

(옆면)

(앞면)

RS-202
1-IP821
031

보안 과제(), 일반 과제(O) / 공개(O), 비공개()발간등록번호(O)
기술사업화지원사업 2023년도 최종보고서

복합
성분

발간등록번호

동시
추출법을

11-1543000-004696-01

이용한

복합성분 동시추출법을 이용한 단수수 증류주 및 시럽 제품화 연구

단수수
증류주

및

2024.07.09.

시럽
제품화
연구

2024

주관연구기관 / 한국화학연구원
공동연구기관 / 농업법인회사(주)착한농부

농림식품기술기획평가원
농림축산식품부

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “복합성분 동시추출법을 이용한 단수수 증류주 및 시럽 제품화 연구”
(개발기간 : 2021. 04. ~ 2023. 12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2024. 07. 09.

주관연구기관명 : 한국화학연구원 (대표자) 이영국 (인)
공동연구기관명 : 농업회사법인(주)착한농부 (대표자) 김상선 (인)

주관연구책임자 : 김호용 (인)
공동연구책임자 : 김상선 (인)

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “복합성분 동시추출법을 이용한 단수수 증류주 및 시럽 제품화 연구”
(개발기간 : 2021. 04. ~ 2023. 12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2024. 07. 09.

주관연구기관명 : 한국화학연구원 (대표자) 이영국 (인)

공동연구기관명 : 농업회사법인(주)착한농부 (대표자) 김상선 (인)

주관연구책임자 : 김호용 (인)

공동연구책임자 : 김상선 (인)

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

< 요약 문 >

※ 요약문은 5쪽 이내로 작성합니다.

사업명		기술사업화지원사업			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		-	
내역사업명 (해당 시 작성)		공공기술 사업화 촉진			연구개발과제번호		821031-03	
기술 분류	국가과학기술 표준분류	1순위 LA0901	50%	2순위 LB1205	30%	3순위 LB0506	20%	
	농림식품 과학기술분류	1순위 PA0201	50%	2순위 PA0102	30%	3순위 PB0201	20%	
총괄연구개발명 (해당 시 작성)								
연구개발과제명		복합성분 동시추출법을 이용한 단수수 증류주 및 시럽 제품화 연구						
전체 연구개발기간		2021. 04. 01 - 2023. 12. 31 (33개월)						
총 연구개발비		총 1,031,250천원 (정부지원연구개발비:825,000천원, 기관부담연구개발비 :206,250천원, 지방자치단체지원연구개발비: 천원, 그 외 지원연구개발비: 천원)						
연구개발단계		기초[] 응용[] 개발[✓] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]			기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준 (5) 종료시점 목표 (8)	
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)								
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)								
연구개발 목표 및 내용	최종 목표	<p>① 단수수 버개스를 이용한 혼합당 및 폴리코사놀 동시추출 기술개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 단수수 버개스 추출성 성분 분획 공정개발 <ul style="list-style-type: none"> - 단수수 줄기 1차 착즙 후 얻어진 단수수 버개스로부터 수용성 혼합당 성분의 2차 착즙액 고수율 확보(혼합당 성분의 90% 이상)를 위한 수화분쇄 및 고액분리 조건 또는 공정 확립 - 지용성 폴리코사놀 성분의 저비용 친환경 추출을 위한 신규 용매 탐색, 수화분쇄 및 고액분리 조건 또는 공정 확립 ○ 단수수 버개스 착즙액 원료화 공정개발 <ul style="list-style-type: none"> - 2차 착즙액의 멤브레인 농축을 통해 기존 단수수 줄기 1차 착즙액과 혼합하여 발효할 수 있는 수준의 원료화 공정기술 확립 - 제품화 비용 최소화 또는 기능성 발현 최대화를 위한 폴리코사놀 정량분석기술 및 분리/분획/고도화 공정기술 확립 ○ 단수수 버개스 착즙액의 품질특성 확보 <ul style="list-style-type: none"> - pH, 산도, 환원당량, 아미노산, 유리당, 유기산, 색도 등 - 항산화 특성평가 (DPPH, ABTS 등) - 가열/저장 온도에 따른 품질특성 평가 <p>② 단수수 착즙액을 이용한 단수수 증류주 및 당시럽 제품개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 단수수 착즙액 발효 공정개발 <ul style="list-style-type: none"> - 최적의 발효 조건 구현을 위한 단수수 2차 착즙액 조성 탐색 - 단수수 1차 및 2차 착즙액을 이용한 증류주 제조용 발효공정 확립 <ul style="list-style-type: none"> - 공정상의 방향성 대사물질 변화 프로파일링 - 기존 설비 개량, 테스트 장비 도입 및 상용화 장비 설계 ○ 단수수 증류주 및 당시럽 시제품 제조 및 규격화 <ul style="list-style-type: none"> - 단수수 1차 및 2차 착즙액을 이용한 증류주 시제품 제조 (식품공전 등 표준 분석법 기준) <ul style="list-style-type: none"> ◦ 제품 규격: 에탄올 농도 40 (v/v %) ◦ 품질 규격: 메탄올 1.0 mg/mL 이하, 알데히드 70 mg/100mL 이하 - 단수수 1차 및 2차 착즙액을 이용한 당시럽 시제품 제조 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 제품 규격: 당농도 70Brix ◦ 품질 규격: 총당 60.0% 이상, 납 1.0 mg/kg 이하, 사카린나트륨 미검출 - 프리미엄 단수수 증류주 및 당시럽 제품 마케팅 전략 확립 						
	전체 내용	<p>① 단수수 버개스를 이용한 혼합당 및 폴리코사놀 동시추출 기술개발</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 단수수 버개스 추출성 성분 분획 공정개발 						

		<ul style="list-style-type: none"> - 단수수 줄기 1차 착즙 후 얻어진 단수수 버개스로부터 수용성 혼합당 성분의 2차 착즙액 고수율 확보(혼합당 성분의 90% 이상)를 위한 수화분쇄 및 고액분리 조건 또는 공정 확립 - 지용성 폴리코사놀 성분의 저비용 친환경 추출을 위한 신규 용매 탐색, 수화분쇄 및 고액분리 조건 또는 공정 확립 ○ 단수수 버개스 착즙액 원료화 공정개발 <ul style="list-style-type: none"> - 2차 착즙액의 멤브레인 농축을 통해 기존 단수수 줄기 1차 착즙액과 혼합하여 발효할 수 있는 수준의 원료화 공정기술 확립 - 제품화 비용 최소화 또는 기능성 발현 최대화를 위한 폴리코사놀 정량분석기술 및 분리/분획/고도화 공정기술 확립 ○ 단수수 버개스 착즙액의 품질특성 확보 <ul style="list-style-type: none"> - pH, 산도, 환원당량, 아미노산, 유리당, 유기산, 색도 등 - 항산화 특성평가 (DPPH, ABTS 등) - 가열/저장 온도에 따른 품질특성 평가 ② 단수수 착즙액을 이용한 단수수 증류주 및 당시럽 제품개발 <ul style="list-style-type: none"> ○ 단수수 착즙액 발효 공정개발 <ul style="list-style-type: none"> - 최적의 발효 조건 구현을 위한 단수수 2차 착즙액 조성 탐색 - 단수수 1차 및 2차 착즙액을 이용한 증류주 제조용 발효공정 확립 - 공정상의 방향성 대사물질 변화 프로파일링 - 기존 설비 개량, 테스트 장비 도입 및 상용화 장비 설계 ○ 단수수 증류주 및 당시럽 시제품 제조 및 규격화 <ul style="list-style-type: none"> - 단수수 1차 및 2차 착즙액을 이용한 증류주 시제품 제조 (식품공전 등 표준 분석법 기준) <ul style="list-style-type: none"> ◦ 제품 규격: 에탄올 농도 40 (v/v %) ◦ 품질 규격: 메탄올 1.0 mg/mL 이하, 알데히드 70 mg/100mL 이하 - 단수수 1차 및 2차 착즙액을 이용한 당시럽 시제품 제조 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 제품 규격: 당농도 70Brix ◦ 품질 규격: 총당 60.0% 이상, 납 1.0 mg/kg 이하, 사카린나트륨 미검출 - 프리미엄 단수수 증류주 및 당시럽 제품 마케팅 전략 확립
	목표	<ul style="list-style-type: none"> ① 단수수 버개스를 이용한 혼합당 및 폴리코사놀 동시추출 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> - 단수수 버개스 수용성 혼합당 추출에 적합한 수화분쇄 공정조건 탐색 및 공정 고도화 - 단수수 버개스 수화분쇄물의 고액분리 공정조건 확립 - 착즙액의 멤브레인 분리농축 공정 고도화 - 착즙액의 조성분석 및 공정 물질 수지 분석 - 단수수 착즙액의 품질특성 평가 및 확보 ② 단수수 착즙액을 이용한 단수수 증류주 및 당시럽 제품개발 <ul style="list-style-type: none"> - 단수수 1, 2차 착즙액을 이용한 발효공정 조건 탐색 - 폴리코사놀 함유 1, 2차 착즙액을 이용한 발효공정 고도화
1단계	내용	<ul style="list-style-type: none"> ① 1차년도 <ul style="list-style-type: none"> - 단수수 버개스 수용성 혼합당 추출에 적합한 수화분쇄 공정조건 탐색 <ul style="list-style-type: none"> √ Forward screw, back screw, kneading block 등 이축 압출기 스크류 최적 조합 √ 스크류 회전수, 물 주입 온도, 주입 유량, 최종 고액 비 등 공정조건 - 단수수 버개스 수화분쇄물의 고액분리 공정조건 탐색 <ul style="list-style-type: none"> √ 혼합기에서의 교반 시간, 교반 회전수 등 혼합기 공정조건 √ 필터프레스 주입시간, 가압 압력, 가압 시간 등 필터프레스 공정조건 - 착즙액의 멤브레인 농축 공정조건 탐색 <ul style="list-style-type: none"> √ Micro-filtration (MF), ultra-filtration (UF), nano-filtration (NF), reverse osmosis (RO) 별 운전압력 및 운전시간 등 멤브레인 운전조건 √ Flux 감소, 막 오염, 내구성 등 멤브레인 유지보수 조건 - 착즙액의 조성분석 및 공정 물질 수지 분석 <ul style="list-style-type: none"> √ Sucrose, glucose, fructose 등 혼합당 성분 및 폴리코사놀 (단소수별 전량/정성 분석), 단백질 등 추출성 성분분석과 공정 단계별 물질 수지 분석 - 착즙액의 발효공정 개발 <ul style="list-style-type: none"> √ 온도, 시간, 증류 횟수 등 2차 착즙액 발효 공정조건 탐색

			<ul style="list-style-type: none"> - 착즙액의 품질특성 평가 <ul style="list-style-type: none"> √ pH, 산도, 환원당량, 아미노산, 유리당, 유기산, 색도 등 이화학적 특성 분석 √ 항산화 특성평가 ② 2차년도 <ul style="list-style-type: none"> - 단수수 버개스 수용성 혼합당 및 폴리코사놀 동시추출을 위한 수화분쇄 공정 고도화 <ul style="list-style-type: none"> √ Forward screw, back screw, kneading block 등 이축 압출기 스크류 최적 조합 √ 스크류 회전수, 신규 용매 종류, 용매 주입 온도, 용매 주입 유량, 최종 고액 비 등 공정조건 - 단수수 버개스 수화분쇄물의 고액분리 공정조건 확립 <ul style="list-style-type: none"> √ 혼합기에서의 교반 시간, 교반 회전수 등 혼합기 공정조건 최적화 √ 필터프레스 주입시간, 가압 압력, 가압 시간 등 필터프레스 공정조건 최적화 - 착즙액의 멤브레인 분리농축 공정 고도화 <ul style="list-style-type: none"> √ 혼합당 및 폴리코사놀 함유 착즙액의 MF, UF, NF, RO 별 분리농축에 적합한 멤브레인 운전조건 및 유지보수 조건 및 분리농축에 적합한 molecular weight cut-off 선정 - 착즙액의 조성분석 및 공정 물질 수지 분석 <ul style="list-style-type: none"> √ 혼합당 성분 및 폴리코사놀, 단백질 등 추출성 성분분석과 수화분쇄/고액분리/분리농축 공정 단계별 물질 수지 분석 √ 저분자 휘발성 물질 프로파일링 - 착즙액의 품질특성 확보 <ul style="list-style-type: none"> √ pH, 산도, 환원당량, 아미노산, 유리당, 유기산, 색도 등 이화학적 특성 분석 √ 가열/냉장 온도 및 시간 등에 따른 품질특성 변화 분석 √ 항산화 특성평가 - 혼합당 및 폴리코사놀 함유 착즙액을 이용한 발효공정 고도화 √ 2차 착즙액의 조성, 농도 등에 따른 1, 2차 착즙액 혼합 비율과 온도, 시간, 증류 횟수 등 발효 공정조건 최적화
	2단계	목표	<ul style="list-style-type: none"> ① 단수수 버개스를 이용한 혼합당 및 폴리코사놀 동시추출 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> - 단수수 버개스 수용성 혼합당 및 폴리코사놀 동시추출을 위한 수화분쇄 공정 최적화 - 착즙액의 고액분리 및 멤브레인 분리농축 공정 최적화 - 통합공정 물질 수지 분석 및 경제성 평가 - 단수수 증류주 및 당시럽 시제품의 품질특성 확보 ② 단수수 착즙액을 이용한 단수수 증류주 및 당시럽 제품개발 <ul style="list-style-type: none"> - 최적의 발효 조건 구현을 위한 단수수 2차 착즙액 조성 탐색 및 단수수 1차 및 2차 착즙액을 이용한 증류주 제조용 발효공정 확립 - 공정상의 방향성 대사물질 변화 프로파일링 - 기존 설비 개량, 테스트 장비 도입 및 상용화 장비 설계 - 단수수 증류주 및 당시럽 시제품 제조 및 규격화 <ul style="list-style-type: none"> √ 단수수 증류주 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 제품 규격: 에탄올 농도 40(v/v %) ◦ 품질 규격: 메탄올 1.0 mg/mL 이하, 알데히드 70 mg/100mL 이하 √ 단수수 당시럽 <ul style="list-style-type: none"> ◦ 제품 규격: 당농도 70Brix ◦ 품질 규격: 총당 60.0% 이상, 납 1.0 mg/kg 이하, 사카린나트륨 미검출 - 프리미엄 단수수 증류주 및 당시럽 제품 마케팅 전략 확립
		내용	<ul style="list-style-type: none"> ③ 3차년도 <ul style="list-style-type: none"> - 단수수 버개스 수용성 혼합당 및 폴리코사놀 동시추출을 위한 수화분쇄 공정 최적화 <ul style="list-style-type: none"> √ 수용성 혼합당 및 폴리코사놀 고수율 동시추출 조건 확립 √ 부산물 (2차 착즙 단수수 버개스) 물성 분석 및 활용방안 수립 - 착즙액의 고액분리 및 멤브레인 분리농축 공정 최적화 <ul style="list-style-type: none"> √ 혼합당 및 폴리코사놀 함유 착즙액의 필터프레스 및 멤브레인 운전조건 확립 √ 착즙액의 성상과 수요기업 규모에 적합한 필터프레스 및 멤브레인 선정 - 통합공정 물질 수지 분석 및 경제성 평가

			<ul style="list-style-type: none"> √ 최적 공정 기반 통합 물질 수지 분석 및 예상 투자비 산출 - 단수수 증류주 및 당시럽의 품질특성 확보 √ pH, 산도, 환원당량, 아미노산, 유리당, 유기산, 색도 등 이화학적 특성 분석 √ 항산화 특성평가 √ 공정상의 방향성 대사물질 변화 프로파일링 - 단수수 증류주 및 당시럽 시제품 제조 및 규격화 √ 폴리코사놀을 함유한 단수수 증류주 및 당시럽 시제품 제조공정 최적화와 제품 규격 및 품질 규격 확립 √ 기존 설비 개량, 테스트 장비 도입 및 상용화 장비 설계 - 프리미엄 단수수 증류주 및 당시럽 제품 마케팅 전략 확립 √ 시제품 Pre_MKT(소세미나, 전시회 등) 및 국내외 수요처(B2B 및 B2C) 사전 확보 추진 √ 개발 종료 후 1차년도 제품 판매 전담팀 구성
--	--	--	---

평가 항목 (주요성능)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 (%)	세계 최고수준 보유국/보유기관	연구개발 전 국내 수준	연구개발 목표 및 실적			목표 설정 근거		
					1단계		2단계			
					1년차 (2021)	2년차 (2022)	3년차 (2023)			
공정	단수수 버개스 처리량	목표	kg/day	10	10ton/day (영국/CometBio ¹)	10ton/day (GS칼텍스 ²)	80 이상	100 이상	수요기관 발생량 대비 50% 처리 규모	
		실적				-	80	100		
	혼합당 추출률 (원료 내 함량 대비)	목표	%	20	92% (미국/DOW ³)	45% (착한농부 ⁴)	70%	80%	90%	착즙공정 총 2회 기준
		실적					99%	90.8%	91.5	
	혼합당농도 (멤브레인 농축 기준)	목표	%	10	27.9% (일본/Kobe University)	22% (한국화학연구원)	15%	20%		일반증류주 발효용 당농도
		실적					-	17.9%	20.3	
단수수 증류주	메탄올 함량	목표	mg/mL	10	해당없음	해당없음	1.0 이하	1.0 이하	제8. 일반시험법 6. 식품별 규격 확인 시험법 6.7.1.1 메탄올	
		실적					-	미검출		미검출
	알데히드 함량	목표	mg/100mL	10	해당없음	해당없음	70.0 이하	10.0 이하	제8. 일반시험법 6. 식품별 규격 확인 시험법 6.7.2.1 알데히드	
		실적					-	2.6		1.3
단수수 당시럽	총 당 함량	목표	%	10	해당없음	해당없음	50.0 이상	60.0 이상	제8. 일반시험법 2. 식품성분시험법 2.1.4.1.3 자당	
		실적					-	70		72.2
	납 함량	목표	mg/kg	10	해당없음	해당없음	1.0 이하	1.0 이하	제8. 일반시험법 9.1 중금속	
		실적					-	0.0		0.0
	사카린나트륨	목표	검출 여부	10	해당없음	해당없음	미검출	미검출	제8. 일반시험법 3.2.1 사카린나트륨	
		실적					-	미검출		미검출

연구개발성과

○ 정성성과

- 수용성 혼합당 추출을 위한 단수수 버개스 수화분쇄 공정 및 수화분쇄물의 고액분리 공정 기술 개발
- 단수수 2차 착즙액의 멤브레인 분리/농축을 위한 액상의 전처리 방법 개발
- 단수수 착즙액의 이화학적 특성 분석을 통한 단수수 착즙액의 품질특성 규격화 배경확보
- 단수수 버개스 수용성 혼합당 및 폴리코사놀 동시추출을 위한 수화분쇄 공정 고도화
- 단수수 버개스 수화분쇄물의 고액분리 공정조건 확립
- 착즙액의 멤브레인 분리농축 공정 고도화
- 착즙액의 품질특성 확보
- 혼합당 및 폴리코사놀 함유 착즙액을 이용한 발효공정 고도화
- 단수수 버개스 수용성 혼합당 및 폴리코사놀 동시추출을 위한 수화분쇄 공정 최적화
- 단수수 증류주 및 당시럽의 품질특성 확보
- 단수수 증류주 및 당시럽 시제품 제조 및 규격화
- 프리미엄 단수수 증류주 및 당시럽 제품 마케팅 전략 확립

○ 정량성과

- 고용창출 2건, 논문 2건, 특허 3건, 기술이전 3,000만원

연구개발성과 활용계획 및 기대 효과

- ① 과학기술적 측면
 - o 바이오매스 유래 수용성/지용성 추출물 동시추출 기술 확보
 - 발효를 위한 혼합당의 수율의 획기적인 개선 및 환경에 유해하고 고가인 유기용매를 사용하지 않고 기능성 지용성 추출 기술 확보
 - o 신규 소재 확보를 통한 신규 제품 생산기술 개발
 - 뉴트라슈티컬(neutraceutical) 소재 등 신규 적용 분야로의 확장 가능
 - o 바이오매스 추출 기술 국산화
 - 국내 중소기업에 국내 원료와 원천기술 기반의 소재 및 기술 보급 가능
- ② 경제적 측면

- 단수수 증류주 제품 수익성 향상
 - 단수수 증류주 제조단가 절감 및 신규 기능성 소재 함유 제품의 개발을 통해 비약적인 수익성 향상
- 친환경 선진 기업 이미지 제고
 - 글로벌 경쟁력을 갖춘 원천기술 확보를 통한 친환경 바이오식품소재 분야 점유율 상승 및 지역 농업회사법인 기업 이미지 제고를 통한 기존 생산 제품의 매출 증대.
- 수입대체 및 로열티확보 효과
 - 대부분 수입에 의존하고 있는 사탕수수 유래 당 원료의 국산화 및 글로벌 경쟁력 확보
- ③ 사회적 측면
 - 바이오매스 전수활용을 통한 폐기물 저감
 - 단수수 버개스의 활용도를 향상시켜 폐기물 저감 및 고부가가치 자원화
 - 파생 제품용도 확대에 따른 신규 일자리 창출
 - 기존의 지역 전통주 제품에서 나아가 국산 단수수 시럽, 혈관 기능개선 소재 등 파생 제품용도 확대에 따라 신규 고용 창출
 - 농민 삶의 질 향상
 - 안정적인 단수수 수매가격 책정 및 벼농사에 비해 낮은 노동 강도에 따른 농민 삶의 질 향상

연구개발성과의 비공개여부 및 사유

연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구시설·장비	기술 요약 정보	소프트웨어	표준	생명자원		화합물	신품종	
								생명 정보	생물 자원		정보	실물
2		3		21								

연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입기관	연구시설·장비명	규격(모델명)	수량	구입연월일	구입가격(천원)	구입처(전화)	비고(설치장소)	ZEUS 등록번호
		㈜착한농부	프레스기		1	21.09.08	12,100		㈜착한농부
	㈜착한농부	단수수 농축기		1	21.11.22	16,500		㈜착한농부	없음
	㈜착한농부	머스트이송펌프	MTN0040-P	1	21.11.29	1,870		㈜착한농부	없음
	㈜착한농부	20mm압력계	MFP-PG	1	21.11.29	55		㈜착한농부	없음
	㈜착한농부	액상계량기	MFP-Vino1_Gas	1	21.11.29	297		㈜착한농부	없음
	㈜착한농부	20mm디스펜서	MTN0020-DISP	1	21.11.29	748		㈜착한농부	없음
	㈜착한농부	단수수농축기		1	22.03.31	17,600		㈜착한농부	없음
	㈜착한농부	단수수사료작물수확기	PM770	1	22.07.12	2,530		㈜착한농부	없음
	㈜착한농부	단수수관리기		1	22.07.12	3,509		㈜착한농부	없음
	㈜착한농부	단수수종실전동가위		1	22.07.21	330		㈜착한농부	없음
	㈜착한농부	단수수착즙기	QXCY-5	1	22.05.30	9,698		㈜착한농부	없음
	㈜착한농부	단수수종실탈곡기	SB-100	1	22.08.29	2,420		㈜착한농부	없음
	㈜착한농부	단수수종실정선기		1	22.08.29	605		㈜착한농부	없음
	㈜착한농부	발효탱크		1	22.09.27	18,040		㈜착한농부	없음
	㈜착한농부	교반탱크		1	22.09.27	7,040		㈜착한농부	없음
	한국화학연구원	진공펌프	MZ2C	1	22.06.27	4680		한국화학연구원	없음
	㈜착한농부	냉각칠러		1	23.04.24	8,000		㈜착한농부	없음
	㈜착한농부	냉각칠러탱크		1	23.04.24	8,000		㈜착한농부	없음
	㈜착한농부	규조토정밀여과기		1	23.04.24	11,000		㈜착한농부	없음
	㈜착한농부	Copper still		1	23.05.08	26,700		㈜착한농부	없음
	㈜착한농부	콘덴싱유닛		1	23.06.30	26,300		㈜착한농부	없음

국문핵심어 (5개 이내)	단수수	수화분쇄	혼합당	증류주	시럽
영문핵심어 (5개 이내)	Sweet sorghum	Hydration milling	Mixed sugars	Spirits	Syrup

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행내용
3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

최종보고서							보안등급				
							일반[<input checked="" type="checkbox"/>], 보안[<input type="checkbox"/>]				
중앙행정기관명		농림축산식품부			사업명		사업명		기술사업화지원사업		
전문기관명 (해당 시 작성)		농림식품기술기획평가원					내역사업명 (해당 시 작성)		공공기술 사업화 촉진		
공고번호		제 농축 2021-41호			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)		821031-03				
					연구개발과제번호						
기술분류	국가과학기술 표준분류	1순위 LA0901	50%	2순위 LB1205		30%	3순위 LB0506		20%		
	농림식품과학기술분류	1순위 PA0201	50%	2순위 PA0102		30%	3순위 PB0201		20%		
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문		복합성분 동시추출법을 이용한 단수수 증류주 및 시럽 제품화 연구 Development of sweet sorghum spirits and syrup using the simultaneous extraction of complex components							
		영문									
연구개발과제명		국문		복합성분 동시추출법을 이용한 단수수 증류주 및 시럽 제품화 연구 Development of sweet sorghum spirits and syrup using the simultaneous extraction of complex components							
		영문									
주관연구개발기관		기관명		한국화학연구원		사업자등록번호					
		주소		(우) 34114 대전광역시 유성구 가정로 141		법인등록번호					
연구책임자		성명		김호용		직위		책임연구원			
		연락처		직장전화		휴대전화					
				전자우편		국가연구자번호					
연구개발기간		전체		2021. 04. 01 - 2023. 12. 31 (33개월)							
		단계 (해당 시 작성)		1단계		2021. 04. 01 - 2022. 12. 31 (1년 9개월)					
				2단계		2023. 01. 01 - 2023. 12. 31 (12개월)					
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금 지방자치단체 기타()				합계		연구개발 외 지원금
		현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물	현금	현물	
총계		825,000	15,000	191,250					840,000	191,250	1,031,250
1단계		1년차	225,000	0	56,250				225,000	56,250	281,250
		2년차	300,000	7,500	67,500				307,500	67,500	375,000
2단계		1년차	300,000	7,500	67,500				307,500	67,500	375,000
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명	책임자	직위	휴대전화		전자우편		비고 역할		기관유형
		공동연구개발기관	농업회사법인 (주)착한농부	김상선	대표이사						
		위탁연구개발기관									
		연구개발기관 외 기관									
연구개발담당자 실무담당자		성명		정찬덕		직위		연구원			
		연락처		직장전화		휴대전화					
				전자우편		국가연구자번호					

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2024년 2월 20일

연구책임자: 김 호 용 (인)

주관연구개발기관의 장: 이 영 국 (직인)

공동연구개발기관의 장: 김 상 선 (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하

최종보고서							보안등급		
							일반 <input checked="" type="checkbox"/>	보안 <input type="checkbox"/>	
중앙행정기관명	농림축산식품부			사업명	사업명	기술사업화지원사업			
전문기관명 (해당 시 작성)	농림식품기술기획평가원			내역사업명 (해당 시 작성)	공공기술 사업화 촉진				
공고번호	제 농축 2021-41호			총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)					
				연구개발과제번호	821031-03				
기술분류	국가과학기술 표준분류	1순위 LA0901	50%	2순위 LB1205	30%	3순위 LB0506	20%		
	농림식품과학기술분류	1순위 PA0201	50%	2순위 PA0102	30%	3순위 PB0201	20%		
총괄연구개발명 (해당 시 작성)	국문								
	영문								
연구개발과제명	국문	복합성분 동시추출법을 이용한 단수수 증류주 및 시럽 제품화 연구							
	영문	Development of sweet sorghum spirits and syrup using the simultaneous extraction of complex components							
주관연구개발기관	기관명	한국화학연구원			사업자등록번호				
	주소	(우) 34114 대전광역시 유성구 가정로 141			법인등록번호				
연구책임자	성명	김호용			직위		책임연구원		
	연락처	직장전화				휴대전화			
		전자우편				국가연구자번호			
연구개발기간	전체	2021. 04. 01 - 2023. 12. 31 (33개월)							
	단계 (해당 시 작성)	1단계	2021. 04. 01 - 2022. 12. 31 (1년 9개월)						
		2단계	2023. 01. 01 - 2023. 12. 31 (12개월)						
연구개발비 (단위: 천원)	정부지원 연구개발비	기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금				연구개발비 외 지원금	
	현금	현금	현물	현금	현물	현금	현물		합계
총계	825,000	15,000	191,250			840,000	191,250	1,031,250	
1단계	1년차	225,000	0	56,250			225,000	56,250	281,250
	2년차	300,000	7,500	67,500			307,500	67,500	375,000
2단계	1년차	300,000	7,500	67,500			307,500	67,500	375,000
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)	기관명	책임자	직위	휴대전화	전자우편		비고		
		역할							
공동연구개발기관	농업회사법인 (주)착한농부	김상선	대표이사				수요	중소 기업	
위탁연구개발기관									
연구개발기관 외 기관									
연구개발담당자 실무담당자	성명	정찬덕			직위		연구원		
	연락처	직장전화				휴대전화			
		전자우편				국가연구자번호			

이 최종보고서에 기재된 내용이 사실임을 확인하며, 만약 사실이 아닌 경우 관련 법령 및 규정에 따라 제재처분 등의 불이익도 감수하겠습니다.

2024년 2월 20일

연구책임자: 김 호 용

주관연구개발기관의 장: 이 영 국

공동연구개발기관의 장: 김 상 선

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하



1. 연구개발과제의 개요

1) 개발 대상 기술의 개요

○ 기존의 설탕 및 당밀 생산 공정

- 농장에서 수확된 1톤의 사탕수수로부터 그림 1과 같은 프로세스를 거쳐 70~160kg의 설탕을 제조한 후, 부산물로 생성되는 40kg의 당밀(molasses)은 미생물 발효를 통해 에탄올을 생산하고 300kg의 버개스는 주로 폐기되거나 보일러 열원으로 사용하며 2세대 바이오에탄올 생산을 위한 연구가 지속 중임 (그림 1).
- 해당 공정은 사탕수수 줄기를 파쇄/착즙/세척공정을 여러 번 반복하여 착즙액 추출률을 높이는 과정으로 시작되나, 착즙액 내 원당 수율을 높이기 위해 다량의 물을 사용하고 있어 농축에 많은 에너지가 소요되기 때문에 단일 플랜트 기준 십만 톤 이하의 사탕수수 처리 규모로는 경제성을 확보하는 데 어려움이 있음.

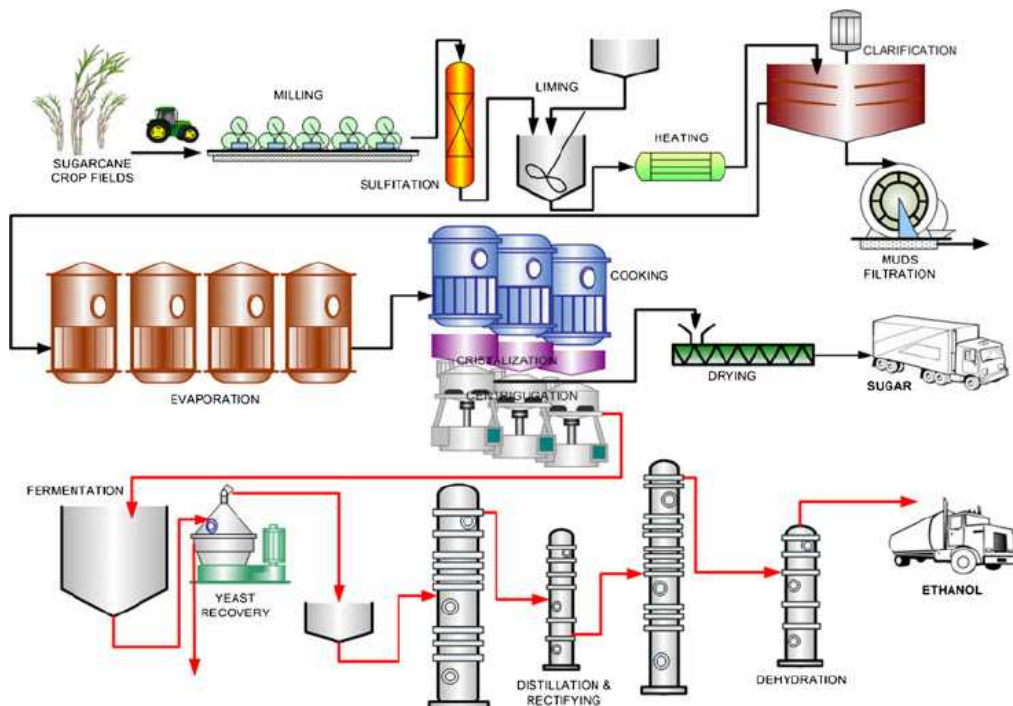


그림 1. 사탕수수로부터 설탕과 당밀 생산 공정 출처: Amores et. al., 2013

- 단수수(sweet sorghum)는 화본과 식물에 속하는 1년생 여름작물로서 줄기에는 사탕수수와 유사하게 18% 내외의 당분이 함유되어 있고 국내 재배가 수월하여 유기농 설탕 제품 제조 작물로 활용되고 있으나 재배 규모가 작아 기존의 사탕수수 설탕 제조 공정 활용 시 경제성이 낮음.

○ 신규 제안 단수수 버개스 처리 공정

- 본 연구과제의 신규 제안 개발기술은 단수수 착즙액 생산 후 발생하는 부산물인 단수수 버개스를 원료로 하여 증류주 제조에 사용 가능한 발효용 혼합당과 혈관 건강에 도움을 주는 기능성 소재를 동시 추출하는 기술로, 수화분쇄 공정과 멤브레인 농축공정을 도입하여 최소한의 에너지 투입으로 혼합당 생산 수율을 증대시키고 기능성 소재가 포함된 단수수 증류주와 단수수 당시럽을 제품화하여 국내에서 확보할 수 있는 소규모 단수수 버개스 원료를 사용하여 사업성이 높은 수익모델을 제안할 수 있는 통합공정 기술임 (그림 2).

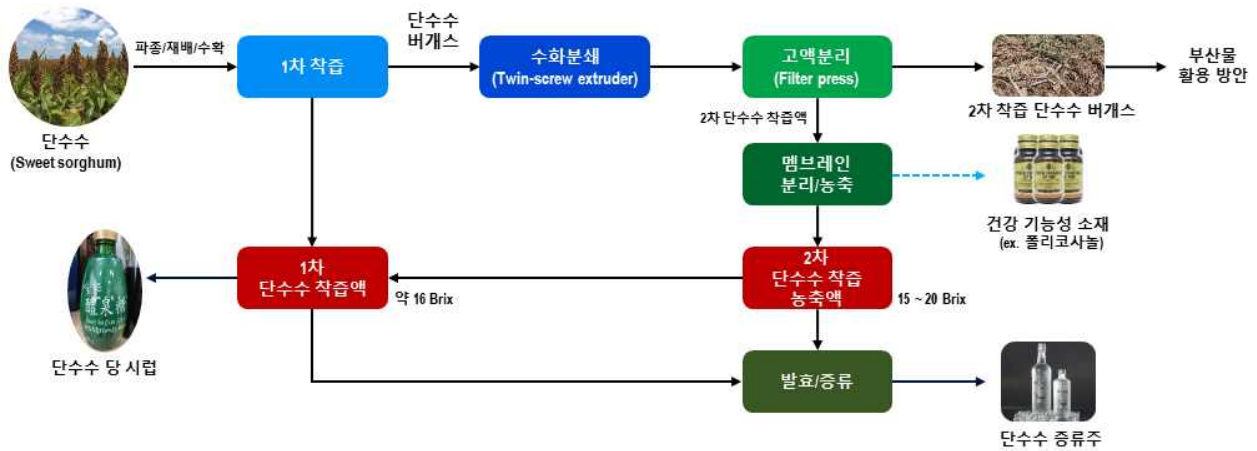


그림 2. 연구개발 대상의 핵심공정도

2) 국내외 현황 및 문제점과 전망

o 국내 현황 - 설탕 vs 대체 감미료

- 국내에서는 원당을 수입하여 설탕을 생산하고 있으며 **식품 제조업체에서의 수요가 90% 이상을 차지**하고 생산량은 2015년 149만 톤에서 2019년 142만 톤으로 소폭 감소하는 데 그쳤지만, 원당 수입단가가 지속 하락하면서 생산액은 2010년 1조 원에서 2016년 8천억 원으로 20% 이상 감소함.
- 또한, 식품의약품안전처는 2020년까지 가공식품을 통한 당류 섭취량을 하루 열량의 10% 이내로 관리하겠다고 발표하였고, **설탕 대체 감미료 사용을 늘리려는 계획**을 수립하였음.
- 이에 따라 전체 설탕 소매시장 매출 규모는 2015년 2200억 원에서 2019년 1600억 원으로 26% 감소하였는데 건강을 생각하는 소비자들이 많아지며 저당 열풍이 불어 설탕의 매출액이 감소한 것으로 추측됨 (그림 3).

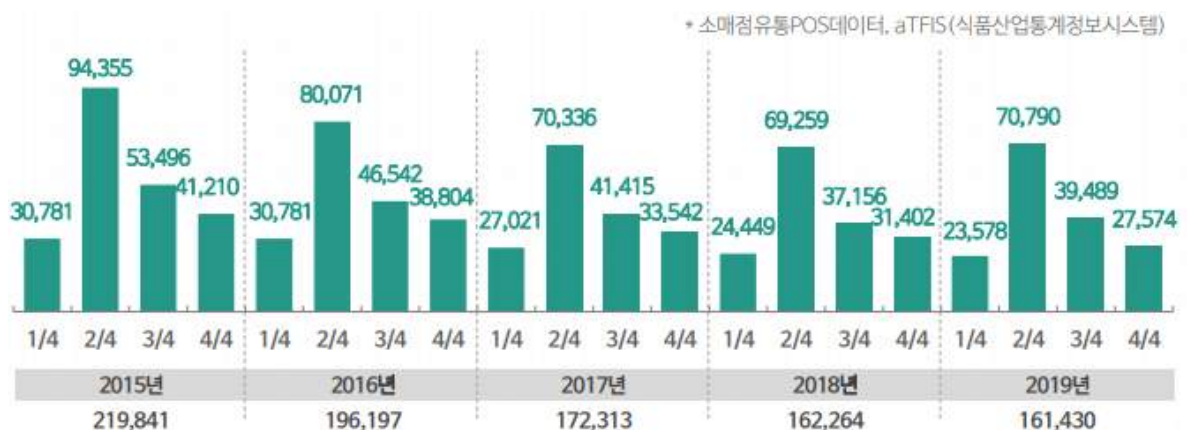


그림 3. 소매점 설탕 매출 현황 출처: aTFIS 2020년 9월 4주 식품시장 뉴스레터

- 반면 일반 설탕이 아닌 대체 감미료를 포함한 기타 설탕의 매출액은 2015년 193억 원에서 2016년 199억 원으로 매년 10% 이상의 성장률을 보이고 **유기농 설탕에 관한 관심도 지속해서 증가**하고 있음 (그림 4).



* 일반설탕: 정백당(흰설탕), 중백당(황설탕) / 기타설탕: 일반설탕을 제외한 설탕류(대체감미료 등) / 당류가공품: 요리당

그림 4. 소매점 설탕 종류별 매출 현황 출처: aTFIS 2020년 9월 4주 식품시장 뉴스레터

- 국내 설탕 주요 제조업체는 CJ제일제당, 삼양사, 대한제당, 대상 등으로 일반 설탕 제품 외에 자일로스, 타가토스, 알룰로스 설탕 등 다양한 기능성 설탕을 출시하며 변화를 도모하고 있음 (그림 5).



그림 5. 소매점 설탕 제조사별 매출 현황 출처: aTFIS 2020년 9월 4주 식품시장 뉴스레터

o 국외 현황 - 설탕 vs 에탄올

- 옥수수 전분으로 제조된 전분당과 더불어 사탕수수 당밀로부터 제조된 원당은 식품산업과 바이오화학제품 제조에 있어서 원료가 되는 가장 기본적인 출발 물질이며 공업적인 이용뿐만 아니라 생활필수품으로 오랜 시간 중요한 위상을 차지하고 있음.
- 전체 원당 시장에서 70% 이상을 차지하는 사탕수수(sugarcane)의 재배조건은 연평

균기온 20℃ 이상, 강우량이 연간 1,500mL로 중남미, 동남아, 아프리카 등 열대, 아 열대 기후에서 주로 재배되고 국내 재배는 제한적임.

- 당 생산량에 주도적인 역할을 하는 브라질의 관련 시장은 지난 20년간 급속도로 성장하였으나 최근 **수송용 바이오에탄올의 제조로의 급격한 용도 전환**은 발효당 가격의 급등락을 초래하고 있음.
- 특히 에탄올 가격의 상승은 설탕의 국제가격 상승을 일으켰고 이에 따라 수익성이 개선되었지만, 동시에 국제 유가 하락으로 인한 에탄올 가격경쟁력이 위협받고 있어 재무부 주관으로 지역 에탄올 생산업체의 유동성 확보와 절차 간소화 등 혜택 부여를 진행 중이며 이러한 정책으로 인해 공업용 설탕 수요가 증가할 것으로 예상함.
- 유럽연합은 사탕수수 수입하는 설탕의 순 수입국으로 원료를 가공할 수 있는 기술 기반 정제산업을 다수 보유하고 있고 면세와 관세 감축 등을 허용하는 여러 가지 설탕 수입쿼터제도를 활용 중.
- 중국은 브라질, 인도, 미국에 이어 세계 4대 설탕 생산국이자 세계 3대 설탕 소비국으로 인구 당 설탕 소비량이 많을 뿐만 아니라 정부 차원에서의 설탕 저장정책이 국제 설탕 시장의 가격 안정화에서 중요한 역할을 맡고 있음.
- 인도는 브라질에 이어 세계 2위 설탕 생산 국가임과 동시에 세계 최대 설탕 소비국으로 국내 산업 보호를 위한 설탕 관세를 부과 중이고 수출규제를 발표하는 등 국제 설탕 가격에 미치는 영향력 높음.
- 기업별로 보면 글로벌 식품료업 기업인 coca-cola의 소비량이 2020년 500만 톤에 이르며 그 뒤를 Nestle, Pepsico Inc, Unilever, Kellogg 따르고 있고 **지속 가능한 소비로의 전환을 목표로** 하고 있음 (그림 6).

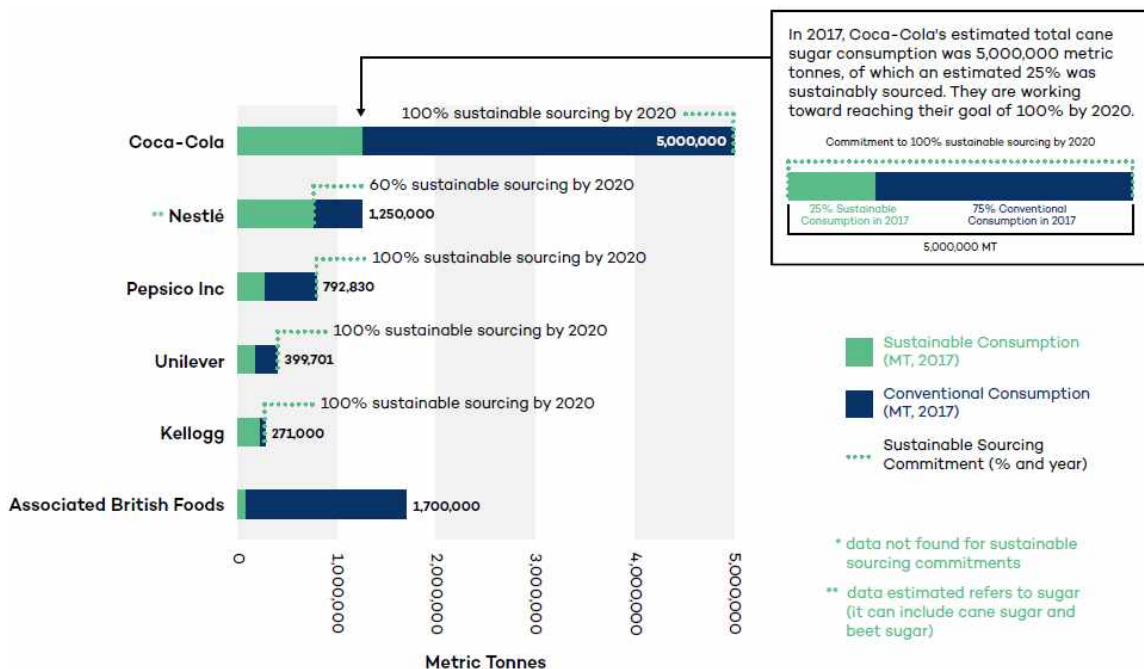


그림 6. 주요 사탕수수 소비 기업 출처: IISD 2019

- 친환경 산업 소재로서 바이오플라스틱 단량체와 바이오 기능성 소재 등 바이오정밀화학 소재에 관한 관심이 지속해서 높아짐에 따라 이러한 발효당의 시장 변동은 계속될 것으로 예상하여 **이의 대응방안과 대체재 발굴이 필요함.**

○ 유기농 설탕과 대체 감미료

- 현재 국내 기후·토양에서 원활한 재배가 가능한 원당 작물은 스테비아, 사탕무, 단수

수 등이며 전 세계 설탕 원료의 70% 이상을 차지하는 사탕수수는 국내 기후에 적합하지 않음.

- 스테비아는 최근 천연 대체 감미료로 주목받으면서 재배 농가 수가 늘어나고 한국스테비아 주식회사가 설립되는 등 지속적인 개량 육종 연구가 진행되고 있음.
- 단수수 착즙액 및 농축액을 이용한 발효 최적화 연구는 농촌진흥청을 중심으로 진행되었으며 에탄올 발효에 필요한 최적 단수수 농도 (21.1Brix) 및 단수수 1ha 재배 시 단수수 착즙액을 이용한 바이오에탄올 생산량 (약 1200L) 등이 보고되었음.
- 단수수 줄기는 식품원료로 적합하며 자일란 함량이 높아 자일로올리고당 및 자일로로스 생산에 적합함. 국내 민간 단수수 재배는 시작단계로, 대량생산은 공동연구개발기관인 농업회사법인(주)착한농부가 유일하며 2020년도 1만 톤의 생산 목표를 갖고 있음 (그림 7).



그림 7. 공동연구개발기관 2019년 단수수 재배 실적

- 단수수는 대체로 병충해에 강해 태풍으로 인한 도복만 주의하면 재배가 수월하지만, 값싼 외국산 당밀을 주로 이용하는 기존 설탕 제조업체와의 경쟁을 통한 제품 판로 확보가 어려워 일정 수준 이상의 안정적인 자체 소비 전략이 필수적임.

○ 일반 주류 vs 전통주

- 국내 주류소비 행태를 보고한 2019 주류시장 트렌드 보고서에 따르면 국내 최선호 주종은 맥주로 나타났으나 2017년 이후 지속적인 선호도 하락이 눈에 띄는 데 반해, 전통주의 경우 2017년 11.6%, 2018년 16.7%, 2019년 17.8%로 지속적인 증가세를 보임 (그림 8).



그림 8. 주류소비 행태 (최선호 주종) 출처: FIS 식품산업통계정보, 2019 주류시장 트렌드 보고서

- 이러한 양상은 최근 혼술 및 홈(Home)술이 지속 트렌드로 자리 잡으면서 기존의 맥주, 소주 등의 일반적이고 잘 알려진 주류보다 패키지가 세련되고 유행을 따르는 술로의 선호도가 변하고 있기 때문으로 분석됨.
- 전통주 종류별로는 2019년 기준 막걸리의 소비가 50% 이상으로 나타나 가장 많은 소비가 이루어졌으며 그 뒤를 과실주, 청주/약주, 증류식 소주/리큐르주가 차지함 (그림 9).
- 증류식 소주/리큐르주의 소비는 약 10% 수준에 불과하지만, 2015년 3% 수준에서 4년 새 3배 이상 증가하였으며, 저렴한 주류에 비해 5천 원 이상의 고가 제품의 판매가 더 활발한 현황을 고려하면 프리미엄 제품개발을 통해 지속적인 시장 확대가 가능할 것으로 예상함.

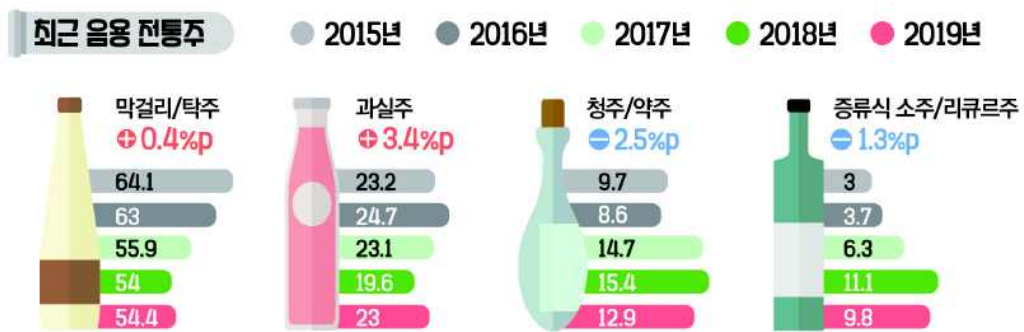


그림 9. 전통주 소비 행태 (최근 음용 전통주) 출처: FIS 식품산업통계정보, 2019 주류시장 트렌드 보고서

○ 건강기능식품 소재 - 폴리코사놀

- 한국건강기능식품협회에 따르면, 2019년 건강기능식품 시장규모는 2014년 1조 4900억 원에서 5년간 연평균 11.0%씩 성장해 2018년 2조 2800억 원으로 증가하였음.
- 건강기능식품 종류별 구매비율을 보면 홍삼, 프로바이오틱스가 1, 2위를 나타냈으며 비타민류는 급격한 감소추세를 보인 반면, **혈관 건강에 도움을 주는 오메가3류의 구매비율은 유지되어 연평균 성장률을 고려하면 시장규모는 증가함** (그림 10).

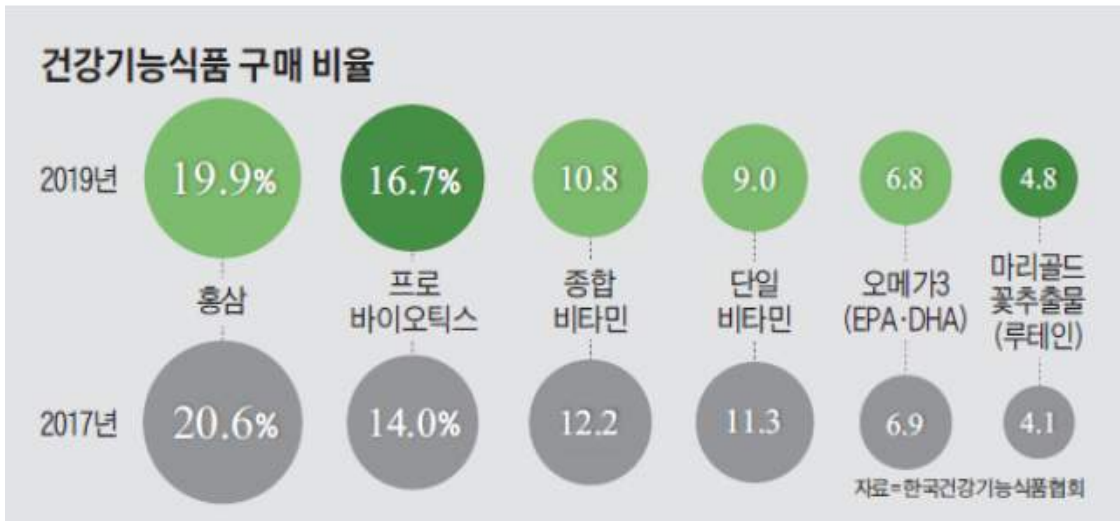


그림 10. 건강기능식품 구매비율 (2017-2019) 출처: 한국건강기능식품협회

- 혈관 건강에 도움을 주는 건강기능식품에 관한 관심과 선호도가 높아지고 있으며 여러 제품 중 폴리코사놀은 오메가-3와 함께 식약처 인증을 받은 대표적인 제품으로 사탕수수에서 추출한 폴리코사놀은 HDL콜레스테롤을 높여 콜레스테롤 수치 개선에 도움을 주고 혈액 순환에 도움을 주는 것으로 알려져 있음.
- 국내 기업인 레인보우앤네이처社は 쿠바산 폴리코사놀 국내 독점권을 가지고 ‘레이델’이라는 제품을 출시하여 시장에 진입하였고 2014년 매출 83억 원에서 2018년 470억 원으로 5배 이상 증가하는 등 성장잠재력이 높음 (그림 11).



그림 11. 국내 출시 폴리코사놀 제품 (좌: 솔가, 우: 레인보우앤네이처)

- 또한, 최근에는 레인보우앤네이처社の 폴리코사놀이 콜레스테롤 수치 개선 이외에, 식품의약품안전처로부터 ‘혈압조절 기능성’을 인정받았음.
- 폴리코사놀에 대한 가장 활발한 지원을 하는 쿠바 정부는 지난 수십 년간 폴리코사놀의 연구를 지원하고 이를 의약품으로 인정하고 있으나 복합물질로 추출되어 정확한 성분과 비율이 밝혀지지 않아 대부분 국가에서 의약품으로 인정받지는 못하고 있음.
- 또한, 쿠바산 이외의 사탕수수에서 추출한 폴리코사놀은 콜레스테롤 수치 개선 효과가 명확히 밝혀지지 않았으며 국내에서도 ‘혈중 콜레스테롤 수치 개선’ 기능성을 인정받은 것은 쿠바산뿐으로 단수수와 같은 국내 소재로부터 제조한 폴리코사놀의 경우 개별 소재화보다는 기존 제품에 포함된 형태의 제품화 전략을 수립할 필요성이 있음.

3) 국내 연구개발의 필요성

○ 소규모 착즙 공정의 낮은 효율

- 사탕수수로부터 설탕 생산 공정은 다단계의 사탕수수 줄기 착즙과 세척공정을 반복하여 당 성분의 추출률을 높이는 과정을 포함하며 일반적으로 사탕수수가 보유한 당 함량 대비 70~80%를 착즙액으로 회수함 (표 1).

표 1. 설탕 공장 효율성 비교, 출처: Efforts to achieve beyond sugar in Indonesia. IJMBS Vol.6, Issue 4, 14-22.

No.	Indicator	World Average	India	Indonesia
1	Sugarcane Productivity (ton/ha)	8~9	7~8.5	5.98
2	Sugar Content (% sugarcane)	14~16	12.5~13	10.0~10.2
3	Rendemen (%)	12~14	10.5~11	7.0~7.8
4	Steam Consumption	<40	42~45	52~60
5	Consumption capacity (Kwh/TCD)	25	30	35
6	Stop Milling Hours	<2.5	<2.5	>2.5
7	Total Level of Factory Efficiency	85~87.5	85~87.5	70~75

- 이러한 공정은 당 추출률이 높지만, 착즙을 위해 다량의 물을 사용하기 때문에 착즙액 내 당농도가 낮고 원당 생산을 위한 농축공정에서 많은 에너지가 소모됨. 브라질, 인도, 인도네시아 등 원당 작물 자원이 풍부한 국가에서는 단일 플랜트에서 수만 ~ 수십만 톤 이상의 대규모 원료를 처리함으로써 규모의 경제로 이러한 문제를 해결하고 세계 시장을 주도하고 있음.
- 국내의 경우에는 사탕수수, 단수수 등 당 생산이 가능한 작물이 제한적이고 충분한 재배면적이 확보되지 못해 수백 ~ 수천 톤 수준의 소규모 처리 공정에 머물고 있으며 이러한 규모로는 기존 공정을 활용하기 어려움.
- 발효용 당 생산에 적합한 착즙액 내 당농도는 약 20Brix 수준으로 알려져 있고 현재 1차 착즙을 통해 얻은 착즙액의 당농도가 평균 16Brix 수준임에 따라, 착즙 수율 향상을 통해 얻어지는 이득보다 추가적인 물 투입 및 농축을 위한 에너지 소모가 더 클 것으로 예상하여 단일 공정의 1차 착즙(추출률 40% 미만)만 이루어지는 현황임.

○ 수화분쇄/분리막 농축을 통한 고부가가치 기능성 소재 추출

- 건강한 식습관에 관한 관심이 높아짐에 따라 대체 감미료와 유기농 당에 대한 수요가 늘어나고 있지만, 아직 국내에서는 공급과 수요가 부족한 실정이며 이에 따라 소규모 생산업체의 수익모델을 개선할 필요성이 있음.
- 폴리코사놀은 혈관 건강 기능성을 인정받은 소재로 소량 생산으로도 높은 부가가치를 가질 수 있으므로 국내 생산 단수수를 이용한 추출 기술 연구개발이 필요함.
- 이축 압출기를 이용한 수화분쇄 공정은 물만 사용하는 친환경 공정으로 1차 착즙 후 회수되지 못한 당 성분의 고수율 회수를 가능하게 함과 동시에 폴리코사놀과 같은 지용성 기능성 소재를 추출할 수 있음.
- 당 성분과 기능성 소재의 추출을 위해 필연적으로 낮아진 착즙액 농도를 발효에 적합한 수준으로 높이기 위해서 분리막 농축을 사용하면 저비용으로 원하는 수준으로 농축할 수 있으며 필요에 따라 기능성 소재를 분리 분획하여 제품화할 수 있음.
- 수화분쇄/분리막 농축을 통한 착즙 효율 향상 및 기능성 소재 추출을 시도함으로써 추가 공정 도입에 대한 공정비용을 상쇄하고 국내 현황에 적합한 신규 시장을 개척할 수 있음.

○ 국내 신재생에너지 원료 확보

- 에너지 자립에 대한 시도가 지속해서 진행되고 있으나 전력 생산과 함께 실제 제품개발용 소재 생산도 가능한 바이오매스 원료 확보는 목재 등 산림 바이오매스에 의존하고 있음.
- 국내에서 발생한 미활용 산림 바이오매스는 2019년 기준 53%만 활용되고 있으며 각종 가공공정에서 발생하는 부산물의 활용방안을 모색하고 있으나 산지에서 경제적인 수집 및 운반이 어려워 아직 효율적인 활용처를 찾지 못한 실정임.
- 해외 사탕수수의 경우 평지에서 경작되어 착즙액 생산을 위해 수집되고 착즙 후 한 지점에서 사탕수수 버개스의 형태로 발생하여 수집과 운반 비용문제를 해결할 수 있으나 국내의 경우 1차 착즙 후 여전히 많은 양의 당 성분이 남아있어 보관성이 좋지 않은 문제점을 가지고 있음.
- 따라서 단수수 버개스의 2차 착즙 공정개발을 통해 착즙액을 이용한 증류주 제조 등 기존 사업의 수익성을 향상함과 동시에 **부산물로 발생하는 2차 착즙 단수수 버개스를 신재생에너지 원료로 활용할 수 있음.**

4) 연구개발 과제 중복성 검토

- NTIS 데이터베이스를 통해 단수수와 관련된 과제를 조사한 결과와 본 제안과제를 아래와 같이 비교하였음 (표 2).
- 키워드: 단수수 (Sweet sorghum)

표 2. 최근 단수수 관련 정부과제 진행 내역

연도	주관기관	사업명	차별점
2012-2014	농촌진흥청	단수수 계통 육성 시험	단수수 품종 육성 연구
2018-2020	농촌진흥청	단수수 착즙액을 이용한 시럽제조 연구	단수수 착즙액의 고농축물 제조 (최대 80%)
2013-2015	농촌진흥청	단수수 곡실 이용 바이오에탄올 생산 연구	에탄올 발효에 단수수 곡실 사용
2013-2015	농촌진흥청	단수수 버개스의 효율적인 전처리 기술 개발	단수수 버가스 전처리물을 이용한 당화/에탄올 발효
2019-2019	농촌진흥청	지역별 국내 사탕무와 단수수의 당대체 효과 및 경제성 분석	설탕원료 수입 대체를 위한 작물 생산성 및 경제성분석
2016-2020	농촌진흥청	바이오에탄올 생산 고수량 고당도 단수수 품종 육성	고당도 우량 단수수 유전자원 특성평가 및 선발
2009-2011	농촌진흥청	단수수 선발 및 저비용 생산기술 개발(바이오에너지작물시험연구)	바이오에탄올 생산에 적합한 단수수 품종을 선발
2010-2019	농촌진흥청	단수수 지역적응시험	바이오에탄올 생산을 위한 국내 지역별 고당도 단수수 품종 육성
2015-2019	농촌진흥청	바이오에탄올용 단수수 우량계통 육성	고당도 우수 유전자원 증식 및 특성평가
2013-2015	농촌진흥청	섬유소 분해 균주 선발 및 효소 생산 최적 조건 구명	섬유소 분해 활성균주 분리 및 활성 측정
2009-2014	농촌진흥청	바이오매스용 유전자원 수집 및 산업용 식물체 개발	유전자원 수집 및 성분분석
2009-2014	지식경제부	녹색성장을 위한 산업용 식물바이오매스 생산기술 개발	바이오매스용 유전자원 수집 및 산업용 식물체 개발
2009-2014	지식경제부	바이오매스용 식물 산업적 대량생산기술 개발	번식체를 기반으로 한 유묘 대량생산기술 개발

2010-2015	농촌진흥청	바이오에너지작물 지역적응시험(국책기술개발)	논 이모작 직파재배 재배에 적합한 품종 육성
2009-2014	지식경제부	산업용 식물바이오매스 생분해처리 기술개발	단수수의 물리화학적 전처리 기술 및 단당전환 기술 개발
2018-2018	식품의약품안전처	서류, 두류 및 기타식물류 중 천연유래 보존료 함유량 조사(1)	기타식물류 중 천연유래 보존료 함유량 조사

- 기존의 선행 유사연구과제들은 대부분 농촌진흥청 주관으로 1) 단수수 품종 육성, 2) 단수수 착즙액의 에탄올 발효, 3) 단수수 버개스의 전처리/당화 연구 과제로 본 연구과제에서 제안하는 소규모 저비용 공정을 통한 착즙액 수율 향상 및 기능성 소재 동시추출과 증류주 및 당시럽 제품생산 관련 과제는 없는 것으로 나타남 (그림 12).

유사과제 검색결과						
<p>※ 자료 활용 시 유의사항</p> <p>1. 본 검색결과는 과제요약정보의 주요 텍스트를 비교하여 도출된 중복성 검토 참고자료입니다.</p> <p>2. 최종적인 중복성 여부는 국가연구개발사업의 관리 등에 대한 규정 제7조에 의거하여 연구관리전문기관의 심의 등을 통해 결정됩니다.</p> <p>3. 기수행과제 DB는 체결된 과제협약 정보를 반영하여 현행화되므로 검색시점에 따라 기수행과제 검색결과가 달라질 수 있습니다.</p>						
검색조건	검색일시	2021/02/23 17:25:59				
	검색년도	2002년 ~ 2021년				
	기준유사도 <small>*등록과제 대비 동일키워드 비중점수로 유사경도가 기준유사도 이상인 문서만 표시</small>	60 점				
결과요약	등록과제수	1 건				
	유사과제	0 건				
<p>제부검색결과 (별표 <input type="checkbox"/> 0개 <input type="checkbox"/> 1~4개 <input type="checkbox"/> 5~9개 <input type="checkbox"/> 10개 이상)</p>						
순번	과제명	구분	유사과제분포			
1	복합성분 동시추출법을 이용한 단수수 증류주 및 시럽 제올화 연구	기수행과제	0	0	0	0
		공공R&D과제	0	0	0	0
			60절대	70절대	80절대	90절대
			60절대	70절대	80절대	90절대
<p>국가과학기술지식정보서비스 National Science & Technology Information Service</p>						
<p>주1) 기수행과제 : 국가연구개발사업으로 이미 수행했거나 수행되고 있는 과제(조사분석 수검 과제+ 협약과제정보) 주2) 공공R&D과제 : 공공기관에서 수행하는 과제 중 국가 R&D 예산으로 수행된 과제를 제외한 그 외 R&D 과제</p>						
<p>국가과학기술지식정보서비스</p>						

그림 12. 유사과제 검색결과

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 수행 내용

2-1. 1단계 1차년도 수행과정 및 내용

주관연구개발기관 (한국화학연구원)

가. 1차년도 개발 목표

- 단수수 버개스 수용성 혼합당 추출 공정개발 (혼합당 성분의 70% 이상)
- 단수수 착즙액의 품질특성 평가

나. 수행 과정 및 내용

1) 단수수 버개스 수용성 혼합당 추출에 적합한 수화분쇄 공정조건 탐색

✓ 단수수 버개스 원료

- 연구에 이용된 단수수 버개스는 공동연구개발기관인 (주)착한농부로부터 공급받아 상온에서 건조하여 시료의 수분함량을 10% 이내로 조절한 후 사용하였음.



그림 13. 수확 전 단수수 (왼쪽), 단수수 버개스 (가운데), 건조된 단수수 버개스 (오른쪽)

- 단수수 버개스 내의 혼합당 함량을 확인하기 위하여 물을 용매로 한 속실렛 추출을 진행하고 물에 추출된 혼합당을 HPLC(phenomenex luna NH2 column)를 이용하여 정량하였음.

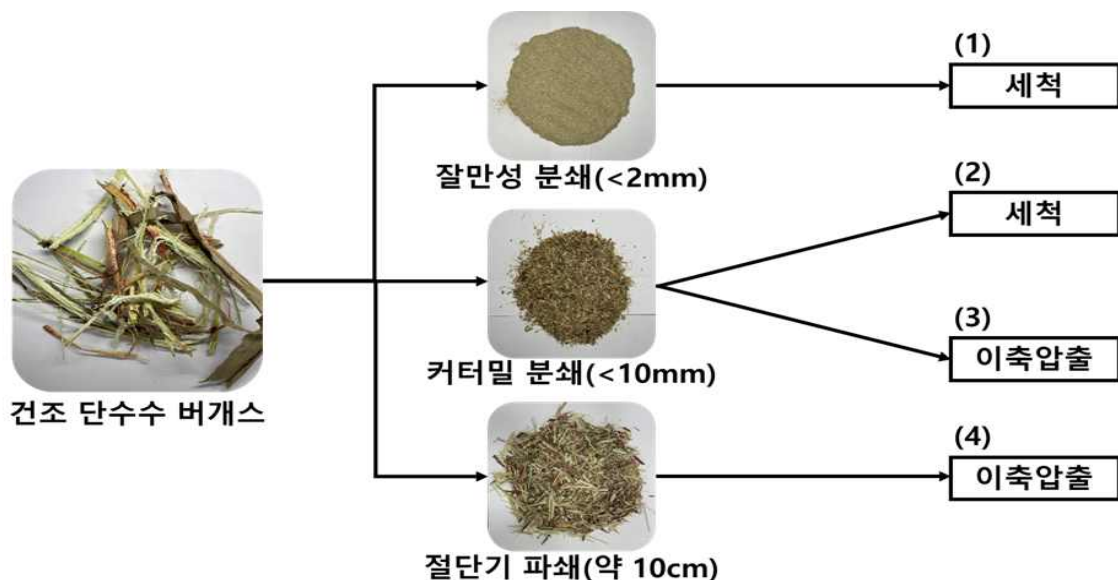


그림 14. 단수수 버개스 처리 방법

✓ 단수수 버개스 처리방법 별 혼합당 추출률 평가

- 단수수 버개스의 잔여 혼합당 추출에 가장 적합한 처리방법을 탐색하고자 건조된 단수수 버개스를 그림 14와 같이 분쇄물(1mm, 10mm), 파쇄물(10cm)을 동일 고액비로 세척 또는 이축압출 처리한 후, 소형 필터프레스로 고액분리하여 액상으로 추출된 혼합당을 정량하였음. 4가지 방법으로 처리한 후 혼합당 추출률을 측정하여 평가하였음.

✓ 이축압출기를 통한 수화분쇄 시 스크류 조합 공정 조건 탐색

- 이축압출기(TEK40MHS, SM플라텍)을 통한 수화분쇄 시 스크류 조합에 대한 영향을 확인하고자 동일 고액비(1:15), 시료투입속도(10kg/1hr)에서 커터밀 분쇄물을 처리하였음.

- 처리된 수화분쇄 슬러리를 소형 필터프레스를 이용하여 7 bar의 압력에서 15분동안 동일하게 고액분리하였고, 얻어진 2차 착즙액 내의 혼합당을 정량하였음.

- 시료가 투입될 때 물과 충분히 혼합될 수 있도록 kneading block과 forward screw를 교차배치한 mixing zone을 두었고, 그 후 backward screw 개수(0,3,6,9개)를 조절하여 혼합당 추출률을 비교하고자 하였음.

- 실험에 사용된 스크류 조합은 그림 15와 같음.

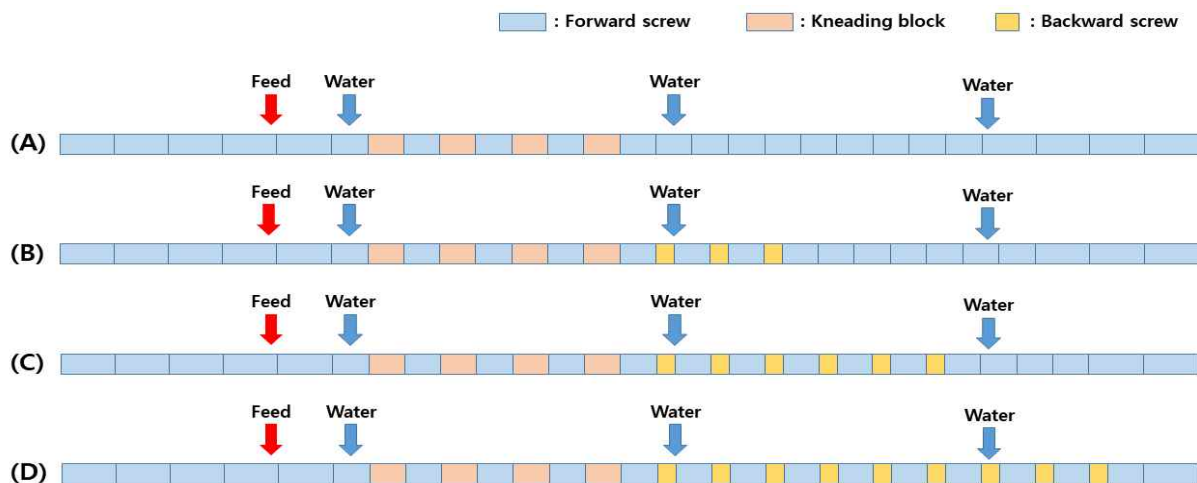


그림 15. 이축압출기 스크류 조합 모식도 (A)=B0, (B)=B3, (C)=B6, (D)=B9

2) 단수수 버개스 수화분쇄물의 고액분리 공정조건 탐색

✓ 단수수 버개스 수화분쇄물의 고액분리 압력 조건 lab-scale test

- Pilot-scale에서의 단수수 버개스 수화분쇄물의 고액분리 공정 조건을 선정하기에 앞서 lab-scale test를 통해 고액분리 공정 조건에 대한 영향을 확인하고자 하였음.

- 스크류 조합을 달리하여 처리한 단수수 버개스 수화분쇄물을 두 가지 압력 조건(4 bar, 7 bar)에서 소형 필터프레스를 이용하여 고액분리하고 회수 고형분의 함수율 및 혼합당 추출률을 평가하였음.

3) 착즙액의 멤브레인 농축 공정조건 탐색

✓ 단수수 2차 착즙액 내 오염물질 제거를 통한 flux 및 탁도 변화

- 2차 착즙액에 응집/응결 처리 혹은 celite를 통한 여과 처리를 통해 막오염 물질로 인한 멤브레인 flux 감소를 개선하고자 하였음.

- 응집/응결 처리는 응집제로 DC400(SNF코리아)를 도입하고, 그 후 응결제인 A-231P(SNF코리아)를 도입하여 침전시킨 후 6µm Paper Filter를 이용하여 여과한 후 멤브레인에 적용하였음.

- Celite는 125.3 μm 이하의 파우더 형태를 사용하였으며, 필터 위에 celite 파우더로 bed를 형성시키고 2차 착즙액을 bed를 통하여 여과하고 멤브레인에 적용하였음.
- 처리 방법별로 막 세정 작업(back washing)을 두 차례 진행하였고, 세정 작업을 통한 flux 회복율을 평가하였음.
- 단수수 2차 착즙액의 처리 방법에 따른 오염물 저감 정도를 탁도 분석을 통하여 평가하였음.
- 착즙액 내 오염물질 제거를 위한 처리 시 당 손실 발생 여부를 확인하기 위하여 처리 전 후 액상 내 당 함량을 HPLC(Aminex HPX-87H column)을 통하여 정량하였음.

4) 착즙액의 조성분석 및 공정 물질 수지 분석

✓ 단수수 착즙 공정 혼합당 물질 수지

- 단수수 1차 착즙, 2차 착즙으로 이어지는 단수수 처리 공정의 각 흐름에서의 혼합당농도 및 수율을 바탕으로 단수수 착즙 공정 물질 수지를 작성하였음.
- 물질 수지 평가를 바탕으로 착즙 수율을 산정하였고, 차년도 공정 개선을 위한 기준으로 설정하고자 하였음.

5) 단수수 착즙액의 품질특성 평가

✓ 단수수 1차, 2차 착즙액의 이화학적 특성 분석

- 단수수 1차 착즙액과 backward screw 개수를 달리하여 수화분쇄 처리한 2차 착즙액의 이화학적 특성 분석을 다음 표 3과 같이 진행하였음.

표 3. 단수수 착즙액의 이화학적 특성 분석 방법

구분	분석 항목	분석 방법
단수수 착즙액 품질평가	pH	pH 미터 (Orion star A215, Thermo fisher scientific, USA)
	산도 (%)	Titration법
	당도 (Brix)	굴절당도계 (Master- α , Atago, Japan)
	유기산	HPLC (LC-6000, Futecs, Korea)
	색도	색차계 (CR-400, Minolta, Japan)
	아미노산	아미노산 자동 분석기 (L-8900; Hitachi, Tokyo, Japan)
	미생물학적 분석	일반 세균, 곰팡이 분석법

✓ 착즙액의 항산화 평가

- 단수수 착즙액 내 항산화 효과를 갖는 물질인 폴리페놀과 플라보노이드의 함량을 분석하였음.
- 폴리페놀을 정량 분석하기 위한 표준물질로 gallic acid를 사용하였고, 착즙액을 10% aluminium nitrate, 1M potassium acetate, 80% ethanol과 반응시킨 뒤 415nm에서 흡광도를 측정하여 정량하였음.
- 플라보노이드를 정량하기 위한 표준물질로 quercetin을 사용하였고, 착즙액을 folin-ciocalteu 용액과 반응시킨 뒤 700nm에서 흡광도를 측정하였음.

공동연구개발기관 ((주)착한농부)

가. 1차년도 개발 목표

- 단수수 착즙액 발효 공정개발

나. 수행 과정 및 내용

1) 단수수 착즙액 농축 공정개발

✓ 단수수 원료

- 연구에 이용된 단수수는 공동연구개발 기관인 (주)착한농부가 농가와 계약재배하여 수매한 단수수대를 이용하였음.(그림 16)
- 참여 농가 수 : 12 농가. 재배면적 : 66,900㎡ (약 20,237 평)
- 착즙액생산량 : 64 ton. 버개스 : 95 ton. 농가수익금 : 12,100만원



파 종



모 종



성숙기



수확



착즙



착즙

그림 16. 단수수 수확 및 착즙 공정

✓ 단수수 착즙액 여과

- 단수수 착즙액을 농축하기에 앞서 1차 착즙액의 불순물, 이물질 등을 제거하기 위해 여과 공정을 진행하였음.
- 여과방법은 bag filter 4단계, 멤브레인 카트리지 3단계로 이물투입 및 관능평가를 통해 다음 그림 17과 같이 단계적으로 실시하였음.

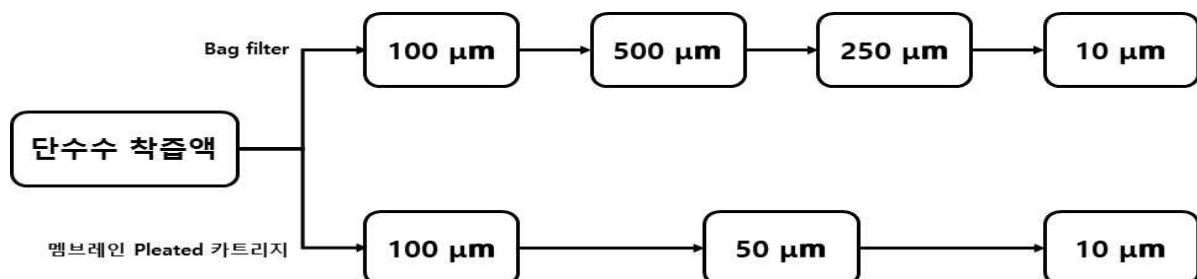


그림 17. 단수수 1차 착즙액 여과공정

✓ 단수수 착즙액 농축 공정 탐색

- 제품화 가능한 당시럽 개발을 위해 여과된 단수수 착즙액으로 스팀가열 농축기를 통한 농축 조건을 탐색하였음.
- 17 Brix 당도의 1차 착즙액을 사용하였으며 농축기의 가열 온도를 달리하여 목표한 당도 (70 Brix)에 도달하는 데 걸리는 시간 및 관능평가를 통한 적합도를 비교하였음.

2) 단수수 착즙액을 이용한 발효공정 조건 탐색

✓ 단수수 1차 착즙액 발효 조건 탐색

- 단수수 1차 착즙액의 발효에 이용된 발효효모는 다음 그림 18과 같음.



Fermivin 7013



LALVIN 1118



한국식품연구원
KCCM11397P

그림 18. 발효에 이용된 효모

- 단수수 착즙액을 이용한 증류주 제품개발을 위해 발효 공정에 적합한 조건을 탐색하고자 하였음.
- 당도 17 Brix의 단수수 1차 착즙액을 당시럽으로 보당하여 24 Brix로 조절하고 25 °C에서 효모 종류별 발효기간과 알콜함량 및 이취 유무를 확인하였고, 이를 통해 발효에 적합한 효모를 선정하였음.
- 선정된 효모로 24 Brix의 단수수 착즙액을 25 °C, 35일간 발효를 진행하여 얻어진 발효액을 이용하여 감압증류기를 통한 다단 증류를 진행하였고, 각 단에서 얻어진 증류액의 이취, 이취를 평가하였음.

2-2 1단계 2차년도 수행과정 및 내용

주관연구개발기관 (한국화학연구원)

가. 1단계 2차년도 개발 목표

- 단수수 버개스 수용성 혼합당 추출에 적합한 수화분쇄 공정조건 탐색 및 공정 고도화
- 단수수 버개스 수화분쇄물의 고액분리 공정조건 확립
- 착즙액의 멤브레인 분리농축 공정 고도화
- 단수수 버개스 착즙 분쇄물 고부가가치화
- 단수수 버개스 착즙액 규격화

나. 수행 과정 및 내용

1) 단수수 버개스 수용성 혼합당 및 폴리코사놀 동시추출을 위한 수화분쇄 공정 고도화

- ✓ Forward screw, back screw, kneading block 등 이축 압출기 스크류 최적 조합
- 1차년도 스크류 조합 테스트결과 최적 조건으로 선정된 backward screw 6개 조건으로 수화분쇄를 진행함.
- 혼합당 및 폴리코사놀의 동시 추출을 위해 수화분쇄 시 주입수의 온도(상온, 50 °C, 80 °C)를 변수로 하여 테스트를 진행한 후 액상물 중 당의 함량을 HPLC(Aminex HPX-87H column)를 이용하여 정량하였음.
- 전처리 액상물을 농축하여 GCMS(DB5-MS)를 이용하여 폴리코사놀 함량을 정량하였음.
- ✓ 스크류 회전수, 신규 용매 종류, 용매 주입 온도, 용매 주입 유량, 최종 고액비 등 공정 조건
- 발효 공정 부산물의 신규 추출 용매 가능성 평가
- 스크류 회전수(120rpm, 150rpm, 180rpm), 용매 주입 온도(상온, 50 °C, 80 °C), 용매 주입 유량(1:10, 1:15, 1:20) 및 최종 고액비(1:10, 1:15, 1:20)를 변수로 하여 추출률 비교

2) 단수수 버개스 수화분쇄물의 고액분리 공정조건 확립

- ✓ 수화분쇄 공정 고도화 테스트에서 선정된 운전조건(스크류 속도 150rpm, 고액비 1:10, 주입수 온도 80 °C, 최종고액비 1:20)으로 단수수 버개스 5kg을 분쇄하여 고액분리 조건 테스트 원료로 사용함.
- ✓ 혼합기에서의 교반 시간, 교반 회전수 등 혼합기 공정조건 최적화
- 수화분쇄 슬러리를 시료로 하여 랩 스케일에서 교반 시간 및 회전수에 따른 고액분리 조건 최적화 테스트를 진행함
- ✓ 필터프레스 주입시간, 가압 압력, 가압 시간 등 필터프레스 공정조건 최적화
- 주입 시간에 따른 공정조건 최적화
- 가압 압력(5, 10, 15bar) 및 가압 시간(5, 10, 30min)을 변수로 하여 고액분리 공정조건 최적화

3) 착즙액의 멤브레인 분리농축 공정 고도화

- ✓ 혼합당 및 폴리코사놀 함유 착즙액의 micro-filtration (MF), ultra-filtration (UF), nano-filtration (NF), reverse osmosis (RO) 별 분리농축에 적합한 멤브레인 운전조건 및 유지보수 조건

- 단수수 2차 착즙액의 구조토 입자 크기별 여과 적용 효과 및 최적화
- 단수수 2차 착즙액의 멤브레인 여과 운전 조건 및 단위 시간당 투과유량 평가
- 구조토 여과 및 멤브레인 혼용에 따른 막오염 저감 효과 평가
- ✓ Micro-filtration (MF), ultra-filtration (UF), nano-filtration (NF) 별 분리농축에 적합한 molecular weight cut-off 선정
- 멤브레인 종류 (소재, 기공크기 등)에 따른 막오염 (투과량 감소) 경향 평가
- 멤브레인 소형 모듈을 이용한 단수수 2차 착즙액 여과 (50L)

4) 공정 물질 수지 분석

- ✓ 수화분쇄/고액분리/분리농축 공정 단계별 물질 수지 분석
- 공정 단계별 물질 수지 분석

5) 단수수 버개스 착즙분쇄물 고부가가치화

- ✓ 단수수 버개스 수용성 혼합당 추출에 적합한 수화분쇄 공정조건 및 착즙액의 멤브레인 농축 공정조건에 따라 제공된 착즙 분쇄물을 활용함.
- ✓ 단수수 착즙 분쇄물의 이화학적 조성 평가
- 2단계 황산가수분해법(NREL 제공)에 따른 단당 및 리그닌 조성 분석
- HPLC 및 회화로 이용 분석
- ✓ 당화율 및 발효율 분석
- Cellulase 활용 당화(가수분해)율 평가
- 추가 화학적 전처리 필요성 평가
- *Saccharomyces cerevisiae* 균주 활용 발효능 평가
- ✓ 마이크로섬유화
- Blender 등 물리적처리법 활용 마이크로 섬유 확보
- SEM 및 FTIR을 통한 morphological, structural 특성 분석
- UTM 활용 물성 분석
- ✓ 추가로 제공되는 제품(단수수 착즙액, 증류주 등이 제공되는 경우)의 규격 평가
- 단수수 착즙액의 품질 특성 평가: pH, 산도, 환원당량, 아미노산, 유리당, 유기산 색도 등 이화학적 특성 분석 및 항산화 특성평가
- 단수수 증류주 및 당시럽 시제품의 품질특성 확보: pH, 산도, 환원당량, 아미노산, 유리당, 유기산 색도 등 이화학적 특성 분석, 항산화 특성평가 및 방향성 대사물질 변화 프로파일링
- ✓ 혼합당 및 폴리코사놀 함유 착즙액을 이용한 발효공정 고도화
- 1차, 2차 착즙액 활용 발효 기질 가능성 확보 및 조건 최적화

공동연구개발기관 ((주)착한농부)

가. 1단계 2차년도 개발 목표

- 단수수 1, 2차 착즙액을 이용한 발효공정 조건 탐색
- 폴리코사놀 함유 1, 2차 착즙액을 이용한 발효공정 고도화

나. 수행 과정 및 내용

1) 단수수 1, 2차 착즙액을 이용한 발효공정 조건 탐색

- ✓ 한국화학연구원에서 공급한 2차 착즙액의 발효 및 농축 조건 탐색
 - 지그재그 스팀 농축기를 이용한 단수수 착즙액 농축 테스트
 - 2차 착즙액의 발효 공정 조건 탐색
- ✓ 폴리코사놀을 함유한 2차 착즙액을 이용한 발효조건 탐색
 - 2차 착즙액을 포함한 단수수 착즙액의 발효 조건 탐색
- ✓ 증류주 분석
 - 메탄올, 알데히드 함량 분석
- ✓ 당시럽의 분석
 - 당농도, 납함량, 사카린나트륨 함량 분석

2-3. 2단계 1차년도 수행과정 및 내용

주관연구개발기관 (한국화학연구원)

가. 2단계 1차년도 개발 목표

- ✓ 주관연구개발기관 (한국화학연구원): 단수수 버개스 수용성 혼합당 및 폴리코사놀 동시추출 공정 최적화 (혼합당 성분의 90% 이상)

나. 수행 과정 및 내용

- ✓ 단수수 버개스 수용성 혼합당 및 폴리코사놀 동시추출을 위한 수화분쇄 공정 최적화
 - 수용성 혼합당 및 폴리코사놀 고수율 동시추출 조건 확립
 - 부산물(2차 착즙 단수수 버개스) 물성 분석 및 활용방안 수립
- ✓ 착즙액의 고액분리 및 멤브레인 분리농축 공정 최적화
 - 혼합당 및 폴리코사놀 함유 착즙액의 필터프레스 및 멤브레인 운전조건 확립
 - 착즙액의 성상과 수요기업 규모에 적합한 필터프레스 및 멤브레인 선정
- ✓ 통합공정 물질 수지 분석 및 경제성 평가
 - 최적 공정 기반 통합 물질 수지 분석 및 예상 투자비 산출
- ✓ 단수수 증류주 및 당시럽 시제품의 품질특성 확보
 - pH, 산도, 환원당량, 아미노산, 유리당, 유기산, 색도 등 이화학적 특성 분석
 - 향산화 특성평가
 - 공정상의 방향성 대사물질 변화 프로파일링

2) 공동연구개발기관 ((주)착한농부)

가. 2단계 1차년도 개발 목표

- ✓ 공동연구개발기관 ((주)착한농부): 단수수 증류주 및 당시럽 시제품 제조 (2건 이상) 및 규격화

나. 수행 과정 및 내용

- ✓ 단수수 증류주 및 당시럽 시제품 제조 및 규격화

- 폴리코사놀이 함유한 단수수 증류주 및 당시럽 시제품 제조공정 최적화
- 제품 규격 및 품질 규격 확립

3. 연구개발과제의 수행 결과 및 목표 달성 정도

1) 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

1단계 1차년도

(1) 단수수 버가스 수용성 혼합당 추출에 적합한 수화분쇄 공정조건 탐색

✓ 단수수 1차 착즙 버가스 혼합당 함량 측정

- 당해 연도에는 1차 착즙을 거친 단수수 버가스를 공동연구개발기관인 (주)착한농부로부터 3차례 공급받았으며 각 시료 잔여 착즙액 내 혼합당 함량은 다음 표 4과 같음.

표 4. 1차 착즙 버가스 잔여 착즙액 내 혼합당농도

1차 착즙 버가스	혼합당농도(%)			
	Fructose	Glucose	Sucrose	Total sugars
1차	4.88±0.27	4.71±0.32	2.70±0.40	12.29±0.90
2차	6.54±0.48	7.40±0.52	-	13.95±0.48
3차	8.3±0.25	10.75±0.54	-	19.05±0.68

- 단수수 버가스의 혼합당 함량은 수확/착즙 시기 및 보관에 따라서 유의미한 차이가 있는 것으로 보임.

✓ 처리 방법에 따른 혼합당 추출률 비교

- 그림 19와 같이 처리 방법을 달리하여 혼합당 수율을 측정한 결과는 그림 20과 같음.



그림 19. 단수수 버가스 혼합당 추출을 위한 처리 방법

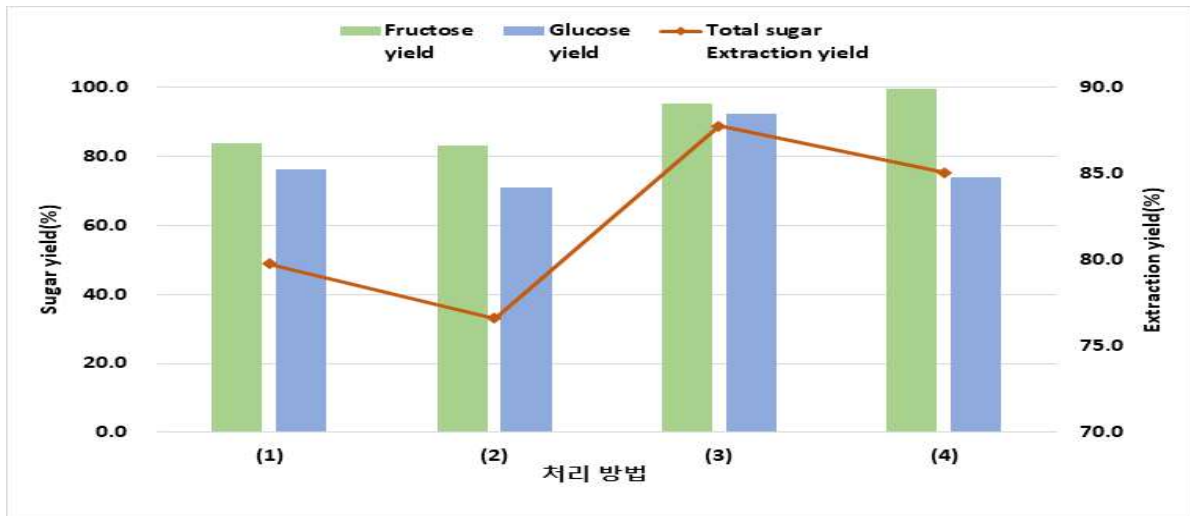


그림 20. 처리 방법에 따른 혼합당 추출률

- 단순 세척으로 혼합당을 회수하였을 시, 작은 입자크기를 갖는 잘만성 분쇄물(1)에서 커터밀 분쇄물(2)에 비해 더 높은 혼합당 추출률(79.8%)을 보였음.
- 이축압출을 통한 수화분쇄(3) 시 단순 세척(2)에 비하여 약 15% 향상된 혼합당 추출률(87.8%)을 보였고, 이는 시료가 연속적으로 용매와 혼합되고 압착되는 이축압출기의 특성으로 인한 결과로 생각됨.
- 처리 방법 (3).(4)를 비교하였을 때, 이축압출기로 투입되는 시료의 크기 또한 혼합당 추출률에 영향을 미치는 것으로 보이고, 이축압출 전 시료 처리 방법을 혼합당 추출률을 고려하여 시료 분쇄공정을 커터밀 분쇄(3)로 선정함.

✓ 이축압출기 스크류 속도 및 고액비 조건 탐색

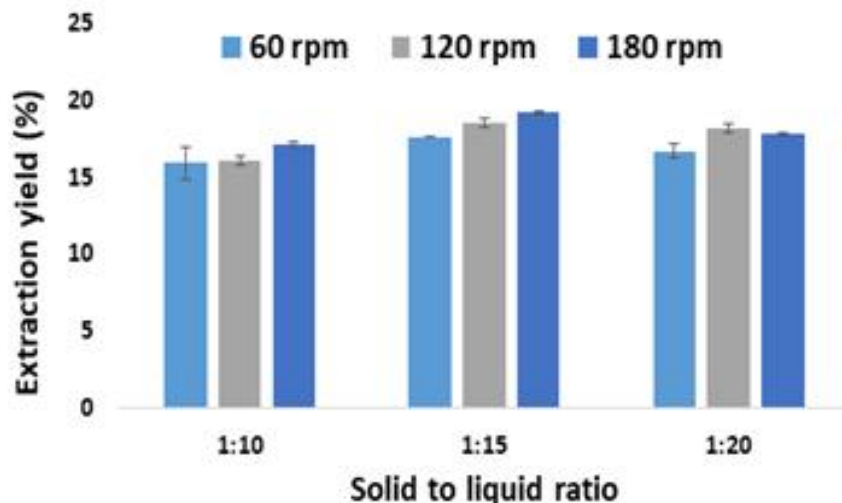


그림 21. 단수수 1차 버개스의 처리조건 별 추출률

- 단수수 버개스의 이축압출기를 통한 수화분쇄 시 고액비와 스크류 속도가 혼합당이 포함된 추출물 회수에 미치는 영향을 확인함(그림 21).
- 가장 높은 추출률(19.2%)을 나타낸 고액비 1:15, 스크류 속도 180 rpm 조건을 수화분쇄 가동 조건으로 선정함.

✓ 이축압출기를 통한 수화분쇄 시 스크류 조합 공정 조건 탐색

- Backward screw의 개수를 변수로 처리 후 고액분리하여 얻어진 2차 착즙액의 혼합당 추출률 및 고형분 수분함량은 그림 22과 같음.

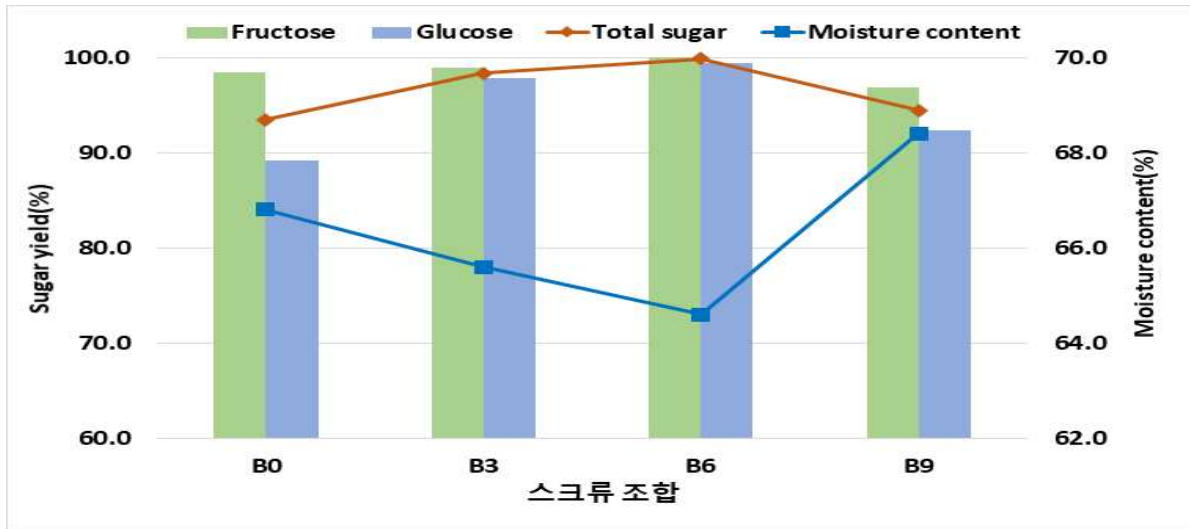


그림 22. 스크류 조합에 따른 혼합당 추출률 및 고형분 수분함량

- Backward screw의 도입으로 혼합당 추출률이 93.5%에서 99.8%로 약 7% 향상.
- Backward screw의 추가적인 도입에 따라 추출률은 지속적으로 증가하여 backward screw 6개 조건에서 가장 높은 값을 보인 후 9개 조건에서 backward screw 0개 조건 수준으로 혼합당 추출률이 감소하였음.
- 회수 고형분의 수분함량은 backward screw의 개수가 증가함에 따라 감소하다가 9개 조건에서 다시 증가하는 형태를 보였음.
- Backward screw 개수가 낮은 조건에서 필터프레스를 이용한 고액분리 시 filter cake에 터널링 현상이 발생하여 슬러리 내 착즙액을 포함한 수용액이 효과적으로 빠져나오지 못하나, backward screw의 도입으로 인한 시료의 추가분쇄로 터널링 현상이 해소되어 슬러리 내 수용액이 효과적으로 빠져나오는 것으로 사료됨.
- Backward screw 9개 조건에서는 시료의 과도한 분쇄로 인한 피브릴화가 진행되어 친수성의 수산기 노출로 고형분 내 수용액이 쉽게 빠져나오지 못하는 것으로 생각됨.
- Backward screw의 도입으로 인한 시료에 대한 압착/분쇄 효율 증가 및 고액분리 효율의 증가로 혼합당 추출률이 증가한 것으로 보이고, backward screw 9개 조건에서는 고액분리 효율의 감소로 혼합당 추출률이 다시 감소하는 것으로 사료됨.
- 이축압출을 통한 수화분쇄 공정으로 단수수 버개스 내 혼합당이 효과적으로 추출될 수 있으며, 스크류 조합의 최적화를 통해 혼합당 뿐만 아니라 지용성 생리활성 물질 등의 최대 추출을 기대할 수 있음.

(2) 단수수 버개스 수화분쇄물의 고액분리 공정조건 탐색

✓ 단수수 버개스 수화분쇄물의 고액분리 압력 조건 lab-scale test

- 단수수 버개스를 수화분쇄한 후 두 가지 압력 조건에서 고액분리하여 혼합당 회수율 및 고형분 함수율을 측정된 결과는 다음 그림 23과 같음.
- 고액분리 압력이 증가함에 따라 고형분 함수율이 감소하고, 이에 따른 회수 액상의 증가로 혼합당 추출률이 증가하는 경향을 보였음.

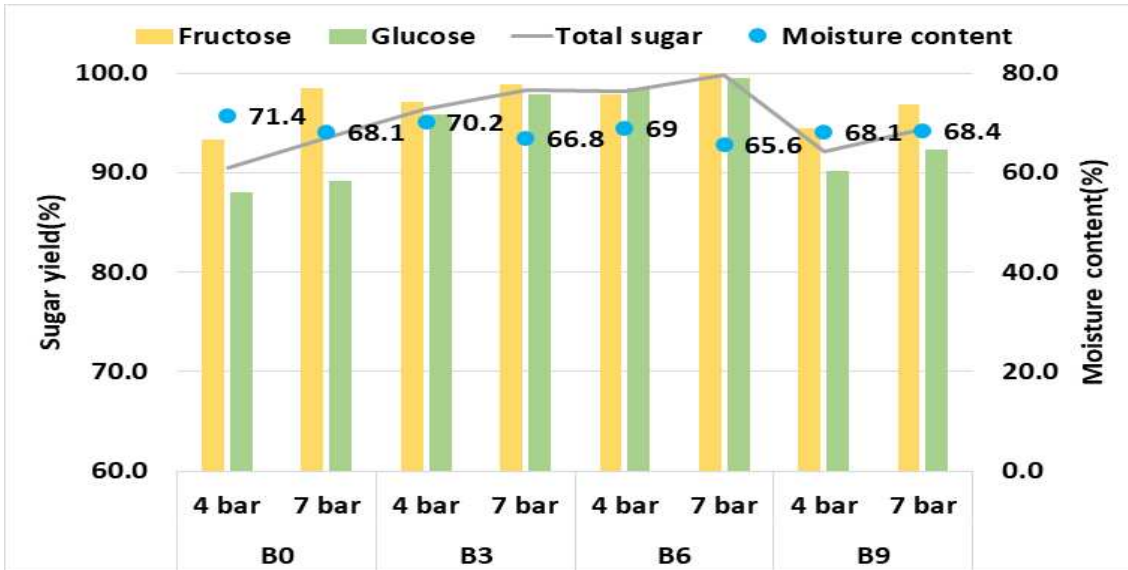


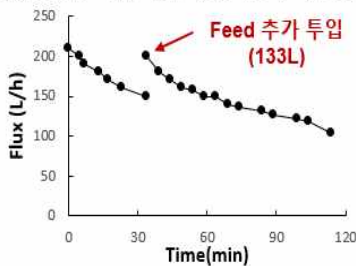
그림 23. 고액분리 압력에 따른 혼합당 추출률 및 고형분 수분함량

- Backward screw 9개 조건에서는 고액분리 압력의 증가가 고형분 함수율의 감소로 이어지지 않았는데, 이는 시료의 분쇄도 증가와 피브릴화로 인한 수산기 노출로 고형분 내 액상이 쉽게 빠져나오지 못했기 때문으로 판단됨.

(3) 착즙액의 멤브레인 농축 공정조건 탐색

✓ 증공사형 정밀여과막을 이용한 단수수 2차 착즙액 정제

● 1st Membrane 운전 - MF 막의 운전 시간에 따른 Flux 감소



[Membrane 운전 조건]

	MF	UF	RO
운전압력 (bar)	3	3	20
운전시간	약 2 h	<약 0.5 h	<약 0.5 h

그림 24. 멤브레인 운전조건 및 시간에 따른 Flux 감소 양상

표 5. 상용 증공사형 멤브레인 사양 및 물 flux

	PVDF 막 (Polyvinylidene fluoride)	PES 막 (Polyethersulfone)
Fiber ID/OD (mm)	1.3 / 0.7	1.2 / 0.6
Pore size or MWCO	0.07 μm	100 kDa
PMI bubble point (μm)	0.1	0.04
PMI mean pore (μm)	0.07	0.02
Water flux at 10min (LMH*bar)	294.4	417.2
Water flux at 30min (LMH*bar)	279.0	388.2

- 선행연구로부터 운전압력 3 bar에서 약 2시간 가동 시 MF 막에서의 flux가 50% 수준으로 감소하여 세척이 필요함을 확인하였음.
- 단수수 버개스의 분쇄 및 수화분쇄 과정에서 발생하는 미립자 등이 멤브레인 기공의 막힘 현상(membrane fouling)을 급속도로 유발하는 것으로 보임.
- 실험에 도입된 상용 중공사형 정밀여과막의 물성은 다음 표 5와 같음.
- 중공사형 정밀여과막은 0.07 μm 의 기공크기를 가지는 PVDF 소재와 0.02 μm 의 기공크기를 가지는 PES 소재 멤브레인이 사용되었음.
- 강도가 우수한 PVDF는 일반적으로 MF, UF 소재로 널리 사용되고 있고, PES는 PVDF 보다 친수성으로 MF, UF, NF, RO 등 광범위하게 사용되고 있음.

✓ 단수수 2차 착즙액 내 오염물질 제거를 통한 flux 변화

- 단수수 2차 착즙액을 멤브레인 처리 시 처리 방법 및 멤브레인 종류에 따른 flux 변화는 다음 그림 25, 26과 같음.

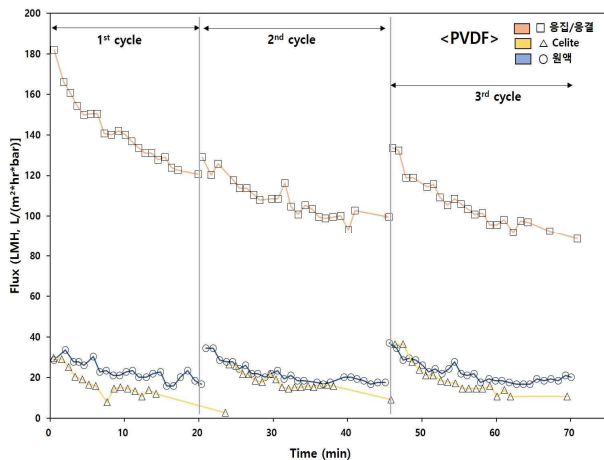


그림 25. PVDF 멤브레인 운전 시 flux 변화

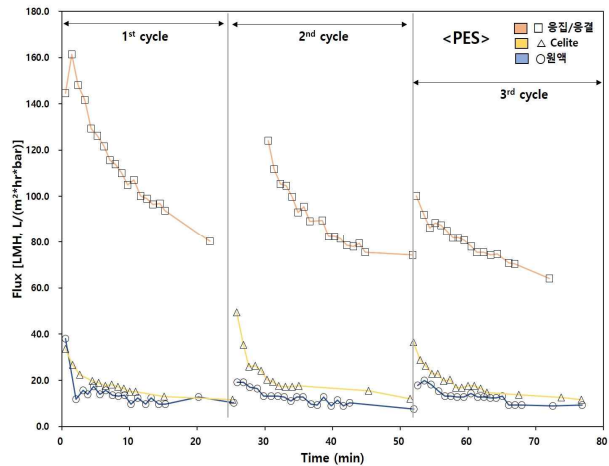


그림 26. PES 멤브레인 운전 시 flux 변화

- 처리하지 않은 단수수 2차 착즙액을 PVDF 멤브레인에 도입하였을 때 순수한 물에서의 flux의 약 10% 수준으로 급격하게 줄어들었으나 응집/응결 침전법으로 막오염 물질을 제거한 경우에는 순수한 물에서의 flux의 64.5% 수준으로 초기 flux 감소가 상당히 개선되었음.
- 응집/응결에 의하여 많은 양의 막오염 물질이 제거되었다고 사료됨.
- Celite를 통한 여과처리를 한 2차 착즙액에서는 미처리 액상과 뚜렷한 차이를 보이지 않았음.
- PES 멤브레인을 사용하였을 때, 응집/응결 침전법으로 막오염 물질을 제거 시 순수한 물의 flux와 비교하여 41.2%의 초기 flux가 유지되었고, PVDF 멤브레인 처리 결과와는 다르게, celite 처리 시 약간의 flux 향상이 나타남.
- PVDF 멤브레인에서 응집/응결 처리한 액상은 1차 세정 작업으로 인한 flux의 회복은 거의 관측되지 않았고, 2차 세정에서는 flux가 두 번째 cycle 수준으로 회복되었음.
- PES 멤브레인에서는 응집/응결 처리액은 flux가 첫 번째 세정에서 약 50% 회복되었고, 두 번째 세정에서는 약 25% 회복되었음.
- PVDF, PES 멤브레인에서 원액과 celite 처리액은 막세정을 통해 flux가 상당 부분 회복되나 초기 flux 값이 너무 낮아 큰 의미가 없음.

✓ 단수수 2차 착즙액의 막오염 유발 물질의 제거에 따른 탁도 변화

- 그림 27은 오염물 제거 및 멤브레인 여과 후 형상을 보여주는 그림이며 막오염 유발 물질의 제거에 따른 탁도 분석 결과는 표 6, 7과 같음.

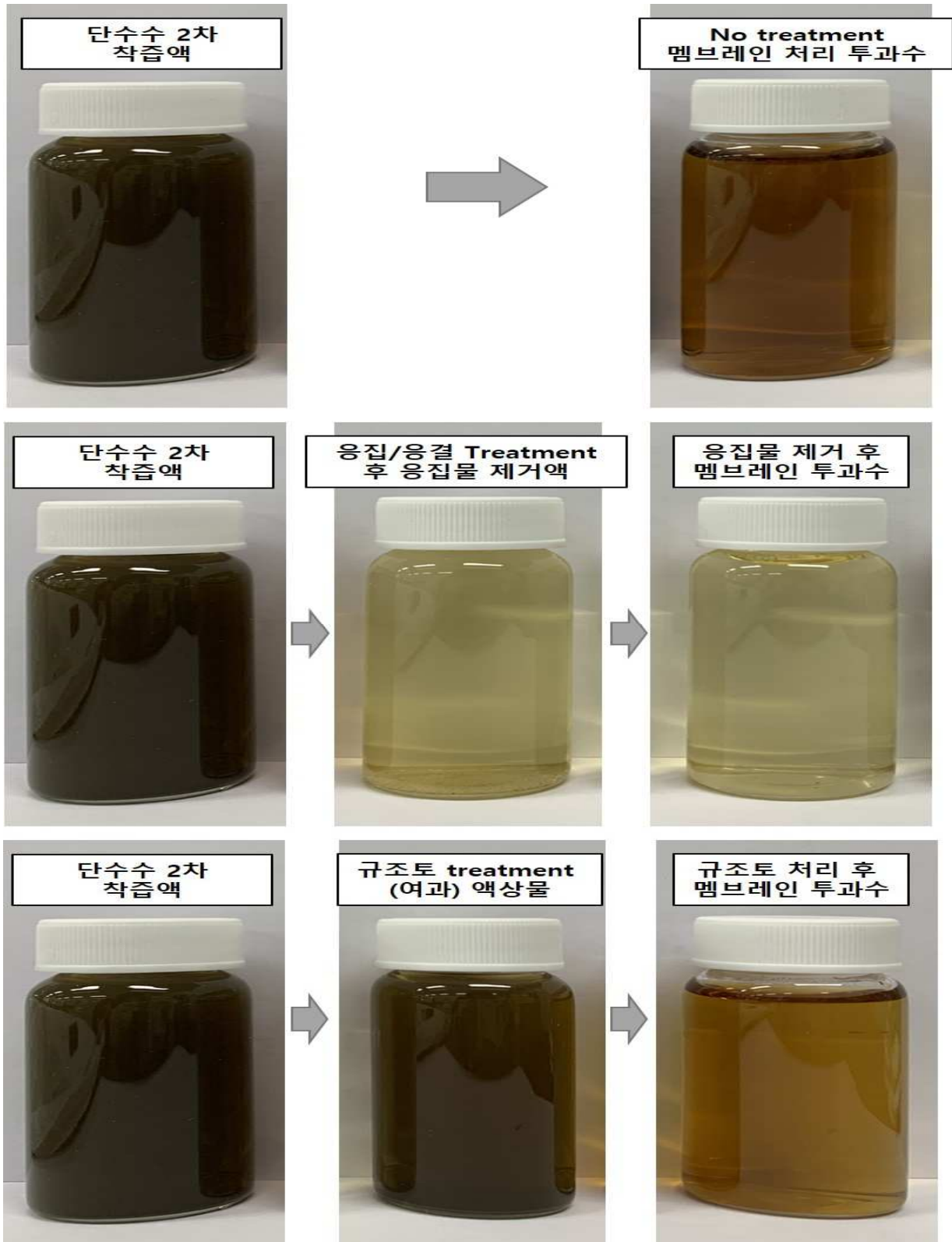


그림 27. 단수수 2차 착즙액 처리방법에 따른 처리액 비교 (PES 막 사용) 사진

표 6. 단수수 2차 착즙액의 단계별 탁도 변화 (PVDF 멤브레인)

	2차 착즙액	No treatment	PVDF Membrane 정제
탁도 (NTU)	1,015	-	2.20±0.97
탁도 제거율 (%)	-	-	99.8
	2차 착즙액	응집/응결법	PVDF Membrane 정제
탁도 (NTU)	1,015	39.9	0.74±0.08
탁도 제거율 (%)	-	96.1	99.9
	2차 착즙액	규조토(Celite) 처리법	PVDF Membrane 정제
탁도 (NTU)	1,015	446±2.08	12.70±2.58
탁도 제거율 (%)	-	56.1	98.7

표 7. 단수수 2차 착즙액의 단계별 탁도 변화 (PES 멤브레인)

	2차 착즙액	No treatment	PES Membrane 정제
탁도 (NTU)	1503±10.8	-	4.86±1.30
탁도 제거율 (%)	-	-	99.7
	2차 착즙액	응집/응결법	PES Membrane 정제
탁도 (NTU)	1503±10.8	23±0.1	1.72±0.66
탁도 제거율 (%)	-	96.0	99.9
	2차 착즙액	규조토(Celite) 처리법	PES Membrane 정제
탁도 (NTU)	1503±10.8	625±0.58	1.15±0.84
탁도 제거율 (%)	-	56	99.9

- 단수수 2차 착즙액을 PES 멤브레인으로 투과하였을 때 착즙액의 색도는 검은색에서 진한 갈색으로 바뀌었고, 응집/응결 처리 후 탁도 물질이 확연히 줄어들었음.
- 규조토를 사용하였을 때는 원액 대비하여 약간 맑아졌으나 뚜렷한 차이가 나지는 않았고, 원액을 바로 멤브레인 처리하였을 때보다는 탁도가 약간 개선되었음.
- PVDF 멤브레인을 사용하였을 경우 막오염이 심하였으나 단수수 2차 착즙액의 탁도는 99.8% 제거되었음.
- 응집/응결에 의한 침전법으로는 96% 저감되었고 멤브레인 투과 후 99.9%까지 탁도 물질이 제거되었음.
- Celite 처리의 경우는 56.1% 저감되어 응집/응결법 보다 낮았으나 멤브레인 투과 후 98.7%까지 탁도 물질이 저감되었음.
- 표 7과 같이 PES 멤브레인을 사용하였을 경우 PVDF와 마찬가지로 단수수 2차 착즙액의 탁도는 99.7% 제거되었음.
- 응집/응결에 의한 침전법도 PVDF와 유사하게 96% 저감되었고 멤브레인 투과 후 99.9%까지 탁도 물질이 제거되었음.
- Celite 처리 후 PES 멤브레인에 적용하면 99.9%까지 탁도 물질이 저감됨.

✓ 처리 전후 단수수 2차 착즙액 내 당 조성 변화

- 2차 착즙액 내 glucose와 fructose를 용해된 원료 물질과 응집/응결 침전법과 celite 여과법 등을 수행 후 잔존하는 당성분의 분석 결과는 다음 그림 28과 같음.

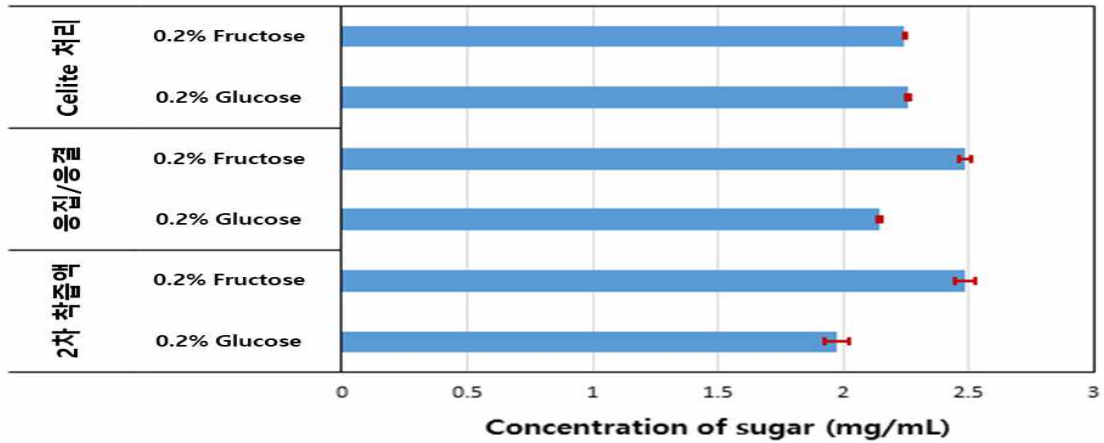


그림 28 . 처리 전후 fructose, glucose 손실율

- 두 가지 막오염 물질 제거 방법 모두 당성분이 손실 없이 잔존하는 것으로 나타남.

(4) 착즙액의 조성분석 및 공정 물질 수지 분석

✓ 단수수 착즙 공정 혼합당 물질 수지

- 혼합당 회수를 위한 단수수 2차 착즙 공정 물질 수지는 그림 29와 같음.

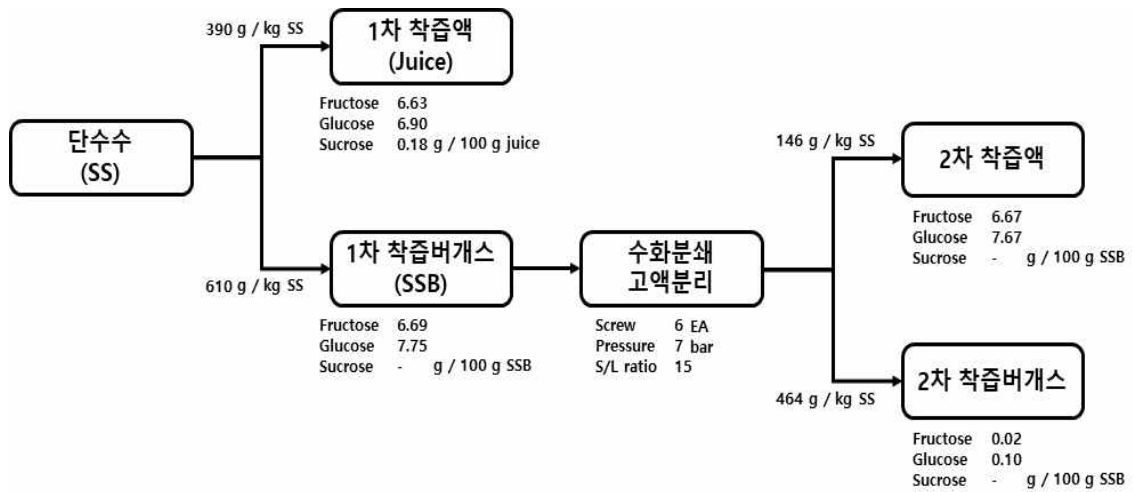


그림 29. 단수수 1차 착즙 및 2차 착즙 공정 혼합당 물질 수지

- 공정 물질 수지는 가장 높은 착즙 수율을 보였던 backward screw 6개, 고액분리 압력 7 bar 조건에서 작성되었음.
- 1차 착즙에서는 약 39%의 착즙 효율을 보였고, 해당 2차 착즙 조건에서 1차 착즙버가스의 거의 모든 혼합당이 수화분쇄 과정중 액상으로 회수되었음.
- 고액비가 1:15인 조건에서 수화분쇄가 이루어졌는데, 멤브레인 분리/농축의 부하를 줄이기 위하여 수화분쇄 시 낮은 고액비 조건 탐색이 요구됨.
- 혼합당 물질 수지와 함께 추후 착즙 조건에 따른 폴리코사놀 등 지용성 추출물의 물질 수지를 구성하고자 함.

(5) 단수수 착즙액의 품질특성 평가

✓ 단수수 1차, 2차 착즙액의 이화학적 특성 분석

- 단수수 착즙액의 pH, 산도, 당도를 측정한 결과는 다음 표 8과 같음.

표 8. 단수수 착즙액의 pH, 산도 및 당도

분석 항목	1차 착즙액	2차 착즙액			
		B0	B3	B6	B9
pH	5.24±0.01	4.45±0.01	5.00±0.03	4.81±0.01	5.11±0.02
산도 (%)	0.59±0.03	0.09±0.00	0.07±0.00	0.07±0.00	0.07±0.00
당도 (Brix)	16.12±0.08	1.60±0.00	2.00±0.00	2.00±0.00	2.00±0.00

- 1차 착즙액의 당도는 16.12Brix였으며, 2차 착즙액은 backward screw 개수(B0, B3, B6, B9)에 따라 각각 1.60Brix, 2.00Brix, 2.00Brix, 2.00Brix로, backward screw의 조합이 착즙액의 당도를 높이는 결과를 보임.

- 단수수 착즙액 내 유기산 함량을 측정한 결과는 표 9와 같음.

표 9. 단수수 착즙액 내 유기산 함량

유기산(g/L)	1차 착즙액	2차 착즙액			
		B0	B3	B6	B9
Malic acid	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Tartaric acid	2.21±0.07	0.63±0.02	0.76±0.05	0.87±0.09	0.71±0.04
Lactic acid	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Succinic acid	N.D.	0.20±0.02	0.18±0.15	0.13±0.11	0.21±0.02
Formic acid	7.64±0.17	0.42±0.03	N.D.	N.D.	0.45±0.01
Acetic acid	N.D.	0.24±0.05	N.D.	N.D.	N.D.
Levulinic acid	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Butiric acid	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Citric acid	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

N.D. : Not detected

- 유기산은 tartaric acid, succinic acid, formic acid, acetic acid가 검출되었음.

- 1차 착즙 후 잔여 tartaric acid는 2차 착즙을 통해 액상내로 회수되었으며 backward screw의 도입을 통한 착즙 효율 증대로 함량이 다소 증가하였음.

- Succinic acid는 1차 착즙액에서 검출되지 않으나 2차 착즙액에서 0.13~0.21g/L 농도로 검출되었음.

- 단수수 착즙액의 색도 분석 결과는 표 10과 같음.

표 10. 단수수 착즙액의 색도

	1차 착즙액	2차 착즙액			
		B0	B3	B6	B9
Lightness (L)	23.71±1.20	41.47±1.69	26.15±0.50	23.84±0.68	23.77±1.47
Redness (a)	-1.31±0.13	4.66±0.17	6.52±0.37	5.22±0.39	6.77±0.52
Yellowness (b)	16.75±0.73	24.29±0.99	22.03±1.59	18.49±1.38	18.85±1.72
Color difference (ΔE)	-	20.21±1.85	9.82±1.16	6.88±0.73	8.60±0.54

- 1차 착즙액의 명도는 23.71, 적색도는 -1.31, 황색도는 16.75로 확인되었음.
- 1차 착즙액과 비교하여 나타낸 2차 착즙액의 색차는 B0에서 가장 컸으며 B6에서 가장 적은 색차를 보였음.
- 단수수 착즙액의 구성아미노산 분석 결과는 표 11과 같음.

표 11. 단수수 착즙액의 구성아미노산 함량(mg/ml)

구성아미노산	1차 착즙액	2차 착즙액			
		B0	B3	B6	B9
Aspartic acid	0.52±0.02	6.94±0.83	7.47±0.60	8.80±0.05	8.93±1.02
Threonine	0.08±0.00	1.67±0.14	1.59±0.10	2.54±0.08	2.07±0.32
Serine	0.06±0.00	1.66±0.16	1.65±0.13	2.54±0.08	2.07±0.31
Glutamic acid	0.36±0.01	3.82±0.33	4.23±0.33	4.56±0.06	6.22±0.97
Glycine	0.05±0.00	1.54±0.14	0.87±0.02	1.93±0.08	1.14±0.33
Alanine	0.19±0.00	3.60±0.39	3.11±0.68	4.26±0.03	4.33±0.54
Cystine	0.01±0.00	0.70±0.01	0.29±0.01	0.57±0.05	0.34±0.07
Valine	0.12±0.00	1.93±0.09	1.91±0.21	2.67±0.08	2.65±0.36
Methionine	0.03±0.00	0.52±0.02	0.40±0.02	0.58±0.04	0.36±0.02
Isoleucine	0.08±0.00	0.95±0.04	0.99±0.14	1.34±0.05	1.59±0.23
Leucine	0.12±0.00	1.62±0.09	1.71±0.18	2.57±0.12	2.62±0.42
Tyrosine	0.02±0.00	0.94±0.06	0.98±0.04	1.33±0.12	1.06±0.12
Phenylalanine	0.08±0.00	1.39±0.08	1.28±0.07	1.94±0.11	1.73±0.26
Lysine	0.05±0.00	1.89±0.11	1.26±0.04	2.16±0.10	1.81±0.42
Histidine	0.05±0.00	0.80±0.00	0.54±0.07	0.97±0.09	0.76±0.14
Arginine	0.05±0.00	1.04±0.04	0.84±0.10	1.22±0.08	1.16±0.19
Proline	0.30±0.02	0.56±0.26	0.66±0.09	0.79±0.15	0.71±0.16
Total	2.02±0.08	29.54±2.79	27.21±2.63	38.01±1.30	36.39±5.55

- 총 아미노산 함량은 2차 착즙액에서 더 높게 나타남.
- 1차 착즙액 중 구성아미노산은 aspartic acid, glutamic acid, proline 순으로 많이 함유되어 있으며, 2차 착즙액은 aspartic acid, glutamic acid, alanine 순으로 많이 함유되어 있음.
- 필수아미노산 중에서는 tryptophan을 제외한 7종(threonine, valine, methionine, isoleucine, leucine, phenylalanine, lysine, histidine) 모두 검출이 됨.
- 착즙액 중 많이 함유되어 있는 aspartic acid는 성장 호르몬 및 근육 발달, 성기능, 생식 및 혈압과 관련된 호르몬 생산을 촉진하며, glutamic acid는 기억력과 집중력 개선, 면역 강화, 운동 능력 개선 등에 도움을 주는 것으로 알려져 있음. 또한 proline은 단백질 합성 및 구조, 대사, 영양, 상처 회복, 항산화 반응 및 면역 반응에 중요한 역할을 하며, alanine은 단백질 생합성에 중요한 역할을 함과 동시에 포도당의 에너지화를 촉진함.
- 필수아미노산 중에는 특히 valine의 함량이 높음.
- Valine은 근육의 35%를 구성하고 있는 필수아미노산 성분으로 leucine, isoleucine과 함께 BCAA(Balanced-Chain Amino Acids)를 구성하며, 신경 안정화와 인지능력 개선에 필수적인 성분으로 알려져 있음.
- 단수수 착즙액의 미생물학적 분석 결과는 표 12와 같음.

표 12. 단수수 착즙액의 일반 세균 및 곰팡이 수

Log CFU/g	1차 착즙액	2차 착즙액			
		B0	B3	B6	B9
Bacteria	2.01×10^5	1.63×10^4	1.03×10^4	1.46×10^4	8.73×10^4
Fungi	1.68×10^5	1.74×10^4	1.77×10^4	1.42×10^4	8.63×10^4

- 착즙액의 일반 세균 및 곰팡이 수는 log CFU/g으로 표시하였고, 1차 착즙액 대비 2차 착즙액에서 미생물 수가 감소되었음.

✓ 착즙액의 항산화 평가

- 착즙액의 total phenolic contents 및 total flavonoids contents를 측정한 결과는 표 13과 같음.

표 13. 단수수 착즙액의 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량

	1차 착즙액	2차 착즙액			
		B0	B3	B6	B9
Total phenolic contents (mg GAE/L)	732.40±78.89	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Total flavonoids contents (mg GAE/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

N.D. : Not detected

- 1차 착즙액에서는 732.40mg GAE/L의 total phenolic이 확인되었고, 2차 착즙액에서는 폴리페놀이 검출되지 않았음.
- 플라보노이드는 1차, 2차 착즙액 모두 나타나지 않았음.

(6) 단수수 1차,2차 착즙액을 이용한 발효공정 조건 탐색

✓ 단수수 1차 착즙액 농축 조건 탐색

- 단수수 1차 착즙액을 스팀가열 농축기를 통해 농축하여 가열온도별로 비교한 결과는 표 14과 같음.

표 14. 단수수 1차 착즙액 농축온도에 따른 농축액 평가

1차 착즙액		가열온도 (°C)	가열시간 (min)	농축액		이취 이미
당도(Brix)	수량 (L)			당도(Brix)	수량 (L)	
17 Brix	150 L	95	240	69	36	X
		100	190	70	35.5	△
		102	150	70	34	○

X : 부적합, △ : 보통, ○ : 적합

- 가열온도 95°C, 100°C의 농축액은 이미, 이취로 인해 당시럽의 품질 기준에 대해 부적합 하였으며, 당시럽 생산에 필요한 단수수 착즙액 농축 공정에 적합한 가열온도를 102°C로 선정하였음.

✓ 단수수 착즙액을 이용한 발효 조건 탐색

- 단수수 1차 착즙액을 보당하여 온도 25°C에서 효모 종류별 발효기간과 알콜 발생량을 정량화한 결과는 표 15와 같음.

표 15. 효모 종류에 따른 발효액 평가

효모	발효기간	에탄올 함량 (%)	관능평가
Fermivin7013	33 일	14.2 %	이취 강함
LALVIN1118	33 일	15.1 %	이취 보통
KCCM11397P	41 일	17 %	이취 양호

- Fermivin7013, LALVIN1118, KCCM11397P 3가지 효모를 비교하였을 때 한국식품연구원 건조효모 5호 KCCM11397P가 단수수 1차 착즙액 발효에 적합하였음.
- 단수수 1차 착즙액을 KCCM11397P를 사용하여 온도 25°C의 조건에서 발효하고 감압증류기로 다단증류 시 각 단에서 얻어진 증류주의 관능평가 결과는 표 16과 같음.

표 16. 발효액의 증류 단계별 평가

효모	발효기간(일)	에탄올 함량 (%)	증류주 관능평가			
			구분	1차	2차	3차
KCCM11397P	35	14.5	이미	X	△	○
			이취	X	X	○

X : 부적합, △ : 보통, ○ : 적합

- 발효액을 3차 증류까지 진행하였을 경우 증류주로서의 품질에 적합함을 확인하였음.

- 총 아미노산 함량은 2차 착즙액에서 더 높게 나타남.
- 1차 착즙액 중 구성아미노산은 aspartic acid, glutamic acid, proline 순으로 많이 함유되어 있으며, 2차 착즙액은 aspartic acid, glutamic acid, alanine 순으로 많이 함유되어 있음.
- 필수아미노산 중에서는 tryptophan을 제외한 7종(threonine, valine, methionine, isoleucine, leucine, phenylalanine, lysine, histidine) 모두 검출이 됨.
- 착즙액 중 많이 함유되어 있는 aspartic acid는 성장 호르몬 및 근육 발달, 성기능, 생식 및 혈압과 관련된 호르몬 생산을 촉진하며, glutamic acid는 기억력과 집중력 개선, 면역 강화, 운동 능력 개선 등에 도움을 주는 것으로 알려져 있음. 또한 proline은 단백질 합성 및 구조, 대사, 영양, 상처 회복, 항산화 반응 및 면역 반응에 중요한 역할을 하며, alanine은 단백질 생합성에 중요한 역할을 함과 동시에 포도당의 에너지화를 촉진함.
- 필수아미노산 중에는 특히 valine의 함량이 높음.
- PValine은 근육의 35%를 구성하고 있는 필수아미노산 성분으로 leucine, isoleucine과 함께 BCAA(Balanced-Chain Amino Acids)를 구성하며, 신경 안정화와 인지능력 개선에 필수적인 성분으로 알려져 있음.

표 17. 단수수 착즙액의 구성아미노산 함량(mg/ml)

구성아미노산	1차 착즙액	2차 착즙액			
		B0	B3	B6	B9
Aspartic acid	0.52±0.02	6.94±0.83	7.47±0.60	8.80±0.05	8.93±1.02
Threonine	0.08±0.00	1.67±0.14	1.59±0.10	2.54±0.08	2.07±0.32
Serine	0.06±0.00	1.66±0.16	1.65±0.13	2.54±0.08	2.07±0.31
Glutamic acid	0.36±0.01	3.82±0.33	4.23±0.33	4.56±0.06	6.22±0.97
Glycine	0.05±0.00	1.54±0.14	0.87±0.02	1.93±0.08	1.14±0.33
Alanine	0.19±0.00	3.60±0.39	3.11±0.68	4.26±0.03	4.33±0.54
Cystine	0.01±0.00	0.70±0.01	0.29±0.01	0.57±0.05	0.34±0.07
Valine	0.12±0.00	1.93±0.09	1.91±0.21	2.67±0.08	2.65±0.36
Methionine	0.03±0.00	0.52±0.02	0.40±0.02	0.58±0.04	0.36±0.02
Isoleucine	0.08±0.00	0.95±0.04	0.99±0.14	1.34±0.05	1.59±0.23
Leucine	0.12±0.00	1.62±0.09	1.71±0.18	2.57±0.12	2.62±0.42
Tyrosine	0.02±0.00	0.94±0.06	0.98±0.04	1.33±0.12	1.06±0.12
Phenylalanine	0.08±0.00	1.39±0.08	1.28±0.07	1.94±0.11	1.73±0.26
Lysine	0.05±0.00	1.89±0.11	1.26±0.04	2.16±0.10	1.81±0.42
Ammonia	0.15±0.01	2.05±0.22	2.58±0.32	2.76±0.00	3.16±0.16
Histidine	0.05±0.00	0.80±0.00	0.54±0.07	0.97±0.09	0.76±0.14
Arginine	0.05±0.00	1.04±0.04	0.84±0.10	1.22±0.08	1.16±0.19
Proline	0.30±0.02	0.56±0.26	0.66±0.09	0.79±0.15	0.71±0.16
Total	2.17±0.08	31.59±2.79	29.79±2.63	40.77±1.30	39.55±5.55

단수수 착즙액의 미생물학적 분석 결과는 표 18과 같음.

표 18. 단수수 착즙액의 일반 세균 및 곰팡이 수

Log CFU/g	1차 착즙액	2차 착즙액			
		B0	B3	B6	B9
Bacteria	2.01×10^5	1.63×10^4	1.03×10^4	1.46×10^4	8.73×10^4
Fungi	1.68×10^5	1.74×10^4	1.77×10^4	1.42×10^4	8.63×10^4

- 착즙액의 일반 세균 및 곰팡이 수는 log CFU/g으로 표시하였고, 1차 착즙액 대비 2차 착즙액에서 미생물 수가 감소되었음.

✓ 착즙액의 항산화 평가

- 착즙액의 total phenolic contents 및 total flavonoids contents를 측정한 결과는 표 19와 같음.

표 19. 단수수 착즙액의 총 페놀 및 총 플라보노이드 함량

	1차 착즙액	2차 착즙액			
		B0	B3	B6	B9
Total phenolic contents (mg GAE/L)	732.40±78.89	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Total flavonoids contents (mg GAE/L)	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

N.D. : Not detected

- 1차 착즙액에서는 732.40mg GAE/L의 total phenolic이 확인되었고, 2차 착즙액에서는 폴리페놀이 검출되지 않았음.

- 플라보노이드는 1차, 2차 착즙액 모두 나타나지 않았음.

(6) 단수수 1차,2차 착즙액을 이용한 발효공정 조건 탐색

✓ 단수수 1차 착즙액 농축 조건 탐색

- 단수수 1차 착즙액을 스팀가열 농축기를 통해 농축하여 가열온도별로 비교한 결과는 표 20과 같음.

표 20. 단수수 1차 착즙액 농축온도에 따른 농축액 평가

1차 착즙액		가열온도 (°C)	가열시간 (min)	농축액		이취이미
당도(Brix)	수량 (L)			당도(Brix)	수량 (L)	
17 Brix	150 L	95	240	69	36	X
		100	190	70	35.5	△
		102	150	70	34	○

X : 부적합, △ : 보통, ○ : 적합

- 가열온도 95℃, 100℃의 농축액은 이미, 이취로 인해 당시럽의 품질 기준에 대해 부적합하였으며, 당시럽 생산에 필요한 단수수 착즙액 농축 공정에 적합한 가열온도를 102℃로 선정하였음.

✓ 단수수 착즙액을 이용한 발효 조건 탐색

- 단수수 1차 착즙액을 보당하여 온도 25℃에서 효모 종류별 발효기간과 알콜 발생량을 정량화한 결과는 표 21과 같음.

표 21. 효모 종류에 따른 발효액 평가

효모	발효기간	에탄올 함량 (%)	관능평가
Fermivin7013	33 일	14.2 %	이취 강함
LALVIN1118	33 일	15.1 %	이취 보통
KCCM11397P	41 일	17 %	이취 양호

- Fermivin7013, LALVIN1118, KCCM11397P 3가지 효모를 비교하였을 때 한국식품연구원 건조효모 5호 KCCM11397P가 단수수 1차 착즙액 발효에 적합하였음.
- 단수수 1차 착즙액을 KCCM11397P를 사용하여 온도 25℃의 조건에서 발효하고 감압증류기로 다단증류 시 각 단에서 얻어진 증류주의 관능평가 결과는 표 22와 같음.

표 22. 발효액의 증류 단계별 평가

효모	발효기간(일)	에탄올 함량 (%)	증류주 관능평가			
			구분	1차	2차	3차
KCCM11397P	35	14.5	이미	X	△	○
			이취	X	X	○

X : 부적합, △ : 보통, ○ : 적합

- 발효액을 3차 증류까지 진행하였을 경우 증류주로서의 품질에 적합함을 확인하였음.

1단계 2차년도

주관연구개발기관 (한국화학연구원)

- 1) 단수수 버개스 수용성 혼합당 및 폴리코사놀 동시추출을 위한 수화분쇄 공정 고도화
 - ✓ Forward screw, backward screw, kneading block 등 이축 압출기 스크류 최적 조합 선정
 - 2022년에 수확하여 1차 착즙을 거친 단수수 버개스를 공동연구개발기관인 (주)착한농부로부터 100kg 이상 제공 받아 상온에서 자연건조 후 수분함량 10%이하로 보관 및 사용함.
 - 수화분쇄는 1차년도에 선정한 backward screw 6개 조건으로 수행하였으며 수화분쇄 전 후 원료를 조성분석하여 혼합당의 추출률을 정량함.
 - 원시료와 이축압출기를 이용한 수화분쇄물의 화학조성은 표 17과 같음. 수화분쇄 후 추출 성분이 원시료 대비 63% 제거되어 글루칸과 자일란 함량이 원시료 대비 증가함. ash 성분은 6.2%에서 4.9%로 감소함.

표 23. 단수수 버개스 화학조성분석 (g/100g oven dry weight)

Biomass	Extractives(%)		Carbohydrate(%)					Lignin(%)			Ash(%)	Total (%)
	Water	EtOH	Glucan	Xylan	Arabinan	Acetic Acid	Total	Acid-insoluble	Acid-soluble	Total		
Raw material	21.7±0.3	4.1±3.5	27.8±0.4	15.5±0.1	1.8±0.0	4.9±0.6	50.0	12.6±0.4	1.7±0.0	14.3	6.2±0.9	96.2
Twin-extruder(B6)	8.8±0.1	0.8±0.1	35.1±0.1	19.1±0.9	2.6±0.1	6.1±0.5	63.0	14.6±0.3	2.1±0.2	16.7	4.4±0.1	93.6

- 단수수 버개스를 80kg 이상 처리하여 고액분리하고 액상을 감압 농축하여 31Brix의 2차 착즙 농축액을 공동개발기관인 (주)착한농부에 발효 원료로 제공함(그림 30).



그림 30. 파일럿 운전 공정 스크린샷

- Aminex HPX-87H 컬럼으로 분석한 결과 혼합당 함량은 17.9%로 글루코스 6.10%, 프룩토스 11.8% 였음.
- 스크류 회전수, 신규 용매 종류, 용매 주입 온도, 용매 주입 유량, 최종 고액비 등 공정조건 선정
- 단수수 버개스 수화분쇄 공정에서 스크류 회전수를 120rpm, 150rpm, 180rpm으로 하여

각 조건에서 추출률을 비교하였음. 1% 이내 오차범위의 추출률을 확인하였으며 스크류의 속도는 추출률에 큰 영향을 주지는 않았지만 150rpm에서 가장 높은 추출률을 보였고, 장비의 최대 운전 속도인 180rpm은 장비의 연속가동에 적합하지 않으므로 150rpm을 최적 운전 조건으로 선정함(그림 31).



그림 31. 스크류 속도에 따른 추출률

표 24. 용매에 따른 추출률 비교

추출 용매	EtOH 농도(%)	고액비(S/L)	추출률(%)
물	0	1:25	22.9±0.0
2차 증류 여액	1.63	1:25	22.2±0.0
2차 후류 여액	7.25	1:25	22.5±0.0

- 수화분쇄 시 추출률 향상을 위해 단수수 1차 착즙액의 발효 및 증류 공정에서 발생하는 2차 증류 여액과 2차 후류 여액을 이용하여 추출 실험을 랩 스케일에서 수행하였음. 단수수 버개스와 용매를 1:25 고액비로 1시간 동안 교반 후 원심분리하여 상층액 내 고형물량 측정을 통해 추출률을 정량함.
- 증류 여액은 에탄올을 함유하고 있어 유기용성 추출물의 추출률 향상을 예상했으나 표 24에서와 같이 22%로 추출률 차이가 없음을 확인함. 3차 년도에 랩스케일 단순 침지가 아닌 이축압출기 운전 시 증류 여액과 증류 후류 여액을 주입수로 적용하여 수화분쇄시 추출 테스트를 진행할 계획임.
- 단수수 버개스 내 유용물질인 폴리코사놀(옥타코사놀)의 추출률 증대를 위해 옥타코사놀의 녹는점(80~83 °C)을 고려하여 주입수 온도를 상온, 50°C 및 80°C로 설정하여 수화분쇄를 수행하고 추출률을 평가함. 주입수 온도가 높아짐에 따른 유의미하게 추출률이 증가하는 경향을 보임(그림 32).
- 표 25는 수화분쇄 슬러리의 고액분리 후 고형물의 조성분석을 통해 물과 에탄올의 추출성 성분이 주입수 온도에 따라 상온(RT) 12.8%, 50°C 12.0%, 80°C 9%로 고형물에 추출성 성분이 감소하는 것을 확인함. 결과적으로 온도가 높아짐에 따라 추출률이 향상됨을 알 수 있음.

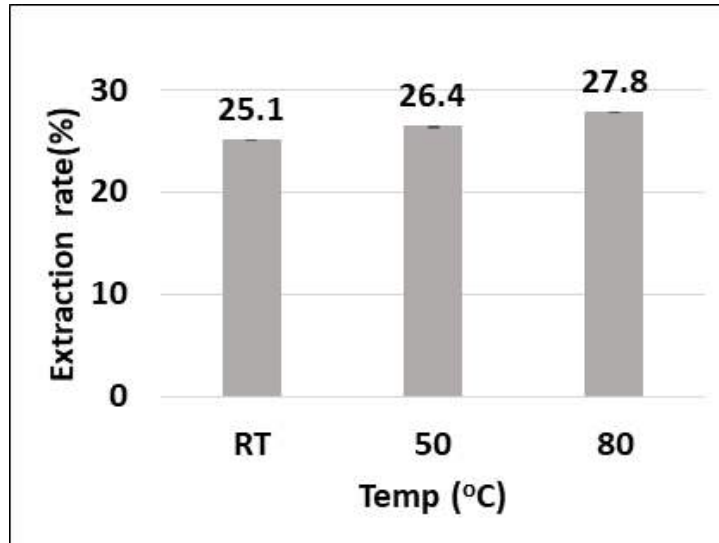


그림 32. 주입수 온도에 따른 추출률

표 25. 이축압출기 수화분쇄물의 화학조성 (g/100g oven dry weight)

수화분 쇄온도 (°C)	Extractives(%)		Carbohydrate(%)					Lignin(%)			Ash(%)	Total (%)
	Water	EtOH	Glucan	Xylan	Arabinan	Acetic Acid	Total	Acid- insoluble	Acid- soluble	Total		
상온	9.9±0.4	2.9±0.3	35.0±0.5	19.3±0.2	2.7±0.0	5.4±0.2	62.4	15.2±0.3	2.3±0.0	17.5	4.5±0.3	97.2
50	11.5±0.5	0.5±0.5	35.2±0.4	19.8±0.1	2.4±0.0	6.9±0.2	64.2	14.7±0.2	2.0±0.0	16.8	4.1±0.3	97.2
80	8.2±0.1	0.8±0.1	35.1±0.1	19.1±0.9	2.6±0.1	6.1±0.5	63.0	14.6±0.3	2.1±0.2	16.7	3.9±0.1	94.3

- 표 25의 고형물의 조성분석 결과 글루칸과 자일란 함량이 동일함을 확인하였고, 고액분리한 액상의 당 분석을 통해 혼합당 회수율을 측정함.

표 26. 주입수 온도에 따른 액상물의 혼합당농도 및 추출률

주입수 온도 (°C)	시료량(kg)	고액비	혼합당 함량 (g/g biomass)			추출률(%)
			Sucrose	Glucose	Fructose	
원시료 soxhlet	-	-	-	6.0±0.0	3.3±0.0	-
RT	5	1:20	-	4.5±0.1	3.2±0.2	77.8
50			-	4.7±0.2	3.1±0.1	78.8
80			-	4.6±0.0	3.3±0.0	79.8

- 표 26결과를 보면 추출률은 온도에 따라 유의미하게 증가하는 경향을 나타내지만 표 25의 결과에서는 당농도 및 회수율에 끼치는 영향이 크지 않음을 알 수 있음. 결과적으로 주입수 온도가 높아짐에 따라 혼합당 외에 기타 성분이 2차 착즙액으로 회수되는 것으로 판단됨.

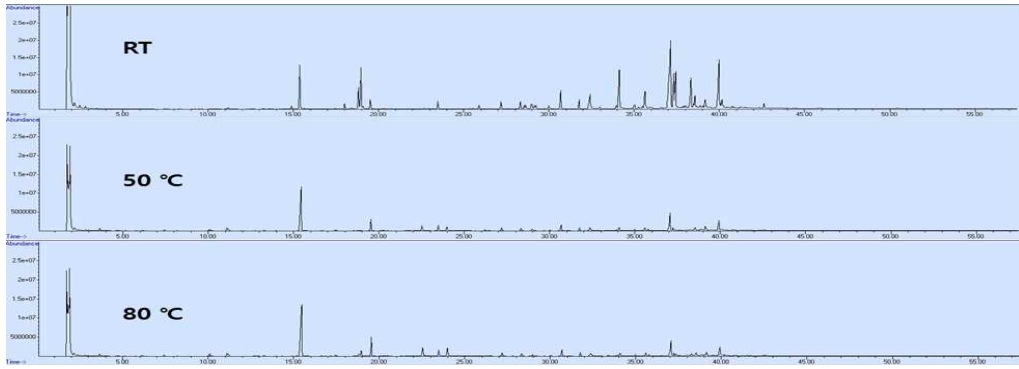


그림 33, 온도에 따른 수화분쇄 후 고형물의 헥산 추출물 크로마토그램

- 그림 33는 주입수 온도(상온(RT), 50 °C, 80 °C)에 따른 수화분쇄 후 고형물을 헥산 추출한 후 GCMS로 분석한 크로마토그램임. 정확한 성분이 파악되지는 않았지만 주입수의 온도가 상승함에 따라 고형물의 추출성 성분이 적어지는 것을 알 수 있음. 이 결과로 보아 추출성 성분 회수율은 수화분쇄 온도에 큰 영향을 받는 것으로 판단됨.

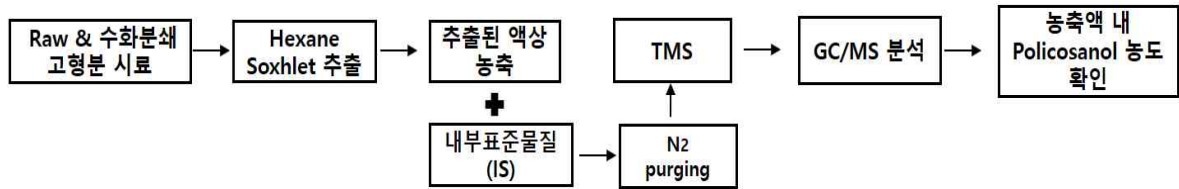


그림 34. 폴리코사놀 분석 과정

- 단수수 버개스 원시료와 수화분쇄 고형물로부터 헥산을 용매로 추출하여 폴리코사놀의 함량을 비교함. 폴리코사놀의 추출률은 수화분쇄 고형물의 폴리코사놀을 측정하여 원시료의 추출률과 비교함으로써 액상으로 추출된 폴리코사놀의 함량을 간접적으로 확인함. 실험과정은 그림 34와 같음.
- 헥산 추출물을 고형화한 후 trimethylsilylation(TMS) 유도체화 하였으며 DB5-MS 컬럼을 이용하여 GC-MS로 분석하고 옥타코사놀 함량을 확인함.
- 단수수 추출물의 GCMS 크로마토그램은 그림 35과 같음.

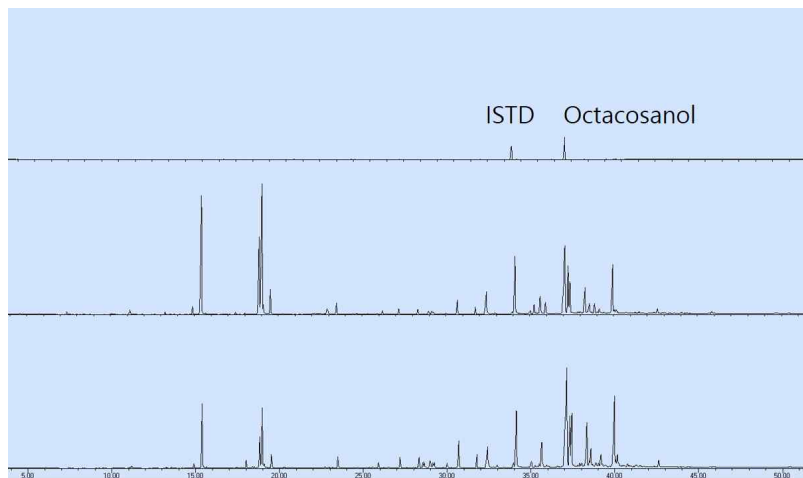


그림 35. 옥타코사놀 standard 및 단수수 버개스 헥산 추출물 크로마토그램

- 표 27과 같이 단수수 버개스 수화분쇄 고형물의 핵산 추출률은 0.7%로 원시료에 비해 47.1% 감소했으며 추출물 중 옥타코사놀의 함량은 16.2% 감소하였음. 이 결과로 2차 착즙액으로 옥타코사놀이 16.2% 회수되었음을 간접적으로 확인하였음.

표 27. 옥타코사놀 추출률

시료	핵산 추출률(%)	Octacosanol yield(mg/g)
단수수 버개스 Raw	1.2 ± 0.1	0.136 ± 0.006
단수수 버개스 수화분쇄물	0.7 ± 0.2	0.114 ± 0.011

- 수화분쇄 시 주입수의 유량을 조절하여 고형물 기준 고액비를 1:10, 1:15, 1:20으로 처리한 후 주입수 유량에 따른 추출률을 확인함. 추출률은 액상을 원심분리하여(4000rpm, 30min) 바이오매스 미세분말을 제거하고 상층액을 동결건조하여 정량함.
- 필터프레스를 이용한 고액분리 시 슬러리의 이송을 고려하여 1:10에서 1:20까지로 고액비를 설정하였음. 그림 36(a)에서 나타난 바와 같이 수화분쇄 공정에서 주입수 유량이 증가할수록 추출률 또한 비례적으로 증가하는 것을 확인하였음. 이는 고액비가 높을수록 액상에 포함된 당의 회수율이 높음을 의미함.
- 최종 고액비에 따른 추출률의 효과를 확인하기 위해 고액비 1:10, 1:15, 1:20으로 수화분쇄된 슬러리에 물을 추가하여 최종고액비를 1:20으로 조절 후 고액분리하고 추출률을 정량함.
- 단동일한 최종 고액비 조건에서는 수화분쇄 가동 고액비가 낮을수록 추출률이 높음을 확인함.
- 결과적으로 수화분쇄 효율은 고액비가 낮을수록 높으며 당의 회수율을 높이기 위해서는 고액분리 시 액상의 비율이 높을수록 효과적인 것으로 나타남
- 따라서 수화분쇄 주입수는 고액비 1:10, 고액분리는 고액비 1:20을 최적 조건으로 선정함.
- 차년도에는 이축압출기를 이용한 수화분쇄 시 고액비를 1:10 이하로 낮추고, 슬러리에 물을 최종 고액비 1:20을 회수하여 혼합당 및 폴리코사놀 추출률을 높일 수 있는 공정을 제안할 계획임.

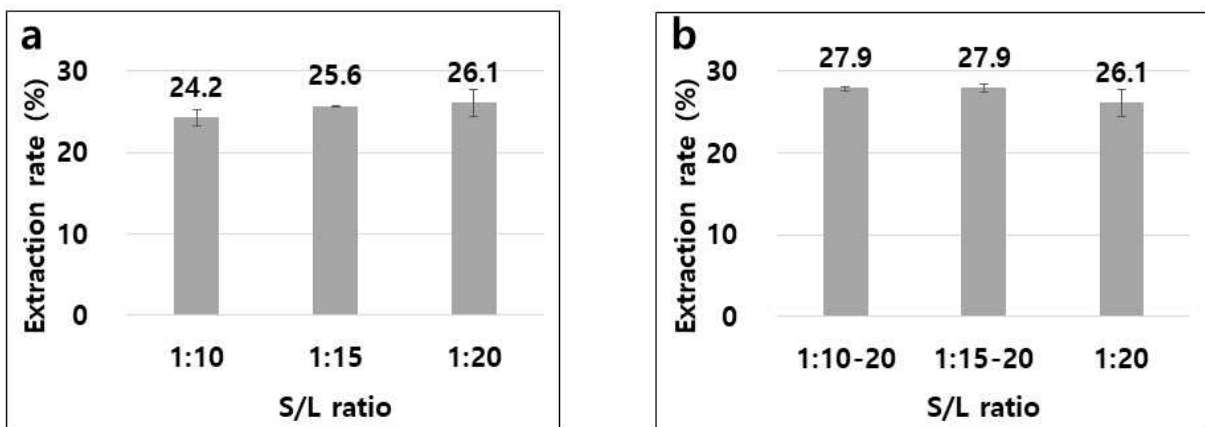


그림 36. 용매 주입 유량(a) 및 최종 고액비(b)에 따른 추출률 비교

2) 단수수 버개스 수화분쇄물의 고액분리 공정조건 확립

✓ 혼합기에서의 교반 시간, 회전수 등 혼합기 공정조건 최적화

- 수화분쇄 슬러리를 원료로 랩 스케일에서 교반 시간 및 회전수에 따른 고액분리 최적화 테스트를 진행함. 사용된 수화분쇄 슬러리는 스크류 속도 150rpm, 주입수 온도 80℃, backward screw 6개, 시료 처리 속도 10kg/h의 조건으로 수화분쇄 후 최종고액비 1:20으로 조절함.
- 그림 37과 같이 수화분쇄 후 슬러리 교반 시간이 늘어날수록 추출률이 증가하는 경향을 보였으나 0.5 시간 이후에는 증가 폭이 크지 않기 때문에 공정비용을 고려하여 고액분리 전 교반 시간은 0.5 시간으로 선정함. 또한, 교반 회전수에 따른 추출률은 모든 조건에서 약 28%로 유의미한 차이를 보이지 않아 교반 시간과 교반 회전수는 추출률에 미치는 영향이 미미한 것으로 사료됨.

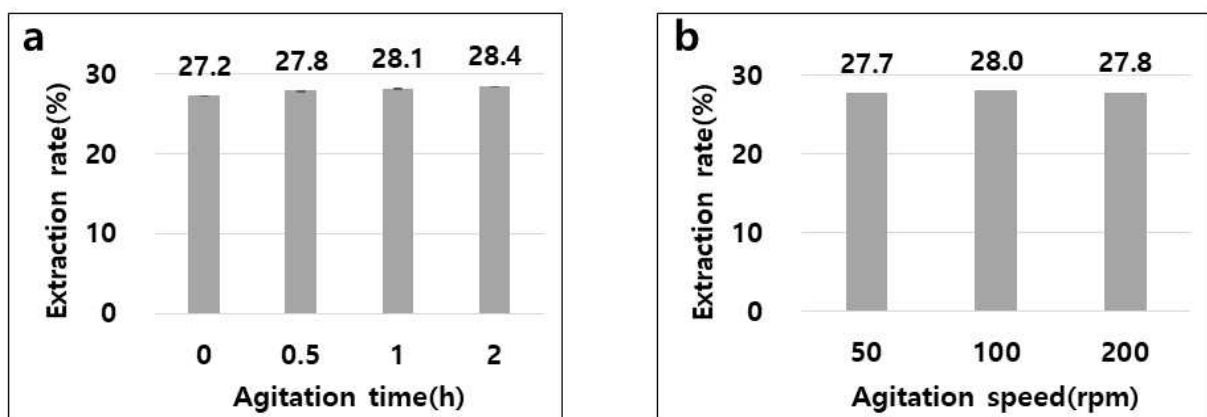


그림 37. 교반 시간(a) 및 교반 회전수(b)에 따른 추출률

✓ 혼합당 및 폴리코사놀 동시 추출을 위한 필터프레스 공정조건(슬러리 주입 시간, 가압 압력, 가압 시간) 최적화

- 필터프레스 슬러리 주입 시간은 슬러리의 고액비 및 주입 펌프의 성능에 따라 달라질 수 있으므로 공정 변수로 설정이 어려울 것으로 판단됨.
- 그림 38은 가압 압력 및 시간을 변수로 고액분리한 후 추출률을 비교한 결과를 나타냄. 가압 시간 및 압력이 증가할수록 고형물의 수분함량이 낮았으며 이는 혼합당 및 폴리코사놀을 함유한 액상의 회수율이 높음을 의미함.
- 15 bar의 압력 조건 하에서는 10분 이내의 비교적 짧은 시간에도 충분한 고액분리가 이뤄져 수분함량이 50% 초반대로 낮아짐.
- 가압 시간 및 가압 압력을 더 증가시키면 수분함량은 더 낮아질 수 있으나 물리적 고액분리 시 50% 이하의 수분함량으로 고액분리가 어려운 점과 공정비용을 감안하면 혼합당 및 폴리코사놀의 효율적인 회수를 위해서는 15 bar, 10분 조건이 고액분리를 위한 필터프레스 최적 공정 조건으로 판단됨.

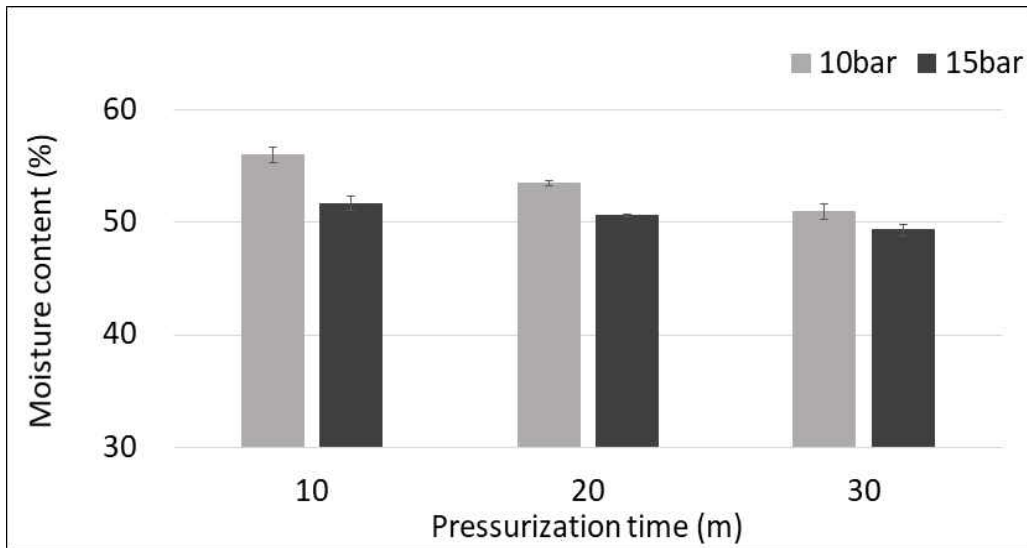


그림 38. 가압 압력 및 시간에 따른 추출률

3) 착즙액의 멤브레인 분리농축 공정 고도화

- ✓ 혼합당 및 폴리코사놀 함유 착즙액의 micro-filtration (MF), ultra-filtration (UF), nano-filtration (NF), reverse osmosis (RO) 별 분리농축에 적합한 멤브레인 운전조건 및 유지보수 조건

a. 단수수 2차 착즙액의 규조토 여과

표 28. 규조토 종류 별 입자 크기

규조토 (Celite) 종류	입자 크기 (μm)
R1100	45.2
R900	30.2
R600	27
F-40	14.3
F-20	9.4

- 단수수 2차 착즙액 내 막 오염 유발 물질을 제거하기 위해 입자 크기(표 28)가 다른 규조토를 이용해 규조토 여과법에 적용하였고, 오염물 저감 정도를 확인하기 위해 탁도 분석을 진행함.
- 그림 39는 입자 크기가 다른 규조토를 이용한 단수수 2차 착즙액의 여과액 형상을 보여주는 그림으로 규조토의 입자 크기가 작아질수록 옅은 갈색을 띠며 오염 물질이 감소되었음을 확인.
- 단수수 2차 착즙액과 규조토 여과액의 탁도를 측정한 결과, 표 29와 같이 단수수 2차 착즙액은 약 1488 NTU로 용액 내 오염물이 다량으로 존재함을 확인할 수 있었고, 입자 크기가 작아질수록 탁도가 낮아지며, 탁도 제거율은 증가함을 보였음. 입자 크기가 제일 작은 F-20 규조토로 여과하였을 때 탁도가 29.87 NTU로 감소하며 97.9% 저감되었음을 알 수 있었고, 그 전 크기인 F-40 여과액 탁도는 22.83 NTU으로 98.4% 저감됨. 또한, 규조토 여과법을 적용할 때, 여과 속도도 함께 고려되어야 하므로 오염물 제거와 여과 속도를 고려했을 때 F-40 규조토가 적합해 이를 이후 추가 실험에 적용함.



그림 39. 단수수 2차 착즙액 규조토 입자 크기에 따른 여과액 비교

표 29. 단수수 2차 착즙액의 규조토 입자 크기 별 탁도 및 탁도 감소율

	탁도 (NTU)	탁도 감소율 (%)
단수수 2차 착즙액	1488.6	-
R1100 여과액	397.50	73.30 ± 3.04
R900 여과액	245.30	83.52 ± 2.22
R600 여과액	167.00	88.78 ± 0.92
F-40 여과액	22.83	98.47 ± 0.45
F-20 여과액	29.87	97.99 ± 0.90

- 단수수 2차 착즙액에 규조토를 섞어 여과하는 방식은 규조토층을 물 압착 하는 과정이 없어 여과 물질이 물에 의해 희석되지 않아 정확한 여과가 가능하며, 여과 속도가 빨라 시간이 단축되는 장점이 있음.
- 그림 40과 표 30은 단수수 2차 착즙액을 F-40 규조토와 섞어 여과한 결과, 규조토의 양이 증가할수록 여과액의 탁도가 낮아지나, 20g과 30g을 혼합해 여과한 경우, 양에 따른 탁도 차이가 없음을 알 수 있었음.
- 그러나, 이 방법은 규조토층을 압착하여 여과하는 방식과 비교했을 때, 여과액의 탁도가 높음. 이는 여과 초기 압착이 진행되지 않은 상태로 용액이 여과되기 때문에 크기가 작은 오염물이 함께 여과되어 나타난 결과로 보임. 용액 내 오염물을 최대한 많이 제거하는 것이 목적이기 때문에 이 방법은 적합하지 않은 것으로 판단됨.

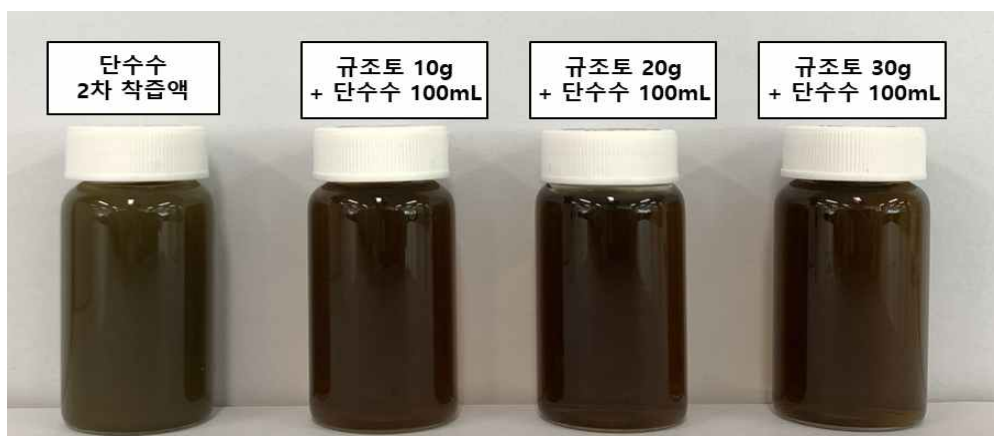


그림 40. 단수수 2차 착즙액과 F-40 규조토 혼합물 여과액 형상

표 30. 단수수 2차 착즙액과 규조토 (F-40) 양에 따른 혼합물 여과액 탁도 및 탁도 감소율

	탁도 (NTU)	탁도 감소율 (%)
단수수 2차 착즙액	1063.2 ± 5.85	-
단수수 + 10g 규조토	111 ± 0.00	89.56 ± 0.00
단수수 + 20g 규조토	72.24 ± 0.09	93.21 ± 0.09
단수수 + 30g 규조토	72.06 ± 0.13	93.22 ± 0.13

b. 단수수 2차 착즙액의 멤브레인 투과

- 단수수 2차 착즙액의 PES, PVDF 멤브레인 투과 후 및 규조토 여과 후 멤브레인 투과를 마친 후 오염물 저감 정도를 확인하기 위해 탁도, 투과 유량 및 유량 감소율을 측정함. 투과 실험에 사용한 규조토는 높은 탁도 제거율과 적합한 여과 속도를 갖는 F-40 규조토 (powder, 14.3 μ m)를 사용함.
- 단수수 2차 착즙액을 원액으로 PVDF, PES 멤브레인 투과한 경우, 표 31과 같이 투과액의 탁도는 0.49와 0.94였으며 모두 99.9%의 탁도 제거율을 보임. 그림 41에서 멤브레인 투과 후 PES 투과액은 맑은 갈색빛이며, PVDF 투과액은 이보다 더 열어 노란빛을 띠. 투과액의 차이는 두 분리막의 막 오염 정도의 차이로 볼 수 있음. 그림 42에서 확인할 수 있듯 PVDF가 PES 보다 막 오염이 심해 오염물의 제거가 더욱 잘 일어나 투과액의 형상 차이가 발생했음을 알 수 있음.

표 31. 단수수 2차 착즙액 멤브레인 투과 후 탁도 및 탁도 감소율

	탁도 (NTU)	탁도 감소율 (%)
단수수 2차 착즙액	1027 ± 2.77	-
PVDF 투과액	0.49 ± 0.05	99.91 ± 0.005
PES 투과액	0.94 ± 0.01	99.95 ± 0.001



그림 41. 단수수 2차 착즙액 PES, PVDF 멤브레인 투과 후 처리액 비교

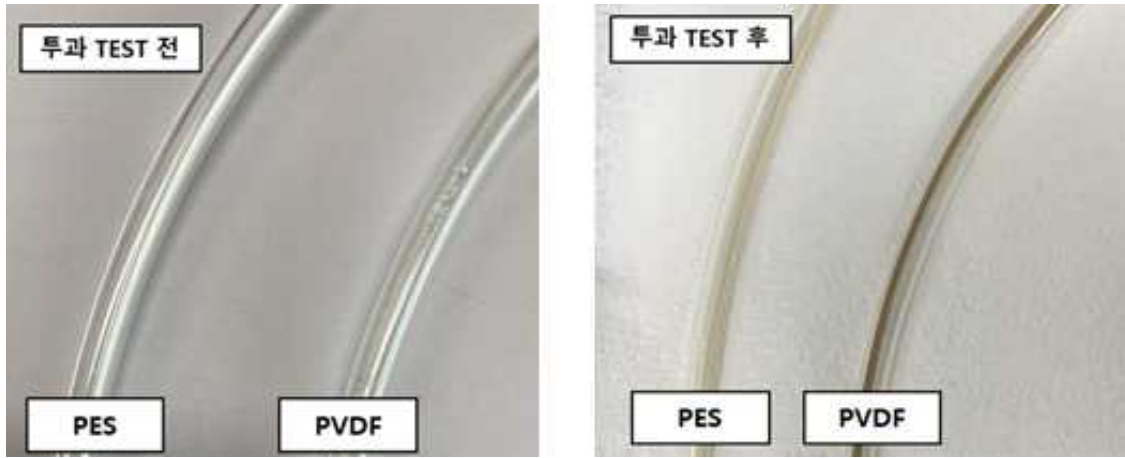


그림 42. 단수수 2차 착즙액 PES, PVDF 멤브레인 투과 전 후 막 오염 정도

- 표 32는 단수수 2차 착즙액을 규조토 여과 후 멤브레인 투과했을 때 투과액의 탁도 및 탁도 감소율을 나타낸 것으로 규조토 여과 후 탁도는 807.6 NTU에서 41.4 NTU로 오염물이 94% 제거되는 것을 확인하였고 처리액 멤브레인 투과 후 PES, PVDF 투과액 탁도는 0.35, 0.30으로 99.9% 오염물이 저감 되었음. 이 결과는 그림 43에서 단수수 2차 착즙액과 규조토 처리액, 멤브레인 투과액에서 확인할 수 있으며, 규조토 처리 후 짙은 초록색에서 진한 갈색빛으로 용액이 변하였으며 이를 멤브레인 투과했을 시, 더 맑은 갈색 빛의 멤브레인 투과액을 얻었음.

표 32. 단수수 2차 착즙액 규조토 (F-40) 처리 후 멤브레인 투과액 탁도 및 탁도 감소율

	탁도 (NTU)	탁도 감소율 (%)
단수수 2차 착즙액	807.6 ± 1.34	-
2차 착즙액 규조토 (F-40) 처리	41.42 ± 0.22	94.87 ± 0.026
PVDF 투과액	0.30 ± 0.03	99.96 ± 0.003
PES 투과액	0.35 ± 0.06	99.96 ± 0.007

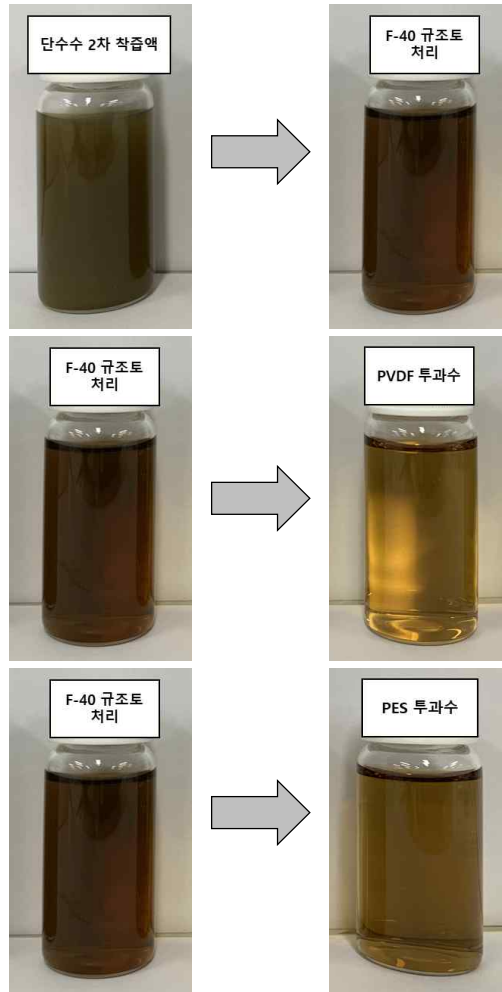


그림 43. 단수수 2차 착즙액 처리 방법에 따른 처리액 비교

- 23 μ m paper filter를 마친 단수수 2차 착즙액 멤브레인 투과도와 규조토 여과 후 멤브레인 투과도 측정 실험을 수행한 결과를 그림 44, 45에 나타냄. 그래프에서 볼 수 있듯, paper filter를 마친 단수수 2차 착즙액을 바로 멤브레인 투과했을 때보다 규조토 처리 후 멤브레인 투과했을 경우 초기 및 최종 투과도 모두 높은 값을 보이며, 이는 두 종류의 멤브레인 모두 해당됨. 표 33과 34에서 PVDF 멤브레인 보다 PES 막이 더 높은 투과도를 보이며 이는 그림 43에서 볼 수 있듯 PVDF의 막 오염 정도가 더 크기 때문임을 알 수 있음.
- 따라서, 단수수 2차 착즙액을 바로 멤브레인 투과했을 때와 규조토 처리 후 멤브레인 투과액의 탁도 결과가 큰 차이를 보이지 않지만 규조토 여과 후 멤브레인 투과가 투과도 향상 면에서 유리함을 알 수 있고, PVDF 보다 PES 막을 사용할 때 더 높은 투과도로 오염 물을 제거할 수 있음을 확인함.

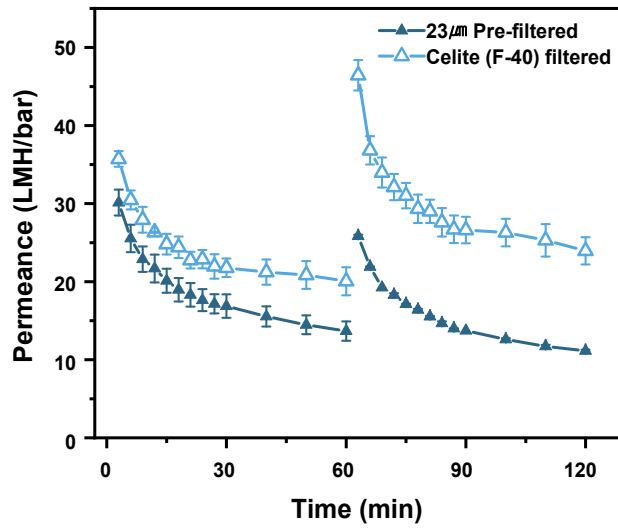


그림 44. PVDF 멤브레인 단수수 2차 착즙액 규조토 여과 전/후 Permeance 비교

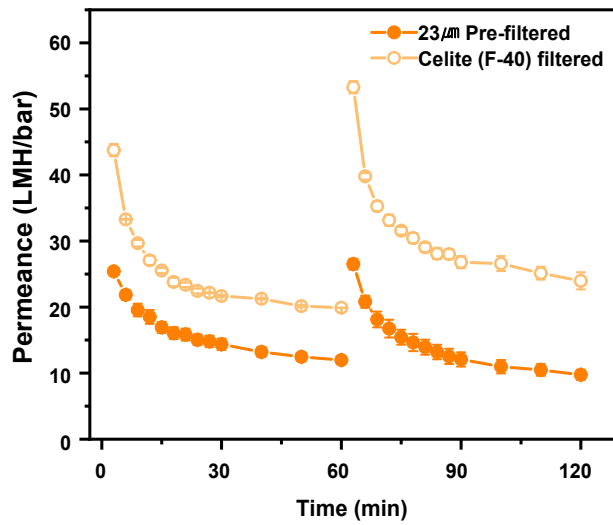


그림 45. PES 멤브레인 단수수 2차 착즙액 규조토 여과 전/후 Permeance 비교

표 33. 단수수 2차 착즙액 처리 방법에 따른 PVDF 멤브레인 투과도 비교

	PVDF 1 st Cycle		
	Compaction time	23µm Pre-filtered	규조토 (F-40) 처리
Permeance (LMH/bar)	3	30.14 ± 1.66	35.73 ± 1.00
	60	13.68 ± 1.24	20.01 ± 1.80
PVDF 2 nd Cycle			
Permeance (LMH/bar)	3	25.83 ± 0.18	46.44 ± 1.95
	60	11.15 ± 0.13	23.96 ± 1.75

표 34. 단수수 2차 착즙액 처리 방법에 따른 PES 멤브레인 투과도 비교

	PES 1 st Cycle		
	Compaction time	23 μ m Pre-filtered	규조토 (F-40) 처리
Permeance (LMH/bar)	3	25.41 \pm 0.45	43.76 \pm 0.94
	60	11.98 \pm 0.57	19.90 \pm 0.01
	PES 2 nd Cycle		
Permeance (LMH/bar)	3	26.50 \pm 0.82	53.29 \pm 0.91
	60	9.75 \pm 0.78	23.97 \pm 1.29

c. 막 오염 물질 제거 시 단수수 2차 착즙액 당 조성 변화 분석

- 단수수 2차 착즙액 내 막 오염 유발 물질 제거 과정에서 당 손실 발생 유/무를 확인하기 위해 단계별 처리액 내 당 성분을 HPLC로 분석하였음.
- 표 35은 단수수 2차 착즙액 내 오염물 제거 단계에 따른 용액 내 당농도를 분석한 결과이다. 그림 46에서도 Paper filter 처리 후 단수수 2차 착즙액을 규조토 처리 후에도 당 성분의 손실이 발생하지 않으며, 규조토 처리액을 멤브레인 투과했을 시에도 당 성분의 손실이 발생하지 않음을 확인하였음.

표 35. 단수수 2차 착즙액 오염물 처리 단계별 당 성분 분석 (단위: mg/mL)

	Sucrose	Glucose	Fructose
단수수 2차 착즙액	1.22 \pm 0.12	5.37 \pm 0.12	5.29 \pm 0.04
규조토 (F-40) 처리	1.25 \pm 0.05	5.44 \pm 0.01	5.32 \pm 0.01
규조토 처리 후 PVDF 투과	1.20 \pm 0.03	5.31 \pm 0.05	5.29 \pm 0.07
규조토 처리 후 PES 투과	1.29 \pm 0.04	5.48 \pm 0.10	5.56 \pm 0.17

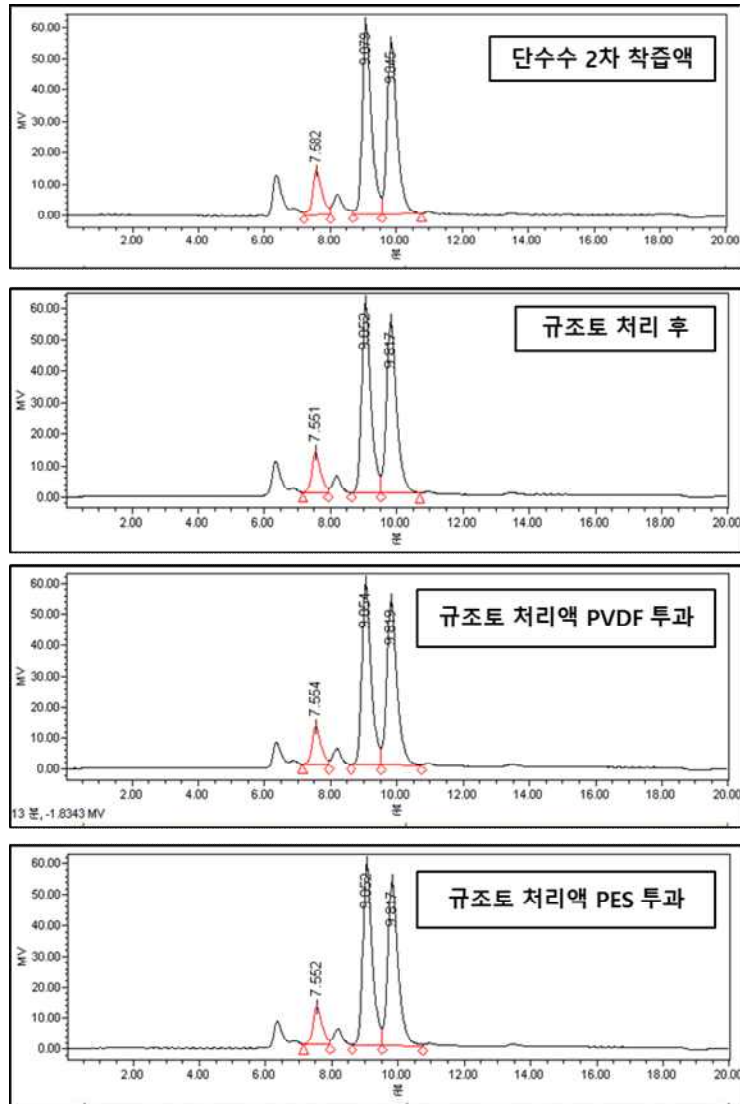


그림 46 단수수 2차 착즙액 오염물 처리 단계별 HPLC chromatogram

d. 단수수 2차 착즙액 멤브레인 투과액 농축 전/후 비교

- 단수수 2차 착즙액을 멤브레인 투과하여 오염물을 제거한 후 맑은 상태의 투과액을 농축해 투과액 내 존재하는 당농도를 증가시키기 위한 농축 실험을 진행하였음. PVDF, PES 투과액 약 500mL를 9배가량 농축하여 용액 당도를 Brix meter를 이용해 측정하였고, 당 성분 정량분석은 HPLC를 이용하였음.
- 그림 47은 멤브레인 투과액의 농축 전/후의 형상을 나타낸 그림으로 맑은 갈색빛에서 검은빛을 보임. 또한, 표 36, 37에서 멤브레인 투과액을 농축했을 때, 농축 배수만큼 당 성분과 당도가 증가함을 확인하였고, 그림 48의 HPLC 크로마토그램에서도 당 성분의 peak가 모두 동일하며 농축으로 인한 당 성분의 조성 변화가 발생하지 않았음을 알 수 있음.

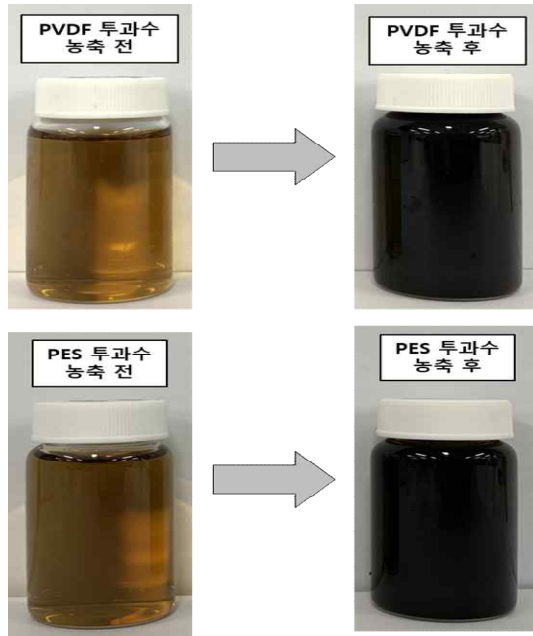


그림 47. 수수 2차 착즙액 멤브레인 투과액 농축 전/후 형상 비교

표 36. PVDF 투과액 농축 전/후 비교 및 농축률

PVDF 투과액			
	농축 전	농축 후	농축률 (배)
부피 (mL)	509.91	53.74	9.45
당도 (Brix)	1.80	17.00	9.44
당농도 (%)			
Sucrose	0.095	0.802	8.44
Glucose	0.588	4.726	8.03
Fructose	0.429	3.170	7.38

표 37. PES 투과액 농축 전/후 비교 및 농축률

PES 투과액			
	농축 전	농축 후	농축률
부피 (mL)	509.35	58.88	8.65
당도 (Brix)	1.80	15.80	8.78
당농도 (%)			
Sucrose	0.078	0.705	9.03
Glucose	0.471	4.306	9.14
Fructose	0.313	2.907	9.28

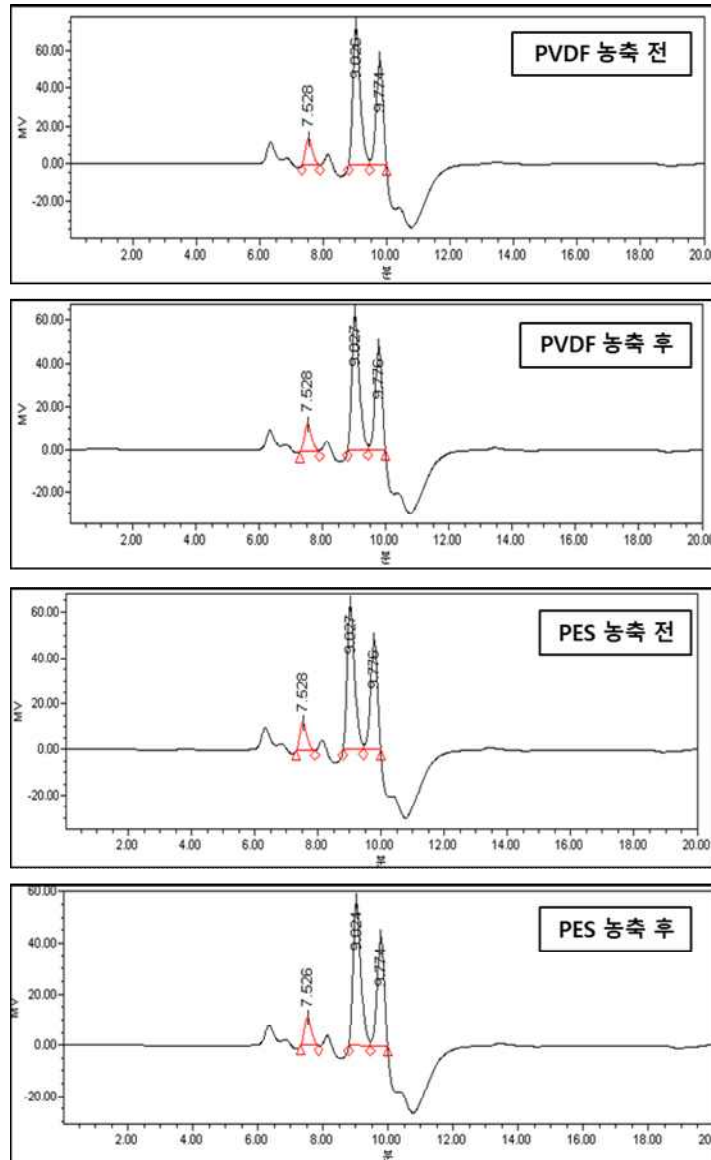


그림 48. 단수수 2차 착즙액 멤브레인 투과액 농축 전/후 HPLC Chromatogram

✓ micro-filtration (MF), ultra-filtration (UF), nano-filtration (NF) 별 분리농축에 적합한 molecular weight cut-off 선정

a. 단수수 2차 착즙액 소형 멤브레인 모듈을 이용한 Scale-up

- 실험실 규모에서 수행한 결과를 바탕으로 공정을 scale-up 하기 위해 단수수 2차 착즙액 내 오염물을 중공사 멤브레인 모듈을 사용하여 제거 실험을 수행하였음. 착즙액 내 오염물 제거를 위해 중공사형 PES 멤브레인을 모듈화하여 사용했으며, PVDF 보다 막 오염이 적은 유리함이 있기에 선정하였음.
- 먼저, 단수수 2차 착즙액을 PP동 2차 멤브레인에 설치된 MF Filter를 이용해 Pre-filtering 하고, 이를 2L씩 나누어 PES 모듈로 1bar에서 투과하였음.
- 그림 49는 MF filtering을 마친 단수수 2차 착즙액의 멤브레인 투과 전/후를 비교한 그림임. 이는 실험실 규모에서 진행한 결과와 같으며 PES 모듈을 이용해 다량의 오염물 제거가 가능함을 보여줌. 다만, 투과 과정에서 샘플 처리량이 증가하며 막 오염으로 인한 투과도 감소가 나타나 이를 회복시키기 위해 정기적으로 세척 과정이 필요함을 확인하였음.

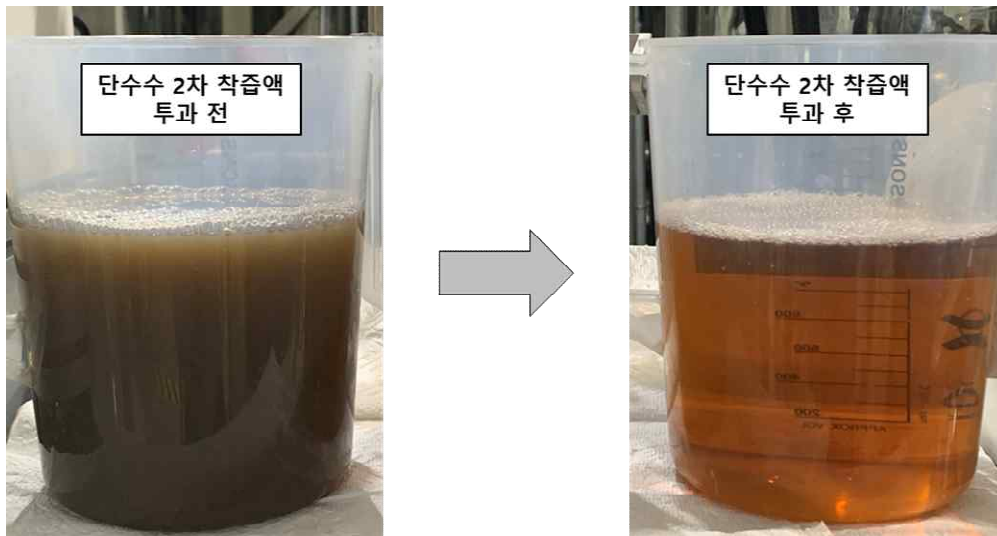


그림 49. 단수수 2차 착즙액 PES 멤브레인 모듈 투과 전/후 형상 비교

- 막 오염 물질을 제거하고, 투과도를 회복시키기 위해 간헐적으로 backwashing을 진행하였으며, 이는 약 8-10L의 단수수 2차 착즙액을 처리 후 저압에서 water를 이용하였음. backwashing을 수행해도 막의 permeance가 회복되지 않을 때는 0.1% NaOH 용액을 이용한 chemical washing을 수행하였으며 이번 실험에서 Chemical washing 수행 주기는 처리량 기준 18-20L 간격으로 수행하였음.
- 그림 50에서 착즙액 누적 처리량이 증가할수록 PES 멤브레인 투과도가 감소하며, Chemical washing 진행 후, 투과도가 회복된 모습을 보였음. 그림 51은 단수수 2차 착즙액 멤브레인 투과 후 막 오염 상태와 backwashing, chemical washing을 수행한 후 PES 모듈 상태를 나타낸 그림임. backwashing을 마친 후는 붉은 갈색빛을 띠고 표면에 떨어지지 않은 오염물이 보이지만, chemical washing 마친 후에는 이보다 더 깨끗한 맑은 노란 빛을 보이며 표면에 쌓인 오염물이 보이지 않음. 따라서, 멤브레인 투과 중간마다 오염물을 제거해주는 세척 과정이 필요할 것으로 판단됨.
- 총 56L의 단수수 2차 착즙액을 멤브레인 투과하여 약 46.5L의 투과액을 얻었으며 다량의 단수수 2차 착즙액 처리를 위해서는 멤브레인 모듈의 개수 혹은 면적을 증가시킬 필요가 있음.

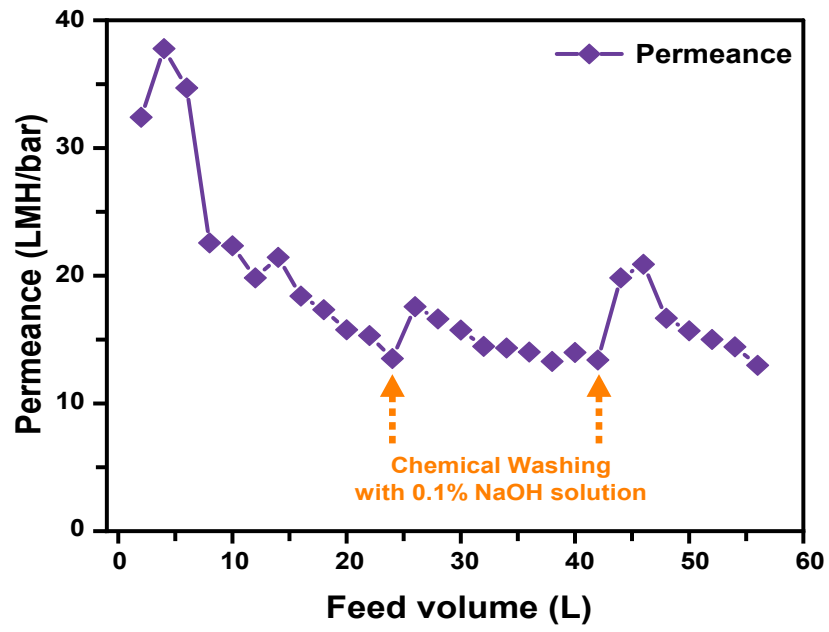


그림 50. 단수수 2차 착즙액 처리용량에 따른 PES 모듈 투과도

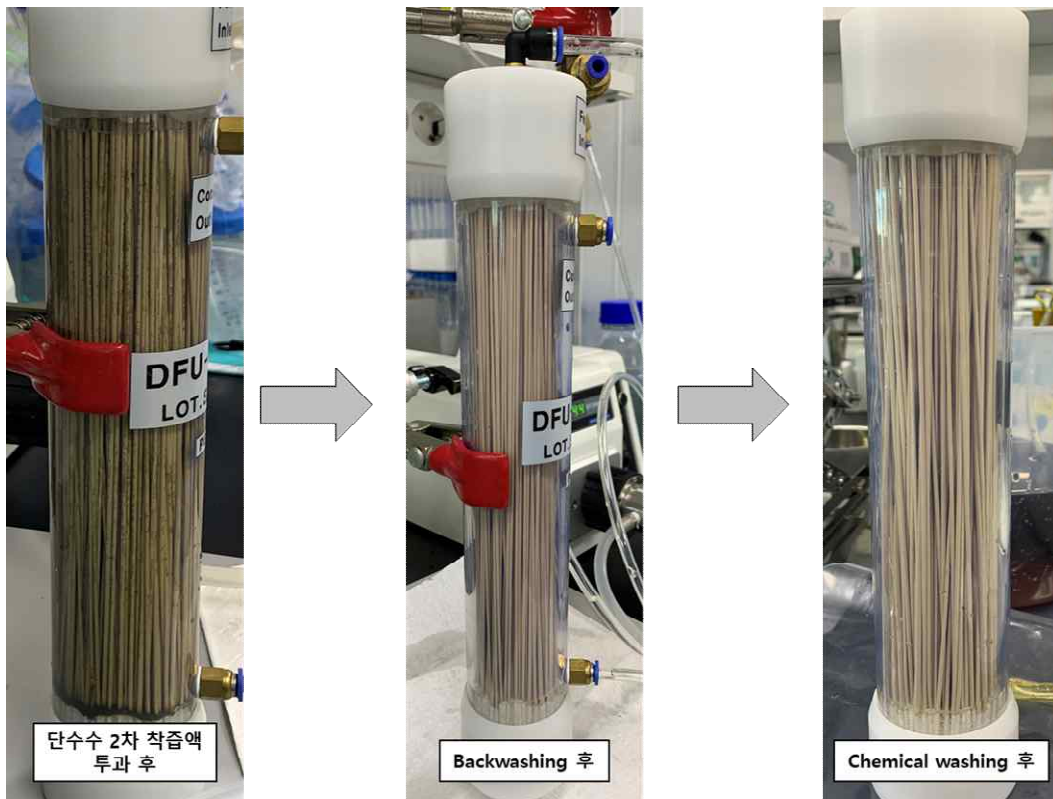


그림 51. PES 모듈 단수수 2차 착즙액 투과 후 washing 단계별 형상 비교

표 38. 멤브레인 투과 후 당농도 및 고형물량 변화 비교

	농축 전	Pre 필터 투과 액상	PES 투과 액상	농축액
고형물 함량(%)	0.92±0.02	0.61±0.02	0.55±0.00	
당도 (Brix)	1.3±0.1	1.1±0.1	1.1±0.1	17.9±0.2

- 필터프레스 처리 후 액상의 고형물 함량은 0.92%이며, pre 필터 후 33%의 고형물이 제거되고, PES 막 투과 후 최종적으로 40.3%의 고형물이 제거되었음(표 38).
- 혼합당의 농도는 Brix meter를 이용하여 측정하였고 멤브레인 투과 전후 당농도는 약 1.1%로 같으며 멤브레인 처리 후 당 손실이 없음을 확인함.
- 멤브레인 처리한 수화분쇄 액상을 감압농축하여 최종적으로 17.9%의 혼합당 용액을 제조하여 착한농부에 분양함.
- 차년도에는 RO 멤브레인으로 혼합당 용액을 제조하고 멤브레인 농축 공정 최적화를 수행할 예정임.

4) 착즙액의 공정 물질 수지 분석

- ✓ Sucrose, glucose, fructose 등 혼합당 성분 및 폴리코사놀, 단백질 등 추출성 성분분석과 수화분쇄/고액분리/분리농축 공정 단계별 물질 수지 분석

- 혼합당 회수를 위한 단수수 2차 착즙 공정 물질 수지는 그림 52과 같음.

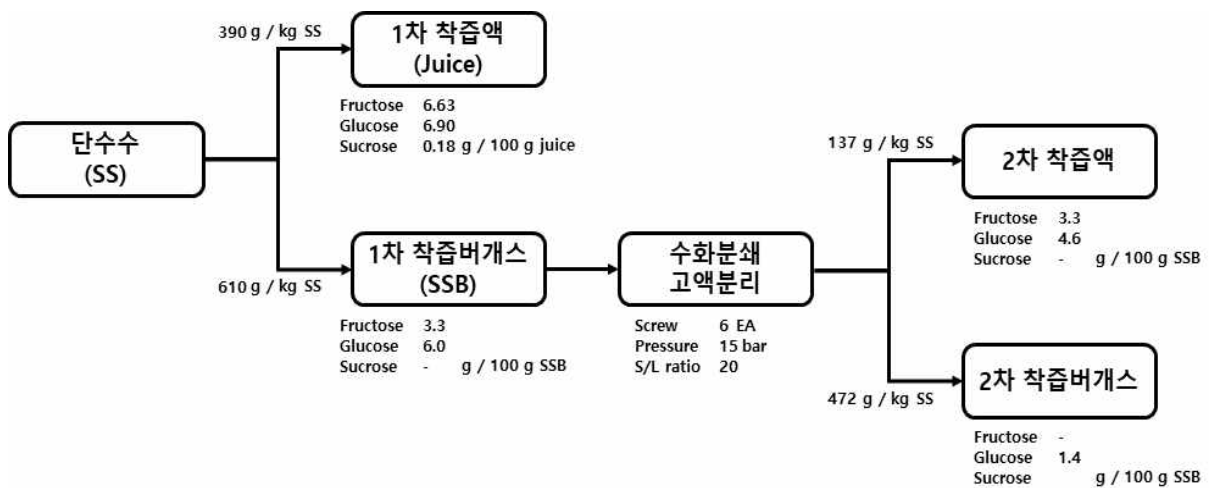


그림 52. 단수수 2단계 착즙 공정 혼합당 물질 수지

- 수화 분쇄는 최적 조건인 스크류 속도 150 rpm, 주입수 온도 80 °C, 주입수 고액비 1:10로 실시하였으며, 필터프레스를 이용한 고액분리는 고액비 1:20, 가압압력 15bar, 가입시간 10분 조건으로 수행되었음.
- 1차 착즙에서는 약 39%의 혼합당 추출률을 보였으며, 기 설정된 조건에서의 2차 착즙에서는 잔여 착즙액 내 거의 모든 혼합당이 회수되어 90.8%의 총 혼합당 회수율을 나타냄.
- 차년도에는 100kg 이상의 단수수 버가스를 처리하여 혼합당 물질 수지에 더하여 폴리코사놀 등 지용성 추출물의 물질 수지를 구하고자 함.

✓ 저분자 휘발성 물질 프로파일링

- 단수수 버개스를 헥산으로 추출하여 폴리코사놀외의 기타 휘발성 물질을 GCMS를 이용하여 분석하였음(그림 53).

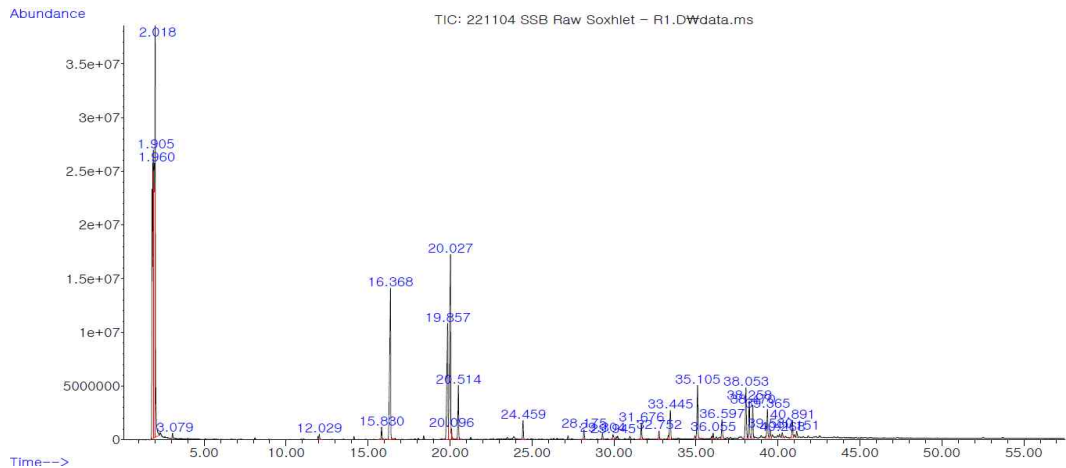


그림 53. 단수수 버개스 헥산 추출물 크로마토그램

표 39. 단수수 버개스 헥산 추출물의 휘발성 물질

	휘발성 물질	라이브러리 매칭률 (%)
1	Trifluoroacetamide	>90
2	Diethylene glycol	
3	Tetradecanoic acid	
4	1H-Indole-1-acetic acid	
5	E,Z-1,3,12-Nonadecatriene	
6	Pentadecanoic acid	
8	HENICOSANE	
9	1,19-Eicosadiene	
10	2-Carbomethoxy-6-methoxy-benzoyl chloride	
11	1,19-Eicosadiene	

- 단수수 버개스의 헥산 추출물에 유기산류 물질을 포함한 다양한 휘발성 물질들이 존재함을 확인함.(표 39)

5) 단수수 버개스 착즙분쇄물 고부가가치화

✓ 단수수 착즙 분쇄물의 이화학적 조성 평가

- NREL 제공 Laboratory analytical procedure에 따른 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스의 구성 단당류 및 리그닌 조성 분석을 실시함.

- 고농도 황산(72 wt%)에 의한 1차 가수분해 후, 고온(121°C) 및 저농도 황산 촉매(4%) 존재 하에 2차 가수분해를 진행함. 여과를 통해 고체와 액체를 분리한 후, 고체는 산불용성 리그닌(acid insoluble lignin, AIL), 액체는 산가용성 리그닌(acid soluble lignin, ASL) 정량에 이용하였음.

- 또한, 위의 액체 분석은 중화 후 RI detector(RI-6000, Futecs, Korea)가 장착된 High performance liquid chromatography(HPLC; LC-6000, Futecs, Korea)를 이용하여 셀룰

로오스와 헤미셀룰로오스의 구성당인 glucose, xylose, galactose, arabiose 및 mannose의 측정에 이용하였음.

표 40. 단수수 줄기 및 착즙 분쇄물의 성분 조성

	Stalk	Bagasse				
		First bagasse	Second bagasse			
			Quantify of reverse screw (pcs)			
			0	3	6	9
Glucan	36.30 ± 0.94 ^c	47.94 ± 0.15 ^a	46.05 ± 0.90 ^b	47.62 ± 0.62 ^a	46.31 ± 0.82 ^b	46.95 ± 0.37 ^{ab}
Xylan	8.25 ± 0.05 ^d	19.38 ± 0.12 ^c	22.77 ± 0.52 ^b	24.01 ± 0.31 ^a	23.95 ± 0.47 ^a	23.47 ± 0.28 ^a
Galactan	N.D.*	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Arabinan	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Mannan	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Acid soluble lignin	9.73 ± 0.04 ^a	8.64 ± 0.13 ^b	7.91 ± 0.15 ^c	7.49 ± 0.01 ^d	7.55 ± 0.15 ^d	7.76 ± 0.10 ^c
Acid insoluble lignin	8.83 ± 0.22 ^c	17.15 ± 1.38 ^b	18.99 ± 0.28 ^a	18.80 ± 0.37 ^{ab}	18.45 ± 1.69 ^{ab}	19.18 ± 0.13 ^a

*N.D.: Not detected.

**Values are the mean ± standard deviation of three experiments.

***Mean values with the different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test by one-way ANOVA ($p < 0.05$).

- 단수수 착즙 시 이용되는 단수수 줄기의 성분 분석 결과(dry weight basis), glucan 36.30%, xylan 8.25%, acid soluble lignin 9.73%, acid insoluble lignin 8.83%로 나타남.
- 수화 분쇄 공정으로 인하여, 착즙 후의 분쇄물에는 착즙 전 성분과 비교 시 전체적으로 glucan, xylan 및 acid insoluble lignin 함량의 증가와 acid soluble lignin의 감소가 확인됨.
- 또한, 2차 착즙 분쇄물에서는 xylan 및 acid insoluble lignin 함량이 두드러지게 증가하였으며, acid soluble lignin의 함량은 감소하는 것으로 확인됨. 수화 분쇄 시 가용성 성분의 분리 및 바이오매스 분쇄 효과에 따른 결과임.

✓ 당화율 및 발효율 분석

■ Cellulase 활용 당화(가수분해)율 평가

- 상용 Cellulase인 Cellic® CTec2(Novozymes, Copenhagen, Denmark)를 이용하여 단수수 착즙 분쇄물의 효소적 가수분해율을 평가하였음. 이 때, FB는 1차 착즙 분쇄물(First bagasse), SB-X는 2차 착즙 분쇄물(Second bagasse) 및 역스크류의 개수를 나타냄.
- 당화율은 기질을 시판 셀룰로오스(Avicel® PH-101; Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 이용한 경우와 함께 비교하여 그림 54에 나타내었음.
- 1차 착즙 분쇄물의 당화율은 19.48%, 2차 착즙 분쇄물은 역스크류 개수에 따라 각각 5.52%, 1.49%, 1.52%, 12.41%로 나타났으며, 상대적으로 낮은 당화율을 보이므로 당

화율 개선을 위하여 추가 화학적 전처리를 고려함.

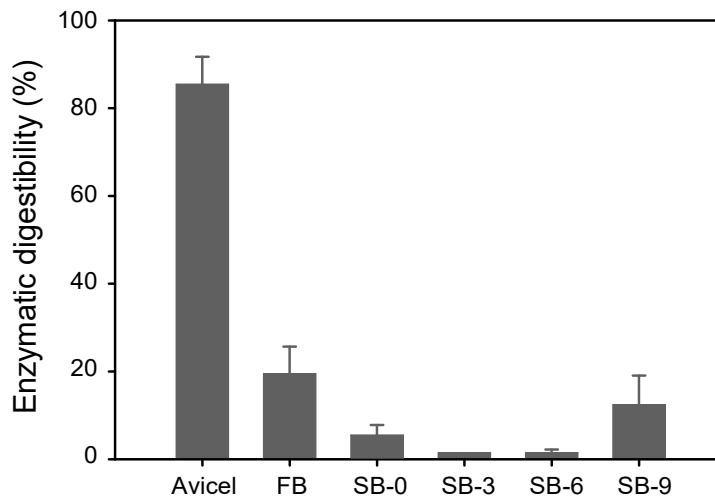


그림 54. 단수수 착즙 분쇄물의 당화율

■ 추가 화학적 전처리 필요성

표 41. 다양한 용매 조건에 따라 전처리된 SB-9 샘플의 성분 조성

	Untreated	Treated with		
		1% sulfuric acid	1% NaOH	Distilled water
Solid recovery		50.46 ± 2.08	61.15 ± 0.99	73.05 ± 1.84
Glucan recovery		37.50 ± 1.55	46.86 ± 0.76	46.69 ± 1.18
Glucan	46.95 ± 0.37	34.90 ± 5.10	35.98 ± 3.80	30.01 ± 0.29
Xylan	23.47 ± 0.28	5.27 ± 0.04	13.03 ± 0.14	9.68 ± 0.18
Galactan	N.D.*	N.D.	N.D.	N.D.
Arabinan	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Mannan	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Acid soluble lignin	7.76 ± 0.10	3.59 ± 0.13	5.86 ± 0.03	5.89 ± 0.15
Acid insoluble lignin	19.18 ± 0.13	34.26 ± 0.30	8.43 ± 0.43	23.11 ± 0.48

*N.D.: Not detected.

**Values are the mean ± standard deviation of three experiments.

***Mean values with the different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test by one-way ANOVA ($p < 0.05$).

- 당화율 개선을 위해 마이크로웨이브 시스템(SEM Mars 5; CEM Corp., Matthews, USA) 및 화학적 촉매를 고려한 전처리를 수행함. 이 때 전처리는 10% solid loading으로 180°C에서 10분간 수행되었으며, 전처리 용매로 1% sulfuric acid, 1% sodium hydroxide, distilled water를 각각 이용하였음.
- 역스크류 개수가 9개인 2차 착즙 분쇄물(SB-9)을 이용하여 다양한 용매 조건에서의 전처

리 후 성분의 변화를 표 35에 나타내었음.

- 1% NaOH를 이용하였을 때 높은 glucan 함량과 xylan 및 lignin의 제거가 잘되는 것을 확인할 수 있음.
- 그러나, glucan recovery를 기준으로 distilled water를 이용했을 때와 유사한 값을 나타내는 것을 확인할 수 있으므로, 더 온화한 조건인 distilled water를 추가 전처리 용매로 선정하였음.

■ 전처리에 따른 당화율 평가

표 42. Distilled water를 이용한 전처리 후 단수수 착즙 분쇄물의 조성 비교

	Bagasse				
	First bagasse	Second bagasse			
		Quantify of reverse screw (pcs)			
		0	3	6	9
Glucan	50.61 ± 1.43 ^a	48.71 ± 0.45 ^a	42.39 ± 4.69 ^b	35.96 ± 0.87 ^c	30.01 ± 0.33 ^d
Xylan	9.76 ± 0.02 ^b	11.39 ± 0.10 ^a	11.05 ± 0.93 ^a	11.27 ± 0.72 ^a	9.68 ± 0.25 ^b
Galactan	N.D.*	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Arabinan	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Acid soluble lignin	6.60 ± 0.19 ^b	6.87 ± 0.02 ^{ab}	6.94 ± 0.16 ^{ab}	7.25 ± 0.41 ^a	5.89 ± 0.16 ^c
Acid insoluble lignin	24.99 ± 0.31 ^a	23.29 ± 0.18 ^b	22.62 ± 0.22 ^{cd}	22.12 ± 0.11 ^d	23.11 ± 0.48 ^{bc}

*N.D.: Not detected.

**Values are the mean ± standard deviation of three experiments.

***Mean values with the different letters in the same column are significantly different by Duncan's multiple range test by one-way ANOVA ($p < 0.05$).

- 표 42은 단수수 착즙 분쇄물을 distilled water 및 마이크로웨이브 시스템을 이용하여 180°C에서 10분간 전처리 후 얻은 고형분의 성분 분석 결과임.
- 전처리를 통하여 모든 착즙 분쇄물에서 xylan의 분해를 확인할 수 있으며, 착즙 분쇄물의 분쇄 횟수 및 역스크류의 개수에 따라 glucan 함량을 다양하게 조절할 수 있었음. 특히 1차 착즙 분쇄물의 경우 전처리를 통하여 높은 glucan 함량을 나타냈으며, 2차 착즙 분쇄물의 경우 역스크류의 개수가 증가할수록 glucan 함량이 감소하는 것으로 나타남.
- 전처리된 단수수 착즙 분쇄물은 CTec2를 활용하여 당화율 평가 및 전처리 효과를 확인하였음. 이 때 전처리 조건은 앞선 당화 조건과 동일하게 진행하여, 전처리 전후의 착즙분쇄물의 당화율을 비교 분석하였음.
- 1차 착즙 분쇄물의 경우 전처리 후 당화율이 약 3.27배 증가하였으며, 2차 착즙 분쇄물의 경우 전처리를 통하여 당화율이 최대 50.90배(SB-3)까지 증가하였으며 최대 77%의 당화율을 보임.
- 또한, 1차 착즙 분쇄물보다 2차 착즙 분쇄물에서 전처리에 따른 당화율이 더 높았으며, 2차 착즙 분쇄물에서는 역스크류의 존재 하에 전처리에 따른 효과가 더 높게 나타났음(그림 55).

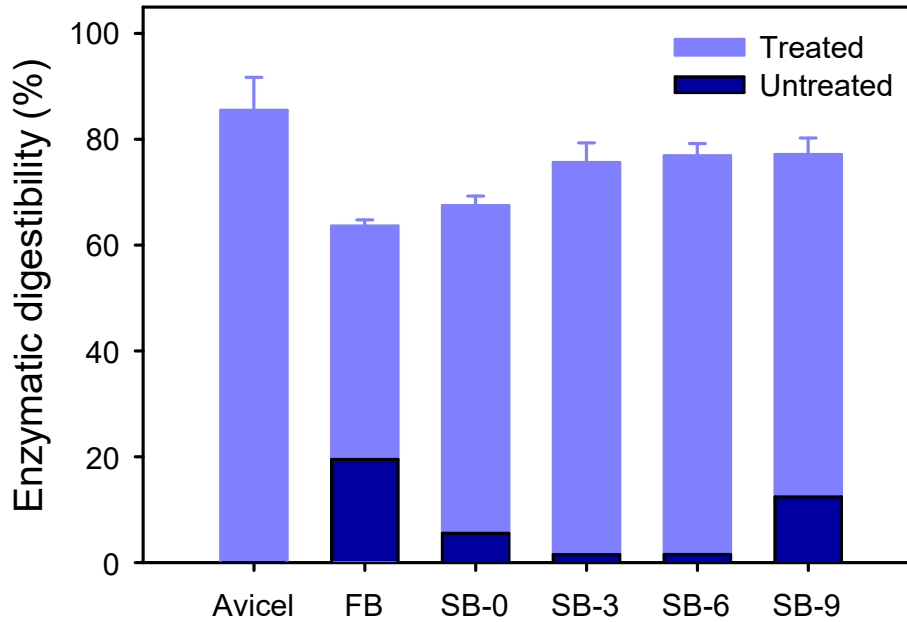


그림 55. 전처리된 단수수 착즙 분쇄물의 당화율

■ FTIR 구조 분석

- 단수수 착즙 분쇄물의 전처리에 따른 화학구조 변화를 알아보기 위하여 FTIR 분석 결과를 그림 56에 나타냄
- 전처리 전후의 단수수 착즙 분쇄물 결과를 비교하였을 때, 셀룰로스, 리그닌, 헤미셀룰로스에 해당하는 특정 파장대(1245, 1510, 1733, 1035cm⁻¹)에서 변화가 있는 것을 살펴볼 수 있음.
- 1245cm⁻¹는 리그닌 내 aromatic ring 물질의 C-O 신축 운동을 의미하며, 1035cm⁻¹는 셀룰로스 내의 C-O 진동을 의미함. 그림 56(a)에서 단수수 원물(SS)과 1, 2차 착즙 분쇄물 피크를 비교하였을 때, 해당 파장대의 피크 세기가 RB에서 상대적으로 작은 것으로 나타남. 이는 RB와 1,2차 착즙 분쇄물의 성분분석 결과를 바탕으로 보았을 때, 두 샘플 간의 리그닌, 셀룰로스 함량 차이가 FTIR 결과에도 나타난 것으로 보임. (리그닌, 셀룰로스 함량: 단수수 < 1, 2차 착즙 분쇄물)
- 1733cm⁻¹는 헤미셀룰로스와 리그닌의 결합체에서 C=O 신축 운동에 의한 피크를 의미함. 전처리한 단수수 착즙 분쇄물에서 1035cm⁻¹, 1245cm⁻¹ 뿐만 아니라 1733 cm⁻¹에서 해당 피크들의 세기가 전처리 전 샘플과 비교하여 모두 줄어든 것을 볼 수 있음.
- 1035cm⁻¹는 셀룰로스 내의 C-O 진동을 나타내며, 전처리 전 샘플에서 스크류 개수가 증가함에 따라 세기가 커지는 것을 볼 수 있으며, 전처리 후 샘플들에서 모두 그 세기가 감소한 것을 볼 수 있음.

■ XRD 측정을 통한 결정화도 분석

- XRD 분석을 통해 셀룰로오스의 결정화도를 측정할 수 있으며, 효소적 가수분해와 바이오매스 샘플의 이용성을 나타내는 중요한 지표로써 의미를 가짐.
- 16.3°와 22°의 피크는 셀룰로오스 내의 결정질 부분에 해당하는 피크로써, 전처리 후 피크 세기와 높이가 더 높아진 것을 확인할 수 있음. 또한 18°의 피크는 샘플 내 비결정질

부분에 해당하는 부분으로, 전처리 후의 결과에서 해당 피크대의 깊이가 더욱 깊어진 것을 볼 수 있음.

- XRD 분석을 통해 도출하는 Crystallinity index(CrI)는 착즙 분쇄물의 결정화 정도를 수치화하여 객관적으로 나타냄. 전처리 전후 샘플의 CrI 값은 표 43에 정리되었음(그림 57).
- 전처리하지 않은 착즙 분쇄물의 결정화도 값의 경우, 1차 착즙 분쇄물은 38.72%, 2차 착즙 분쇄물의 경우 스크류 개수(0, 3, 6, 9개)에 따라 각각 45.01%, 43.87%, 41.55%, 44.82%로 나타남.

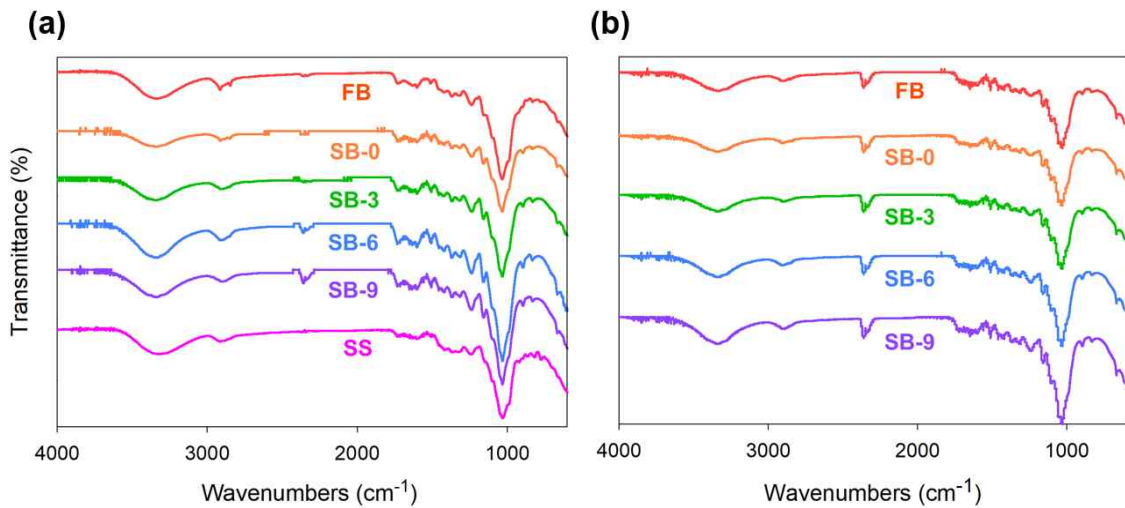


그림 56. (a) 전처리 전 착즙 분쇄물, (b) 전처리 후 착즙 분쇄물

- 전처리한 착즙 분쇄물의 결정화도는 1차 착즙 분쇄물이 55.22%, 2차 착즙 분쇄물의 경우 스크류 개수(0, 3, 6, 9개)에 따라 각각 53.18%, 54.74%, 57.50%, 60.54%로 나타났으며, 스크류 개수가 증가할수록 결정화도가 증가하는 경향을 나타냄
- 전처리한 샘플에서 CrI 값이 증가한 것은 전처리로 인해 리그닌 및 헤미셀룰로오스가 제거되었기 때문으로 볼 수 있음.

표 43. 전처리에 따른 결정화도(Crystallinity index, CrI)

CrI(%)	First bagasse	Second bagasse			
		Quantity of reverse screw (pcs)			
		0	3	6	9
Untreated	38.72	45.01	43.87	41.55	44.82
Pretreated	55.22	53.18	54.74	57.50	60.54

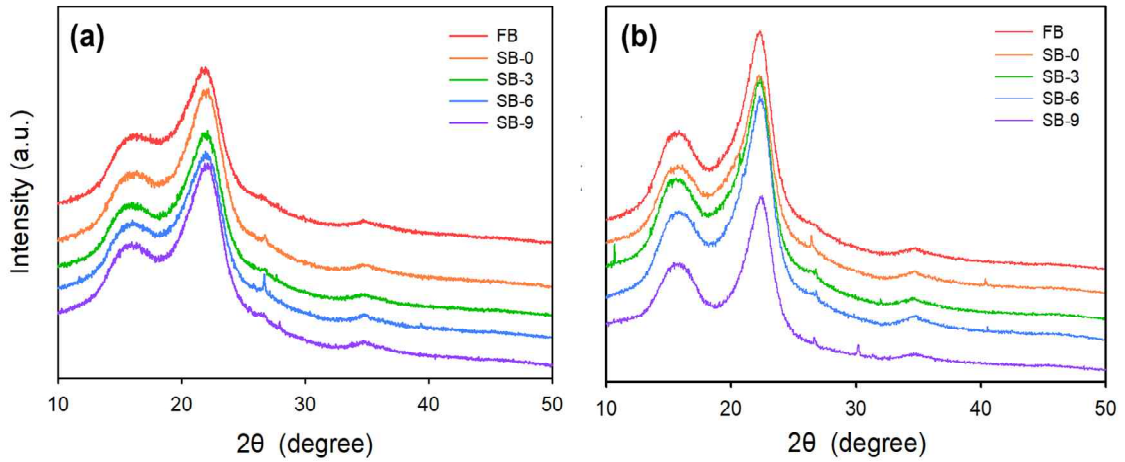


그림 57. (a) 전처리 전 1차 및 2차 착즙 분쇄물, (b) 전처리 후 1차 및 2차 착즙 분쇄물

■ *Saccharomyces cerevisiae* 균주 활용 발효능 평가

- 전처리 후 얻은 액체 및 고체 슬러리를 활용하여 동시당화발효를 수행하였음. 기질은 전처리 전 6%를 기준으로 투입되었으며, 효소 및 효모 투입량은 각각 CTec2 20FPU/g glucan 및 5% 접종이고, 30°C, 200rpm에서 24시간동안 발효되었음.
- 소비되는 Glucose 및 생산되는 Ethanol 양은 HPLC를 통해 분석하였음(그림 58).
- 1차 착즙 분쇄물을 이용한 슬러리에서 초기 glucose 함량이 가장 높았으며 1차 착즙 분쇄물 및 2차 착즙 분쇄물의 경우 24시간까지 ethanol 생산량이 증가하는 경향을 나타냈으나 역스크류를 사용한 2차 착즙 분쇄물의 경우 12시간에서 가장 높은 ethanol 생산량을 보인 후 감소하는 경향을 나타내었음.
- 가장 높은 ethanol 생산량을 보인 것은 2차 착즙 분쇄물(SB-0)로 24시간에서 11.52g/L의 ethanol 생산량을 나타냄.

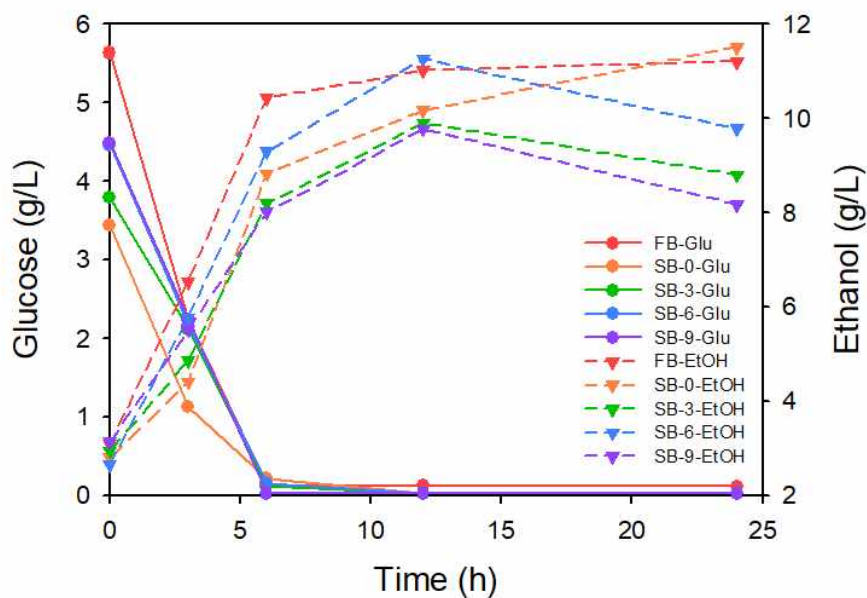


그림 58. Simultaneous saccharification and fermentation (SSF)

✓ 마이크로소재화 및 특성 분석

■ 물리적 처리에 따른 미세섬유화 및 표면 이미지 분석

- 앞서 Distilled water로 전처리한 착즙 분쇄물은 고속 블렌더(Vitamix TNC5200; Vitamix, Cleveland, Ohio, USA)를 이용하여 미세섬유화 과정을 통해 Lignocellulose nanofibers(LCNF)를 제조하였음. 이 때 조건은 1% loading을 기준이며 37,000rpm의 속도로 최대 160분간 진행되었음.
- 아래 그림 59에서는 전처리 전후의 착즙 분쇄물 및 제조된 미세섬유를 SEM(Scanning Electron Microscopy)을 통해 표면 특성을 조사하였음.
- 초기 착즙 분쇄물은 전처리 과정을 통해 입자의 사이즈가 감소하였으며, 블렌더를 이용한 물리적 처리 과정에 의해서 나노 사이즈의 섬유가 형성된 것을 확인할 수 있음. 100배율의 이미지에서는 물리적 처리 이후 생성된 가는 섬유상들이 고르게 분포되어 있는 것을 확인할 수 있으며, 10,000배율 이미지에서 미세한 섬유상들이 고르게 서로 얽혀있는 모습을 확인할 수 있음.

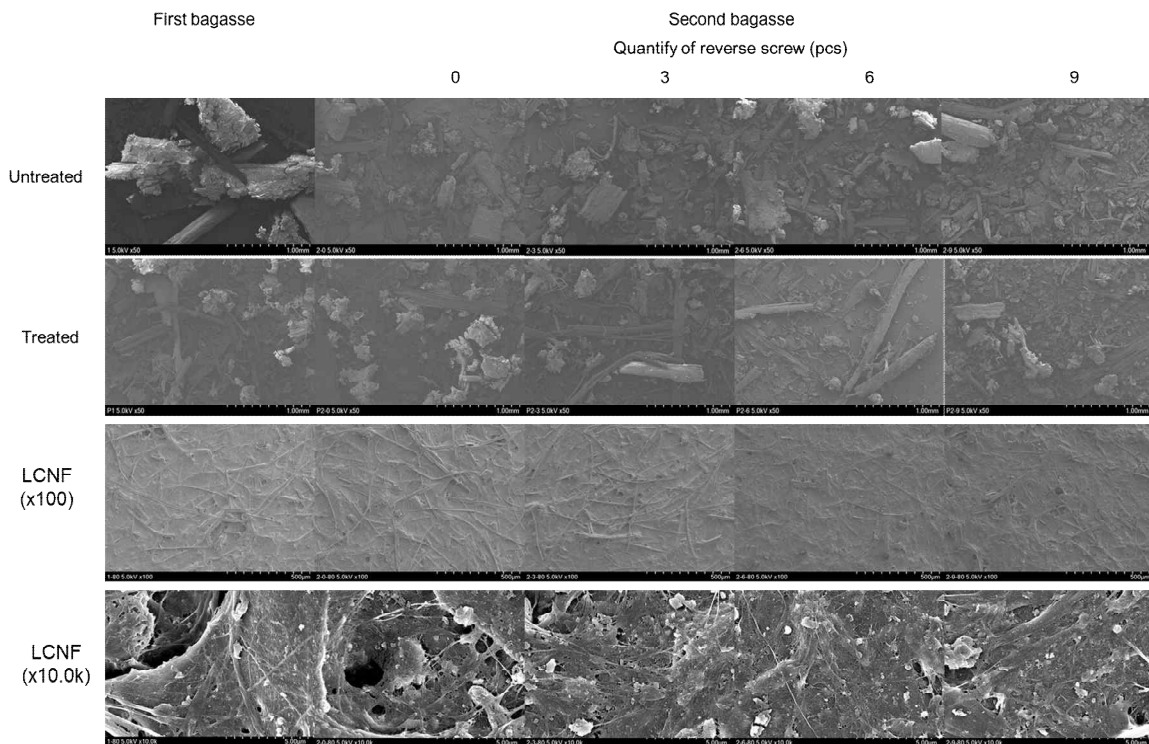


그림 59. 전처리 전후의 착즙 분쇄물 및 제조된 LCNF의 SEM 이미지

■ Water retention value (WRV) 측정

- 제조된 LCNF의 수분 보유 능력 측정을 위해 Water retention value test를 진행하였음.
- Water retention value 측정 결과(그림 60), 물리적 처리에 의해 모든 착즙 분쇄물에서 WRV 값이 5 이상으로 높게 나타나는 것을 확인할 수 있음.
- 특히 FB와 SB-0은 40분의 처리에도 WRV 값이 각각 6.33, 6.13으로 가장 높은 수치를 보였으며, 나머지 샘플에서도 80분동안의 블렌딩으로 높은 WRV 값을 유지하는 것을 확인할 수 있었음.

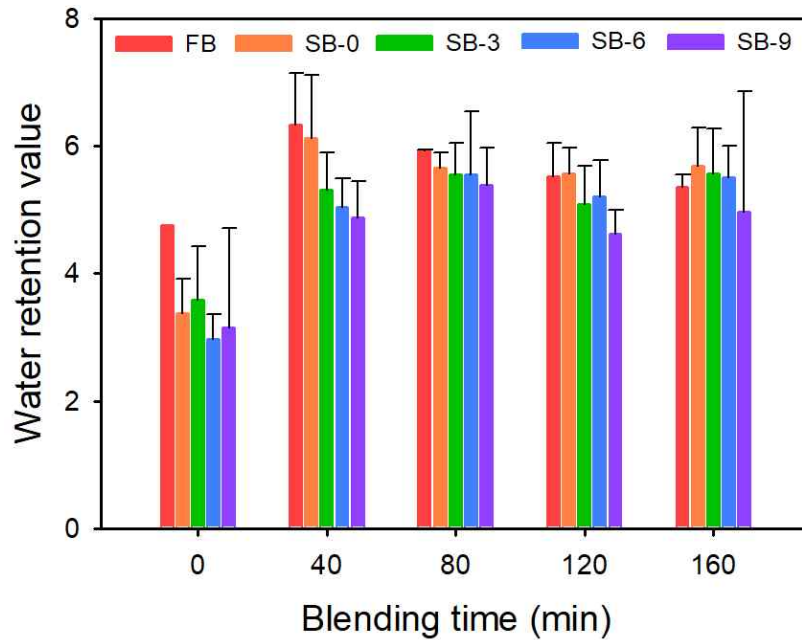


그림 60. Water retention value (WRV)

■ Sedimentation test

- 제조된 LCNF의 분산 안정성을 확인하기 위해 sedimentation test를 진행하였음.
- 아래 그림 61은 48시간 정치시킨 후 분산된 LCNF의 층을 촬영한 사진이며, 그림 62는 1%로 제조된 LCNF를 0.1, 0.2, 0.4, 0.8% 농도별로 희석한 후, 초기 분산층(H₀)과 48시간 정치 후 분산된 층(H_s)의 비율로 수치화하여 나타낸 그림임.
- 모든 샘플에서 40분 블렌딩에도 분산 층이 안정된 상태로 유지되는 것을 확인할 수 있었고, 전반적으로 모든 조건에서 분산 층이 안정된 상태로 유지됨을 확인할 수 있음.
- 1차 착즙 분쇄물은 2차 착즙 분쇄물보다 더 안정적인 침전층을 유지했고, 2차 착즙 분쇄물은 역스크류 개수가 적을수록 더 높은 분산능을 확인할 수 있는데, 이것은 LCNF 제조에 이용되는 착즙 분쇄물의 셀룰로오스 및 리그닌의 구성에 따라 섬유상 형태를 구성하는 셀룰로오스 함량이 더 높을수록 안정된 층을 유지하기 때문임.

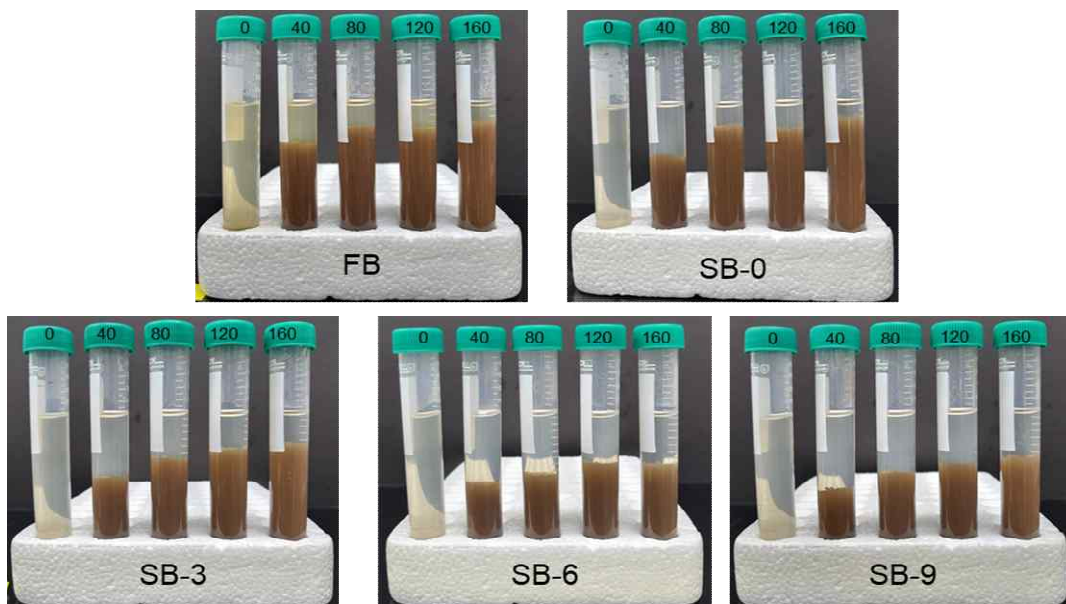


그림 61. 48시간 sedimentation test 후 분산층의 촬영 사진

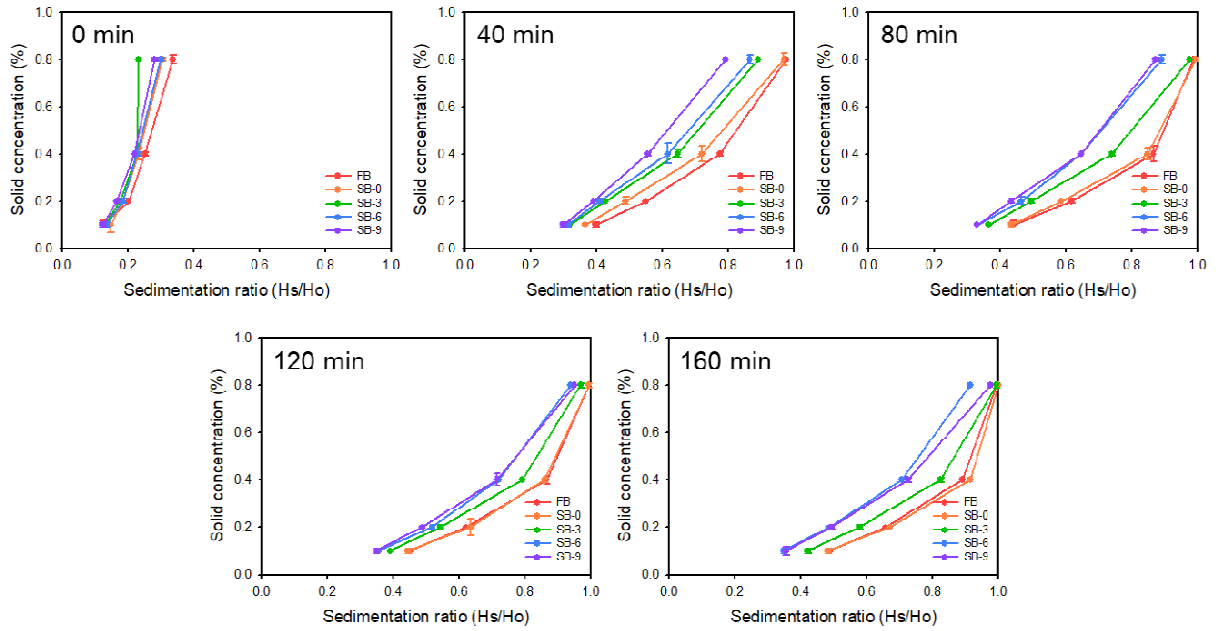


그림 62. 샘플 농도 및 블렌딩 시간에 따른 sedimentation ratio

공동연구개발기관 ((주)착한농부)

1) 단수수 1, 2차 착즙액을 이용한 발효공정 조건 탐색

✓ 지그재그 스팀 농축기를 이용한 단수수 1차 착즙액 농축 테스트

- 단수수 1차 착즙액을 농축하기 위해 지그재그 스팀 농축기를 이용하여 농축을 진행함. 초기 당도 16 Brix에서 76 Brix로 약 4.8배 농축됨(그림 62).

표 44. 농축 전 후 당농도

일시	착즙액	당도	농축 후		비고
			수량	당도	
22년 4월	650 l	16 Brix	121 l	76 Brix	엽록소 등 부유물 완벽제거
22년 9월	600 l	15.5 Brix	111 l	73 Brix	엽록소 등 부유물 완벽제거

- 농축조건은 103 °C 였고 당용액의 이동 시간은 91분 30초 였음, 농축 후 당용액이 온도는 98 °C 였음.



그림 62. 지그재그 스팀 농축기 시스템

✓ 착즙액 원액과 농축액의 발효조건 탐색

- 착즙원액은 16.5 Brix 였으며 설탕으로 보당 후 24.5 Brix 농도의 1000L 당용액을 원료로 하였음. 농축액은 24.6 Brix 농도의 1000L를 원료로 함(그림 63).
- 여기에 아황산칼륨과 인산염을 추가하고, EC118 효모 150g을 투입하여 발효 하였고 시간에 따른 온도를 측정하였음(그림 64).
- 표 45의 결과로 착즙원액과 농축액의 최종 알코올량과 회수율은 차이가 거의 없음.
- 하지만 관능검사 결과 착즙액 증류원액의 향은 무난한 편이나 농축액 증류원액의 향은 우수하였음(이취가 거의 없음).
- 농축액 증류원액의 이취가 없이 우수한 원인으로는 기존의 착즙과정에서 착즙액에 포함되는 엽록소 등의 성분이 농축과정에서 제거됨에 따른 영향으로 예상되며 구체적인 원인 및 최적화와 관련된 후속 연구를 진행할 필요가 있음

표 45. 단수수 착즙액과 농축액 발효조건 탐색

착즙원액 16.5 Brix	원 료 2021년산 단수수 착즙액	농축액 24.6 Brix
설탕으로 보당 후 24.5 Brix, 1,000ℓ	수 량	1,000ℓ
아황산칼륨 200g, 인산염 250g	첨 가	인산염 250g
EC1118 150g 아황산칼륨 살균 5시간 후 투입	효모투입	EC1118 150g
17 ℃	1일차 온도	19℃
19 ℃	4일차 온도	26℃
24 ℃	6일차 온도	29℃ (31℃로 상승하여 냉각수 살포)
28 ℃ (30℃로 상승하여 냉각수 살포)	8일차 온도	28℃
	10일차 이후	서서히 온도 하강
알콜 11.5%	25일차	알콜 13%
알콜 13%	30일차	알콜 14%
422.5ℓ, 알콜 28%, 회수율 91%	1차 증류 (감압)	472ℓ, 알콜 27%, 회수율 91.02%
199ℓ, 알콜 52%, 회수율 87.4%	2차 증류 (감압)	203ℓ, 알콜 54%, 회수율 86%
79.6 %	총 알콜 회수율	78.3 %
10,348	최종 알콜량	10,962
	결 과 (착즙액 대비)	+614 (+5.93%)
무난함	관능검사결과	우수함 (이취가 거의 없음)

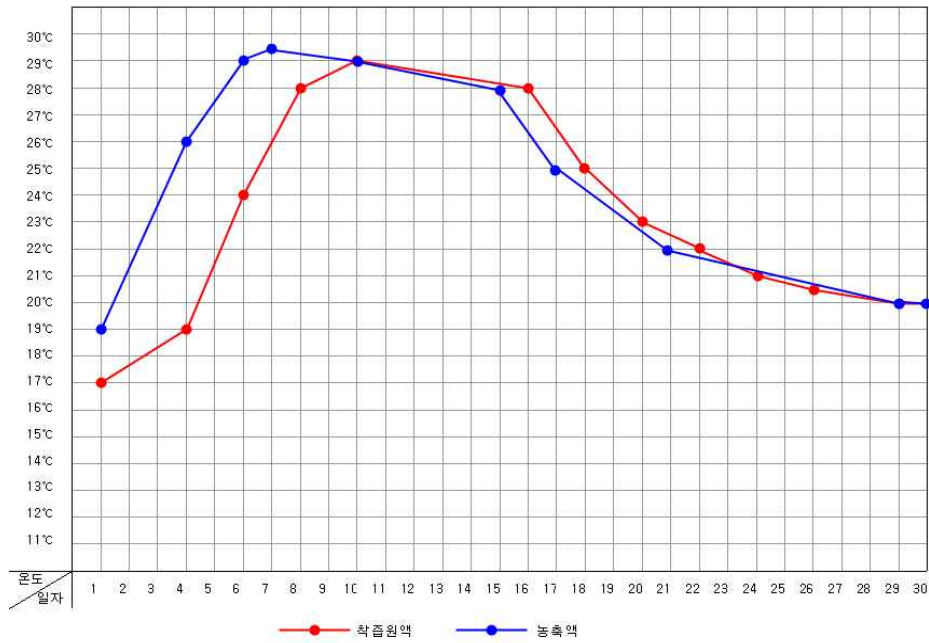


그림 63. 일자별 온도 변화 추이



그림 64. 단수수 착즙액의 발효조(좌) 및 단수수 농축액 발효조(우)

✓ 2차 착즙액의 농축 및 발효조건 탐색

- 31.8 Brix 농도의 2차 착즙액 농축을 위해 100 °C에서 끓여서 농축하고 부유물을 제거하였음. 60 Brix에서 관능평가 결과 단맛이 약하고 시큼한 맛이 강하였고 85 Brix 이상(측정기 85 Brix 한계) 농축하였으나 시큼한 맛이 아주 강하여 식용불가 판정됨.
- 2차 착즙액의 18일동안 발효 후 알코올 농도는 6%로 1차 착즙액에 비해 낮은 수준의 알코올 수율을 나타냄.

표 46. 단수수 2차 착즙액 발효조건 탐색(※ 효모 EC1118)

	수 량	당 도	가 수	가 수 후				발 효	
				수 량	당 도	인산염	효모	14일차	18일차
2차 착즙액	3ℓ (3,300g)	31.7 Brix	0.9ℓ	3.9ℓ	24.3 Brix	1 g	1.2 g	알콜 5%	알콜 6%

✓ 증류주 분석

- 증류주의 메탄올과 알데히드 함량 분석을 위해 국세청주류면허지원센터에 의뢰하였음. 분석결과 메탄올은 검출되지 않았고, 알데히드는 2.6 mg/100ml로 1단계 목표인 70 mg/100ml 이하 목표를 달성함. 그림 66의 분석감정서에서 확인 가능함.

■ 국세청주류면허지원센터 시설사용규칙[별지 제3호 서식]

분석·감정서


발행번호	202203875	접수번호	512-2022-1-100547075767		
분석·감정 완료일	2022년 09월 27일	접수 연월일	2022년 09월 14일		
공시품명	밀당 40, 40.0% - 360ml	제조 연월일 (제조번호)	2022년 09월 08일		
주류종류	일반증류주	유통(품질유지)기한			
의뢰자	성명		업체명		
	주소				
제조사	성명	김상선	업체명	농업회사법인 주식회사 착한농부	
	주소	경상북도 예천군 용문면 북천길 16-8			
분석·감정 의뢰목적	참고용				
시 험 결 과					
분석항목	분석기준	분석결과	판정	비고	
성상	고유의 형태, 색깔을 가지고 이미·이취가 없을 것	정상	적합		
비중(15℃)	-	0.954	적합		
알코올분(V/V%)	표시도수 ±0.5	40.3	적합		
산도	-	0.3	적합		
알데히드(mg/100ml)	70.0이하	2.6	적합		
메탄올(mg/ml)	1.0이하 (국물사용 시 0.5이하)	불검출	적합		
퓨젤유(V/V%)	-	0.102	적합		
이산화황(g/kg)	0.03미만	불검출	적합		
사카린나트륨(g/kg)	불검출	불검출	적합		
불휘발분(g/100ml)	2.0미만	불검출	적합		
종합판정 : 본 건 주류는 일반증류주 기준 및 규격에 적합함					
분석자 : 김나현, 강기원, 문준웅, 강길란, 강경하 책임자 : 장영진 ※ 위 판정은 의뢰된 분석 항목만을 대상으로 한 것입니다. ※ 이 성적은 제시된 제품에 한하며 분석·감정 의뢰목적 외의 광고, 선전 등에 이용할 수 없으며, 용기, 포장 등에 표시할 수 없습니다.					
「국세청주류면허지원센터 시설사용규칙」 제4조에 따라 위와 같이 분석·감정서를 발급합니다.					
2022. 09. 27.					
국세청주류면허지원센터장 					

그림 68. 단수수 증류주 시험성적서

✓ 당시럽의 분석

- 지그재그 시스템을 이용하여 착즙액을 농축하여 85 Brix의 시럽을 제조하였고, 중앙생명 연구원(주)에 분석 의뢰하여 시험성적서를 발급 받음(그림 67).
- 납과 사카린나트륨 함량은 분석 결과 불검출로 당해연도 정량목표를 달성함.
- 시럽의 당농도는 시험성적서상 49%지만 시럽과 증류수의 희석비율(7:3)을 고려했을 때 당농도 70%로 올해 정량목표를 달성함.

문서확인번호 : OBVH-M6UT-F1D4-XKRE



참고용 시험성적서

본 성적서는 식품의약품안전처 『식품·의약품분야 시험·검사 등에 관한 법률』에 따른 것이 아닙니다.

발행번호		R20221209-0200		접수번호		220112828-001	
검사완료일		2022-12-09		접수연월일		2022-11-17	
제품명		단수수시럽		제조(수입)일 (제조번호)			
				품목제조신고번호			
유형·재질·품목명		기타기준규격외		유통기한, 품질유지기한 또는 소비기한			
의뢰자	성명	김상선		업체명	농업회사법인 주식회사 착한농부		
	소재지	경상북도 예천군 용문면 북천길 16-8					
		전화번호:		팩스번호:		전자우편:	
제조원	업체명					제조국	
	소재지						
시험목적		식품 기타(참고용)					

시험 항목 및 결과

시험 항목	시험 기준	시험 결과	비고
사카린나트륨(mg/kg)	기준없음	불검출	
납(mg/kg)	기준없음	0.0	
당도(%)	기준없음	49.0	

종합판정 : 상기시험확인함
 시험검사원 : 김우형, 김정은 시험검사책임자 : 이영애

비고 : 당도 항목은 [단수수시럽(7) : 증류수(3)] 의 비율로 희석하여 실험

※ 동 시험성적서는 법적 효력이 없으며, 시험목적 이외에는 사용할 수 없습니다.

2022년12월09일

중앙생명연구원(주)

12077 경기도 남양주시 별내면 청학로54번길 50 T:031-844-1720 F:031-844-0854



* 본 증명서는 인단넷으로 발급되었으며, 발급번호를 통하여 위변조 여부를 확인할 수 있습니다.
 또한, 본서하단의 바코드로도 검위확인(스캐너를 문서확인프로그램)을 하실 수 있습니다. <http://lms.mfds.go.kr> Page 1 of 1

그림 69. 단수수 시럽 시험성적서

2단계 1차년도

주관연구개발기관 (한국화학연구원)

1) 단수수 버개스 수용성 혼합당 및 폴리코사놀 동시추출을 위한 수화분쇄 공정 최적화

✓ 수용성 혼합당 및 폴리코사놀 고수율 동시 추출 조건 확립

- 당해 연도 실험에 사용된 단수수 버개스는 착한 농부로부터 1차 착즙 후 제공받음. 단수수 버개스는 상온에서 자연건조 후 수분함량 10% 이하로 유지되도록 보관하여 사용함. 단수수 버개스의 화학조성은 물 추출성 성분이 30% 이상으로 매우 높았으며, 수용성 혼합당 (약 12.5%)과 폴리코사놀이 함유되어 있어 2차 착즙을 통해 동시 회수가 가능함(표 47).

표 47. 단수수 버개스의 화학조성

원료	Extractives(%)		Carbohydrate(%)					Lignin(%)			Ash(%)	Total(%)
	Water	EtOH	Glucan	Xylan	Arabinan	Acetic acid	Carb. Total	Acid-in soluble	Acid soluble	Total		
단수수 버개스	30.1±0.0	1.0±0.1	27.8±0.1	14.8±0.1	1.9±0.0	4.3±0.2	48.9	11.6±0.1	1.6±0.0	13.3	5.3±0.1	98.6

- 이축압출기의 백스크류 개수 조합에 따른 수용성 당 추출률을 비교하여 수화분쇄 조건을 최적화함. 백스크류 개수를 6, 9, 12개로 각각 조합하여 수화분쇄를 진행하였으며, 최종 고액비 1:20으로 슬러리를 제조함. 제조된 슬러리는 필터프레스를 통해 고액분리하여 액상의 당 추출률 및 구성성분을 확인함. 백스크류 개수가 늘어날수록 분쇄 효율이 향상되고 체류시간이 증가됨에 따라 당 추출률이 높아지는 경향을 확인함(표 48). 고액분리 시 고형물의 입자가 작을수록 압착이 잘되어 액상 회수율이 높아지므로 고액분리 효율이 증대되는 것으로 판단됨.

표 48. 백스크류 개수에 따른 추출률 및 당농도

백스크류 개수	주입수 온도(°C)	고액비(S/L)	추출률(%)	당농도(%)	
				Glucose	Fructose
6	80	1:2	19.9	0.18	0.18
9			21.3	0.16	0.19
12			22.3	0.25	0.19

- 백스크류 개수를 12개로 고정한 상태에서 고액비에 따른 당 추출률 최적화를 수행함. 슬러리의 고액비가 높을수록 수용성 당의 추출률이 증가하는 경향을 확인함. 하지만 슬러리의 고액비를 1:2 이상으로 설정하면 물이 역류하여 장비 가동이 되지 않아 최종적으로 슬러리의 고액비 1:2를 최적 조건으로 선정함.
- 최종으로 선정된 수화분쇄 조건, 백스크류 개수 12개, 주입수 온도 80°C, 슬러리 고액비 1:2로 설정하여 22.3%의 수용성 당 추출률을 확보할 수 있었음.

표 49. 고액비에 따른 추출률 및 당농도

백스크류 개수	주입수 온도(°C)	고액비(S/L)	추출률(%)	당농도(%)	
				Glucose	Fructose
12	80	1:1.25	21.2	0.20	0.16
		1:1.5	21.8	0.20	0.18
		1:2	22.3	0.25	0.19

- 2차 착즙액으로부터 헥산을 용매로 추출하여 폴리코사놀의 함량을 측정하는 실험 과정은 그림 68과 같음.
- 헥산 추출물을 고형화한 후 trimethylsilylation(TMS) 유도체화 하였으며, 이후 DB5-MS 컬럼을 이용하여 GC-MS로 분석하고 옥타코사놀 함량을 확인함.

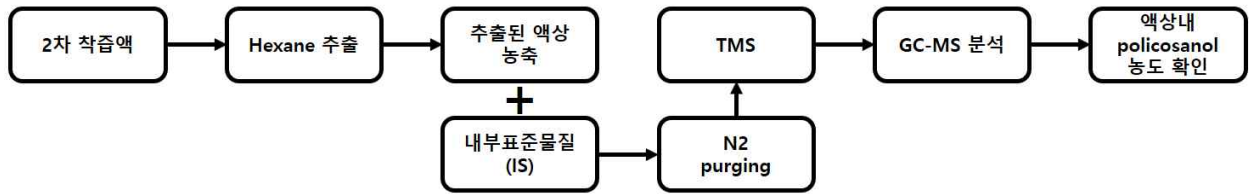


그림 68. 폴리코사놀 분석 과정

- 액상 내에 포함된 폴리코사놀(옥타코사놀)의 추출률은 원시료 대비 25.3%로 동시 추출이 가능하였음.



그림 69. 파일럿 운전 공정 스크린샷

- 단수수 버개스를 시간당 10kg씩 총 10시간 동안 이축압출기를 활용하여 수화분쇄를 진행함. 투입된 단수수 버개스는 총 100kg이며, 1:20 고액비로 슬러리를 제조하고 필터프레스로 고액분리하여 회수한 2차 착즙액은 1960kg임. 이 결과는 당해년도 바이오매스 처리량 정량목표 100kg 이상을 달성한 수치임.

✓ 착즙액의 고액분리 및 멤브레인 분리농축 공정 최적화

가. 혼합당 및 폴리코사놀 함유 착즙액의 필터프레스 및 멤브레인 운전조건 확립

- 혼합당과 폴리코사놀의 회수율을 높이기 위해 2차년도에 필터프레스의 운전조건을 압력 15 bar, 가압시간 10분으로 최적화하였음.
- Pilot 규모 한외여과막 모듈을 활용한 단수수 2차 착즙액 여과를 위해 4인치 Polyethersulfone 기반 중공사막 모듈 (PES, DFU-0407D, 디어포스멤브레인스, 유효 막면적: 7 m²/개)을 적용함. 펌프를 작동하여 압력 0.8 bar, 유속 45 L/min으로 설정 후, cross-flow type으로 단수수 2차 착즙액을 여과하였음.(그림 70)
- 한외여과막 성능 측정을 위해 PES 분리막의 flux를 측정하였음. 여과액 무게를 10분 간격으로 측정하고 투과액 양과 유효 막면적을 이용하여 PES 한외여과막의 여과 flux를 계산하였음.

- 일정량 투과 후, flux 회복을 위해 0.1% NaOH (50% NaOH in H₂O, CAS. 1310-73-2) 용액으로 화학세정을 진행하였음. 세정 후, 다음 용액을 여과하여 분리막의 flux 회복을 확인함. 모든 단수수 2차 착즙액을 처리하기 위해 위 과정을 반복함.

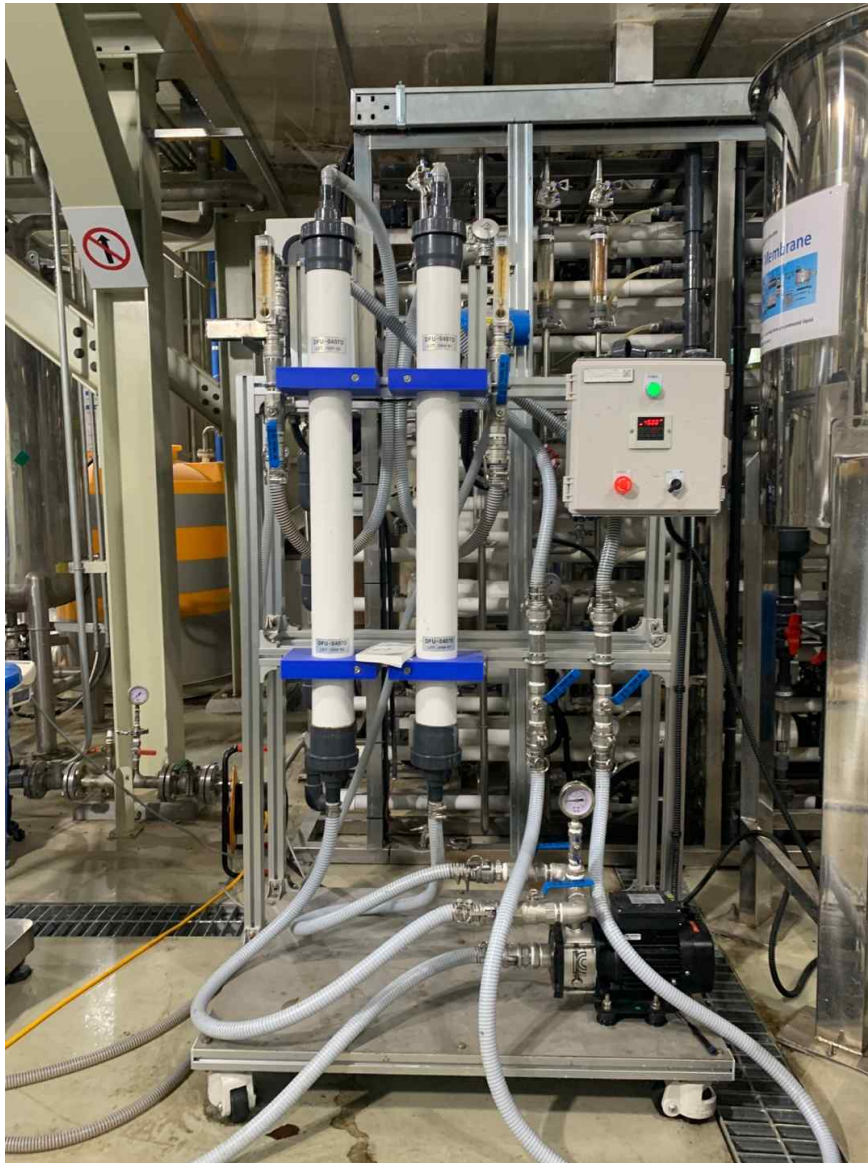


그림 70. Pilot scale 4인치 PES membrane module

- Pilot 규모로 scale-up하여 4인치 PES 분리막 모듈로 단수수 2차 착즙액 내 막 오염 유발 물질을 제거한 결과, 4인치 PES 분리막 모듈 장치로 약 1,960kg의 단수수 2차 착즙액을 여과하여 약 1,870kg의 여과액을 얻음.
- 단수수 2차 착즙액을 처리하는 과정에서 누적 처리량이 증가할수록 용액 내 단수수 고형물로 인해 막 오염이 계속되어 일정 처리량에 따라 화학세정을 진행하였고, 이를 Cycle로 나타내었음.
- 표 50 에 따르면, 0.3 %의 단수수 2차 착즙액을 여과하였을 때, 약 9.7의 flux를 보였으나 80% 처리 후 약 5.7 LMH로 투과도가 감소한 것을 확인함. 이때, 효율적인 여과를 위해 화학세정을 진행하였고, 표 50과 그림 71에서 나타내었듯이 화학세정 후에 세정 전보다 향상된 Flux를 보였음. 따라서, 약 200~300L를 처리 후(처리액의 50-60% 수준), 화학세정을 진행하는 것으로 효율적인 여과가 가능함을 확인함.

표 50. 투과액 양을 기준으로 한 단수수 2차 착즙액의 처리율에 따른 PES 멤브레인 투과도 비교 (압력: 30bar)

누적 처리 시간 (분)	단수수 2차 착즙액 누적 처리량 (kg)	PES membrane flux (LMH)
		PES 1 st Cycle
10	20	9.666
160	238.41	5.640
		PES 2 nd Cycle (after chemical washing)
170	257.23	8.065
360	436.93	3.677
		PES 3 rd Cycle (after chemical washing)
370	458.13	8.966
600	740.88	5.450
		PES 4 th Cycle (after chemical washing)
610	318.23	6.120
730	859.26	2.597
		PES 5 th Cycle (after chemical washing)
770	907.26	6.857
1050	1184.93	3.786
		PES 6 th Cycle (after chemical washing)
1060	1224.93	5.714
1150	1297.90	2.389

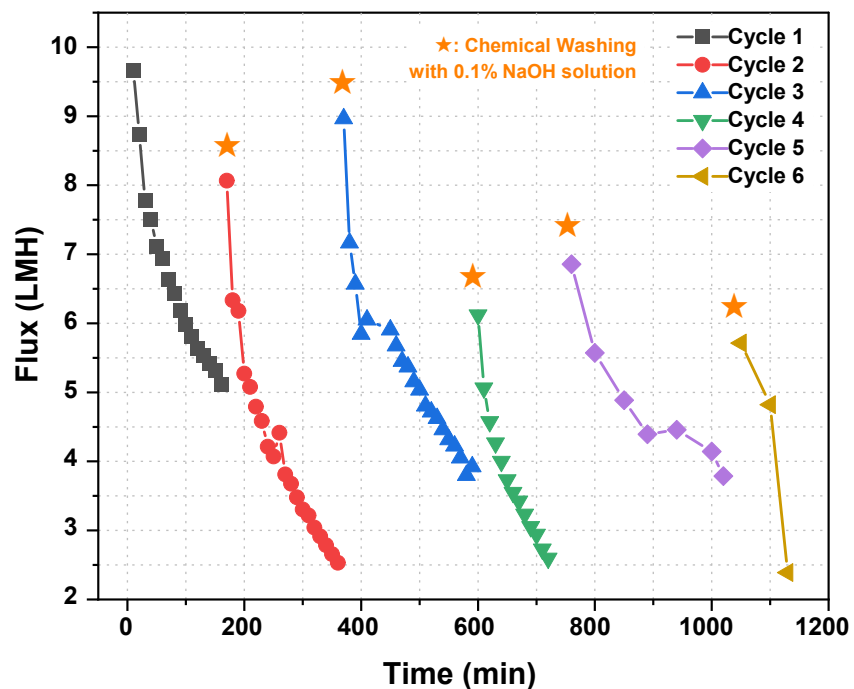


그림 71. 시간에 따른 PES 분리막 투과도

- 또한, 분리막 투과 후 막 오염 물질의 저감 정도를 확인하기 위해 탁도를 측정함. 표 51의 결과에서 단수수 버개스 2차 착즙액은 매우 높은 탁도값을 나타내나, 여과액은 6.5의 낮은 탁도 값을 얻을 수 있음을 확인함. 탁도를 99% 이상 감소시킬 수 있음을 확인함. 그림 72에서의 단수수 2차 착즙액과 PES 분리막 투과액이 짙은 초록색에서 맑은 갈색빛을 나타냄에 따라 PES 막을 활용하여 고형분과 미세입자를 제거할 수 있음을 확인함.

표 51. 단수수 2차 착즙액 여과 전/후 탁도 비교

	탁도 (NTU)	탁도 감소율 (%)
단수수 2차 착즙액	2277.4 ± 11.46	-
PES 분리막 여과액	6.5 ± 0.25	99.72

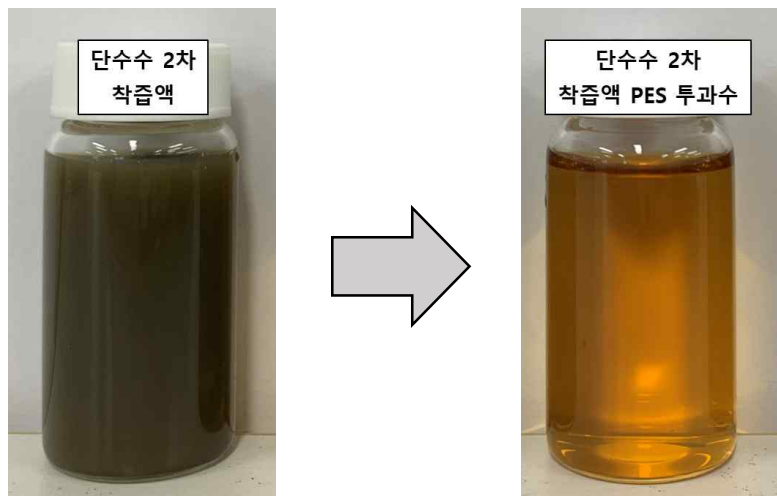


그림 72. 단수수 2차 착즙액 PES 여과 전/후 모습

- 고농도 당용액 제조를 위해 4인치 PES 분리막 모듈로 여과한 여과액을 2차 membrane 장비인 RO feed tank에 넣은 후 장착된 RO 분리막 (RE4040-SHN, 도레이첨단소재, 유효 막 면적: 6.9m²)으로 압력 30 bar에서 Cross-flow type으로 농축함.
- 단수수 2차 착즙액 내 막 오염 물질 제거 전/후 액상을 20 mL의 각 샘플을 탁도계 (TL2300, HACH)를 사용하여 막 오염 물질 제거 전/후 액상물의 탁도를 측정하여 오염물질 제거율을 확인함.
- 단수수 2차 착즙액의 PES 분리막 여과액을 2차 RO membrane 장비를 이용하여 당농도가 20% 이상이가 되도록 농축한 결과, 표 52에 따르면 초기 여과액 내 당농도는 0.57%로 측정되었으나, 농축 후 20% 이상 증가함. 그림 74는 여과액의 농축 전과 후를 나타낸 것으로 농축 전은 맑은 갈색에서 농축 후 짙은 갈색으로 변한 것을 볼 수 있음.
- 그림 73에 나타내었듯 농축을 진행할수록 투과 유량은 감소함을 확인할 수 있었으나 용액 내 당농도는 점차 증가하였음. 투과 유량의 감소는 용액 내 존재하는 미세 입자로 인해 막 오염의 발생을 의미함. 비정제 feed를 농축할 때 RO 분리막을 이용하는 것은 비용과 에너지 효율 측면에서 유용하지만, 막 오염 물질이 포함된 경우, 즉 한외여과 분리막을 사용하지 않고 RO 분리막만을 이용하여 농축을 진행하는 것은 막 오염이 심하게 발생하여 어려울 것으로 판단됨.

표 52. 단수수 2차 착즙액 PES 분리막 여과액 농축 전/후 당농도 (%) 비교

	Total Sugar (%)
단수수 2차 착즙액 PES 분리막 여과액	0.57
농축 후	20.3

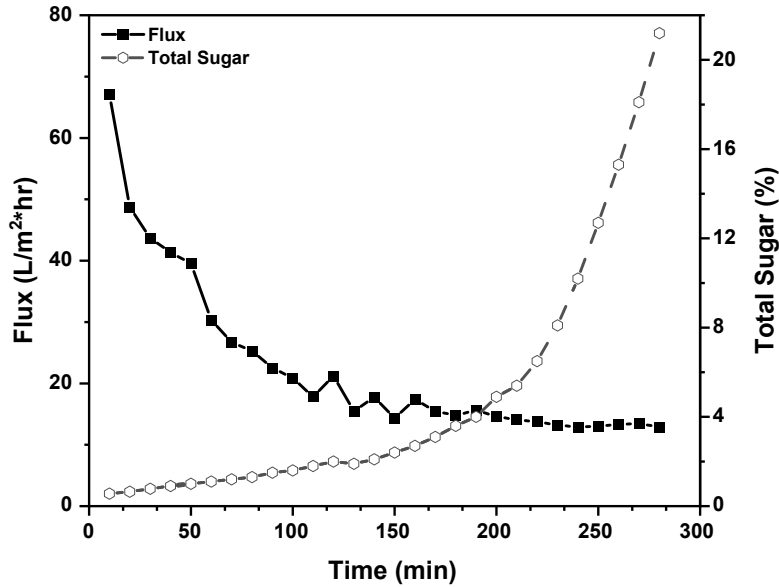


그림 73. RO 분리막 투과도 및 농축액 내 당농도 (%)

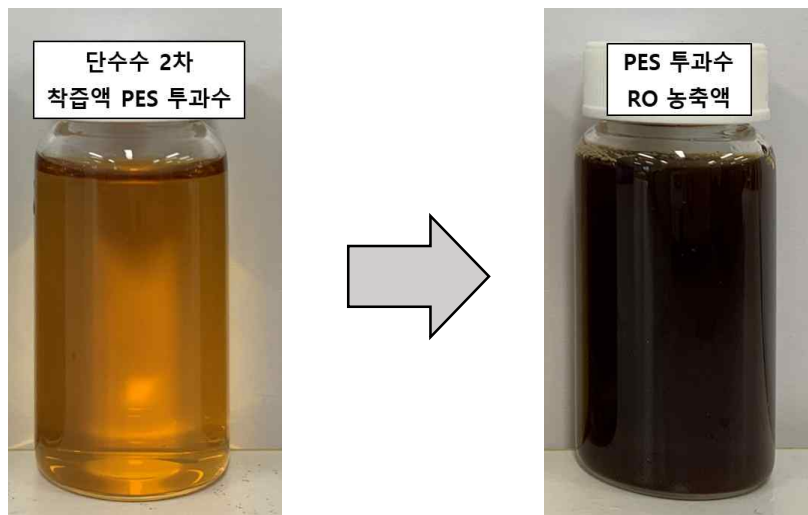


그림 74. 단수수 2차 착즙액 PES 여과액 농축 전/후 모습

- 회수한 2차 착즙액 내에 존재하는 고형물 및 불순물을 제거하기 위해 PES(Polyethersulfone) 분리막을 사용하여 고액 분리하여 95.4%의 투과율로 총 1870kg 투과수를 회수하였고, 투과수 내 존재하는 수용성 혼합당은 총 11.1kg(0.57%)로, 이는 원시료 혼합당 대비 91.5%를 회수한 결과로 당해 연도 정량 목표를 상회 달성함.
- 이후 혼합의 원활한 활용을 위해 RO 멤브레인을 사용하여 농축한 결과, 농도 20.3%의 농축액 52.3kg를 확보하여 정량 목표를 달성함.
- PES 분리막 과정 중 발생하는 투과수와 잔류수의 옥타코사놀 함량을 측정하여 수용성 당

과 옥타코사놀의 분리 가능성을 확인함(그림 75).

- 단수수 버개스 원시료의 폴리코사놀 함량은 0.12mg/g이었으며, 수화분쇄를 통해 액상으로 원시료 대비 약 25%의 폴리코사놀을 회수하였음. 투과수 및 투과수 농축액에는 옥타코사놀이 존재하지 않았고, 반면 잔류수에는 32.87 mg/mL로 농축되어 존재함. 이 결과를 통해 PES 분리막 과정은 효율적으로 수용성 당과 옥타코사놀의 분리할 수 있는 것을 확인함(표 53).

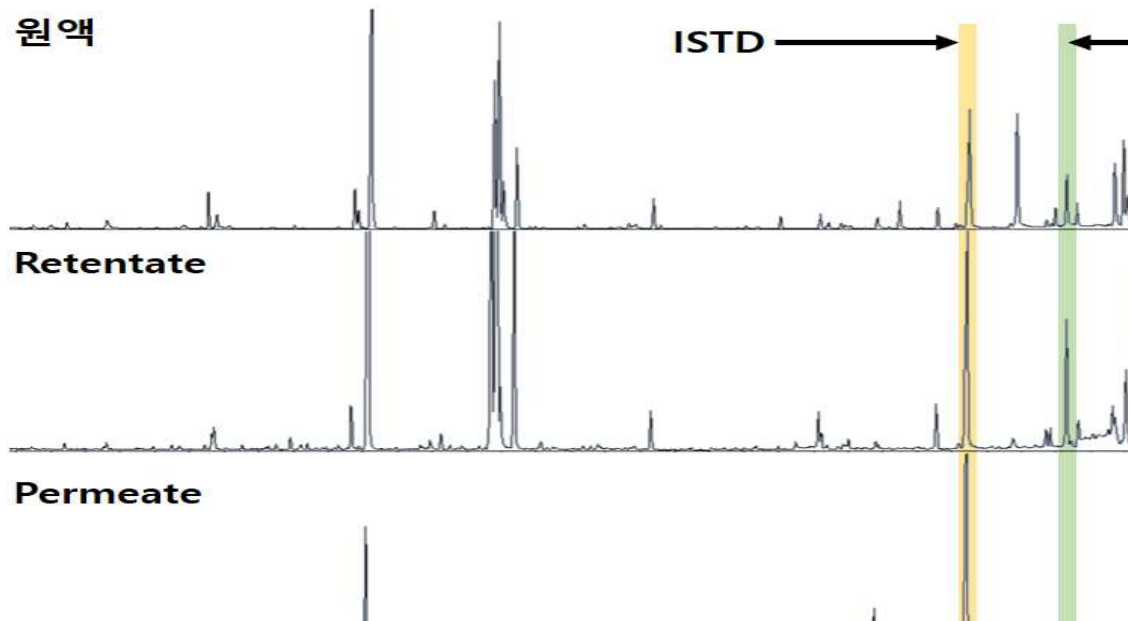


그림 75. 2차 착즙액의 GC-MS 크로마토그램

표 53. 2차 착즙액상의 폴리코사놀 함량

시료	Octacosanol yield(mg/g)
단수수 버개스 원료	0.12 mg/g
2차 착즙 원액	1.51 mg/L
PES retentate	32.87 mg/L
PES permeate	-
PES permeate RO농축액	-

✓ 부산물(2차 착즙 단수수 버개스) 물성 분석 및 활용방안 수립

- 수화분쇄하여 제조한 슬러리를 필터프레스로 고액분리 후 약 70%의 고형물을 회수하고 이의 화학조성을 표 54에 나타냄. 에탄올 추출성 성분은 검출되지 않았고, 2.6%의 물 추출성 성분이 확인됨. 귀리겨 시료의 추출성 성분 31.1% 중 91.1%의 추출성 성분이 수화분쇄 공정에서 액상으로 회수되었음.
- 추출성 성분의 제거로 인해 고형물의 탄수화물 함량비가 70% 수준으로 높아졌으며, 특히 결정성 성분인 글루칸의 함량이 27.8%에서 38.9%로 약 140% 증가하였음. 결정성 성분의 증가로 인해 고형물을 이용한 포장용기 제조 시에 제품의 강도 향상에 도움이 될 것으로 예상됨.

표 54 . 단수수 버개스와 2차 착즙 후 고형물의 화학조성

원료	Extractives(%)		Carbohydrate(%)					Lignin(%)			Ash(%)	Total(%)
	Water	EtOH	Glucan	Xylan	Arabinan	Acetic acid	Carb. Total	Acid-in soluble	Acid soluble	Total		
단수수 버개스	30.1±0.0	1.0±0.1	27.8±0.1	14.8±0.1	1.9±0.0	4.3±0.2	48.9	11.6±0.1	1.6±0.0	13.3	5.3±0.1	98.6
2차 착즙 후 고형물	2.61±0.1	0.0±0.2	38.9±0.1	21.3±0.1	2.8±0.0	6.4±0.5	69.4	17.0±0.3	2.2±0.1	19.2	5.2±0.0	96.4

- 그림 76은 별도의 첨가제 없이 2차 착즙 단수수 버개스 고형물을 활용하여 제작한 포장용 시트지로 핫 프레스(COAD 1007b)를 이용하여 온도 170℃, 압력 30MPa 공정 조건에서 거푸집(18X18*0.5cm)을 이용하여 제조됨.
- 구체적인 제조공정은 먼저 핫 프레스 내부 하판 중앙에 철제 거푸집(18cmX18cmX,0.5cm, 테두리 두께 1cm)을 이용하여 원료 160g을 균일하게 분포시킨 후 핫 프레스를 상승시키되 추가적인 가압 없이 1분 동안 수분 증발을 진행함.
- 이후 30Mpa로 15초 동안 4회, 30초 동안 4회, 1분 동안 2회 가압을 진행하여 총 5분 동안 압력을 가한 후 시트를 회수하였음.
- 단수수 버개스 부산물로 제조한 시트는 별도의 첨가제 없이도 형태가 잘 유지되었으며, 첨가제를 적용하면 다양한 형태의 포장 용기 제작이 가능할 것으로 예상됨.



그림 76. 2차 착즙 부산물을 이용한 포장용 시트지

나. 착즙액의 성상과 수요기업 규모에 적합한 필터프레스 및 멤브레인 선정

- 단수수 버개스 하루 처리량 100kg을 기준으로, 24시간 내 처리가 가능한 사양의 필터프레스와 PES 멤브레인 및 RO 멤브레인을 선정하였고 관련 장비의 예상 가격은 표 55와 같음.

✓ 통합공정 물질 수지 분석 및 경제성 평가

가. 최적 공정 기반 통합 물질 수지 분석 및 예상 투자비 산출

- 최적 공정 기반 통합 물질 수지 분석은 착한농부에서 하루 발생하는 100kg의 단수수 버개스 처리량을 기준으로 하였음.

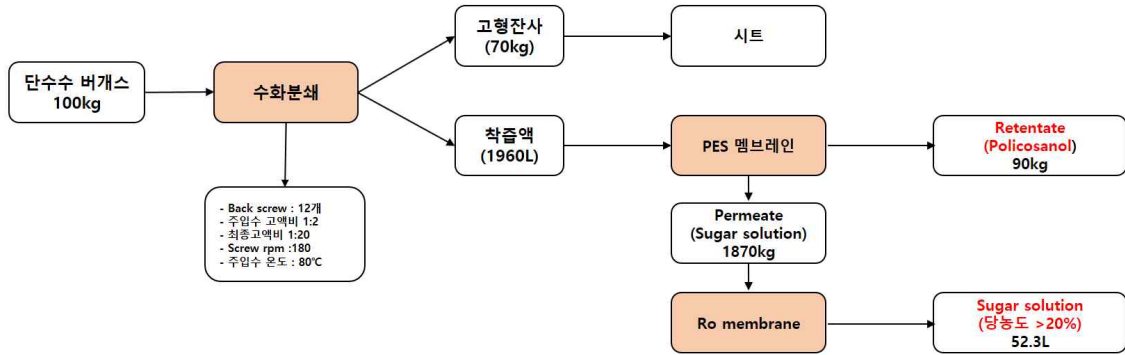


그림 77. 단수수 버개스 최적공정 물질수지

- 2차 착즙을 통한 당과 폴리코사놀 회수 공정을 도입하기 위해서는 이축압출기, 필터프레스, PES 멤브레인 및 RO 멤브레인 장비의 설치가 필요함.
- 단수수 버개스 하루 처리량이 100kg일 때, 24시간 기준으로 처리 가능한 사양으로 장비 예상 견적을 확인함.(표 55)
- 2차 착즙액 회수에 필요한 장비 중 대체 가능할 것으로 판단되는 필터프레스와 RO membrane 장비의 실 견적을 토대로 참여기업과 대체 장비 적용 방안에 관하여 논의 함.
- 고가의 고액분리 장비인 필터프레스에 비해 상대적으로 저렴한 스크류프레스와 같은 장비의 적용 여부를 검토하기로 함.
- 농축을 위한 RO membrane 장비의 대체 장비로 기존 참여기업에서 개발한 지그재그 농축시스템을 적용하여 당시럽 제조가 가능할 것으로 판단됨.

표 55. 장비 구매 예상 견적

	제조사	품명	규격	견적가
이축압출기	에스엠 플라텍	TWIN SCREW COMPOUNDING MACHINE	TEK40MHS-L/D32-3V-AC22	₩109,500,000
필터프레스	태영필트레이션	Membrane filter press	TPML 630-4(8)D	₩24,200,000
PES membrane	DEERFOS MEMBRANES	DFU-0407S (PES UF Module)	φ90 X 1,182mm	₩ 8,176,100
		4인치 UF Module TEST SKID	1,000X700X ,828 mm	
RO membrane	유진EMS	RO membrane process	UF Feed pump (3.3L/min*30mH)	₩ 75,300,000

✓ 단수수 증류주 및 당시럽 시제품의 품질특성 확보

- 가. pH, 산도, 환원당량, 아미노산, 유리당, 유기산, 색도 등 이화학적 특성 분석
 - 단수수 증류주 및 시럽의 pH, 산도, 환원당량 분석 결과는 다음 표 56과 같음.

표 56. 단수수 증류주와 시럽의 품질특성

	증류주	시럽
pH	3.48±0.02	4.33±0.05
산도 (%)	0.05±0.00	1.86±0.06
환원당량 (%)	-	22.48±0.34

- 증류주 제품에는 환원당이 검출되지 않았음.
- 당시럽에는 22.48%의 환원당 및 소량의 산(1.86%)이 동시에 함유되어 있음.
- 단수수 증류주 및 시럽의 유리당, 유기산 분석 결과는 다음 표 57과 같음.
- 분석에는 시차굴절검출기가 장착된 HPLC가 사용되었음.

표 57. 단수수 증류주와 시럽의 당 및 유기산 함량

	증류주	시럽
유리당 (%)		
Glucose	-	30.00±0.01
Fructose	-	32.88±0.13
유기산 (%)		
Tartaric acid	-	-
Lactic acid	-	0.71±0.00
Succinic acid	-	-
Formic acid	-	-
Acetic acid	0.02±0.00	0.20±0.01

- 당시럽에는 다량의 유리당이 포함되어 있으며, 유기산은 젖산(lactic acid)과 초산(acetic acid)이 검출되었음.

표 58. 단수수 증류주와 시럽의 색도

	증류주	시럽
Lightness (L)	53.64±1.16	21.66±0.23
Redness (a)	0.65±0.02	-0.17±0.07
Yellowness (b)	-1.65±0.05	0.94±0.03
Color difference (ΔE)	21.55±0.56	46.54±0.03

- 단수수 1차 착즙액을 원료로하여 발효 후 증류한 증류주의 명도는 53.64, 적색도는 0.65, 황색도는 -1.65로 확인되었음.
- 단수수 1차 착즙액과 2차 착즙액을 혼합하여 제조한 시럽의 명도는 21.66, 적색도는 -0.17, 황색도는 0.94로 확인되었음.
- 증류주와 시럽은 대조구(물) 대비 2배 이상 시럽의 색차가 높게 나타났음.
- 단수수 증류주와 시럽의 구성아미노산 분석 결과는 표 59와 같음.
- 증류주에서는 아미노산은 측정되지 않았으며, 시럽은 32.7mg/mg의 총 아미노산 함량을 확인함.
- 시럽에 포함된 구성아미노산은 aspartic acid, glutamic acid, alanine 순으로 많이 함유되어 있음.
- 필수아미노산 9종 중 트립토판(tryptophan)과 메티오닌(methionine)을 제외하고 7종이 검출되었음.
- 시럽에 포함된 아미노산 함량의 37.8%를 차지하는 aspartic acid는 성장 호르몬 및 근육 발달, 생식 및 혈압과 관련된 호르몬을 촉진하는 것으로 알려져 있음.
- 또한, 두 번째로 많이 함유된 glutamic acid는 기억력과 집중력 개선, 면역 강화, 운동 능력 개선 등에 도움을 주는 것으로 알려져 있음.

표 59. 단수수 증류주와 시럽의 구성아미노산 함량(mg/ml)

구성아미노산	증류주(mg/ml)	시럽(mg/ml)
Aspartic acid	-	9.0±0.0
Threonine	-	0.8±0.0
Serine	-	1.2±0.0
Glutamic acid	-	5.7±0.0
Glycine	-	1.0±0.0
Alanine	-	1.8±0.0
Valine	-	1.5±0.0
Isoleucine	-	0.7±0.0
Leucine	-	0.9±0.0
Tyrosine	-	0.1±0.0
Phenylalanine	-	0.6±0.0
Lysine	-	0.3±0.0
Histidine	-	0.2±0.0
Total	-	23.5

나. 항산화 특성평가

- 항산화 식품을 섭취하면 노화방지, 콜레스테롤 감소, 알코올 분해 촉진, 기억력 손상 예방 및 개선 등 다양한 효능. 효과에 도움이 된다고 알려져 있음. 따라서 단수수를 원료로 제조한 시제품(증류주 및 시럽) 2종의 항산화 특성을 확인하고자 함.
- 공동연구기관인 착한농부로부터 제공받은 단수수 증류주 및 당시럽의 항산화 특성 평가를 위해 DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능을 분석함. Dioxane과 증류수를 7:3으로 혼합한 용액에 DPPH를 8.1×10^{-5} 농도로 제조하였으며 시제품의 농도에 따른 항산화 특성을 30분 암반응 전후의 흡광도(517 nm)를 비교함으로써 평가함.

$$\text{항산화 효능 (\%)} = \left(\frac{Ab_0 - Ab_c}{Ab_0} \right) \times 100$$

Ab_0 =absorbance of the initial DPPH solution

Ab_c =absorbance of DPPH solution in the presence of sample

- 단수수 증류주는 0~100%, 단수수 시럽은 0~20% 농도로 희석하여 항산화 효능을 측정하였으며 높은 항산화 활성을 가지는 ascorbic acid(vitamin C)와 비교하여 그림 78에 나타냄.
- 증류주는 농도에 따른 흡광도의 변화가 거의 관찰되지 않아, 항산화 효능이 없다고 판단됨.
- 반면, 시럽의 경우 농도가 증가함에 따라 항산화 효능이 향상되었으며 10% 농도에서 항산화 효능이 99.1%로 정상 상태를 나타냄.
- Ascorbic acid의 항산화 효과는 동일 양의 시럽과 비교하였을 때 100배 이상 우수하지만, vitamin C의 일일 섭취량이 mg 단위로 많지 않음을 고려하였을 때 시럽의 항산화 활성은 유의미한 수준으로 생각됨.

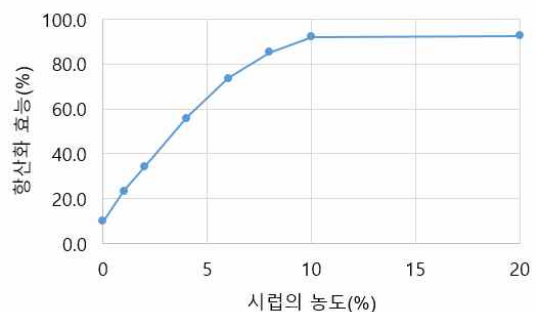
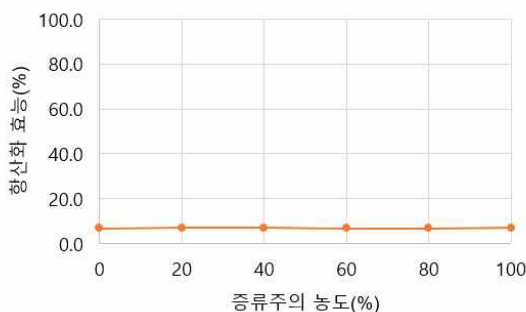
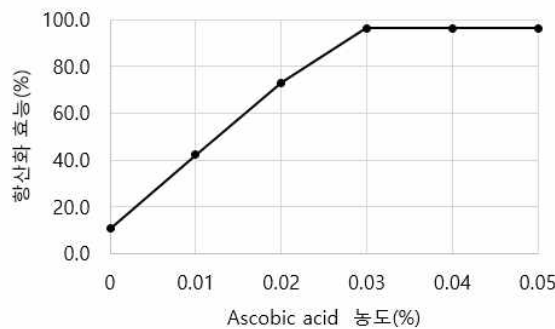


그림 78. 단수수 증류주와 시럽의 농도에 따른 항산화 효능

다. 공정상의 방향성 대사물질 변화 프로파일링

- 착즙액 추출 공정상의 방향성 대사물질 변화를 확인하기 위해 착즙원액, PES 멤브레인 투과수, PES 멤브레인 농축수, RO 투과수 및 RO 농축수의 흡광도를 측정하였음.
- UV-VIS Spectrophotometer(OPTIZEN Alpha, KLAB, Korea)를 이용하여 205nm에서의 흡광도를 측정하고 흡광도 값이 0.5~1에 근접할 때까지 점차적으로 희석한 후 테스트 원료별 유효한 흡광도 값을 각각 3회 측정하여 평균값을 제시함(표60).
- PES 멤브레인 처리 후 방향성 대사물질이 0.5%에서 0.2%로 60% 감소하여, PES 처리 공정이 방향성 대사물질 제거에 효과적인 것으로 판단됨.

표 60. 공정상 액상의 방향성 대사물질 농도

구분	방향성 대사물질 농도(%)
착즙원액	0.5±0.03
PES 멤브레인 투과수	0.2±0.01
PES 멤브레인 농축수	6.7±0.05
RO 투과수	-
RO 농축수	7.0±0.01

공동연구개발기관 ((주)착한농부)

✓ 단수수 증류주 및 당시럽 시제품 제조 및 규격화

가. 폴리코사놀을 함유한 단수수 증류주 및 당시럽 시제품 제조공정 최적화와 제품 규격 및 품질 규격 확립

- 원료 입고부터 제품 포장까지의 단수수 증류주 제조공정 및 작업 표준화를 아래 그림 79에 나타냄.

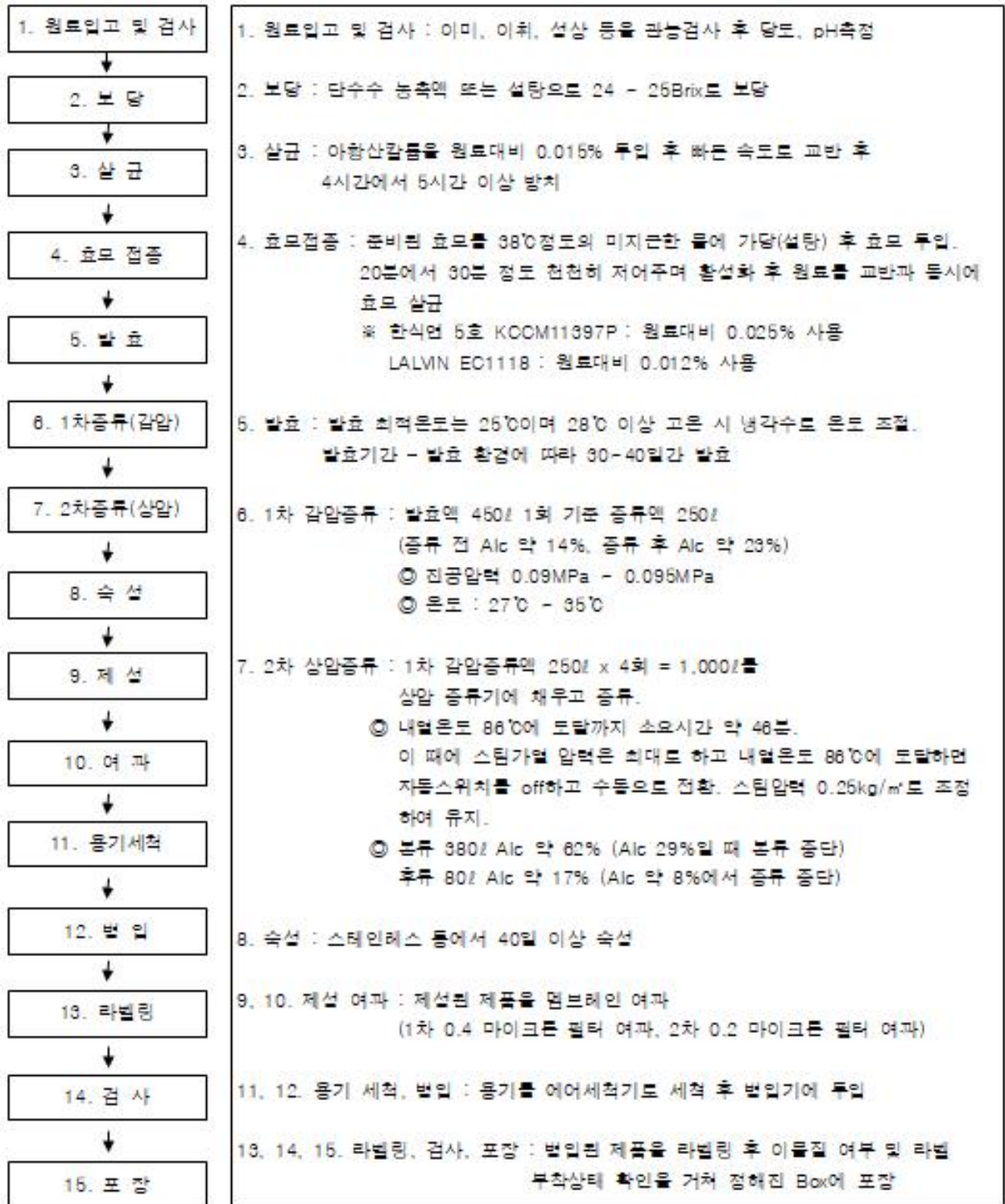


그림 79. 단수수 증류주 제조공정 및 작업 표준화

- 단수수 증류주 완제품의 규격은 주세법에 따라 알코올 농도 24%, 40%, 52%로 정함.
- 메탄올과 알데하이드의 함량은 각각 0.1mg/ml, 10mg/100ml로 법적 규격보다 더 낮은 함량으로 규격화하였음.
- 기타 규격은 표 61에서 확인할 수 있음.

표 61. 단수수 증류주 규격

단수수 증류주 (24%, 40%, 52%)			
유형	일반증류주		
완제품의 규격	구 분	법적규격	사내규격
	성상	고유의 형태, 색택을 가지고 이미, 이취가 없음	투명하고 맑은 액상 이미, 이취가 없음
	에탄올	주세법의 규정을 따른다. 표시도수 ±0.5	좌 동
	메탄올(mg/ml)	1.0 이하	0.1 이하
	알데히드(mg/100ml)	70.0 이하	10.0 이하
	사카린나트륨(g/kg)	불검출	불검출
	불휘발분(g/100ml)	2.0 미만	불검출
	이산화황(g/kg)	0.03 미만	불검출
	소비기한	해당사항 없음	
제조(포장)단위	360ml, 700ml		
포장방법 및 재질	포장방법 : 병주입 포장재질 : 유리		
제품의 용도	음용		
보관, 유통 상의 주의사항	직사광선을 피하고 서늘한 곳에 보관		



착즙



발효



1차증류 (감압)



2차증류(상압)



여과



용기세척 & 병입



라벨링



포장



완제품

그림 80. 단수수 증류주 제조과정

- 원료 입고부터 제품 포장까지의 단수수 농축액(시럽) 제조공정 및 작업 표준화를 아래 그림 81에 나타냄.

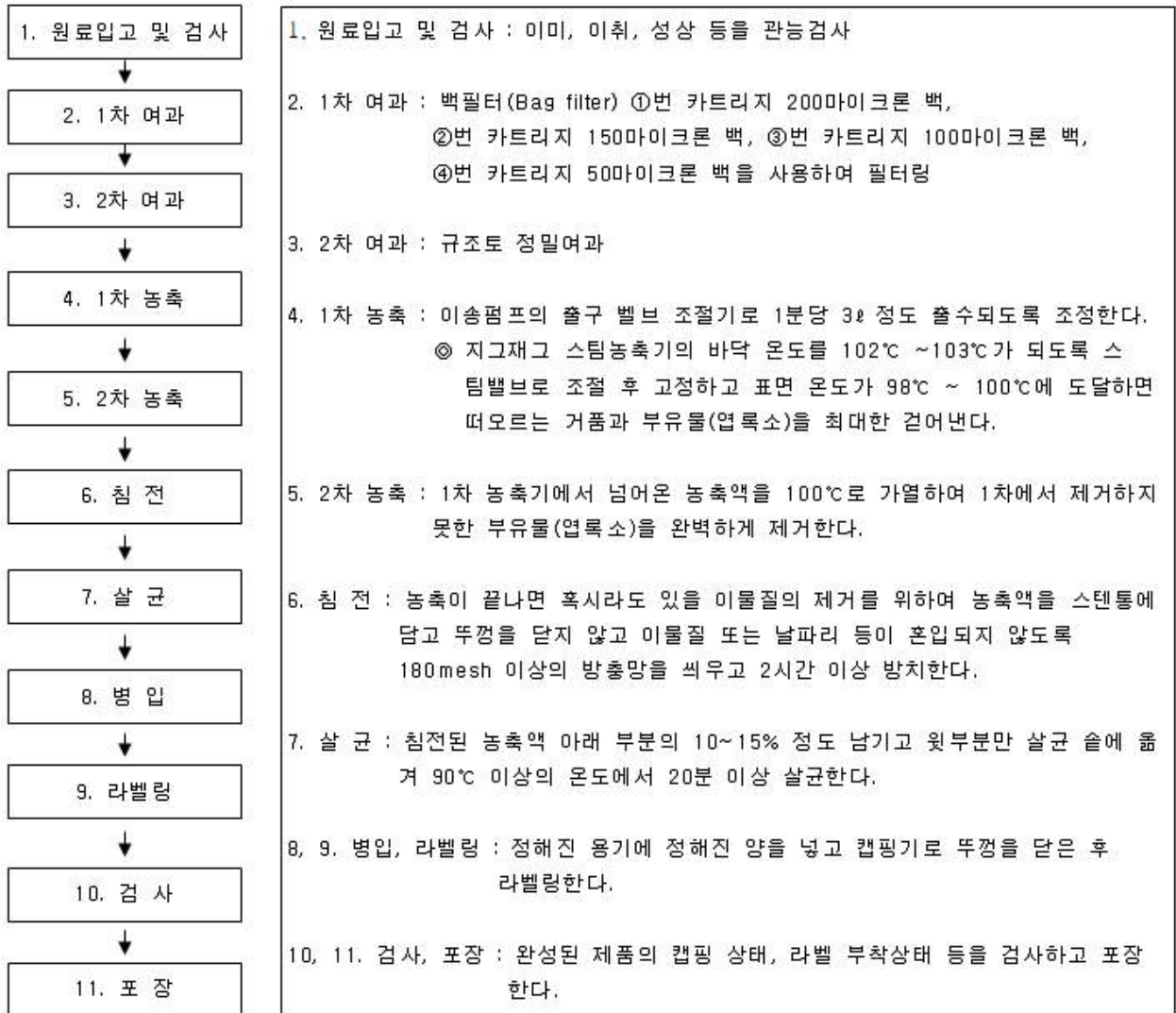


그림 81. 단수수 농축액(시럽) 제조공정 및 작업 표준화

표 62. 단수수 시럽 규격

단수수 시럽			
유형	당시럽류		
	구 분	법적규격	사내규격
완제품의 규격	성상	-	고유의 형태, 색을 가지며 이미, 이취가 없음
	총당(%)	60.0 이상	좌 동
	납(mg/kg)	1.0 이하	좌 동
	사카린나트륨(mg/kg)	불검출	좌 동
소비기한	제조일로부터 2년		
제조(포장)단위	150g ~ 1,250g		
포장방법 및 재질	포장방법 : 병주입 포장재질 : 유리		
제품의 용도	음용, 요리 및 음료 등의 혼합		
보관, 유통 상의 주의사항	직사광선을 피하고 서늘한 곳에 보관		

- 단수수 농축액(시럽)의 완제품 규격은 총당 함량 60%이상, 납 함유량 1.0 mg/kg 이하 및 사카린나트륨 불검출임.(표 62)
- 시럽 완제품의 납과 사카린 농도를 법적 규격에 맞춰 제조하였음.
- 그림 82에 시럽 제조 공정 확인이 가능함.



착즙



농축



농축



농축



완제품



완제품

그림 82. 단수수 농축액(시럽) 제조공정

✓ 증류주 분석

- 증류주 규격에 대한 목표로 메탄올은 불검출, 알데히드는 10mg/100ml 이하였음. 제조한 증류주를 국세청 주류면허지원센터에 의뢰하여 분석·감정서를 받음.
- 분석 결과 메탄올은 검출되지 않았고, 알데히드는 1.3mg/100ml가 검출되어 최종 과제 목표를 달성함(그림 83).

■ 국세청주류면허지원센터 시설사용규칙[별지 제3호 서시]

분석·감정서

발행번호	202304716	접수번호	512-2023-1-100671955191	
분석·감정 완료일	2023년 09월 18일	접수 연월일	2023년 09월 07일	
공시품명	말당40, 40.0% - 360ml	제조 연월일 (제조번호)	2023년 08월 01일	
주류종류	일반증류주	류종(품질유지)기반		
의뢰자	성명	영주세무서장	업체명	영주세무서
	주소	경상북도 영주시 중앙로 15, 1층(가충동)		
제조자	성명	강상선	업체명	농업회사법인 주식회사 착한농부
	주소	경상북도 예천군 동면면 복천길 15-8		
분석·감정 의뢰목적	중기분석			
시 험 결 과				
분석항목	분석기준	분석결과	판정	비고
형상	고유의 형태, 색만을 가지고 어미·이취가 없음 것	정상	적합	
비중(15℃)	-	0.950	적합	
알코올분(V/V%)	표시도수 ±0.5	39.7	적합	
산도	-	불검출	적합	
알데히드(mg/100ml)	70.0이하	1.3	적합	
메탄올(mg/ml)	1.0이하 (극미사용 시 0.5이하)	불검출	적합	
퓨릴유(V/V%)	-	0.077	적합	
이산황산(g/kg)	0.03미만	불검출	적합	
사카린나트륨(g/kg)	불검출	불검출	적합	
불휘발분(g/100ml)	2.0미만	불적	적합	
중합판명 : 본 건 주류는 일반증류주 기준 및 규격에 적합함				
분석자 : 김나현, 강기현, 강길관, 강경하, 현준호, 윤현민		책임자 : 장영진		
※ 위 판정은 의뢰된 분석 항목만을 대상으로 한 것입니다. ※ 이 성적은 제시된 제품에 한하며 분석·감정 의뢰목적 외의 광고, 선전 등에 이용할 수 없으며, 불기, 포장 등에 표시할 수 없습니다.				
「국세청주류면허지원센터 시설사용규칙」 제4조에 따라 귀와 같이 분석·감정서를 발급합니다.				
2023. 09. 18.				
국세청주류면허지원센터				

그림 83. 단수수 시럽 시험성적서

나. 프리미엄 단수수 증류주 및 당시럽 제품 마케팅 전략 확립

- 연구개발 완료 후 기술이전을 통해 단수수 착즙액 및 버개스의 상용화를 실시하여 이를 활용한 증류주 등 자사 제품을 개발, 생산하고 단수수의 특징점을 내세워 국내 전시회 등 행사 참여 및 온라인 홍보 등을 통한 마케팅을 진행함.
- 혼술을 즐기는 현대인들의 트렌드와 전통주에 관한 관심이 높아짐에 따라 온라인 판매, 전통주 구독 서비스 등과 같은 언택트 서비스를 적극적으로 공략함.
- 국내 타 제조업체, 브랜드와의 연계를 통해 유기적인 관계를 형성하고 단수수를 활용한 OEM/ODM 생산 또는 B to B 형식의 유통으로 단수수와 관련된 상품을 보편화.
- 본 연구개발로 상용화되는 친환경 원료, 합리적인 가격, 기능 모두 소비자를 만족시킬 수 있는 대체당을 개발하여 건강한 먹거리를 찾는 현대인을 타겟으로한 상품개발.
- 또한, 기존의 정제당에 비해 단수수 기반의 혼합당은 현지에서 증류주 제조에 적합한 형태로 제조되어 합리적인 가격을 보유하고 있고 국내에서 재배 및 생산됨에 따라 농가 소득에 이바지할 수 있는 장점을 부각할 계획이며 이와 관련하여 안동MBC 전국시대 <기정사실>에 출연하여 단수수를 이용한 국내 생산 럼주를 홍보함.





그림 85. 안동MBC <기정사실> 국내 생산 럼주 홍보 영상

- 본 연구개발의 기술을 바탕으로 얻어진 부산물을 활용하여 친환경 포장재, 바이오 연료 등 바이오매스 전수활용을 위한 다방면의 사업화를 추가로 진행함.

✓ 개발 종료 후 1차년도 - 제품 판매 전담팀 구성

- 본 과제를 통해 개발한 증류주 및 시럽의 판매 전담팀 구성 계획.

- 구성시기 : 연구개발 종료 후(2024년)

- 추진계획

▶ 전담 조직 구성

· 부서 및 담당명 : 마케팅팀, 제품 판매 유통 담당

· 구성인원 : 3명(팀장 1명, 팀원 2명 이상)

- 주요 업무 - 제품 판로 확보 계획 수립 및 지원
- 제품 안정성 관리 업무 등
- 기업 및 대형마트에 판로 확보 업무
- 국내외 시장 판로개척

- 기대 효과

· 단수수 버가스를 이용한 증류주 및 시럽 판매확대를 통한 농가소득증대 및 지역경제발전

- 기존 조직에 신규로 판매 전담팀을 구성할 계획이며 조직 구성도는 그림 85와 같음.

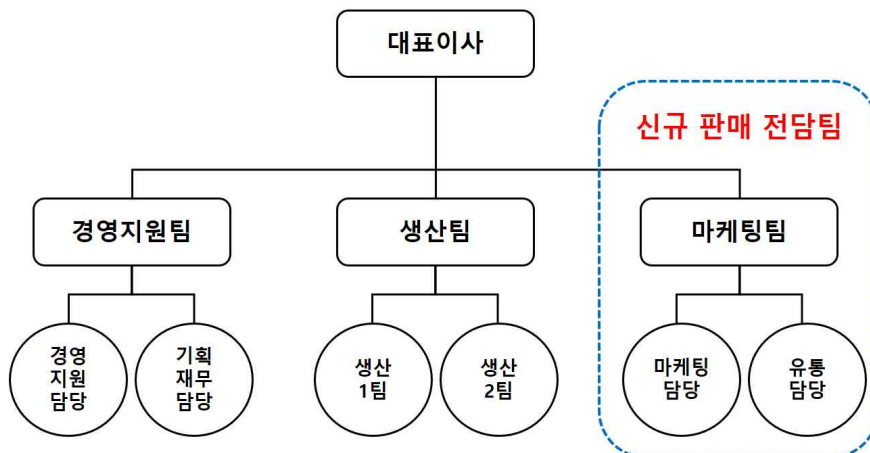


그림 85. 판매 전담팀 구성 조직도

다. 단수수 증류주 및 당시럽 제품 사업화 전략

- 원료의 안정적인 공급 및 확대를 위해 농촌진흥청과 연계하여 단수수 신품종 보급 및 지역특화 작목화 연구를 수행하였으며 해당 결과를 바탕으로 해당 지역에 적합한 단수수 신 품종을 개발하여 활용할 예정임
- 본 과제를 통해 개발된 기술은 국내 생산 단수수로부터 50% 미만에 불과했던 당 회수율을 90% 이상으로 끌어 올림으로써, 한정된 자원으로부터 최대한의 혼합당을 경제적으로 회수할 수 있다는 데 의미가 있으며 추가적인 단수수 재배를 위한 부지확보 및 운송비 등의 문제를 발생시키지 않고 기존 증류주 제조 용량을 2배 가까이 확대할 수 있어 사업성 확보가 가능함.
- 폴리코사놀은 혈관 건강에 도움을 주는 유효성분이나 단수수에 함유된 함량 자체는 높지 않아 단일 제품으로 개발하기에는 한계가 있어 기존에 상용화 되어있는 단수수 증류주 및 당시럽 제품에 최소한의 함량을 첨가하여 프리미엄 제품의 형태로 사업화할 수 있도록 수요기업에서 보완연구를 진행할 계획임.
- 또한, 본 과제를 통해 개발된 2차 착즙 및 멤브레인 분리농축 공정 기술이 기존 공정 대비 경제성을 확보할 수 있는 최소 규모를 판단하기 위한 전 공정 분석을 수행할 예정임.
- 이를 바탕으로, 2024년 내 500백만 원의 투자를 통해 상용화 공정을 구축하고 연간 300kL의 단수수 증류주 생산 및 2,200백만 원의 매출을 확보하고자 하며 2026년에는 생산 공정을 증설하여 연간 550kL의 단수수 증류주를 생산하여 4,500백만 원 수준의 매출액을 달성하고자 함.

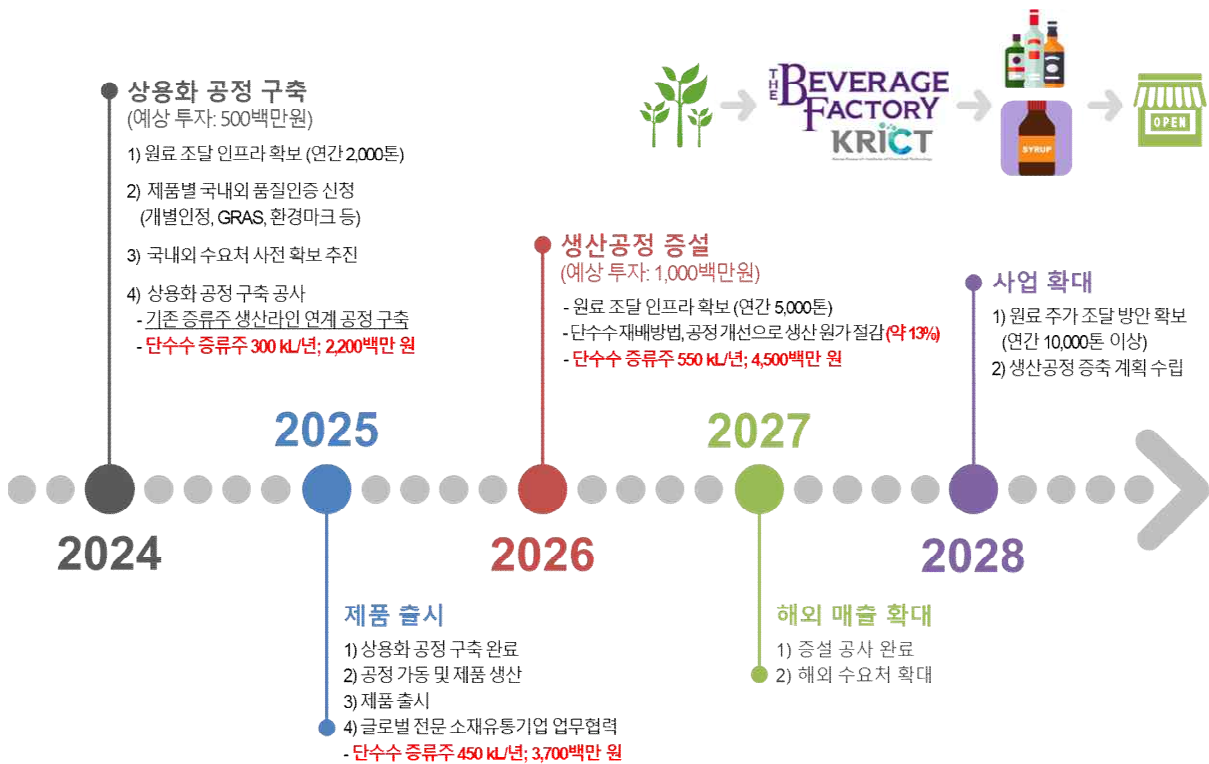


그림 86. 단수수 증류주 사업화 계획

(2) 정량적 연구개발성과(해당 시 작성하며, 연구개발과제의 특성에 따라 수정이 가능합니다)

(단위 : 건, 천원)

성과지표명			연도	1단계 (2021~2022)	2단계 (2023)	계	가중치 (%)
전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾	SCI논문(건)	목표(단계별)		1	1	2	10
		실적(누적)		1	1	2	
	학회발표(건)	목표(단계별)		-	-	-	0
		실적(누적)		2	1	3	
	특허출원(건)	목표(단계별)		1	1	2	5
		실적(누적)		2	1	3	
	특허등록(건)	목표(단계별)			2	2	10
		실적(누적)			0	0	
연구개발과제 특성 반영 지표 ²⁾	제품화(건)	목표(단계별)			2	2	10
		실적(누적)			2	2	
	기술이전(건)	목표(단계별)			1	1	20
		실적(누적)			1	1	
	기술료 (백만원)	목표(단계별)			80	80	30
		실적(누적)			30	30	
	고용창출	목표(단계별)		1	1	2	10
		실적(누적)		2	-	2	
	인력양성	목표(단계별)		1	1	2	5
		실적(누적)		1	1	2	
계						100	

* 1) 전담기관 등록·기탁 지표: 논문[SCI Expanded(SCIE), 비SCIE, 평균Impact Factor(IF)], 특허, 보고서원문, 연구시설·장비, 기술요약정보, 저작권(소프트웨어, 서적 등), 생명자원(생명정보, 생물자원), 표준화(국내, 국제), 화합물, 신물질 등을 말하며, 논문, 학술발표, 특허의 경우 목표 대비 실적은 기재하지 않아도 됩니다.

* 2) 연구개발과제 특성 반영 지표: 기술실시(이전), 기술료, 사업화(투자실적, 제품화, 매출액, 수출액, 고용창출, 고용효과, 투자유치), 비용 절감, 기술(제품)인증, 시제품 제작 및 인증, 신기술지정, 무역수지개선, 경제적 파급효과, 산업지원(기술지도), 교육지도, 인력양성(전문 연구인력, 산업연구인력, 졸업자수, 취업, 연수프로그램 등), 법령 반영, 정책활용, 설계 기준 반영, 타 연구개발사업에의 활용, 기술무역, 홍보(전시), 국제화 협력, 포상 및 수상, 기타 연구개발 활용 중 선택하여 기재합니다
(연구개발과제 특성별로 고유한 성과지표를 추가할 수 있습니다).

평가 항목 (주요성능 ¹⁾)			단위	전체 항목에서 차지하는 비중 ²⁾ (%)	세계 최고		연구개발 전	연구개발 목표치			목표설정 근거
					보유국/보유기관	성능수준	성능수준	1단계		2단계	
								1년차 (2021)	2년차 (2022)	3년차 (2023)	
1	단수수버개스 처리량	목표	kg/day	10	(영국/Comet Bio ¹⁾)	10ton/day	10ton/day (GS칼텍스 ²⁾)	80 이상		100 이상	수요기관 발생량 대비 50% 처리 규모
		실적						-	80	100	
2	공정 혼합당 추출율 (원료 내 함량 대비)	목표	%	20	(미국/DOW ³⁾)	92%	45% (착한농부 ⁴⁾)	70%	80%	90%	착중공정 총 2회 기준
		실적						99%	90.8%	91.5	
3	혼합당농도 (멤브레인 농축 기준)	목표	%	10	(일본/Kobe University)	27.9%	22% (한국화학연구원)	15%		20%	일반증류주 발효용 당농도
		실적						-	17.9%	20.3	
4	단수수 증류주 메탄올 함량	목표	mg/mL	10	해당없음	해당없음	해당없음	1.0 이하		1.0 이하	제8. 일반시험법 6. 식품별 규격 확인 시험법 6.7.1.1 메탄올
		실적						-	미검출	미검출	
5	알데히드 함량	목표	mg/100mL	10	해당없음	해당없음	해당없음	70.0 이하		10.0 이하	제8. 일반시험법 6. 식품별 규격 확인 시험법 6.7.2.1 알데히드
		실적						-	2.6	1.3	
6	단수수 당시험 총 당 함량	목표	%	10	해당없음	해당없음	해당없음	50.0 이상		60.0 이상	제8. 일반시험법 2. 식품성분시험법 2.1.4.1.3 자당
		실적						-	70	72.2	
7	납 함량	목표	mg/kg	10	해당없음	해당없음	해당없음	1.0 이하		1.0 이하	제8. 일반시험법 9.1 중금속
		실적						-	0.0	0.0	
8	사카린 나트륨	목표	검출 여부	10	해당없음	해당없음	해당없음	미검출		미검출	제8. 일반시험법 3.2.1 사카린나트륨
		실적						-	미검출	미검출	

* 1) 정밀도, 인장강도, 내충격성, 작동전압, 응답시간 등 기술적 성능판단기준이 되는 것을 의미합니다.

* 2) 비중은 각 구성성분 사양의 최종목표에 대한 상대적 중요도를 말하며 합계는 100%이어야 합니다.

(3) 세부 정량적 연구개발성과(해당되는 항목만 선택하여 작성하되, 증빙자료를 별도 첨부해야 합니다)

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	An integrated biorefinery process for mandarin peel waste elimination	Journal of Cleaner Production	Soo-Kyeong Jang	371	United Kingdom	ELSEVIER	SCIE	2022.10.15	1879-1786	50
2	Ethanol organosolv lignin as a substitute for commercial antioxidants, focusing on the structural properties and synergistic effect with myricetin	Food Chemistry	Suin Bae	418	United Kingdom	ELSEVIER	SCIE	2023.03.25	0308-8146	50

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	한국공업화학회	성효린	2022.05.13	제주국제컨벤션센터	대한민국
2	한국공업화학회	안명록	2023.05.12	제주국제컨벤션센터	대한민국
2	한국공업화학회	정찬덕	2023.11.09	김대중컨벤션센터	대한민국

기술 요약 정보

연도	기술명	요약 내용	기술 완성도	등록 번호	활용 여부	미활용사유	연구개발기관 외 활용여부	허용방식

보고서 원문

연도	보고서 구분	발간일	등록 번호

생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물

번호	생명자원(생물자원, 생명정보)/화합물 명	등록/기탁 번호	등록/기탁 기관	발생 연도

[기술적 성과]

지식재산권(특허, 실용신안, 의장, 디자인, 상표, 규격, 신제품, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		
1	단수수 버개스의 수화 분쇄를 통한 잔여 착즙액 및 폴리코사놀 회수 방법	한국	한국화학연구원	2022-11-11	10-2022-0150095					50	
2	에탄올 추출성 리그닌을 포함하는 향산화용 조성물	한국	한국화학연구원	2022-11-11	10-2022-0150104					50	
3	단수수 버개스로부터 고농도 정제 당액 제조 방법	한국	한국화학연구원	2023-06-19	10-2023-0078443					50	

○ 지식재산권 활용 유형

* 활용의 경우 현재 활용 유형에 √ 표시, 미활용의 경우 향후 활용 예정 유형에 √ 표시합니다(최대 3개 중복선택 가능).

- * 1) 기술이전 또는 자기실시
- * 2) 신제품 개발, 기존 제품 개선, 신공정 개발, 기존 공정 개선 등
- * 3) 국내 또는 국외

□ 매출 실적(누적)

사업화명	발생 연도	매출액		합계	산정 방법
		국내(천원)	국외(달러)		
합계					

□ 사업화 계획 및 무역 수지 개선 효과

성과					
사업화 계획	사업화 소요기간(년)				
	소요예산(천원)				
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내 국외			
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	친환경 포장재, 완충재 등의 상품개발을 위한 기술사업화사업을 기획할 예정임				
무역 수지 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
	수출				

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)			합계
			2021년	2022년	2023년	
1	단수수 증류주 및 시럽 제품화 연구	농업회사법인 (주)착한농부	1			1
2	단수수 증류주 및 시럽 제품화 연구	농업회사법인 (주)착한농부		1		1
합계			1	1		2

□ 고용 효과

고용 효과	구분		고용 효과(명)	
	개발 전	개발 후	연구인력	생산인력
			1	3
			2	4

□ 비용 절감(누적)

순번	사업화명	발생연도	산정 방법	비용 절감액(천원)
합계				

□ 경제적 파급 효과

(단위: 천원/년)

구분	사업화명	수입 대체	수출 증대	매출 증대	생산성 향상	고용 창출 (인력 양성 수)	기타
해당 연도							
기대 목표							

□ 산업 지원(기술지도)

순번	내용	기간	참석 대상	장소	인원

기술 무역

(단위: 천원)

번호	계약 연월	계약 기술명	계약 업체명	계약업체 국가	기 징수액	총 계약액	해당 연도 징수액	향후 예정액	수출/수입

[사회적 성과]

법령 반영

번호	구분 (법률/시행령)	활용 구분 (제정/개정)	명 칭	해당 조항	시행일	관리 부처	제정/개정 내용

정책활용 내용

번호	구분 (제안/채택)	정책명	관련 기관 (담당 부서)	활용 연도	채택 내용

설계 기준/설명서(시방서)/지침/안내서에 반영

번호	구분 (설계 기준/설명서/지침/안내서)	활용 구분 (신규/개선)	설계 기준/설명서/지침/안내서 명칭	반영일	반영 내용

전문 연구 인력 양성

번호	분류	기준 연도	현황										
			학위별				성별		지역별				
			박사	석사	학사	기타	남	여	수도권	충청권	영남권	호남권	기타
1	학연생	2023		1			1	1	1	1			
				1			1		1				

산업 기술 인력 양성

번호	프로그램명	프로그램 내용	교육 기관	교육 개최 횟수	총 교육 시간	총 교육 인원

다른 국가연구개발사업에의 활용

번호	중앙행정기관명	사업명	연구개발과제명	연구책임자	연구개발비

국제화 협력성과

번호	구분 (유치/파견)	기간	국가	학위	전공	내용

홍보 실적

번호	홍보 유형	매체명	제목	홍보일

포상 및 수상 실적

번호	종류	포상명	포상 내용	포상 대상	포상일	포상 기관

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

구축기관	연구시설/연구장비명	규격(모델명)	개발여부(O/X)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자(YY.MM.DD)	구축비용(천원)	비고(설치 장소)
㈜착한농부	프레스기		X	-	-	21.09.08	12,100	㈜착한농부
㈜착한농부	단수수 농축기		X	-	-	21.11.22	16,500	㈜착한농부
㈜착한농부	머스트 이송펌프	MTN0040-P	X	-	-	21.11.29	1,870	㈜착한농부
㈜착한농부	20mm압력계	MFP-PG	X	-	-	21.11.29	55	㈜착한농부
㈜착한농부	액상계량기	MFP-Vino 1_Gas	X	-	-	21.11.29	297	㈜착한농부
㈜착한농부	20mm디스펜서	MTN0020-DISP	X	-	-	21.11.29	748	㈜착한농부
㈜착한농부	단수수농축기		X	-	-	22.03.31	17,600	㈜착한농부
㈜착한농부	단수수사료작물 수확기	PM770	X	-	-	22.07.12	2,530	㈜착한농부
㈜착한농부	단수수관리기		X	-	-	22.07.12	3,509	㈜착한농부
㈜착한농부	단수수종실 전동가위		X	-	-	22.07.21	330	㈜착한농부
㈜착한농부	단수수착즙기	QXCY-5	X	-	-	22.05.30	9,698	㈜착한농부
㈜착한농부	단수수종실탈곡기	SB-100	X	-	-	22.08.29	2,420	㈜착한농부
㈜착한농부	단수수종실정선기		X	-	-	22.08.29	605	㈜착한농부
㈜착한농부	발효탱크		X	-	-	22.09.27	18,040	㈜착한농부
㈜착한농부	교반탱크		X	-	-	22.09.27	7,040	㈜착한농부
한국화학연구원	진공펌프	MZ2C	X	-	-	22.06.27	4680	한국화학연구원
㈜착한농부	냉각칠러		X	-	-	23.04.24	8,000	㈜착한농부
㈜착한농부	냉각칠러탱크		X	-	-	23.04.24	8,000	㈜착한농부
㈜착한농부	규조토 정밀여과기		X	-	-	23.04.24	11,000	㈜착한농부
㈜착한농부	Copper still		X	-	-	23.05.08	26,700	㈜착한농부
㈜착한농부	콘덴싱유닛		X	-	-	23.06.30	26,300	㈜착한농부

* 「과학기술기초법 시행령」 제42조제4항제2호에 따른 연구시설·장비 종합정보시스템을 의미합니다.

[그 밖의 성과](해당 시 작성합니다)

(4) 계획하지 않은 성과 및 관련 분야 기여사항(해당 시 작성합니다)

2) 목표 달성 수준

추진 목표	달성 내용	달성도(%)
○ 단수수 버개스 수용성 혼합당 및 폴리코사놀 동시추출을 위한 수화 분쇄 공정 최적화	○ 동시추출 공정 최적화 완료	○100
○ 착즙액의 고액분리 및 멤브레인 분리농축 공정 최적화	○ PES 멤브레인 적용 분리 농축 공정 확립	○100
○ 통합공정 물질 수지 분석 및 경제성 평가	○ 통합공정 물질 수지 분석 및 경제성 평가 완료	○100
○ 단수수 증류주 및 당시럽의 품질특성 확보	○ 증류주 및 당시럽의 품질특성 확보	○100
○ 단수수 증류주 및 당시럽 시제품 제조 및 규격화	○ 증류주 및 당시럽 시제품 제조 및 규격화	○100
○ 프리미엄 단수수 증류주 및 당시럽 제품 마케팅 전략 확립	○ 제품 마케팅 전략 확립	○100

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

- 본 과제 목표 중 특허등록 2건이 목표로 설정되어 있고 연구개발기간 내에 1건의 등록을 목표로 하였음. 이를 달성하기 위해 과제 수행기간 내에 총 3건의 특허를 출원하였고 권리확보를 위해 우선권심사를 신청하였으나 기술 개발기간이 길어져 출원 시기가 늦어짐. 과제 진행 중 특허등록이 되지 않았지만, 과제 종료 후 1~2년 이내에 등록이 가능할 것으로 예상됨.
- 본 과제의 기술이전 목표액 8,000만 원 중, 3차년도에 기술이전을 체결하여 선급기술료 3,000만 원을 달성하였고, 미달성 목표액 5,000만 원은 사업화를 통한 매출액이 발생하면 경상기술료(매출액의 2%)로 달성이 가능할 것으로 예상됨.

2) 자체 보완활동

- 출원된 특허의 등록을 위하여 특허 동향 및 유사 기술 관련한 선행조사를 실시함.
- 기술이전 된 기술을 이용하여 개발한 제품의 사업화가 가능하도록 참여기업에 2차 착즙 공정 기술, 폴리코사놀 회수 기술, 고액분리 기술 농축기술 등의 노하우를 전수하여 업체 자체적으로 제품생산이 가능하도록 지원할 계획임.

3) 연구개발 과정의 성실성

- 본 연구과제의 목표 달성을 위해 1차년도 기술개발을 통해 특허 2건을 출원하였고, 연구기간 내에 총 3건의 특허를 출원하여 목표 이상 달성하였음.
- 기술이전 금액 3,000만 원으로 목표액보다 낮은 금액으로 계약을 진행하였으나, 목표액 달성을 위해 경상기술료로 매출액의 2%를 납입하는 계약을 실시함.
- 과제 진행 시 코로나로 인한 비대면의 어려움 속에서도 업체와의 소통을 통해 다양한 의견을 교환하여, 사업화가 가능한 기술을 개발하였음.

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

본 연구개발성과는 기존의 단수수 착즙과정에서 발생하는 단수수 버개스의 활용가치를 높이기 위해 혼합당 및 폴리코사놀과 같은 기능성 소재를 추가 확보하는 연구로 시작되었으나 그 과정에서 추가적으로 발생하는 2차 착즙 버개스의 경우 생분해성 플라스틱과 복합소재를 형성할 수 있음을 확인하였고 이와 같은 결과를 한국공업화학회에서 “단수수버개스의 비결정성 성분 함량 변화에 따른 Lignocellulose microfiber(LCMF)/PLA 복합소재의 물리적 특성 평가”라는 제목으로 발표함으로써 관련 분야 연구에 다양하게 활용될 수 있을 것으로 예상됨.

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

연구개발성과 중 혼합당 및 폴리코사놀의 동시 추출과 관련된 핵심 내용은 특허출원 및 등록을 통해 지식재산권을 보호할 계획이며 이때 함께 발생하는 부산물의 활용방안 등도 보조적인 기술로서 확보할 계획임. 또한 이렇게 확보된 그룹 특허를 참여기관에 기술이전함으로써 참여기관의 매출액 증진 및 고용창출에 활용할 계획임.

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내	
국외논문	SCIE		
	비SCIE		
	계		
국내논문	SCIE		
	비SCIE		
	계		
특허출원	국내		
	국외		
	계		
특허등록	국내	2	
	국외		
	계		
인력양성	학사		
	석사		
	박사		
	계		
사업화	상품출시		
	기술이전		
	공정개발		
제품개발	시제품개발		
비임상시험 실시			
임상시험 실시 (IND 승인)	의약품	1상	
		2상	
		3상	
	의료기기		
진료지침개발			
신의료기술개발			
성과홍보			
포상 및 수상실적			
정성적 성과 주요 내용			

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 기술사업화지원사업 복합성분 동시추출법을 이용한 단수수 증류주 및 시럽 제품화 연구개발과제 최종보고서이다.
2. 이 연구개발내용을 대외적으로 발표할 때에는 반드시 농림축산식품부(농림식품기술기획평가원)에서 시행한 복합성분 동시추출법을 이용한 단수수 증류주 및 시럽 제품화연구 개발사업의 결과임을 밝혀야 한다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 된다.