69 <sup>b</sup>	61.44±0.02 <sup>c</sup>	3.02±0.05 <sup>c</sup>	20.38 <sup>a</sup>
	0.1	0.3	3.68±0.01 <sup>a</sup>	74.00±0.69 <sup>b</sup>	61.72±0.02 <sup>a</sup>	2.98±0.04 <sup>c</sup>	20.74 <sup>a</sup>
	-	0.4	3.57±0.00 <sup>c</sup>	78.40±0.69 <sup>a</sup>	61.40±0.02 <sup>d</sup>	3.11±0.02 <sup>b</sup>	19.72 <sup>b</sup>

※ 산도조절제 첨가량(%): 가공부산물 140ml 기준 첨가량(g)

※ 점도: 63핀 100rpm, 1분 교반

※ A', B' 각각 통계 분석함

관능 평가 결과(그림 4), 구연산 첨가량이 증가할수록 맛, 향, 목넘김 및 종합 기호도가 전반적으로 높아지는 경향이였다. 이러한 결과는 오렌지 주스에 구연산과 사과산 혼합 시 구연산 농도가 증가할수록 전반적인 기호도 및 저장성이 향상되었다는 연구 결과(Ahmed et al., 2014)와 유사하였다. 특히 본 연구에서는 구연산과 사과산을 혼합한 처리구보다 구연산을 단독으로 첨가한 처리구에서 종합 기호도가 더 높은 경향을 보였다. 이는 구연산 첨가에 따른 산미 특성이 음료의 풍미 균형에 긍정적으로 작용한 결과로 해석된다. 따라서 도라지 음료베이스 제조 시 산도조절제로 구연산을 단독 첨가하는 것이 적합한 것으로 확인되었다.



a. A' (안성)

b. B' (이천)

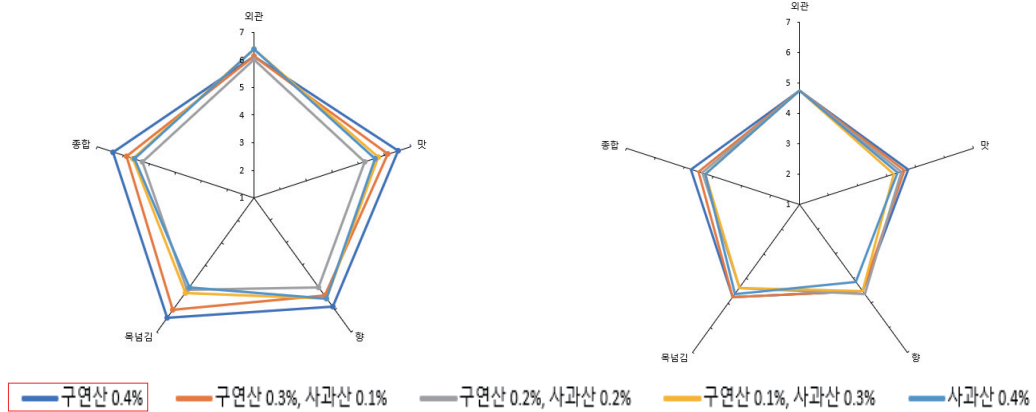


그림 4. 구연산, 사과산 단독 및 혼합별 도라지음료

\* 기호도 \*탄산수 150ml 기준 음료베이스 40ml

구연산 첨가량에 따른 전자혀 데이터 분석 결과(그림 5-b), 구연산 첨가량이 증가할수록 단맛의 강도는 감소하고 감칠맛의 강도는 증가하는 경향을 보였다. 특히 대조구 대비 단맛의 감소와 감칠맛의 증가가 비교적 완만하게 나타난 구연산 0.2% 처리구에 맛, 목넘김 및 종합 기호도가 높게 나타났다(그림 5-a). 이러한 결과를 바탕으로 음료베이스 제조 시 구연산 0.2% 단독 첨가가 산도 조절에 가장 적합한 것으로 판단되었다.

a. 관능 결과

b. 전자혀 데이터

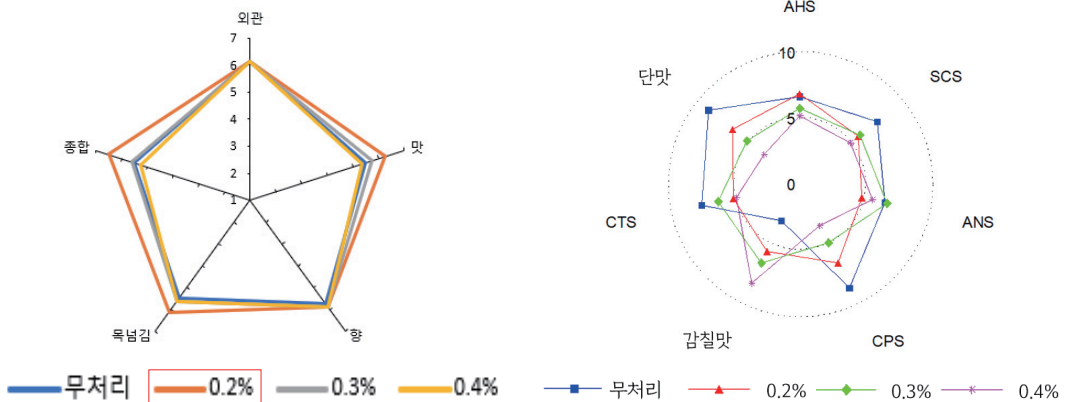


그림 5. 구연산 첨가량별 도라지음료\* 기호도

\*탄산수 150ml 기준 음료베이스(A') 40ml



## 2) 음료베이스 기호도 개선을 위한 과일 농축액 배합 및 첨가량 설정

유 등(2025)의 연구 결과에 따르면, 기능성 음료에 과일 추출물을 혼합하는 것은 관능 품질 및 소비자 수용도 향상에 효과적인 것으로 나타났다. 이에 도라지 음료베이스의 달임맛을 완화하기 위해 여러 과일 농축액을 동량 첨가하여 기호도 평가와 전자혀 분석을 수행하였다. 관능 평가 결과(그림 6), 유자 및 복숭아 처리구에서 맛 기호도가 상대적으로 높게 나타났으며, 특히 복숭아 처리구에서 맛, 목넘김 및 종합 기호도가 가장 높은 경향을 보였다. 전자혀 분석 결과(그림 7), 복숭아 처리구는 단맛과 짠맛이 상대적으로 높고, 신맛과 감칠맛은 낮은 경향을 보였다. 반면 유자 처리구는 단맛은 상대적으로 낮고 감칠맛이 높은 경향이였다.

a. A' (안성)

b. B' (이천)

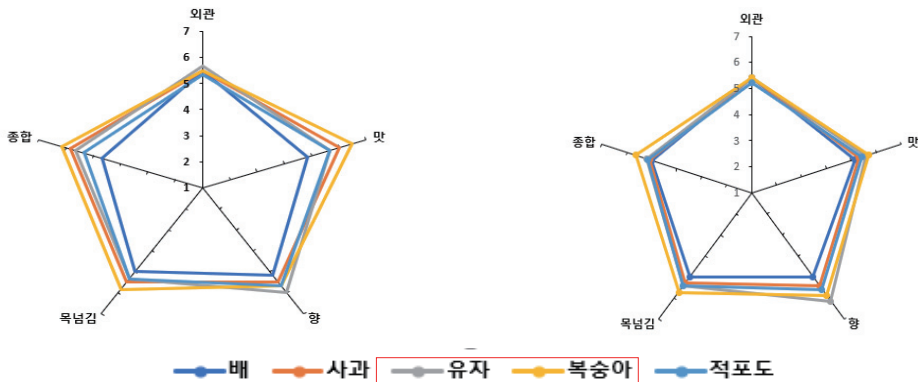


그림 6. 과일농축액 종류별 도라지음료\* 기호도  
\*탄산수 150ml 기준 음료베이스 40ml

a. A' (안성)

b. B' (이천)

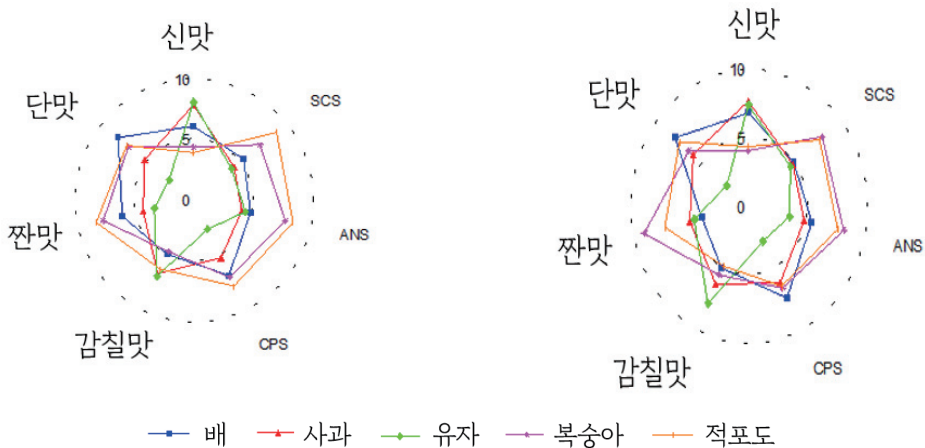


그림 7. 과일농축액 종류별 도라지음료\* 전자혀 데이터  
\*탄산수 150ml 기준 음료베이스 40ml



복숭아의 단맛과 유자의 산미 및 감칠맛 간의 균형을 고려하여 도라지 음료베이스에 적합한 과일 농축액 혼합 비율을 검토하고자 하였다. 이에 본 연구에서는 복숭아 농축액을 일정한 첨가한 조건에서 유자 농축액 첨가량을 달리하여 음료베이스의 일반 특성을 비교하였다(표 8). 유자 농축액 첨가량이 증가할수록 pH는 감소하고 산도는 증가하였으며, 이에 따라 당산비는 감소하는 경향을 나타냈다. 안성 및 이천 시료 모두 유자 농축액을 3.2% 이상 첨가할 경우 당도가 통계적으로 유의하게 감소하는 경향을 보였다.

표 8. 유자 농축액 첨가량별 음료베이스 일반 특성

첨가량(%)	pH	점도 (cP)	당도 (° Brix)	산도 (%)	당산비
무처리 <sup>↓</sup>	3.62±0.03 <sup>a</sup>	51.20±0.69 <sup>b</sup>	55.63±0.03 <sup>a</sup>	2.00±0.04 <sup>d</sup>	27.76 <sup>a</sup>
A' (안성) 0.7	3.58±0.01 <sup>b</sup>	53.20±0.69 <sup>a</sup>	55.46±0.02 <sup>b</sup>	2.05±0.02 <sup>d</sup>	27.11 <sup>a</sup>
A' (안성) 2.0	3.52±0.01 <sup>c</sup>	50.40±1.20 <sup>b</sup>	54.71±0.01 <sup>c</sup>	2.17±0.06 <sup>c</sup>	25.26 <sup>b</sup>
A' (안성) 3.2	3.49±0.00 <sup>d</sup>	44.80±0.69 <sup>c</sup>	54.28±0.02 <sup>d</sup>	2.36±0.00 <sup>b</sup>	23.02 <sup>c</sup>
A' (안성) 4.5	3.43±0.01 <sup>e</sup>	41.60±0.69 <sup>d</sup>	53.20±0.01 <sup>e</sup>	2.50±0.04 <sup>a</sup>	21.29 <sup>d</sup>
무처리 <sup>↓</sup>	3.78±0.02 <sup>a</sup>	16.40±0.69 <sup>ab</sup>	43.63±0.01 <sup>b</sup>	2.70±0.01 <sup>d</sup>	16.14 <sup>a</sup>
B' (이천) 0.7	3.71±0.01 <sup>b</sup>	16.80±0.00 <sup>a</sup>	43.94±0.01 <sup>a</sup>	2.72±0.02 <sup>d</sup>	16.15 <sup>a</sup>
B' (이천) 2.0	3.67±0.02 <sup>c</sup>	16.40±0.69 <sup>ab</sup>	41.96±0.01 <sup>c</sup>	2.88±0.04 <sup>c</sup>	14.55 <sup>b</sup>
B' (이천) 3.2	3.63±0.02 <sup>d</sup>	15.60±0.00 <sup>bc</sup>	41.91±0.01 <sup>d</sup>	3.02±0.02 <sup>b</sup>	13.90 <sup>c</sup>
B' (이천) 4.5	3.59±0.01 <sup>e</sup>	14.80±0.69 <sup>c</sup>	41.61±0.02 <sup>e</sup>	3.17±0.02 <sup>a</sup>	13.12 <sup>d</sup>

↓ 가공부산물(A', B') 140ml 기준 대추 추출물 5ml, 복숭아 농축액 단독 5g. 첨가, 나머지는 무처리구에 유자농축액 첨가

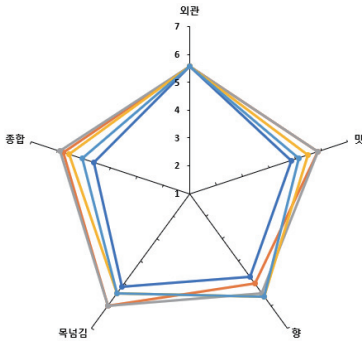
※ 점도: 63핀 100rpm 1분 교반

※ A, B 각각 통계 분석함

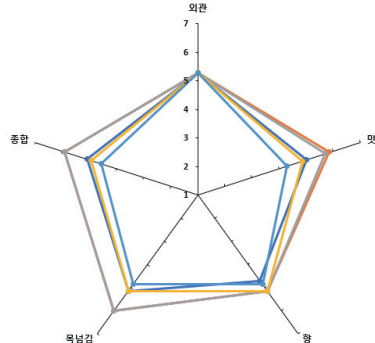
유자 농축액 첨가량별 음료베이스 관능 평가 결과(그림 8), 유자 농축액을 0.7~2.0% 첨가한 처리구에서 맛, 향, 목넘김 및 종합 기호도가 가장 높은 경향을 보였다. 반면 유자 농축액을 3.2% 이상 첨가할 경우 도라지 특유의 풍미가 약화되면서 전반적인 기호도가 감소하는 경향이였다. 전자코 분석 결과(그림 9), 유자 농축액을 0.7~2.0% 첨가한 처리구에서는 다양한 향기 성분이 비교적 균형 있게 나타났으나, 3.2% 이상 첨가할 경우 hexanal, dimethyl trisulfide, 2-phenylethanol, myristicin 등 허브향, 풀향 및 신선향 계열의 향기 성분이 상대적으로 강조되어 기호도에 부정적인 영향을 미친 것으로 사료된다. 이러한 결과를 종합할 때, 도라지 음료베이스의 풍미 균형 및 기호도 향상을 위해 유자 농축액 0.7% 첨가(복숭아:유자=5:1)가 적합한 것으로 판단되었다.



a. A' (안성)



b. B' (이천)



— 무처리 — 0.7% — 2.0% — 3.2% — 4.5%

그림 8. 유자 농축액 첨가량별 도라지음료

\* 기호도 \*탄산수 150ml 기준 음료베이스 40ml

Compounds	Description
Acetaldehyde	aldehydic
Propanal	cocoa, nutty
dimethyl sulfide	cabbage, corn
2-propanol	acetone
2-methylpropanal	baked potato, burnt
Butanal	cocoa, chocolate
butan-2-one	butter, chocolate
Ethyl Acetate	butter, caramelized
1-Propanol, 2-methyl-	bitter, alcoholic
3-methylbutanal	aldehydic
Pentanal	acid
Methyl 2-methylbutanoate	apple
2-methylpropanoic acid	butter, cheese
Hexanal	green, fresh
furfural	almond
3-methylbutanoic acid	cheese, fruity
isoamyl acetate	apple, banana
ethyl 2-methylbutyrate	apple, blackberry
pentanoic acid	beefy, cheese
1R-(+)-alpha-pinene	aromatic, harsh
Dimethyl trisulfide	cabbage, cooked onion
Tetramethylpyrazine	burnt, chocolate
2-Phenylethanol	floral
Myristicin	balsamic

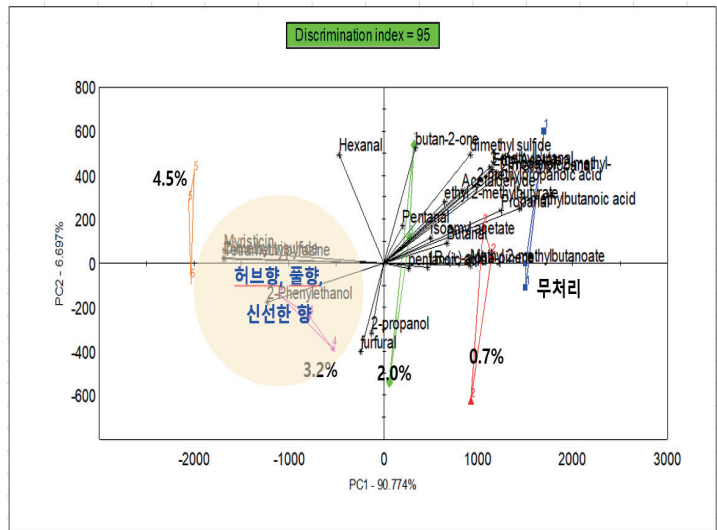


그림 9. 유자 농축액 첨가량별 도라지음료(A' ) 전자코 데이터

\*탄산수 150ml 기준 음료베이스 40ml

혼합 농축액(복숭아:유자=5:1) 첨가량에 따른 음료베이스의 전자혀 분석 결과(그림 10), 혼합 농축액 첨가량이 증가함에 따라 단맛 강도는 감소하고 신맛 및 감칠맛 강도는 증가하는 경향이였다. 관능 평가 결과(그림 11), 안성 시료의 경우 혼합 농축액 2~3% 첨가 시 맛과 종합 기호도가 상대적으로 높았고, 이천 시료에서는 3~4% 첨가 시 맛과 종합 기호도가 가장 우수하였다. 결과적으로 도라지 음료베이스의 달임맛을 완화하고 기호도를 향상시키기 위해 혼합농축액을 3% 첨가하는 것이 효과적이였다.



a. A' (안성)

b. B' (이천)

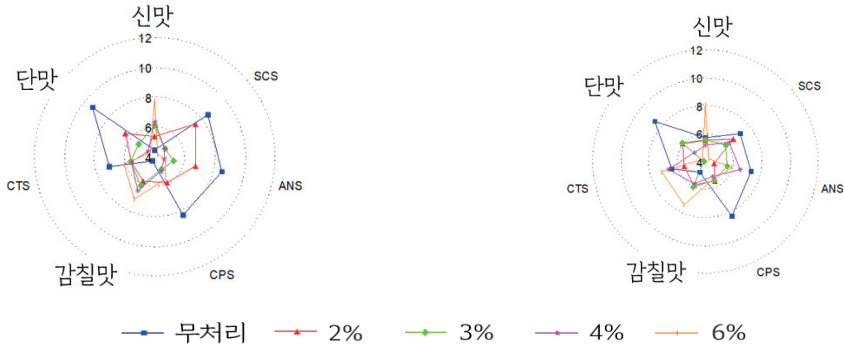


그림 10. 혼합 농축액 첨가량별 도라지음료\* 전자혀 데이터

\*탄산수 150ml 기준 음료베이스 40ml

a. A' (안성)

b. B' (이천)

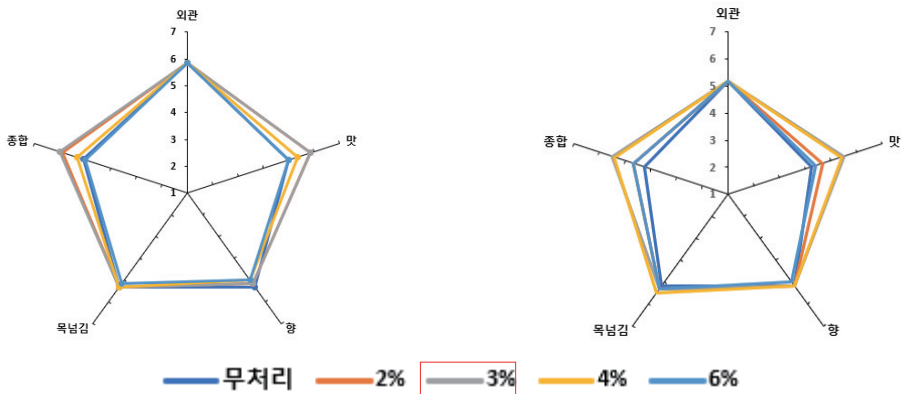



그림 11. 혼합 농축액 첨가량별 도라지음료\* 기호도

\*탄산수 150ml 기준 음료베이스 40ml

### 다. 도라지가공 부산물을 이용한 스틱젤리 제조 및 품질 특성

도라지가공 부산물을 이용한 스틱젤리 제조를 위해 가수량에 따른 예비 시험을 수행하여 적정 희석 조건을 설정하였다. 수분 함량이 부족한 경우 겔화제를 첨가하더라도 성형이 원활하지 않은 경향이 확인되었으며, 1.5배 희석 처리구에서 관능 기호도와 성형성이 가장 우수한 것으로 나타났다(표 9, 그림 12, 13). 이에 따라 1.5배 희석을 스틱젤리 제조를 위한 기본 배합 조건으로 설정하였으며, 이를 바탕으로 겔 구조 형성을 위한 겔화제 첨가 조건을 검토하였다.

표 9. 가수량별 도라지 스틱젤리 일반특성

가수량	1.5배	1.8배	2.0배
pH	3.89±0.00 <sup>c</sup>	3.91±0.01 <sup>b</sup>	3.98±0.00 <sup>a</sup>
당도	33.37±0.12 <sup>a</sup>	29.40±0.20 <sup>b</sup>	25.80±0.00 <sup>c</sup>
L	20.68±1.68 <sup>a</sup>	16.94±1.41 <sup>b</sup>	13.88±1.10 <sup>c</sup>
색도 a	0.16±0.17 <sup>b</sup>	0.85±0.02 <sup>a</sup>	0.99±0.20 <sup>a</sup>
b	0.40±0.14 <sup>c</sup>	1.15±0.16 <sup>b</sup>	1.58±0.23 <sup>a</sup>
씹힘성 (g · sec)	153.65±29.53 <sup>ns</sup>	145.27±34.47	146.23±15.85
외관			

※ KC: LBG = 3:1 KC:  $\kappa$ -carrageenan, LBG: Locust bean gum

※ 겔화제 첨가량: 도라지가공 부산물 희석된 중량의 1.0%

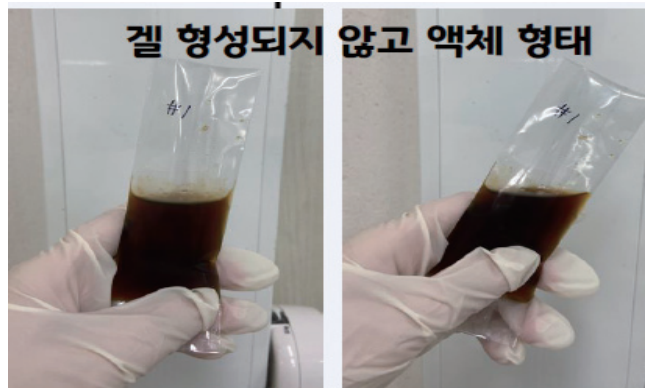


그림 12. 도라지 가공 부산물 1.2배 희석 처리구

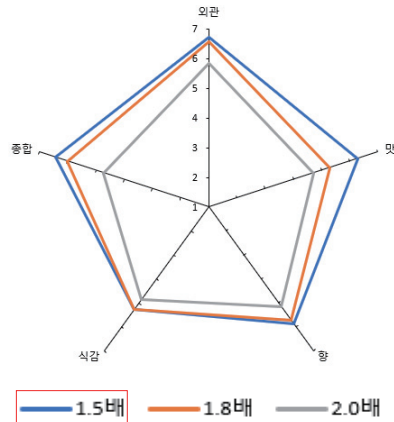


그림 13. 회석배수별 도라지 스틱젤리 기호도

스틱젤리의 주골격 형성을 위해 카파카라기난 첨가량을 달리하여 도라지 스틱젤리를 제조하고 일반 특성 및 외관을 비교하였다(표 10). 카파카라기난을 0.2~0.3% 첨가한 처리구에서는 겔 구조 형성이 충분하지 않아 외관 성형이 불완전한 경향을 보였으며 이에 따라 외관 기호도가 낮게 나타났다. 반면 0.5% 이상 첨가 시 스틱젤리의 형태가 안정적으로 유지되어 외관 성형성이 개선되었고 기호도 또한 높아졌다. 물성 분석 결과, 모든 처리구에서 통계적으로 유의적인 차이는 나타나지 않았으나, 실제 관능 평가(그림 14)에서는 0.3% 처리구에서 씹을 때 입 안에서 쉽게 뭉개지는 느낌이 나타난 반면 0.5% 이상 처리구에서는 스틱젤리 특유의 탄력 있고 탱글한 식감이 형성되는 것으로 확인되었다. 이는 스틱젤리 제조 시 카파카라기난 함량이 증가할수록 파단응력(깨지거나 부서지는 순간까지 견디는 최대 응력)과 탄성이 높아져 젤리의 구조 및 강도가 개선되었다는 연구 결과(Kang, 2004)와 유사하였다.

따라서 외관 성형성과 관능적 식감을 종합적으로 고려할 때, 카파카라기난 0.5% 첨가 조건이 도라지 스틱젤리 제조에 적합한 것으로 판단되었다.

표 10. 카파카라기난 첨가량별 스틱젤리 일반 특성 및 외관

$\kappa$ -카라기난 첨가량 (%)	0.2	0.3	0.5	0.7
pH	3.93±0.01 <sup>ns</sup>	3.89±0.01	3.90±0.00	3.93±0.04
당도	35.77±0.15 <sup>ns</sup>	35.77±0.25	35.57±0.15	35.27±0.06
L	17.06±0.25 <sup>d</sup>	22.16±0.27 <sup>a</sup>	20.97±0.07 <sup>b</sup>	19.20±0.19 <sup>c</sup>
색도 a	0.82±0.01 <sup>a</sup>	0.93±0.15 <sup>a</sup>	0.24±0.03 <sup>b</sup>	0.35±0.02 <sup>b</sup>
b	0.30±0.05 <sup>b</sup>	0.95±0.14 <sup>a</sup>	0.32±0.05 <sup>b</sup>	0.39±0.06 <sup>b</sup>
씹힘성 (g·sec)	76.31±9.43 <sup>ns</sup>	88.68±8.76	85.79±1.12	81.42±2.92

외관

※ 모든 처리구에서 LBG, 타마린드검, 한천은 (가공부산물+증류수) 중량의 0.7%, 0.05%, 0.2% 고정, KC:  $\kappa$ -carrageenan, LBG: Locust bean gum

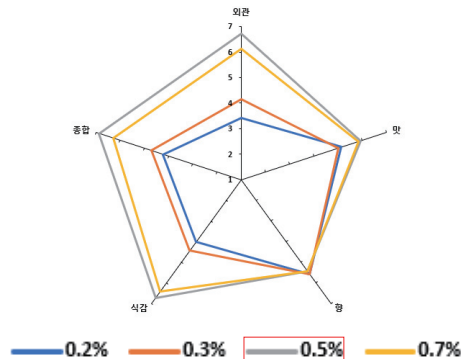


그림 14. 카파카라기난 첨가량별 도라지 스틱젤리 기호도

카파카라기난 첨가 조건에서 겔 구조 강화 및 이수현상 방지를 위해 로커스트콩검을 추가로 첨가하고, 첨가량에 따른 스틱젤리의 관능 평가를 실시하였다(그림 15). 로커스트콩검 0.5~0.7% 첨가 시 식감 및 종합 기호도가 가장 우수하였다. 또한 스틱젤리의 일반 특성 및 외관을 비교한 결과(표 11), 로커스트콩검을 0.7% 이상 첨가한 처리구에서는 24시간 경과 후에도 이수현상이 발생하지 않았으며, 씹힘성 또한 827.53~829.78g·sec로 높게 나타나 구조적 안정성이 향상된 것으로 사료된다. 이러한 결과는 카파카라기난과 로커스트콩검이 혼합될 때 강도가 우수한 겔 구조를 형성한다는 보고(Martins et al., 2012)와 카파카라기난과 로커스트콩검의 일정 비율 혼합 시 시너지 효과가 나타난다는 연구 결과(Dunstan et al., 2001)와 유사한 경향이었다.

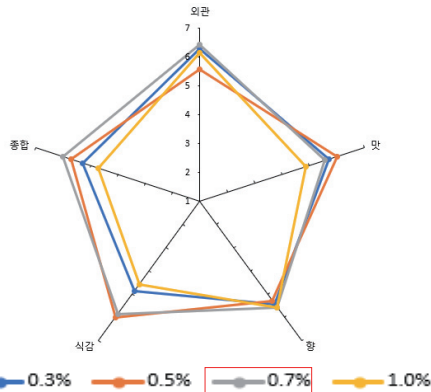
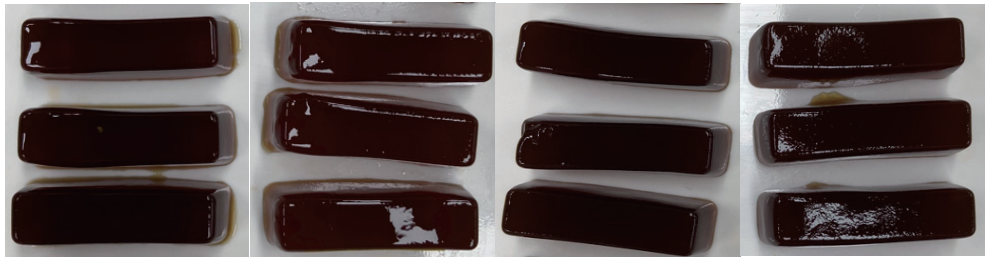


그림 15. 로커스트콩검 첨가량별 도라지 스틱젤리 기호도

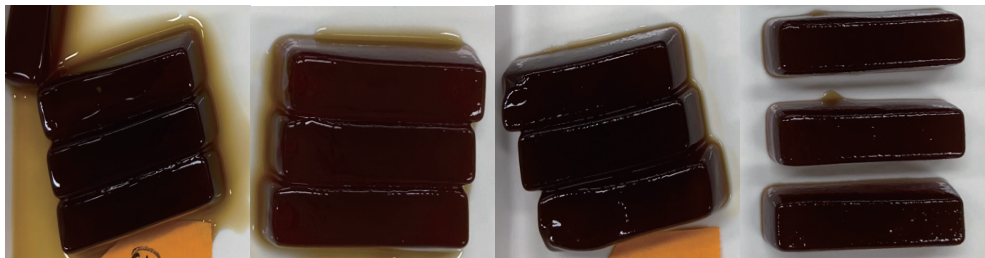
표 11. 로커스트콩검 첨가량별 스틱젤리 일반 특성 및 외관

LBG 첨가량 (%)	0.3	0.5	0.7	1.0
pH	3.87 ± 0.00 <sup>c</sup>	3.90 ± 0.00 <sup>b</sup>	3.90 ± 0.00 <sup>b</sup>	3.92 ± 0.01 <sup>a</sup>
당도	34.17 ± 0.21 <sup>b</sup>	33.63 ± 0.12 <sup>c</sup>	34.23 ± 0.15 <sup>b</sup>	34.53 ± 0.06 <sup>a</sup>
L	12.76 ± 1.78 <sup>b</sup>	16.86 ± 0.70 <sup>a</sup>	9.22 ± 1.20 <sup>c</sup>	9.03 ± 2.47 <sup>c</sup>
색도 a	0.06 ± 0.03 <sup>b</sup>	-0.10 ± 0.06 <sup>c</sup>	0.37 ± 0.06 <sup>a</sup>	0.37 ± 0.10 <sup>a</sup>
b	1.03 ± 0.23 <sup>ns</sup>	0.93 ± 0.16	0.97 ± 0.13	1.24 ± 0.25
썩힘성 (g · sec)	113.18 ± 30.00 <sup>c</sup>	104.06 ± 10.46 <sup>b</sup>	827.53 ± 32.20 <sup>a</sup>	829.78 ± 13.89 <sup>a</sup>



외관

↓ (24시간 후)



※ 모든 처리에서 KC는 (가공부산물+증류수) 중량의 0.7% 고정, KC:  $\kappa$ -carrageenan, LBG: Locust bean gum



## 4. 적요

도라지 가공 부산물의 유용 사포닌 증진을 위한 효소 처리 조건을 검토하고, 이를 활용한 음료베이스 및 스틱젤리 제품을 개발하고자 수행한 연구 결과는 다음과 같다.

### 가. 도라지 가공 부산물 효소처리 조건 최적화 연구

- 1) 효소 스크리닝 결과 Celluclast 처리구에서 platycoside E 전환이 가장 활발하여 platycodin D(56.50 ppm)와 deapi-platycodin D(81.58 ppm) 함량이 가장 높았으며, polygalacin D도 156.67 ppm으로 가장 높은 값을 나타냈다. 총 사포닌 함량은 295.24 ppm으로 무처리구 대비 약 1.6배 증가하였다.
- 2) 표준화된 도라지 가공 부산물에 선발효소를 동일 농도로 처리한 결과, 유용 사포닌 전환을 위한 적정 효소 처리 시간은 최소 24시간으로 확인되었다.
- 3) 선발효소 처리량에 따른 음료베이스의 관능 평가 결과, 효소 처리구는 무처리구 대비 기호도가 높았으며 1.0% 처리구에서 가장 우수하였고, 그 이상 처리 시 기호도는 감소하는 경향을 보였다.

### 나. 도라지 가공 부산물을 이용한 음료베이스 제조 및 기호도 개선 연구

- 1) 구연산 첨가량이 증가할수록 단맛은 감소하고 감칠맛은 증가하는 경향을 보였고, 구연산 0.2% 처리구에서 맛, 목넘김 및 종합 기호도가 가장 높아 음료베이스의 산도 조절 조건으로 적합하였다.
- 2) 도라지 음료베이스의 달임맛을 완화하고 기호도를 향상시키기 위해 혼합 농축액 (복숭아:유자=5:1)을 선발하였으며, 혼합 농축액 3% 첨가 시 맛, 종합 기호도가 가장 우수하였다.

### 다. 도라지 가공 부산물을 이용한 스틱젤리 제조 및 품질 특성

- 1) 스틱젤리 제조 시 외관 성형성과 관능적 식감을 종합적으로 고려할 때, 카파카라기난 0.5%를 첨가하는 것이 적합하였다.
- 2) 로커스트콩검 0.7% 이상 첨가 시 24시간 경과 후에도 이수현상이 발생하지 않았으며, 씹힘성이 827.53-829.78 g·sec로 높게 나타나 구조적 안정성이 향상되었다.

## 5. 인용문헌

특용작물 생산실적. 2022. 농림축산식품부

Ahmed H, Chandan KG, Mukund M, Sumeet S, Chidambaram R. 2014. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. ISSN- 0975-1491

Ban YL, Park HJ, Jeong HY, Yoon SJ, Hong SJ, Moon HS, Yu SY, Kim HW, Kim KS,



- Jeong EJ, Shin EC. (2024). Sensory Evaluation of Enzymatically Hydrolyzed Plant-Based Food Ingredients (Oilseed Meals, Grains, and Mushrooms): Electronic-Nose and Electronic-Tongue Analyses. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 53(6):585-598.
- Bevilacqua A, Maciel MR, Pascarelli S, Dindo M, Shen AQ, Laurino P. 2024. Enzyme Activity Regulates Substrate Diffusion by Modulating Viscosity in Crowded Milieu. Title of the article. bioRxiv.
- Booth IR, Stratford M. 2003. Acidulants and low pH. In: Russell NJ, Gould GW (eds). *Food Preservatives*. Springer, New York, pp 25-47.
- Dunstan DE, Chen Y, Liao ML, Salvatore R, Boger DV, Prica M. 2001. Structure and rheology of the  $\kappa$ -carrageenan/locust bean gum gels. *Food Hydrocolloids* 15: 475-484.
- Ji M.Y., A. Bo, M. Yang, J.F. Xu, L.L. Jiang, B.C. Zhou, and M.H. Li 2020, The pharmacological effects and health benefits of *Platycodon grandiflorus*-a medicine food homology species. *Foods* 9:142. doi:10.3390/foods9020142
- Kang MH. 2004. Sensory Evaluation and Mechanical Properties of Jellies Made by Adding Different Jelling Agent Ratio in Sypjeondaebo Extracts. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, v.33 no.10, pp.1685 - 1688
- Kim YS, Park CS, Na CS. 2022. Potential of Glycoside Hydrolases Treatment for Production of Balloon Flower(*Platycodon grandiflorum*) Extract. *J. Chitin Chitosan* 27(3), 132-136
- Martins JT, Cerqueira MA, Bourbon AI, Pinheiro AC, Souza BW, Vicente AA. 2012. Synergistic effects between  $\kappa$ -carrageenan and locust bean gum on physicochemical properties of edible films made thereof. *Food Hydrocolloids* 29: 280-289.
- Park, C.S.; Yoo, M.H.; Noh, K.H.; Oh, D.K. Biotransformation of ginsenosides by hydrolyzing the sugar moieties of ginsenosides using microbial glycosidases. *Appl. Microbiol. Biot.* 2010, 87, 9-19.
- Shin, K.C.; Oh, D.K. Classification of glycosidases that hydrolyze the specific positions and types of sugar moieties in ginsenosides. *Crit. Rev. Biotechnol.* 2016, 36, 1036-1049.
- Wang L, Li Y, Chen X, et al. 2022. Sweet-sour taste interaction between sucrose and citric acid. *Horticulture Research* 9, uhac141.
- You HJ. 2025. Improving Acceptability of Goji Berry Functional Beverages through Multi-Ingredient Formulation: A Statistical Sensory Approach. *The Korean Society of Applied Science and Technology*. Vol.42 No.3 pp.419-429

## 6. 연구결과 활용제목

- 유용 사포닌이 증진된 도라지 추출액 활용 가공품 제조 방법(산업재산권, 2026년)  
: 특허출원 10-2026-0063474

## 7. 연구원 편성

세부과제	구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도	
						24	25
도라지 가공 부산물을 활용한 업사이클링 제품 개발	책임자	작물연구과	농업연구사	안예향	세부과제 총괄	○	○
	공동연구자	작물연구과	농업연구사	신복음	품질분석	○	○
	〃	〃	〃	이대형	특성조사	○	○
	〃	〃	농업연구관	이용선	성적분석	○	○
	〃	〃	〃	이수연	사업화추진	○	○