

발간등록번호

11-1543000-004067-01

국내산 보리활용 수제맥주 제조용
맥아 제조기술 개발 및 산업화

국내산 보리 활용 수제맥주 제조용 맥아 제조기술 개발 및 산업화

2022. 04. 04.

2021

농림축산식품부
농림식품기술기획평가원

주관연구개발기관/ (주)파머스맥주
공동연구개발기관/ 동국대학교
우석대학교

농림축산식품부
(전문기관)농림식품기술기획평가원

제출문

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 "국내산 보리 활용 수제맥주 제조용 맥아 제조기술 개발 및 산업화"(개발기간 : 2019. 05. ~ 2021. 12.)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2022년 04월 04일

주관연구개발기관명 : (주)파머스맥주 (대표자)
공동연구개발기관명 : 동국대학교 (대표자)
공동연구개발기관명 : 우석대학교 (대표자)



주관연구책임자 : 이용선

협동연구책임자 : 신한승, 김왕준, 권영만, 김도영

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

최종보고서						보안등급					
						일반[√], 보안[]					
중앙행정기관명		농림축산식품부		사업명	사업명			맞춤형혁신식품 및 천연			
전문기관명 (해당 시 작성)		농림식품기술기획평가원			내역사업명			안심소재기술개발사업			
공고번호				총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			연구개발과제번호				
							319049-3				
기술분류	국가과학기술 표준분류	LB1704	50%	LB0106	50%						
	농림식품과학기술분류	PA0103	10%	0%							
총괄연구개발명 (해당 시 작성)		국문									
		영문									
연구개발과제명		국문		국내산 보리 활용 수제맥주 제조용 맥아 제조기술 개발 및 산업화							
		영문		Development of malting technology for craft beer using domestic barely and industrialization							
주관연구개발기관		기관명		㈜피머스맥주		사업자등록번호					
		주소		전라북도 고창군 부안면 북문자로 434-129		법인등록번호					
연구책임자		성명		이용선		직위		대표이사			
		연락처		직장전화		휴대전화					
				전자우편		국가연구자번호					
연구개발기간		전체		2019. 05. 20 - 2021. 12. 31 (2년 8개월)							
		단계 (해당 시 작성)		1단계		2019. 05. 20 - 2020. 12. 31 (1년 8개월)					
				2단계		2020. 01. 01 - 2020. 12. 31 (12개월)					
연구개발비 (단위: 천원)		정부지원 연구개발비		기관부담 연구개발비		그 외 기관 등의 지원금 지방자치단체 기타()		합계		연구개발 비의 지원금	
		현금		현금		현금		현금		현금	
		현물		현물		현물		현물		현물	
		합계		합계		합계		합계		합계	
총계		1,041,500		26,200		234,300		26,200		234,000	
1단계		265,000		6,700		59,600		6,700		59,600	
2단계		379,000		9,500		85,300		9,500		85,300	
3년차		397,500		10,000		89,400		397,500		10,000	
2단계								397,500		10,000	
								496,900			
공동연구개발기관 등 (해당 시 작성)		기관명		책임자		직위		휴대전화		전자우편	
		동국대학교		신한승		교수					
		동국대학교		김왕준		교수					
		동국대학교		김도영		조교수					
		우석대학교		권영안		교수					
연구개발담당자 실무담당자		성명		김우빈		직위		팀장			
		연락처		직장전화		휴대전화					
				전자우편		국가연구자번호					

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

2022년 04월 04일

연구책임자: 이 용 선

주관연구개발기관의 장: ㈜피머스 맥주 (책임)
 공동연구개발기관의 장: 동국대학교 (직인)
 공동연구개발기관의 장: 우석대학교 (직인)

농림축산식품부장관·농림식품기술기획평가원장 귀하



< 요약 문 >

사업명		맛춤형혁신식품 및 천연안심소재기술개발사업		총괄연구개발 식별번호 (해당 시 작성)			
내역사업명 (해당 시 작성)				연구개발과제번호		319049-3	
기술 분류	국가과학기술 표준분류	LB1704	50 %	LB0106	50 %	%	
	농림식품 과학기술분류	PA0103	10 0%			%	
총괄연구개발명 (해당 시 작성)							
연구개발과제명		국내산 보리 활용 수제맥주 제조용 맥아 제조기술 개발 및 산업화					
전체 연구개발기간		2019. 05. 20 - 2021. 12. 31 (2년 8개월)					
총 연구개발비		총 1,302,000 천원 (정부지원연구개발비: 1,041,500 천원, 기관부담연구개발비(현금) : 26,200 천원, 기관부담연구개발비(현물) : 234,300 천원					
연구개발단계		기초[] 응용[] 개발[<input checked="" type="checkbox"/>] 기타(위 3가지에 해당되지 않는 경우)[]		기술성숙도 (해당 시 기재)		착수시점 기준() 종료시점 목표()	
연구개발과제 유형 (해당 시 작성)							
연구개발과제 특성 (해당 시 작성)							
연구개발 목표 및 내용		최종 목표		<ul style="list-style-type: none"> ○ 국내산 맥주보리를 활용한 수제맥주 제조용 맥아(base malt, specialty malt) 제조 기술 개발 및 개발된 맥아소재를 사용한 100% 국산 보리 활용 수제맥주(craft beer) 개발 ○ 개발 맥아 소재를 이용한 당화조건을 최적화하고 수율제고 기술을 개발 ○ 개발 맥아 소재를 이용한 발효조건을 최적화 ○ 개발 맥아 소재를 활용한 수제맥주 제조 공정을 개선하고 수제맥주의 품질 관리 기술을 개발 ○ 현장실증을 통한 산업화 적용연구를 병행하여 특수맥아, 수제맥주를 제조하여 실용화를 추진 ○ 본 과제 수행을 통해 개발한 기술을 참여기업과 공동으로 산업화를 추진 			
		전체 내용		<ul style="list-style-type: none"> ○ 기본맥아와 특수맥아 제조공정 개발 및 산업화 <ul style="list-style-type: none"> - 선행연구결과를 활용한 국산보리맥아 제조공정의 scale-up - 참여기업과 맥아제조시설을 공유한 현장적용을 통하여 산업화 ○ 기본맥아와 특수맥아 제조공정 개발 및 산업화 <ul style="list-style-type: none"> - 국내산 보리를 활용한 특수 맥아 제조공정을 개발 - Kilning, roasting 온도, 시간 등에 따른 맥아의 특성을 규명 및 수입 맥아 대비 품질 비교연구를 통해 특수맥아 제조 최적 조건을 확립 - 참여기업과 맥아제조시설을 공유한 현장적용을 통하여 산업화 ○ 당화 공정 개발 <ul style="list-style-type: none"> - 기본맥아와 특수맥아를 이용해 발효성 당을 고효율로 생성하 			

		<p>기 위한 온도별, 당화시간별 맥즙 성분변화를 모니터링하고 다양한 효소처리(α-amylase, β-amylase, β-glucanase 등)를 통해 당화 최적조건을 확립</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기존 양조 장비를 개선하여 열효율을 높인 수제맥주 제조용 당화조를 개발 - 주관기관의 생산제조시설을 공유한 현장적용을 통하여 산업화 <p>○ 발효 공정 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 기본맥아와 특수맥아를 이용해 발효 조건을 현장최적화하고, 수입맥아 대비 양조특성을 비교 - 주관기관의 생산제조시설을 공유한 현장적용을 통하여 산업화 <p>○ 수제맥주의 생산 및 품질관리 기술 개발</p> <ul style="list-style-type: none"> - 국내산 보리맥아를 활용한 수제맥주 제조공정 중 당화조, 여과조, 침전조에 대하여 각각의 수율을 최대화할 수 있는 시스템을 개선 - 국내산 보리맥아를 활용한 수제맥주의 이화학적 분석 및 소비자 관능검사를 통한 맥주의 품질관리 방법을 확립하여 적용
--	--	--

연구개발성과	1. 정량적 성과																				
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 5%;">구분</th> <th colspan="2" style="width: 30%;">논문</th> <th rowspan="2" style="width: 20%;">학술발표</th> <th rowspan="2" style="width: 20%;">인력양성</th> </tr> <tr> <th style="width: 15%;">sci</th> <th style="width: 15%;">비sci</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">계</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">6</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">목표달성</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> </tbody> </table>				구분	논문		학술발표	인력양성	sci	비sci	계	5	-	6	6	목표달성	3	2	5	5
	구분	논문		학술발표		인력양성															
		sci	비sci																		
계	5	-	6	6																	
목표달성	3	2	5	5																	
2. 정성적 성과																					
	구분 (연도)	연구개발목표	달성도 (%)	정성적의 착안점 및 기준																	
	1차년도	기본맥아 양상공정 표준화	100	<ul style="list-style-type: none"> - 국내산 보리 활용 base맥아 개발 여부 - Base맥아 제조공정 및 당화, 발효 조건 현장최적화 및 표준화 여부 - 열효율을 높인 수제맥주 제조용 당화조의 개발 여부 																	
	2차년도	Caramel맥아 양상공정 표준화	100	<ul style="list-style-type: none"> - 국내산 보리 활용 caramel맥아 개발 여부 - Roasted맥아 제조공정 및 당화, 발효조건 현장최적화 및 표준화 여부 - 교반 능력이 향상된 수제맥주 제조용 여과장치의 개발 여부 																	
	3차년도	Roasted맥아 양상공정 표준화	40	<ul style="list-style-type: none"> - 국내산 보리 활용 roasted맥아 개발 여부 - Roasted맥아 제조공정 및 당화, 발효조건 현장최적화 및 표준화 여부 - 수제맥주 제조용 침전조 개발 및 품질평가기술 개발 																	
연구개발성과 활용계획 및 기대 효과	<p>○ 고품격 국내산 보리 맥아의 생산으로 다양한 수제맥주 생산이 가능하며, 다양하고 특색있는 고급 맥주를 선호하는 소비자의 기대에 부응하고 최근 가파르게 국내시장을 잠식 하고 있는 수입맥주의 대체효과 및 외국산 맥아 수입 감소효과 기대연도 생산량 기대효과</p> <p>○ 산업화 측면에서 다양하고 차별화된 수제맥주를 생산하는 기반기술의 보급 및 확대를 통해 향후 고품질의 국내산 보리활용 수제맥주의 해외 수출에 따른 외화 획득</p>																				

	<p>기대</p> <p>○ 맥주제조 현장의 기존 양조 장비를 국내산 맥아를 활용한 수제맥주 제조에 적합하게 개선하여 생산관리 조건 확립에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대</p> <p>○ EU, 미국 등과 체결한 FTA의 발효 및 보리 수매제도의 폐지 등에 따른 국내 보리 재배 농가의 경제적 손실 보전도 기대</p>												
연구개발성과의 비공개여부 및 사유													
연구개발성과의 등록·기탁 건수	논문	특허	보고서 원문	연구 시설·장비	기술 요약 정보	소프트 웨어	표준	생명자원		화합물	신품종		
								생명 정보	생물 자원		정보	실물	
연구시설·장비 종합정보시스템 등록 현황	구입 기관	연구시설·장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	ZEUS 등록번호				
국문핵심어 (5개 이내)	국내산 보리		특수 맥아		수제 맥주		수입 대체		산업화				
영문핵심어 (5개 이내)	domestic barley		specialty malt		craft beer		import substitution		industrialization				

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요	13
1-1. 연구개발의 목표	13
1-2. 연구개발의 필요성	14
1-3. 연구개발 대상의 국내·외 현황	15
2. 연구개발과제의 수행 과정 및 내용	36
2-1. 1차년도 연구개발과제의 수행 과정 및 내용	36
2-2. 2차년도 연구개발과제의 수행 과정 및 내용	92
2-3. 3차년도 연구개발과제의 수행 과정 및 내용	143
3. 연구개발성과 및 목표 달성 정도	
3-1. 연구 수행 결과	192
3-2. 목표 달성 수준	204
4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성)	207
5. 연구개발성과 및 관련 분야에 대한 기여 정도	208
6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획	209
별첨 자료 (참고 문헌 등)	211

1. 연구개발과제의 개요

1-1. 연구개발의 목표

□ 연구개발 목표: 국내산 맥주보리를 활용한 수제맥주 제조용 맥아(base malt, specialty malt) 제조 기술 개발 및 개발된 맥아를 사용한 100% 국산 보리 활용 수제맥주(craft beer) 개발

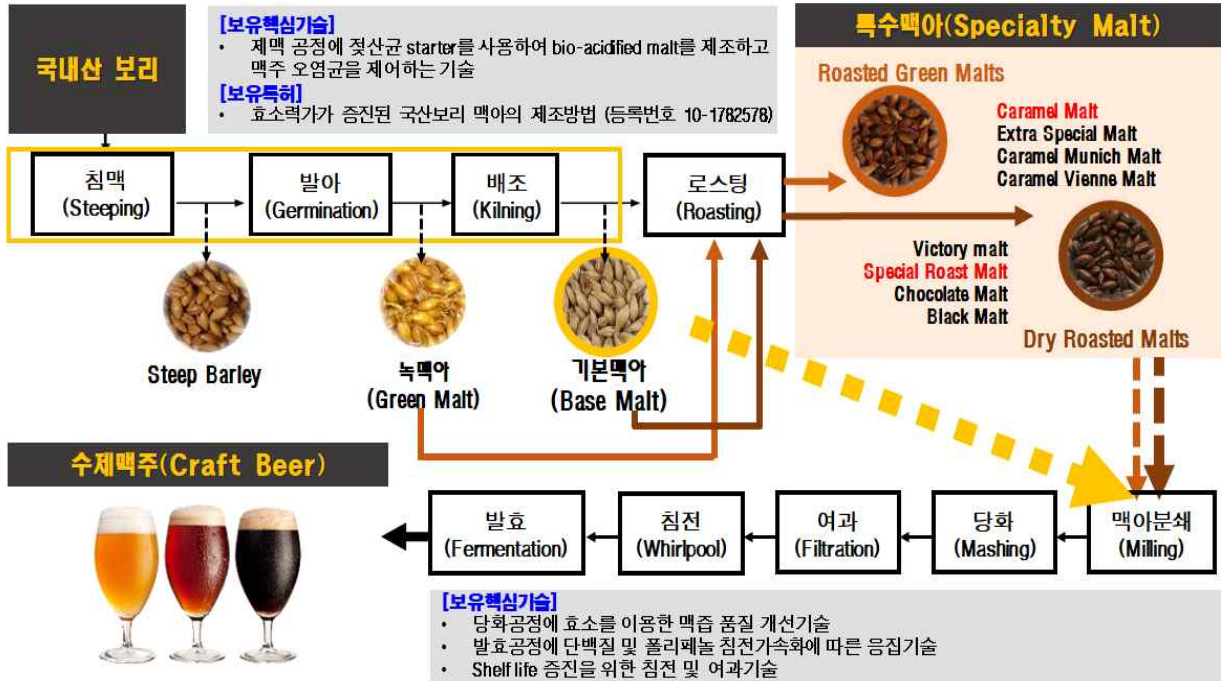


그림 1. 연구개발 대상 및 보유핵심기술의 개요도

- 국내산 맥주보리를 활용하여 수입맥아 대체가 가능한 수제맥주 제조용 맥아 3종(base malt, caramel malt, roasted malt)을 개발
 - 수제맥주 열풍에도 불구하고 현재 수제맥주 업체들이 생산하는 맥주의 원료는 대부분 수입맥아로, 국내 보리재배 농가의 수익창출로는 이어지지 않고 있어 수입맥아를 대체할 국내산 보리를 활용한 맥아개발이 시급히 요구됨
 - 본 연구팀은 다년간의 선행연구를 통해 ‘젖산균 starter를 이용한 맥아 제조 및 이를 이용한 맥주 오염균의 생물학적 제어, 국산보리맥아를 이용한 당화조건 최적화, 맥주 발효 중 protein 및 polyphenols 침전 가속화에 따른 응집방법, 국산보리맥주의 살균공정 최적화 기술’ 등 본 개발사업과 관련된 핵심기술을 확보하고 있음
- 본 사업을 통하여 개발된 맥아를 활용한 수제맥주 제조공정 개선
 - (주)파머스 맥주의 맥주생산기술과 협동기관 맥주 제조관련 핵심기술을 기반으로 하여 개발된 맥아를 활용하여 수제맥주 시제품을 생산하여 개발된 맥아소재의 상용화 및 개발기술 활용 업체로의 기술이전을 위한 자료를 확보하고 사업화 전단계의 모든 적용연구를 완료
- 주관기관인 (주)파머스맥주의 맥주제조시설을 이용한 산업화
 - 개발된 맥아 제조공정을 scale-up하여 현장 최적화
 - 주관기관의 맥아제조시설을 공유한 현장적용을 통한 산업화
 - 개발된 맥아소재와 수제맥주의 생산 공정을 표준화하고 품질관리기술 및 시스템을 확립하여 사업화를 추진
- 개발기술을 활용할 기업체(한국홍삼맥주(주))를 통한 소규모 양조업체 현장적용

1-2. 연구개발의 필요성

- 현재 국내 맥주 생산량은 매년 증가함에 따라 외국산 맥주보리 원맥 및 맥아의 수입도 점차 증가하는 추세에 있는 반면, 국내보리의 자급률은 해마다 감소하고 있다. 또한 2012년 3월 15일을 기점으로 한미 FTA의 발효로 인하여 맥주보리에 대한 관세가 철폐되고(2015년), 매년 2%의 수입량이 의무적으로 증가할 예정으로 있어 국내 보리 생산농가의 침체를 더욱 가속화 시킬 전망이다.
- 최근 국내 맥주산업계의 추세를 보면, 가정에서 주류를 가볍게 즐기는 문화와 맥주, 와인 등 저도주 선호현상이 확산되고, 소비자 기호가 다양해지고 고급화되면서 해외브랜드 수입맥주 및 수제맥주에 대한 관심이 급격하게 증가하고 있다.
- 2017년 수제맥주 시장 규모는 200억 원 대에 그쳤지만 연이은 관련 규제 완화로 5년 뒤에는 국내 수제맥주 시장 규모가 1,500억 원 대를 넘어설 것으로 전망된다. 국내의 수제맥주 업체는 2018년 10월 현재 108개로 국내 수제맥주의 비약적인 성장에도 불구하고 극소수 업체((주)파머스맥주포함)에서만 국내산 맥아를 사용하고 있고 그마저도 기본맥아에 한정되어 있어 특수맥아는 모두 수입맥아를 사용하는 실정이다.
- 계속해서 수입맥아에 의존한다면 국산보리의 수급에 큰 차질을 가져올 것이고 국내 보리재배 농가의 경제적 손실이 클 것으로 예상되어 보리의 품종개량과 더불어 새로운 용도 개척 등 국내산 보리의 소비를 촉진하는 다양한 방법을 모색함으로써 안정적인 원맥활용 대책 마련이 시급하다.
- 본 연구에서는 국내산 맥주보리를 활용하여 수제맥주 제조용 맥아 생산기술의 확보를 통하여 국내 맥주보리의 소비를 촉진시키고 국내산 보리를 활용한 맥아를 원료로 활용하여 고품질의 차별화된 수제맥주시장의 활성화에 기여하고자 한다.
- 국내 맥아제조기술은 성장기 위치에 있다고 평가되나 전통과 역사가 깊은 독일, 호주, 미국의 맥아생산기술 및 맥아의 품질에 못 미치며 현재 대부분 수제맥주 업체는 독일, 호주, 미국 등에서 맥아를 수입해 사용하는 실정이다. 실질적으로 2014년 기준 맥주 수입 원료의 국내 사용량은 28만 2,205톤이며 2013년 대비 32.6% 증가하여 국내산 맥주보리 맥아의 품질 및 공정에 대한 개선이 요구된다.
- 국내 맥아제조업의 주요 기술적 문제점은 제품 성능 관점에서는 수입산 맥아보다 풍미, 색, 당도 등의 품질이 떨어진다는 것이며 제조공정 관점에서는 맥아제조 비용, 시간이 많이 든다는 것으로 국내산 보리를 활용하여 수입맥아 대체가 가능한 액상, 분말형 맥아 제조 기술 개발이 필요하다.
- 국내산 맥주보리를 수제맥주제조용 맥아개발에 이용하기 위해서는 맥주보리의 발아 및 당화, 발효공정에 이르기까지 새로운 시도들이 필요하다. 본 연구팀의 선행연구사례들에서 기 개발된 발아나 당화를 촉진시키는 초음파, microwave 처리기술, 젖산균 starter를 이용한 맥아 제조 및 이를 이용한 맥주 오염균의 생물학적 제어기술, 맥주 발효 중 protein 및 polyphenols 침전 가속화에 따른 응집기술, 국산 보리맥주의 살균기술 등이 활용이 가능할 것으로 보인다.
- 본 연구팀의 선행연구 및 핵심기술을 바탕으로 국내산 보리를 이용한 특수맥아를 개발할 경우, 수입 맥아를 대체하고 더불어 고품질의 수제맥주제조 원료로 포지셔닝이 가능하며 보리의 부가가치를 높이고 농민의 소득증대와 신수요 창출에 기여하고자 한다. 또한 맥주제조 과정 중 품질저하 등과 관련하여 발생할 수 있는 문제점을 도출하고 본 과제 수행을 통해 품질관리기술이 추가되면 국산보리로 만든 수제맥주를 개발하여 감소추세에 있는 국내 보리 생산량의 증대와 함께 농가소득 증대 및 국내 경제에 큰 기여를 할 것으로 보인다.



그림 2. 총괄 과제 연구개요도

1-3. 연구개발대상의 국내·외 현황

○ 기술현황

- 수제맥주의 제조과정은 다음 대략 맥아제조(malting), 맥즙제조(mashing), 발효(fermentation), 여과(filtration), 포장 및 살균(packaging and pasteurization) 공정으로 나눌 수 있다.

파머스 맥주 제조과정

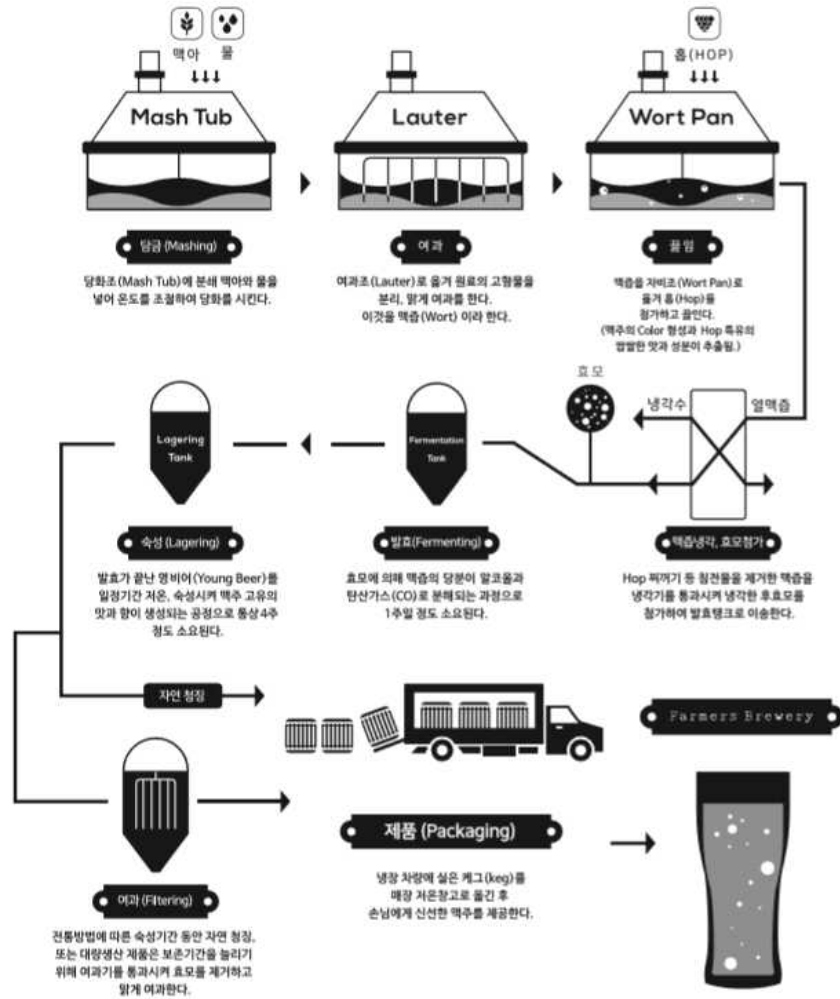


그림 3. 주관기업인 (주)파머스맥주의 맥주제조과정

- 맥아의 종류와 품질에 따라 맥주의 품질에 직접적인 영향을 주며 맥아를 어떻게 제조하느냐에 따라 맥주의 맛과 색깔, 향기도 달라진다. 따라서 국내산 맥주보리의 특성을 파악함으로써 맥주 보리의 품종에 따른 알맞은 맥아 제조방법을 개발하고, 맥아의 종류를 다양화함으로써 국내산 맥주 보리의 특성을 살릴 수 있는 독특한 맥주를 생산할 필요가 있다.
- 맥주 원료 중 가장 중요한 비중을 차지하여 맥주 품질을 결정하는 결정적 요소인 보리는 이삭의 조성, 곡립의 피과성, 수축의 길이 등에 따라 분류되며 작물학적으로는 배열된 보리알의 열 수에 따라 2조맥 (Hordeum distichon, L.)과 6조맥 (Hordeum vulgare, L.)으로 나누고, 성숙한 뒤 껍질이 종실에 밀착하여 분리되지 않는 겉보리(피맥, hulled barley)와 성숙 후 껍질이 종실에서 잘 분리되는 쌀보리(과맥, unhulled barley)로 구별된다.
- 맥주용 보리 품종은 농업적 특성뿐만 아니라 원맥과 맥아의 품질이 중요한 기준이 되므로 취반용인 쌀보리에 비해 개발된 품종수가 적지만 2000년대부터 맥주보리의 품질향상에 중점을 두고 품종육성을 한 결과 현재 ‘호품’, ‘백호’, ‘광맥’ 등 대표적인 맥주보리 품종이 존재한다.
- 국내에서 가장 재배가 많은 맥주용 보리는 ‘호품’으로 보리품질이나 맥주의 맛이 수입산과 비슷한 세계적인 수준까지 도달하였지만 추위 및 도복과 불시출수 등에 약한 재배특성을 가진다. 이러한 ‘호

품'의 단점을 개선하고 품질이 우수한 '광맥'을 육성해 새로운 품종 '광맥'을 육성해 '익산149호'의 계통명으로 3개년간 4개소에서 지역적응시험을 수행하였다. 이 후 국립종자원의 재배심사를 거쳐 2016년 종자산업법 제 55조에 따라 품종보호등록(제5847호)되었다.

- 맥주용 보리의 품질특성은 일반적으로 원맥과 맥아의 품질을 조사하게 되는데 원맥 품질 조사 결과 2.5mm 이상의 종실비율인 정립률은 '광맥'은 93.6%로서 '호품'의 90.4%에 비해 높았으며 일반적인 맥주용 기준인 85%이상에 비해서도 높았다. 맥주용으로 이용되는 보리의 천립중은 일반적으로 40g 이상인 것을 요구하고 있어 '광맥'의 맥주용 원맥품질도 좋은 것으로 나타났다. 베타글루칸, 단백질 함량, 발아율 등은 '호품'과 비슷하였다.
- 맥아품질 조사 결과 '광맥'은 '호품'에 비해 효소역가가 높고, 맥즙의 여과시간이 짧아 좋은 양조 특성을 보였다. 그 외 특성에서도 '호품'과 비슷한 맥아 품질특성을 보여 맥주용으로 적절한 수준을 보였다.

표 1. '호품'과 '광맥'의 맥아품질 비교

Cultivar	Extraction rate (%)	Soluble protein (%)	Kolbach index (%)	Diastatic power (W.K)	Filtering time (min/100ml)	Friability (%)
Hopum	72.0a†	3.4a	32.1a	165a	15.8a	88.8a
Gwangmaeg	71.5a	3.3a	29.1b	188b	13.4b	88.6a

†Values followed by the same letters within a column not significantly different(p<0.05, T-test).

- 맥아제조공정은 기본적으로 침맥(steepling), 발아(germination), 배조(kilning)과정을 거쳐 수행되며 침맥과 발아를 통해 녹맥아(green malt)를 제조하고 제조된 녹맥아는 배조를 통한 가열건조로 맥아로 생산된다.

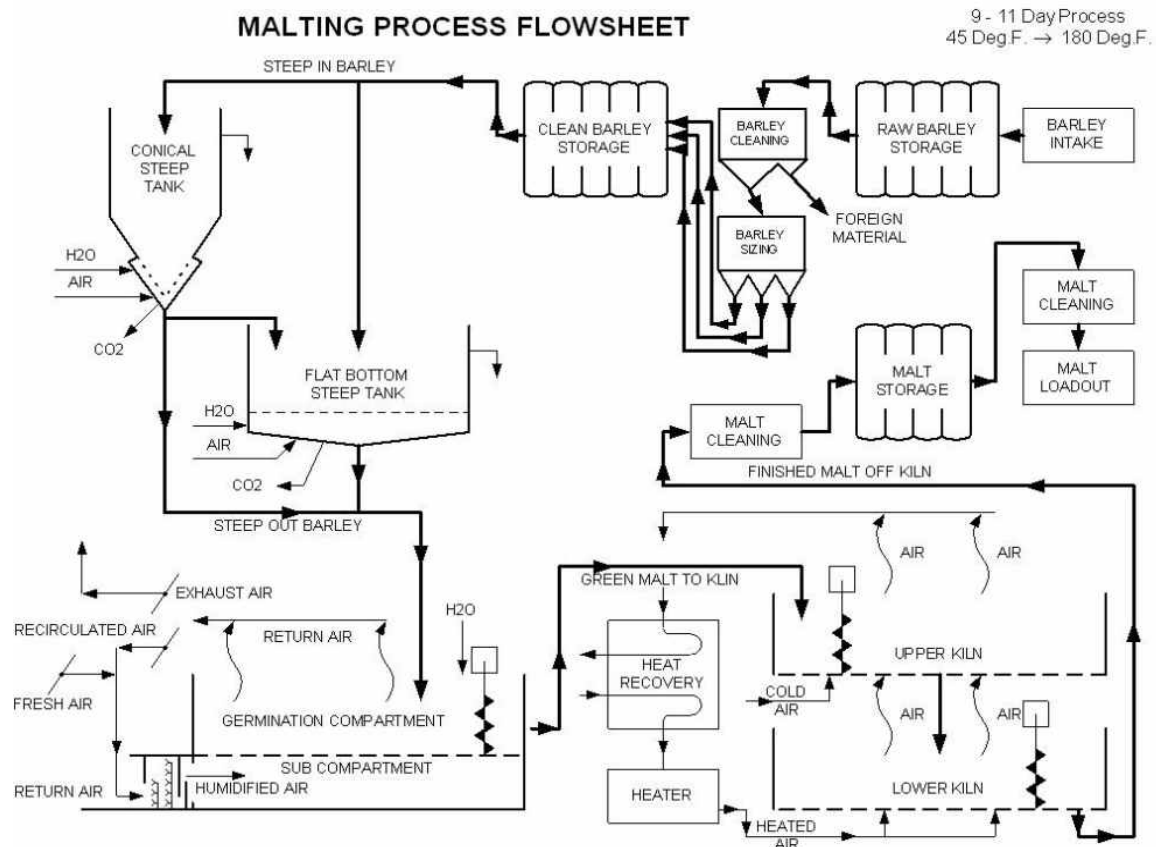


그림 4. 맥아 제조과정

- 맥아는 보리 종류, 맥아과정, 건조방식, 가공처리 방법 등에 따라 다양하게 생산이 가능하며 크게 용도에 따라 기본맥아와 특수맥아로 분류할 수 있다. 기본맥아는 침맥, 발아 단계를 거쳐 건조시킨 것으로 맥아 제조 방법에 따라 효소역가에 있어 현저한 차이가 있으므로 맥주의 품질을 위해 고품질의 맥아생산은 필수다.
- 국내 맥아제조기술은 성장기 위치에 있다고 평가되나 전통과 역사가 깊은 독일, 호주, 미국의 맥아 생산기술 및 맥아의 품질에 못 미치며 현재 대부분 수제맥주 업체는 독일, 호주, 미국 등에서 맥아를 수입해 사용하는 실정이다. 실질적으로 2014년 기준 맥주 수입 원료의 국내 사용량은 28만 2,205톤이며 2013년 대비 32.6% 증가하여 국내산 맥주보리 맥아의 품질 및 공정에 대한 개선이 요구된다.

표 2. 맥주 원료 수입 실적

년도	맥아		맥주보리		합계	
	수입량(톤)	수입액(천\$)	수입량(톤)	수입액(천\$)	수입량(톤)	수입액(천\$)
2010	155,982	69,882	12,750	3,001	168,732	72,883
2011	197,010	111,881	30,226	9,260	227,236	121,141
2012	200,683	119,470	51,588	19,882	252,271	139,352
2013	182,049	108,553	38,484	14,827	220,533	123,380
2014	245,834	141,440	45,464	15,375	291,298	156,815

※ 수출입무역통계, 관세청

- 1) 맥아는 HS코드 1107(맥아(볶은 것인지의 여부를 불문한다) 값임
 맥주보리는 2010년-2011년 HS코드 1003.00.1000(맥주맥) 값이었으나 HS코드의 변화로 2012년부터 HS코드 1003.90.1000(맥주보리) 값임

- 국내 맥아제조는 주요 기술적 문제점은 제품성능 관점에서는 수입산 맥아보다 풍미, 색, 당도 등의 품질이 떨어진다는 것이며 제조공정 관점에서는 맥아제조 비용, 시간이 많이 든다는 것으로 국내산 보리를 활용하여 수입맥아 대체가 가능한 액상, 분말형 맥아 제조 기술 개발이 필요하다.
- 특수맥아는 기본맥아를 일정온도에서 로스팅하거나, 녹맥아에 로스팅 처리하는 방법으로 제조하며 특수맥아는 효소가 파괴되어 당화가 불가능하지만 맛, 풍미, 색 등의 맥주 품질에 큰 영향을 미친다.
- 특수맥아제조기술의 핵심요소는 kilning, roasting시 온도, 시간 등으로 맥주의 pH조절이나 바디감, 질감 또는 거품의 조절 등 맛 이외의 특수목적이 달성되도록 하는 조건 등이 부가공정으로 작용하며 맥아제조사의 고유 기술이다.
- 현재 국내 108개 수제맥주 업체 중 국내산 맥아를 수제맥주 생산에 사용하는 곳은 주관기관인 전북 고창 (주)파머스 맥주를 포함한 극히 소수로 대부분 수입하여 사용하는 실정이다.

표 3. 국내업체별 맥아, 맥주제조 방법

기업	제조공정
예시 1. A사	제주백호보리 → 정선 및 선별 → 보리저장 → 침맥(수분공급) → 발아(온도 : 15~18°C / 효소생성 및 효소활성 극대화) ⇒ 방법 1. 건조(맥아수분 제거) → 제주특화맥아(맥아 컬러 및 향 증대) : melanodin(건조온도 : 95~115°C) ⇒ 방법 2. 로스팅 → 제주특화맥아(맥아 컬러 및 향 증대) : carared(건조온도 : 110~150°C) caramunich(건조온도 : 150~180°C)

	<p>carafa(건조온도 : 180~220°C) → 당화 → 여과 → 자비(boiling) → 침전 → 냉각 → 발효 → 숙성 저장 → 제주특화 맥주(라거, 페일에일, 바이젠, 스타우트, 스트롱에일)</p>
예시 2. B사	<p>맥아손질 : 독일에서 맥주제조를 위해 생산한 맥아를 100% 사용 맥아분쇄 : 맥아는 맥주를 만드는 당일 아침에 분쇄하여 사용 담금: 분쇄된 맥아를 맥주 두 종류에 맞게 온도를 세팅한 담금조에 넣어 점차 온도를 높이며 맥주에 필요한 당을 물에 용해 정제수 : 주 재료 중 하나인 필터링을 거쳐 정수한 물을 넣어줌 여과 : 담금을 거친 맥즙을 맥아찌꺼기와 맥즙으로 여과 흡 : 맥주에서 나는 쓴맛과 향, 청량을 위 해 흡을 투입 끓임 : 맥즙을 100°C로 끓이며 흡을 넣어줌 월폴 : 원심력을 이용해 맥즙을 월폴에 옮겨 흡이 자연스레 월폴 중앙에 쌓이도록 함 냉각 : 흡과 분리된 100°C의 맥즙을 냉각기를 통해 10~25°C로 온도를 낮춰줌 효모 : 맥주 종류에 맞는 효모를 맥즙에 투입하여 발효하며, 효모는 맥즙에 녹아있는 당분을 섭취, 탄산과 알코올을 만들어냄 발효 : 1~2주 정도 발효 탱크에서 발효를 함 숙성과 저장 : 발효과 끝난 맥주를 효모와 분리시켜 숙성 저장 논필터링 케징작업 : 숙성된 맥주를 필터링하지 않고 20L 맥주 케그통에 케징하여 냉장보관 후 각 매장 및 취급점으로 냉장 배송.</p>
예시 3. C사	<p>malting(보리를 맥아로 만들기 위해 발아를 관리, 녹말을 발효할 수 있게 충분한 양의 당분과 효소를 함유하도록 만듦) milling(맥아분쇄 : 당화과정에서 효소의 작용을 용이하게 하도록 맥아를 분쇄) mash tun(맥아가 따뜻한 물과 섞여 당화가 되어 맥아죽이 만들어짐) lauter(맥아죽에서 맥즙을 추출) kettle(살균을 위해 끓임을 하는 단계로 이때 흡을 투여하여 쓴맛과 아로마를 녹임) whirl pool(응고된 단백질을 덩어리와 흡 등을 투여하여 생긴 잔여물을 여과) heat exchanger(발효가 이루어질 수 있도록 맥즙의 온도를 낮춰주는 작업) fermenting&aging(맥즙에 이스트를 주입하여 발효시작, 효모의 종류와 발효의 방법에 따라 맥주 스타일 결정 / 상면) 발효 : 에일 / 하면발효 : 라거) : 숙성은 맥주의 종류에 따라 차이가 있지만 대략 4주정도 소요 filtering(맥주의 종류에 따라 필터링이 필요한 경우 구조토를 이용하여 필터링) packing(코리아크래프트브류어리는 현재 병맥주와 케그 생산)</p>

- 맥주 제조과정 중에도 각 공정별로 생물학적, 화학적, 물리적 요인들이 맥주의 품질 저하, 장기 유통 곤란, 생산비용 상승 등의 문제를 일으킬 수 있다. 현재 중소규모 맥주제조의 문제점은 전문인력 양성, 기술개발, 유통채널 등과 같은 인프라가 취약하며 국산원료를 주로 사용할 경우 수입보리를 주로 사용하는 대기업에 비해 원가부담이 가중되고 품질 및 제조공정 개선을 위한 체계적인 연구개발이 부족하고 짧은 유통기한(수출하기 위해서는 최소 1년의 유통기한 필요)으로 보관 및 품질향상 기술이 매우 미흡한 실정이다.

- 본 연구팀의 선행연구 및 핵심기술을 바탕으로 국내산 보리를 이용한 특수맥아를 개발할 경우, 수입 맥아를 대체하고 더불어 고품질의 수제맥주제조 원료로 포지셔닝이 가능하며 보리의 부가가치를 높이고 농민의 소득증대와 신수요 창출에 기여하고자 한다. 또한 맥주제조 과정 중 품질저하 등과 관련하여 발생할 수 있는 문제점을 도출하고 본 과제 수행을 통해 품질관리기술이 추가되면 국산보리로 만든 수제맥주를 개발하여 감소추세에 있는 국내 보리 생산량의 증대와 함께 농가소득 증대 및 국내 경제에 큰 기여를 할 것으로 보인다.

○ 시장현황

- 한국의 맥주 무역수지는 2011년 +622만 달러 이후 2012년 -546만 달러로 적자 전환한 이후 2017년 -1억 5,166만 달러로 적자폭이 빠른 속도로 확대되고 있는 반면 수입 맥주의 국내 소매시장 유통이 확대되면서 맥주 수입량이 큰 폭으로 증가하였다. 3조원 규모로 추산되는 국내 맥주시장에서

수입 맥주의 시장점유율은 아직 10%대에 불과하지만 업계에서는 가정시장으로 대표되는 소매점 판매에서는 수입 맥주의 점유율이 이미 과반 이상을 장악했다고 파악한다.

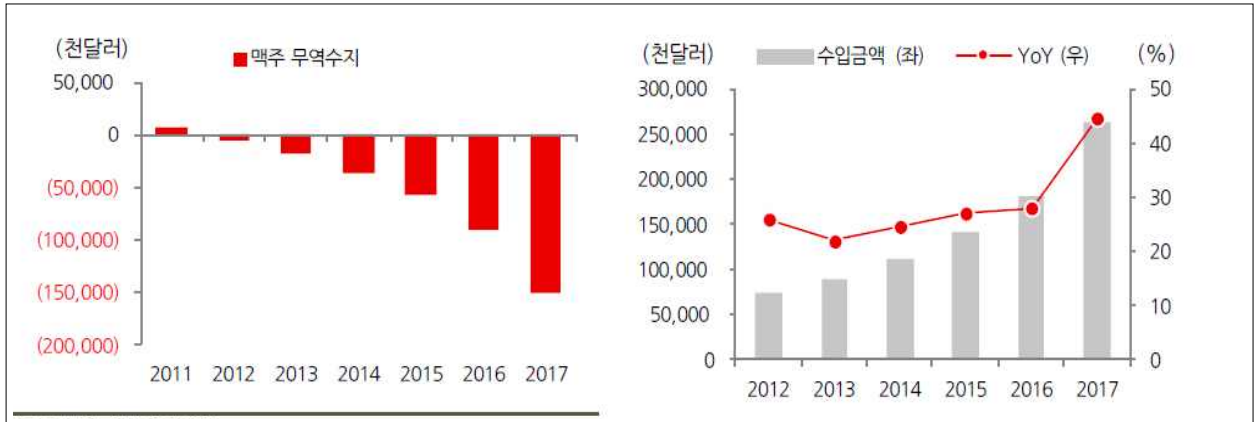


그림 5. 한국 맥주 무역수지와 수입 금액 추이

- 최근 가정에서 주류를 가볍게 즐기는 문화와 맥주, 와인 등 저도주 선호현상이 확산되고, 소비자 기호가 다양해지고 고급화되면서 라거 계열 국산맥주를 탈피하여 질 좋고 개성 있는 맥주를 찾는 소비자층이 늘어나면서 다양한 해외브랜드 맥주 수입이 급격하게 증가하고 있다. EU, 미국과의 자유무역협정(FTA)에 따라 유럽, 미국 각각 2018년 1월, 7월부터 수입맥주에 대해 무관세가 적용되면서 수입맥주가 한국 주류산업에 미치는 영향은 점차 확대될 전망이다.

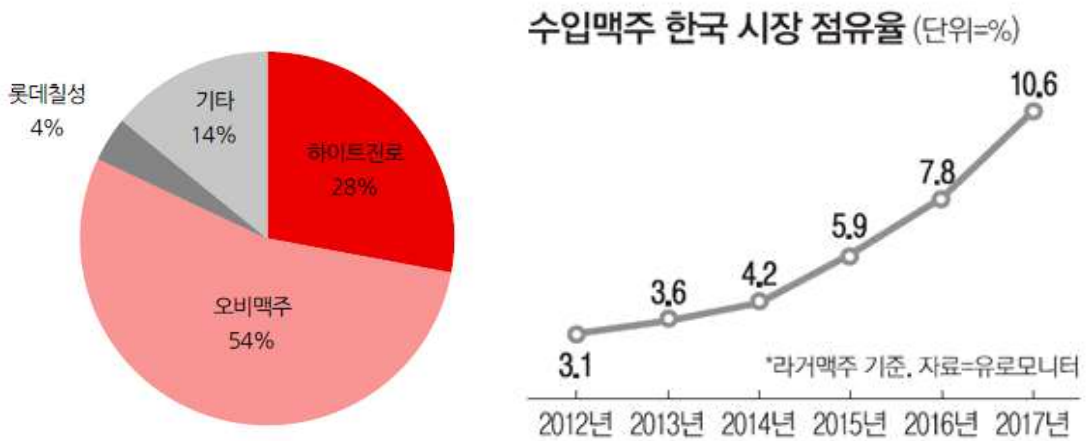


그림 6. 2017년 판매량 기준 한국 맥주 시장 점유율과 수입맥주의 한국 시장 점유율

- 또한 연령이 높을수록 국산맥주를 마시는 비중이 높아지는 반면, 연령이 낮을수록 수입맥주를 마시는 비중이 높게 나타나, 국산맥주와 수입맥주는 Trade-off 관계에 있는 것으로 분석되며 다양한 수입맥주 제품이 시장에서 경쟁력을 강화함에 따라서 국산맥주와 수입맥주 경쟁은 더욱 강화될 것으로 판단된다.

- 최근에는 '수제, 소규모 제작, 주문제작, 한정판' 등의 수식어를 좋아하고 비싸지만 흔하지 않은 소비 가치를 지향하는 젊은 세대를 필두로 주류시장에서 특히 고급 수제맥주의 비약적인 성장을 불러일으키고 있다. 2018년 2월 13일 시행된 주세법 시행령으로 1) 당분의 경우 유당 추가 가능, 조미료의 경우 탄닌산 추가 가능, 보존료.보조제.효모.효모영양제 등의 주류 첨가 재료 확대, 2) 소규모 맥주제조자의 과세표준 출고 수량 변경, 3) 일반맥주제조자 중 중소기업의 과세표준이 300kℓ 이하의 맥주에 대해 통상가격의 70%가 부과 되었으나 500kℓ 이하로 변경, 4) 기존에는 식품접객업(일반음식점) 영업허가 혹은 영업신고를 받아야 소규모맥주를 제조할 수 있는 수제맥주 양조장 창업이 가능했으나

이 부분 역시 삭제되면서 소규모맥주제조사 규제가 상당부분 완화 되어 한국 수제맥주 시장의 성장이 기대된다.

- 한국수제맥주협회에 따르면 2017년 국내 일반 맥주 시장 규모는 4조원으로 추산되는데 이중 수제 맥주 시장 규모는 200억원 대에 그쳤지만 연이은 관련 규제 완화로 5년 뒤에는 국내 수제맥주 시장 규모가 1,500억원 대를 넘어설 것으로 전망된다.



그림 7. 연도별 국내 수제맥주 시장규모 전망

- 국내 소비 트렌드 변화와 수입맥주의 다양한 제품군과 대응하기 위해 국내 맥주제조사들도 제품 다양화, 고급화에 나설 필요가 있으며 소품종 다량소비에서 다품종 소량소비 구조로 변화하고 있는 국내 맥주시장을 반영하여 소비자가 다양한 수제맥주 제품을 보다 쉽게 소비할 수 있도록 해야한다.
- 2015년 기준으로 맥주 제조업체 79개 중 64개사가 소규모맥주 제조업체에 해당하고 2014년 이후 총 400-500억원 규모의 투자자본이 유입되었으며 국내 대기업 중에는 2014년 여름 롯데주류의 '클라우드 비어스테이션'을 시작으로 신세계푸드, SPC, 진주햄, 삼천리 등이 수제맥주사업 시장에 진출하였다.
- 국내 대형 맥주 제조사들이 수제맥주 사업에 속속 뛰어드는 이유는 더 다양한 맛을 찾는 국내 맥주 소비자가 늘어나고 있기 때문이다. 국세청과 관세청에 따르면 2011년부터 2015년까지 5년 간 맥주 수입은 연평균 30% 수준으로 급격하게 증가해 2014년부터는 이미 수입량이 수출량을 초과했다. 관세청에 따르면 지난해 맥주 수입량은 33만 톤에 달했으며, 맥주 수입금은 2억6300만 달러를 기록했다. 관련 통계를 작성한 이래 가장 큰 규모다.
- 현재 우리나라의 각 지역에는 다양한 종류의 수제맥주가 생산되고 유통되고 있으며 청정수 및 지역 원맥과 같은 우수한 자연환경과 연고자원을 활용한 소규모 맥주 양조 업체들이 각 지역에서 생산되고 전국적으로 유통되고 있다.
- 반면, 수제맥주의 주원료로 쓰이는 맥주보리, 맥아는 대부분 수입산으로 기술측면에서의 품질문제가 있지만 경제적 측면에서는 자유무역협정(FTA)이후 가격이 하락하여 국산 맥아 대신 수입맥아를 사용하는 비중이 증가했으며, 이에 따라 국내 생산량도 줄어들어 수요를 따라오지 못하고 있기 때문이다.

- 맥아는 2010년 대비 2014년 기준으로 수입량(15만 5,982톤→24만 5,834톤)이 57.6% 증가하였고 맥주보리는 2010년 대비 2014년 기준으로 수입량(1만 2,750톤→4만 5,464톤)과 수입액(300.1만 달러→1,537.5만 달러)이 각각 256.6%, 412.3% 증가하였다.
- 국내에 수입되는 맥아는 주로 호주산으로, 2014년 수입액 기준 호주(62.3%), 캐나다(19.1%), 영국(4.9%), 중국(4.4%) 순으로 나타났고 맥주보리 원맥은 호주(88.0%), 미국(12.0%)순으로 수입되며 총 2개국의 수입 비중이 100%로 나타났다.
- 수입맥아에 의존한다면 국산보리의 수급에 큰 차질을 가져올 것이고 국내 보리재배 농가의 경제적 손실이 클 것으로 예상되어 보리의 품종개량과 더불어 보리를 이용한 다양한 가공제품의 품질을 개선하고 새로운 용도 개척 등 국내산 보리의 소비를 촉진하는 다양한 방법을 모색함으로써 안정적인 원맥활용 대책 마련이 시급하다.
- 따라서 국내 맥주보리산업의 활로를 찾기 위해 국내산 보리를 활용하여 수제맥주제조용 맥아소재를 개발하고 고품질의 수제맥주를 제조하여 국내외 시장에서 판로개척이 필요하다. 국내산 보리활용 맥아제품이 개발되어 상용화에 성공할 경우, 고품질의 특수맥아를 선호하는 관련 시장의 특성상 점차적인 시장 점유율 확대가 가능할 것으로 기대된다.

○ 경쟁기관현황

- 국내의 수제맥주 업체는 2018년 10월 현재 108개로 규제완화로 창업이 이어지면서 업체수 및 관련 일자리가 대폭 늘어났다. 지역별 대표적인 4~5개사의 업체에서 수제맥주를 생산하며 덩치를 키운 업체들은 공장을 늘리는 등 투자를 확대하고 있으며 내수 및 수출로 시장을 확대하고 있다.

표 5. 국내 주요맥주제조시설 목록

이름	위치	제품	경쟁사 특이사항
카브루	경기도 가평	앨리켓, 라임온더비치 포함 총 10종	수입맥아 100% 사용
플래티넘 브루잉	충청북도 증평	아메리칸페일에일 포함 총 5종	
코리아크래프트 브루어리	충청북도 음성	아크, 히타치노네스트 포함 총 28종	
세븐브로이	강원도 횡성	크리스탈바이젠, 코리아페일 포함 총 6종	
어메이징 브루잉컴퍼니	서울시	판타스틱페일에일 포함 총 5종	
더테이블 브루잉컴퍼니	경기도 일산	허니브라운 너겟에일 포함 총 8종	
장앤크래프트 브루어리	전라남도 순창	과르네리헤페바이젠 포함 6종	
맥파이브루잉	제주도	고스트 포함 총 7종	



그림 9. 전국 수제맥주 지도

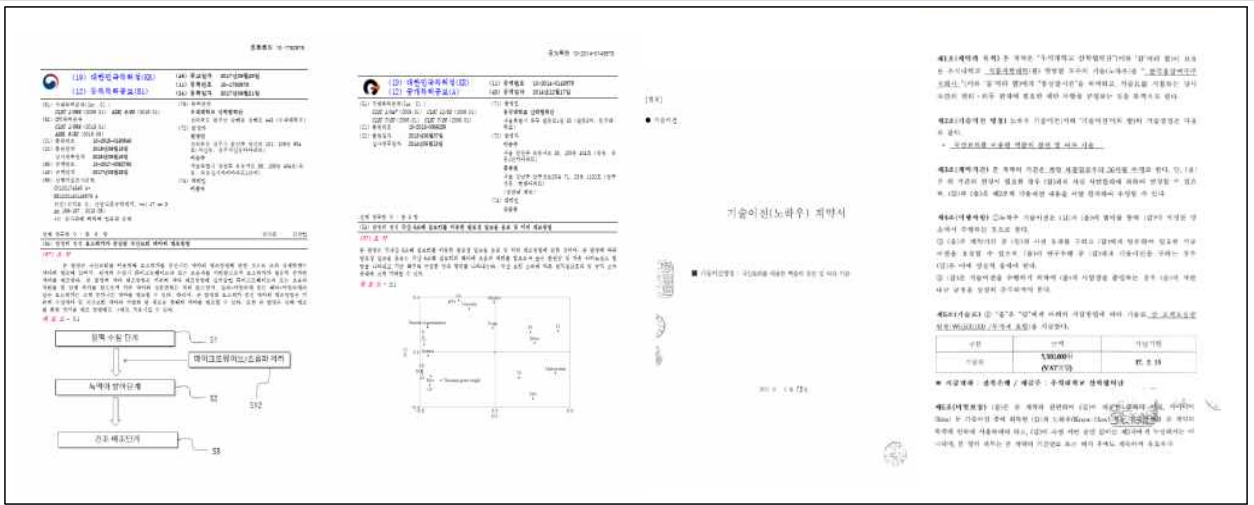
- 지난해 7월 문재인 대통령은 기업인과의 청와대 호프 미팅에서 건배주로 수제맥주인 세븐브로이 맥주를 선택한 바 있고 한국수제맥주협회는 종량제 데이를 지정하여 전국 36개의 양조장과 펍에서 종량제로 전환될 경우 인하되는 수제맥주 가격으로 다양한 맥주를 판매하는 등 내수시장에서 공격적인 마케팅을 하고 있다.
- 자체적으로 맥아를 생산하여 사용하는 방식을 쓰고 있는 업체는 제주 '제스피', 전북 고창 (주)파머스 맥주 외에 전무하며 국내산 보리를 활용하여 맥아를 전문적으로 생산하는 업체는 없다.

○ 지식재산권현황

- 현재까지의 자체 선행기술 조사에 따르면 수제맥주제조와 관련된 특허는 크게 양조방법, 제조장치에 관한 특허로 구분되며 국내외 4,000여건 이상 등록되어 있다. 이 중, 본 사업화대상기술과 관련된 국내산 보리를 활용한 맥아제조기술의 특허정보 검색(KIPRIS) 결과 유효특허 2건이 검색되었으며, 모두 본 연구팀이 특허 등록한 기술로 향후 특허출원 및 기술의 수월성과 독창성 확보에 문제가 없다. 또한 본 연구팀이 선행연구를 통해 국산보리를 이용한 맥즙의 침전 및 여과기술을 한국홍삼맥주(주)에 기술이전한 바 있다. 선행기술특허에 대한 분석을 토대로 최종개발제품의 특허 출원 시 개발제품 보호를 강화할 예정이다.

표 6. 국내산보리를 활용한 맥아제조기술 관련 특허 및 기술이전 현황

등록번호 (등록일)	출원인	발명 명칭
1017825780000 (2017.09.21)	우석대학교 산학협력단	효소력가가 증진된 국산보리 맥아의 제조방법
1015768350000 (2015.12.07)	동국대학교 산학협력단	국산 6조맥 겉보리를 이용한 발포성 알코올 음료 및 이의 제조방법



○ 표준화현황

- 수제맥주 특성상 양조업체, 양조자에 따라 맥주제조에 표준화가 불가능하다.

○ 기타현황

- 현행 주세법에 따르면 국산 맥주의 과세 표준은 출고가로 원가+판매관리비 등 모두가 포함된 가격에 맞춰 세금이 매겨지는 반면, 수입맥주의 경우 수입신고를 하는 시점의 가격(수입 신고금액)이 과세표준이 되어 수입맥주가 국산맥주보다 세율이 유리한 구조다. 이에 더해 EU, 미국과의 자유무역협정(FTA)에 따라 유럽, 미국 각각 2018년 1월, 7월부터 수입맥주에 대해 무관세가 적용된다. 관세 완전 철폐로 국산맥주와 수입맥주의 판매가격 차이는 572원에서 1,032원으로 확대되었다. 즉, 과세표준 차이 및 FTA발효로 국산맥주 판매가 대비 572원 저렴했던 수입맥주가 1,032원 저렴해져 가격경쟁력 제고가 예상된다.
- 2017년 공정거래위원회가 ‘중소 맥주사업자의 유통망 제한 개선’과 ‘소규모 맥주사업자 제조시설 기준 완화’ 정책 발표로 2018년 8월부터는 종합주류도매업자(면허 보유)뿐만 아니라 일반 소매점과 다름없는 특정주류도매업자(신고만 하면취급 가능)를 통해서도 유통이 가능해져 대형마트, 편의점, 슈퍼마켓에서도 판매가 가능해진다. 또한 기존 소규모 맥주제조자는 제조 시설(담금 및 저장조 시설)이 5~75kℓ로 제한되어 있었으나 2018년 2월 시행된 개정안 시행으로 120kℓ까지 확대되어 연간 최대생산량이 기존 900kℓ에서 1,440kℓ로 확대되었다.

나. 국외 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술현황

- 독일, 미국, 호주 등에서는 다양한 맥주보리 품종이 재배되고 있고 독특한 맥아생산을 위하여 지역마다 맥주보리의 품종을 달리하거나, 같은 품종의 맥주보리를 사용하더라도 지역적 특성을 살리기 위하여 제조방법을 다르게 하고 있다. 맥아의 종류에는 대표적인 pilsner malt, crystal malt, vienna malt등 여러 종류가 있다.
- 미국은 대규모 맥아회사 Briess에서 침맥, 발아과정 후에 kiln 또는 drum roaster에서 건조하거나 handcrafting을 사용해 수분, 시간, 온도를 다양하게 하여 색, 풍미가 독특한 특수맥아를 생산하고 있다. kiln drying과정은 큰 batch를 이용하여 120-240°F 온도에서 24-48시간동안 수행하며 Maillard reaction을 통해 1-20L 사이의 색을 가지고 slightly sweet, malty, biscuity, intense maltiness한 향을 가진 기본맥아와 특수맥아를 생산한다.



Process Stage	Steeping	Germination	Kilning
Processing Conditions Range	Water Temp 50 - 65°F Target Moisture 43-44% Duration: Up to 48 Hours Aeration: Out of Every 30 Minutes Maintain Adequate CO2 Evacuation 15 minutes	Air On Temp: 54 - 59°F Duration: 3.5 - 4 Days Air Flow: 9 - 10 m3/minute/tonne Bed Depth: 32 - 50 inches	Air on Temp: 1) Free Dry at 112 - 155°F for 10-12 hours 2) Heating at 155° - 178°F for 2-3 hours 3) Curing at 178° - 185°F for 4-4 hours Total Duration: Up to 24 hours Air Flow: 60-80 m3/minute/tonne for bed depth of 32-36 inches
Typical Example	40 Hours Total Cycle - 8 hours Wet/10 hours Dry/8 hours Wet/10 hours Dry/4 hours Wet at 57°F	Day 1 and Day 2 @ 57°F Day 3 and Day 4 @ 55°F	20 Hours Drying Cycle with 4 Hour Curing Cycle

그림 10. 맥아생산 공정조건

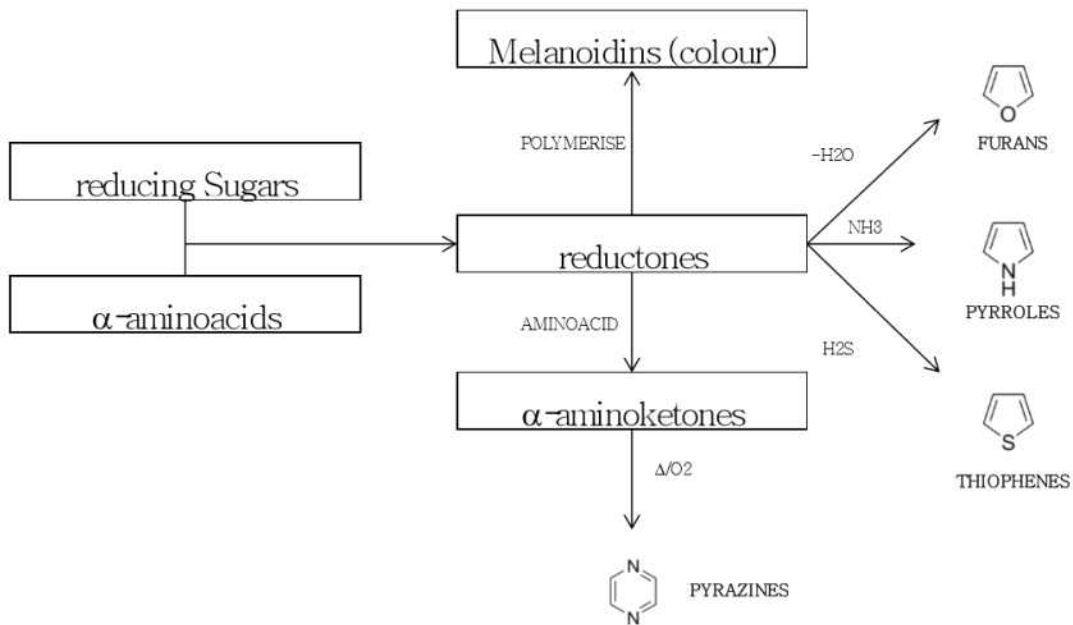


그림 11. Maillard reaction

표 7. Kiln와 roaster의 대표적인 차이점

	Kiln	Roaster
Engineering	● A typical kiln is a large room with a heat	● A roaster is a relatively small machine that

Design	source below the bed of malt and a suction fan at the top.	houses a rotating steel drum. The burner is designed to apply heat directly to the drum and also to a small expanse of air (about a 4" gap) circulating between the housing and the drum.
Efficiency & Heating Capacity	<ul style="list-style-type: none"> Designed to economically heat and dry large batches, (typically 200,000 .800,000 lbs), at high fan speed, relatively low applied temperature (120° -240° F maximum) and batch times of 24 -48 hours. In summary, low temperature, long heating time and slow drying of large batches. 	<ul style="list-style-type: none"> Designed to rapidly heat small batches, (typically 5,000 .10,000 lbs), at lower fan speed, widely variable applied temperature (120° -750° F maximum) and batch times of 2-4 hours. In summary, high temperature, short time intense heating and drying of small batches.
Product Mixing and Uniformity	<ul style="list-style-type: none"> Relatively inefficient .turning machines used to mix the malt require 1-2 hours to move through the entire bed and studies have shown that at least 3 passes or more are needed to completely turn grain from bottom to top. Kilns tend to promote non-uniformity -kernels at the bottom of the bed dry faster and thus heat up and begin developing color before kernels at the top -a drying and heating "front" develops from the bottom to the top of bed. **This effect is magnified with increasing color targets.** 	<ul style="list-style-type: none"> Extremely efficient -complete mixing within a couple of drum revolutions occurs in a matter of seconds. Highly uniform -the drum continuously rotates at ~20-30 RPM and paddles attached to the inner portion of the drum constantly mix the malt, providing uniform heat application, drying and color formation throughout the batch.
Moisture Retention	<ul style="list-style-type: none"> Kilns are designed to dry, not to retain moisture. If attempting to re-circulate moist exhaust air to retain kernel moisture, the return air must be re-heated by passing over the burner, which in turn reduces the relative humidity and increases the drying capacity of the returned air. 	<ul style="list-style-type: none"> Highly versatile .to retain moisture, heat is applied only to the drum and hot air is not passed through the malt allowing for nearly complete retention of the moisture liberated during heating .only enough saturated air is allowed to escape to prevent excessive pressure buildup. During the drying phase, dampers are reversed, allowing air and moisture to escape from the drum through a fan and cyclone system.
Malt sample	<ul style="list-style-type: none"> Aromatic Munich 20L malt: European-style Munich Malt with clean, slightly sweet, rich malty flavor -DP 40 -mealy 	<ul style="list-style-type: none"> Caramel 20L: Candylikesweetness with a mild caramel flavor -0 DP -glassy

- 기본맥아의 경우 건조과정 시 보리가 효소를 머금은 채로 바로 건조하므로 맥주를 만들 때 그 효소를 이용해 당을 잘게 쪼갤 수 있게 되는 반면 캐러멜 맥아는 바로 건조시키지 않고 보리가 아직 약간의 물을 머금고 있을 때 적당히 온도를 올려 보리알 내부 효소를 미리 활성화 시킨다. 이렇게 하면 지니고 있던 효소가 보리알 내부의 당을 분해하고, 분해된 당은 캐러멜과 같이 끈적한 상태로 보리알 내부에 남게 되는데 이 과정을 캐러멜화라 한다. 이 후 추가적으로 굵는 과정을 거치는데 굵기 세기에 따라 맥아의 색과 맛이 달라진다. 반면, 구운 맥아는 캐러멜화 과정을 거치지 않고 건조 이후 굵는 과정에서 강하게 구워 거의 태우다 시피 하는데 굵는 강도에 따라, 또는 건조단계에서 주는 차이에 따라 다양한 맥아생산이 가능하다.

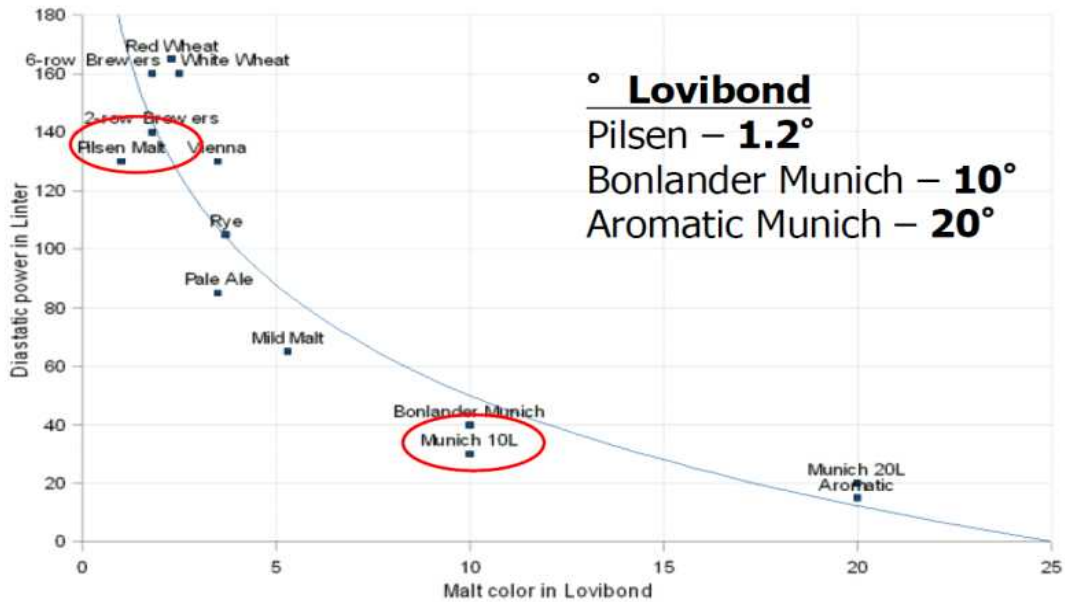


그림 12. 효소력과 맥아색상의 상관관계

- 반면, roaster과정은 작은 batch를 이용하여 120-750°F의 고온에서 2-4시간동안 수행하여 10-140L(녹맥아 로스팅), 25-500L(기본맥아 로스팅)의 색을 가지고 intense sweetness, toffeem caramel, roasty, raisin, molasses, nutty, toasty, woody, chocolate, coffee한 향을 가진 특수맥아를 생산한다.

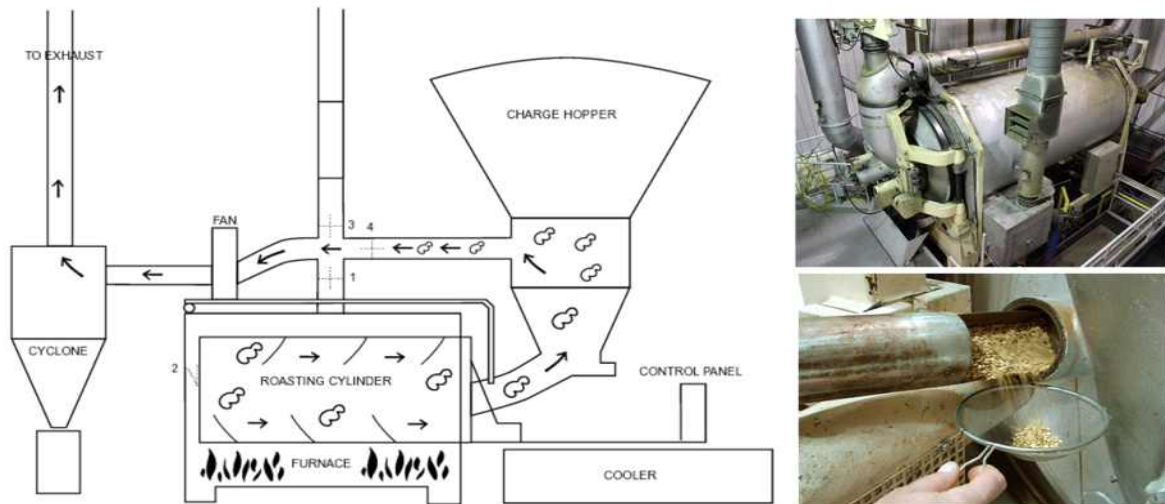


그림 13. Drum roaster 다이어그램

- 독일은 작은 마을이나 수도원마다 소규모 맥주양조장을 포함하여 전 세계 맥주의 1/3을 차지하고 있어 맥주의 세계적 현황을 파악하는 최적지로 고려되며 현재 1,000종 이상의 맥주 양조법이 있을 정도로 양조장마다 대표하는 맥주가 있다.
- 독일의 소규모 맥주양조장에서는 양조설비를 갖추고 다양한 원료 (맥아, 효모, 호프, 부원료 등)와 다양한 양조용수를 사용하여 지역특성에 맞게 제조됨으로써 각 하우스 맥주 업체마다 개별 브랜드를 내놓을 수 있을 만큼 고유의 맥주 맛을 가지고 있다. 또한 독일 양조장은 소규모임에도 불구하고 다양한 제품이 만들어질 수 있도록 맥아공장과 호프공장이 별도로 전문화 되어있어 맥주 특성에 알맞은 원료를 구입이 가능하다.
- 맥아의 제조공정에 따라 각각 다른 색깔과 맛을 나타내며, 높은 온도에서 맥아를 건조할수록 맥아

색깔이 짙어지고 결과적으로 맥주 색깔이 짙고 어두워진다. 맥아 색깔의 등급은 밝은 '펠센 맥아'부터 어두운 '뮌헨 맥아'에 이르기까지 매우 다양하다.

- Weyermann-Maelzerei, Weyermann 회사에서는 다양한 특수맥아를 생산하여 맥주종류와 혼합비에 따라 제품을 만들고 있으며 또한 전문 양조전문가(brewmaster)에 의한 철저한 품질관리에 의해 항상 맛이 일정한 제품이 만들어지고 있다.
- 벨기에의 캐슬몰팅의 생산 과정은 9일간의 전통 몰트 생산 방식과 혁신적인 로스팅 기술의 결합으로 높은 효율의 제품과 품질을 유지 하고 있으며 혁명적인 몰트 로스팅 기술을 적용함으로써 뛰어난 맛과 풍미 특성을 지닌 캐러멜과 Roasted 몰트를 생산한다. 또한 보리 생산지에서 양조장까지 배달되는 몰트는 유럽의회 시행령 UE178-2002를 준수하여 품질을 관리, 보장하고 있고 최첨단 실험실에서 보리와 몰트의 품질분석을 진행하고 추가로 유럽 최대의 양조 연구소에서 품질을 검증하고 있다.



그림 14. 벨기에 캐슬몰팅

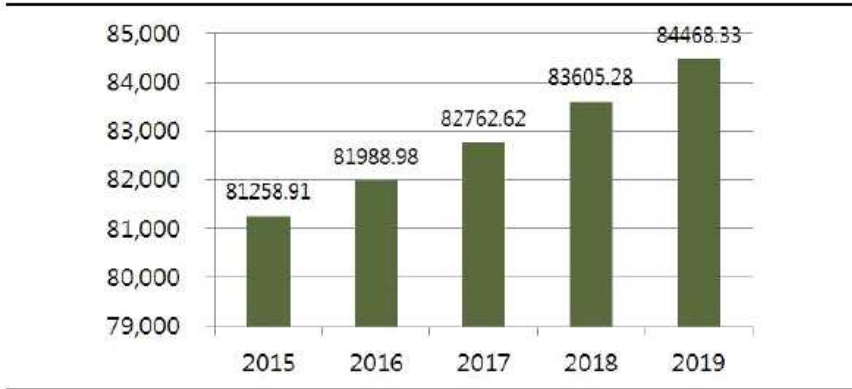
○ 시장현황

- 2014년 기준 전세계 맥주 생산량은 191,204천kl로 전체 주류 생산량의 76%를 차지하지만 전년대비 0.5% 감소하여 전세계적으로 전체 맥주 소비량은 감소하는 추세이나, 주류시장의 고급화, 개성화, 다양화 추세에 따라 수제맥주 시장은 성장세를 유지하고 있다.
- 세계 맥주 시장에서는 수제맥주 회사들이 기존 주류회사들에게 인수되는 사례가 많아지고 있다. 2015년 미국 Constellation Brands는 미국 수제맥주 기업 Ballast Point(발라스트포인트)를, 2011년 벨기에 AB Inbev는 미국 수제맥주 기업 Goose Island(구스아일랜드)를, 2015년 네덜란드 Heineken은 미국 수제맥주 기업 Lagunitas(라구니타스)를 인수하였다. 수제맥주 시장이 꾸준히 성장한다면 국내시장도 유사하게 전개될 것으로 예상된다.
- 미국의 맥주 시장규모는 2019년에는 2015년도보다 3.95% 증가한 844억 6,833만 달러에 달할 것으로 예측된다.

(단위 : 백만 달러, %)

	2015	2016	2017	2018	2019	전체 성장률	연평균 성장률
시장규모	81,258.91	81,988.98	82,762.62	83,605.28	84,468.33	3.95	0.97

(단위 : 백만 달러)



출처 : Data Monitor(www.datamonitor.com)

그림 15. 미국 맥주 시장전망 및 성장률

- 미국의 맥주 업체수는 2015년 기준 4,269개로 대기업(30개)과 중소기업(14개)의 업체수는 전체 1%에 불과하고 대부분 수제맥주를 제조하는 소규모 제조장이 4,225개로 전체 99%를 차지하며 수제 맥주 제조업체수가 매년 증가추세로 전체 업체수 증가에 견인 역할을 하고 있다.

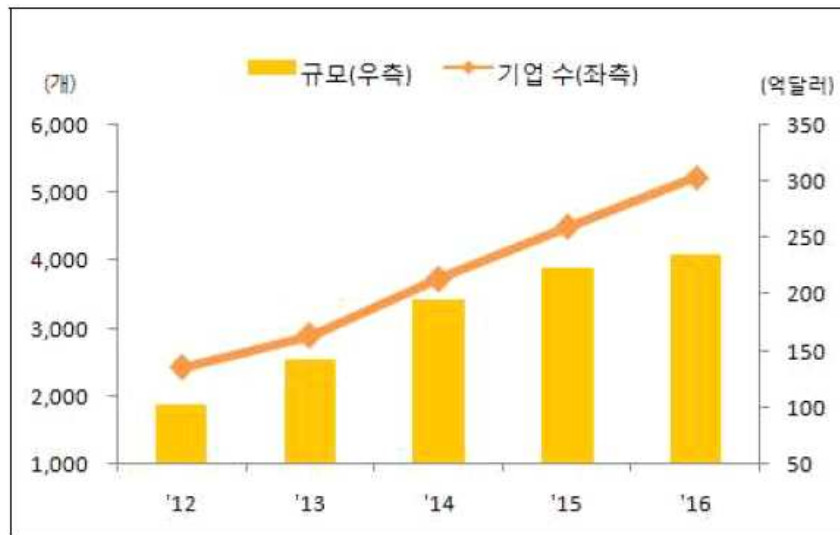


그림 16. 미국 수제맥주 시장규모 및 업체 수 현황

- 2014년 기준 미국 맥주 생산량은 26,161천kl이며, 수제 맥주가 전체 시장의 11%, 수출액 1억달러 (전년 대비 35.7% 상승)로 일반맥주 판매량은 감소한 반면 수제맥주는 매년 증가추세(5년연속 두자리수 성장)에 있으며 2020년까지 시장 점유율 20%로 확대될 전망이다.
- 유럽은 2015년 기준 맥주 생산량은 38,427천kl로 전체 주류 생산량의 66.9%를 맥주가 차지하였다. 독일, 영국, 폴란드 순으로 맥주생산량이 많고 맥주 제조사는 유럽 전체 6,517개로 영국이 1,700개로 가장 많으며 그 뒤를 독일 (1352개) 이 잇고 있다.

표 8. 유럽 주요국 맥주업체수 및 생산량

구 분	독일	영국	폴란드	스페인	체코	기타	전체
전체 업체수 (소규모맥주 업체수)	1,352 (995)	1,700 (1,414)	133 (50)	332 (314)	339 (238)	2,661 (1,921)	6,517 (4,614)
생산량(100 kl) (점유율%)	95,274 (24.8)	41,204 (10.7)	40,075 (10.4)	33,620 (8.7)	19,129 (5.0)	154,968 (40.3)	384,270 (100)
수출량(100 kl)	15,439	5,242	2,832	1,747	3,652	48,511	77,423

- 소규모맥주 제조장은 영국이 1,414개로 전체 업체수의 83.1%, 독일은 995개로 70%차지하는 등 소규모 맥주 산업이 활성화 되어 있다. 독일의 경우 소규모제조장에서 생산된 맥주는 전체 맥주생산량의 1%에 불과하지만 관련분야 일자리 창출 및 다양한 맥주 제공 (5,000여개의 브랜드)에 기여하고 있다.

표 9. 유럽의 맥주 산업 현황

구 분	독일	영국	폴란드	스페인	체코	기타	전체	
전체 업체수 (마이크로브루어리 업체수)	1,352 (995)	1,700 (1,414)	133 (50)	332 (314)	339 (238)	2,661 (1,921)	6,517 (4,614)	
생산량(100 kl) (점유율%)	95,274 (24.8)	41,204 (10.7)	40,075 (10.4)	33,620 (8.7)	19,129 (5.0)	154,968 (40.3)	384,270 (100)	
수출량(100 kl)	15,439	5,242	2,832	1,747	3,652	48,511	77,423	
일자리창출 (개)	소매	51,198	29,504	46,371	10,320	8,429	30,822	115,000
	호텔	406,692	258,464	63,706	308,572	47,866	547,700	1,633,000
	유통	51,950	18,596	79,560	19,505	14,089	923,00	276,000
	맥주제조사	26,780	17,852	16,039	5,607	5,896	203,826	276,000
계	536,620	324,416	205,676	344,004	76,280	813,003	2,300,000	
부가가치창출 (€백만)	소매	986	656	299	178	112	2,169	4,400
	호텔	4,181	5,379	283	4,096	327	8,634	22,900
	유통	2,711	1,089	974	705	297	5,776	8,700
	맥주제조사	2,989	1,562	1,312	1,911	619	307	15,700
계	10,867	8,686	2,868	6,890	1,355	21,034	51,700	
세금 (€백만)	소비세	679	4,309	828	324	167	4,593	10,900
	호텔, 바 등 부가세	1,916	2,613	302	2,406	241	5,322	12,800
	슈퍼마켓 등 부가세	1,231	977	731	285	187	2,889	6,300
	소득세 (양조분야)	566	132	91	166	54	891	1,900
	소득세 (비양조분야)	1,902	1,031	351	1,801	244	4,571	9,900
계	6,294	9,062	2,303	4,982	893	18,266	41,800	

- 일본의 경우, 전체 맥주소비량은 감소한 반면 수제맥주는 젊은 층의 인기를 끌면서 연 10%이상 성장 중에 있다. 지역맥주 제조업체는 230여개로 1,000여종이 넘는 다양한 맥주를 생산하고 있으며, 수제맥주가 인기를 끌면서 4대 맥주기업도 수제 맥주 시장에 진입하여 아사히 맥주는 '크라프트 맨십 시리즈', 삿포로맥주는 '크라프트 라벨', 산토리 맥주는 '크라프트 셀렉트'제품 출시하였고 기린맥주는 크라프트 양조장 및 맥주펍을 설립하여 맥주를 판매하고 있다.

- 중국의 맥주 시장은 지속적인 증가세를 보이고 있으며, 연평균 성장률은 10.39%로 나타났다. 최근 중국인들의 입맛이 까다로워지면서 프리미엄 맥주가 인기를 끌면서 수입맥주는 로컬맥주의 가격보다 3-5배 높지만 독특한 맛으로 소비량이 지속적으로 증가하고 있어 향후 5년 내 고급 맥주 소비시장은 17% 증가할 것으로 예상된다.

- 맥주용 맥아는 근세기에 들어 대단위 공장에서 자동화 공정을 통한 양질의 다양한 맥아들을 대량으

로 생산하는 독일을 비롯한 몇 나라들이 세계시장을 독점하여 유통망을 형성하고 있다.

- 맥아소비는 맥주 스타일에 따라 다른데 non-craft의 경우 일부를 값싼 filler grains(옥수수, 쌀)로 대체하기 때문에 대략 17lbs/barrel인 반면 수제맥주의 경우 50-120lbs/barrel까지 맥아사용량이 다양하다. 수제맥주의 강제로 소규모 양조업체의 맥아사용량이 높게 나타난다.

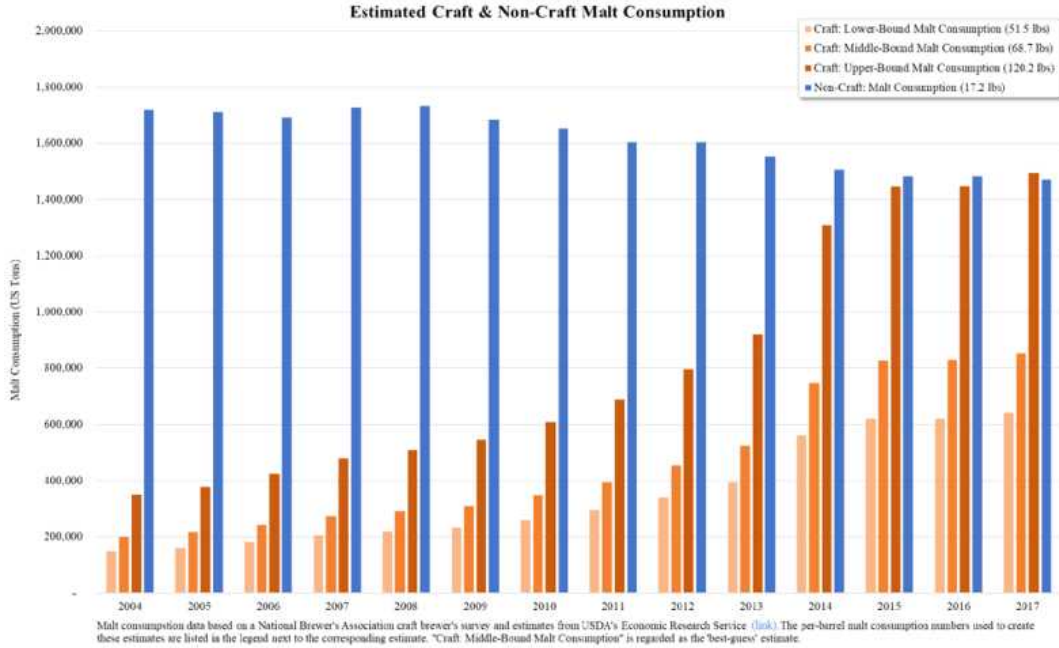


그림 17. 미국 맥아소비량

- 일본은 맥주제조 주원료인 맥아는 호주 또는 캐나다에서, 호프는 체코나 독일에서 수입해서 사용하고 있으며 초기 설립한 소규모 맥주공장의 경우 독일로부터 생산설비를 수입하여 설치하였으나 점차 일본 자체 생산설비로 바꾸고 있다.

○ 경쟁기관현황

- 해외 시장의 맥아 생산 주요국은 미국과 유럽, 호주이며 미국에는 대표적인 맥아 생산 업체로 Briess, Cargill, Muntons 가 있다.

표 10. 미국의 대표적인 맥아 생산업체

	Industrial / Commercial Malting Companies	Micro / Craft Malting Companies
맥아제조업체	Rahr Malting Canada, Ltd. - Alix, AB. Gambrinus Malting Corporation - Armstrong, BC Prairie Malt Limited (Cargill Malt) - Biggar, SK Canadian Malting - Montreal, QC MillerCoors - Golden, CO AB InBev - Idaho Falls, ID Great Western - Pocatello, ID InteGrow Malt LLC - Idaho Falls, ID Cargill Malt - Spiritwood, ND Anheuser-Busch InBev - Moorhead, MN Malteurop - Winona, MN Rahr Corporation - Shakopee, MN Great Western Malting - Vancouver, WA Briess Malt and Ingredients Co. - Chilton, WI Briess Malt and Ingredients Co. - Waterloo, WI Malteurop - Milwaukee, WI	Colorado Malting Company - Alamosa, CO Valley Malt - Hadley, MA Michigan Malt Co. - Shepard, MI Rebel Malting Co. - Reno, NV Farmhouse Malt - Newark Valley, NY Farm Boys Malt - Pittsboro, NC Riverbend Malt - Ashville, NC Christensen Farms Malting Co. - McMinnville, OR Blacklands Malt - Leander, TX

- Muntons는 맥아소재뿐만 아니라 맥주제조에 쉽게 이용할 수 있는 맥주 키트도 제조하고 있으며 최근에는 국내 LG전자가 Muntons와 협업하여 가정용 캡슐 맥주 제조기를 개발하였다. 현재 문톤스의 프리미엄 맥아, 효모, 홉, 향료로 구성된 4개의 캡슐이 하나의 세트를 구성하고 있다.



그림 18. 문톤스 맥주 키트(좌)와 LG홈브루와 캡슐세트(우)

- 벨기에에는 맥아 천국이라고 불리며 세계 120개 이상의 국가에 맥아를 수출하고 있다. 그중 캐슬몰팅은 벨기에 최고의 맥아공장이며, 1868년부터 맥아를 생산하여 세계에서 가장 오래된 맥아공장 중 하나로서, 다양한 종류의 최고급 기본 및 특수 맥아를 생산하여 필젠과 화이트에서 다크에비 및 다양한 유기농 맥주 등에 사용하는 재료를 공급하고 있다.
- 맥주 제조업체 수는 독일이 1,400개, 미국이 1,100개, 일본이 400개 등으로 미국의 대표 수제맥주 업체는 D.G. Yuengling & Son, Inc, Boston Beer Co., Sierra Nevada Brewing Co. 등이 있다.



그림 21. 미국 수제맥주

표 11. 국외업체별 맥아,맥주 제조 방법

업체	제조방법
Briess	1. steeping 보리는 40-48시간 동안 침수와 배수를 반복, 이것은 효소 발달과 배아를 활성화시킴 2. germination 4일간 발아가 계속되고 복합단백질과 탄수화물의 분해가 일어남 3. color&flavor formation : a. drying / b. Handcrafting a. drying : 가마에서 건조는 필요한 효소를 보존하면서 단 맛을 발달시킴. 온도가 높아지면 독특한 향기가 생성 b. Handcrafting : 건조 공정의 수분, 시간 및 온도의 변화를 허용하여 각 특수 맥아의 고유한 향과 색 특성을 개발.

	<p>- Kiln Produced Base or Specialty Malts 50~115°C에서 24~48시간 동안 kilning. 맛 : Neutral to Slightly Sweet, Malty, Biscuity, Intense Maltiness 색상 : 1.0 ~ 2.0 로비본드 kernel 특성 : 효소 보존이 최대 발효를 위해 효모가 필요로 하는 발효성 전부, 당류 및 아미노산 제공</p> <p>- Roaster Produced Specialty Malts 50~400°C에서 2~4시간 동안 roasting 맛 : Intense sweetness, Toffee, Caramel, Roasty, Raisin, Molasses, Nutty, Toasty, Woody, Chocolate, Coffee 색상 : 10 - 140 로비본드 kernel 특성 : Full mealiness to full glassiness 효소활성이 없으며 비발효에서 더 높다.</p>
American home brewers association	<p>- mash에 물을 채우고 적절한 온도로 가열. 추출물은 수분 함량이 낮기 때문에 필요한 물의 양을 최소로 유지해야 함. 곡물은 일반적으로 단일 단계를 거쳐 효소 작용에 의해 곡물 성분을 분해하여 발효 가능한 당류를 만듦. - mash 단계가 완료되면 달달한 가당맥아를 파이프를 통해 필터로 보내짐. 이 필터는 퇴적물이 없는 퇴비를 저장 탱크에 보내는 동안 소모된 곡물 침전물을 분리하는데 도움이 됨. - 탱크에서 끓는 물은 증발기로 보내짐. - 증발기는 물의 함량의 80%를 제거하여 시럽같은 20% 액체 맥아 추출물을 남김.</p>
Aslan brewing co.	<p>1. milling 맥아를 분쇄기로 밀기 시작.</p> <p>2. mashing 분쇄된 맥아와 60~70°C 고온의 물을 30~120분 이상 혼합하는 과정.</p> <p>3. boiling wort를 담고 끓임. 목적은 저온 살균하는 것이고 홉이나 생각이나 당밀 같은 다른 맛을 추가하는 것. wort는 60~90분 동안 삶아짐</p> <p>4. fermentation wort를 발효조로 옮기고 맥주 효모를 넣는다. 발효기로 옮겨지면 열 교환기를 통과하게 되고 15~20°C까지 제어된 냉각이 가능함. 발효가 완료되면 맥주가 다시 내약되어 컨디셔닝 된다.</p> <p>5. racking 컨디셔닝 단계가 끝나면 맥주가 걸러지거나 bright tank로 옮겨진다. 이것은 맥주를 탄산으로 만들어서 케깅, 병에 담기 또는 통조림으로 보관하는 곳.</p> <p>6. distribution (유통)</p>
Elevation beer co.	<p>1. milling 곡물은 오거를 통해 공장으로 전달된다. 곡물은 맥주 스타일에 따라 선택.</p> <p>2. mashing Grains move through the mill, into the grist hopper, and are transferred via flex auger to the mash tun.</p> <p>3. lautering wort를 mash tun에서 분리해야 함.</p> <p>4. boiling 90분 동안 90°C에서 끓인다. 홉은 쓴 맛, 향 및 아로마를 위해 마지막에 추가된다.</p> <p>5. whirlpool 높은 속도로 회전하는 월풀 용기로 펌핑된다. 홉과 같은 고체 재료는 소용돌이 중심에 모여 우리의 열교환기를 통해 고형물이 없는 wort 전이가 가능하다.</p> <p>6. cooling 열 교환기를 통해 펌핑되어 적절한 발효온도로 냉각된다.</p> <p>7. fermentation and conditioning 효모가 첨가되고 발효 과정이 시작. 발효 후 생산되는 스타일에 따라 홉이나 향신료를 추가. 최소 3일동안 0°C를 유지. 맥주의 특정 스타일은 최대 4중동안 이 온도에서 유지된다.</p> <p>8. filtration 효모와 홉과 같은 다른 고체 입자를 제거하는 필터로 보내진다. 그리고 맥주탱크로 보내짐</p> <p>9. packaging</p>
the country malt	<p>1) STEEPING(침지) 침지의 목적은 생 보리 알맹이에서 배유를 고르게 수화하는 것 곡물의 수분함량 향상</p>

group	<p>수분 함량에 따라 36-48시간 정도 소요</p> <p>2) GERMINATION(발아) 곡물이 싹이 날 수 있도록 바닥에 알맹이를 퍼뜨린다. 맥아의 단백질 변형 및 효소 함유량은 곡물의 뿌리 겹질이 발달함에 따라 3-6일에 걸쳐 결정 발아 기간이 길수록 몰트가 많이 완화된다.</p> <p>3) KILNING 몰팅을 끝낸 뒤 맥아를 건조하는 과정. 보리 발아의 진행을 멈추기 위한 것이다. 이 과정에서 많은 증류소들이 피트 를 사용한다. 습기가 있는 맥아는 건조를 위해 가마로 옮겨짐 맥아에서 효소를 보존하는데 도움이 되는 낮은 온도에서 맥아를 최대한 건조시키는 것이 목적 화씨 90도에서 24시간 건조 후 화씨120도에서 12시간 동안 두 번째 건조를 하고 화씨 180-220도에서 24-48시 간동안 세 번째 건조 진행. The malt style determines the temperature and length of the kilning and the roasting process to follow.</p> <p>4) ROASTING</p>
-------	--

○ 지식재산권현황

- 맥아제조, 수제맥주 제조기술과 관련된 국외특허는 미국, 일본 특허가 대표적으로 표 12와 같다.

표 12. 맥아제조기술 관련 국외 특허

	등록번호 (등록일)	출원인	발명 명칭
일본	03545516 (2004.04.16)	サッポロホールディング ス株式会社, 永田醸造機 械株式会社	MANUFACTURING EQUIPMENT FOR SPECIAL MALT AND ITS PRODUCTION
	03545515 (2004.04.16)	サッポロホールディング ス株式会社, 永田醸造機 械株式会社	PRODUCTION OF SPECIAL MALT AND PRODUCTION UNIT FOR SPECIAL MALT
	06324842 (2018.04.20)	サントリーホールディン グス株式会社	발아 곡물 가공법 및 맥아 중의 효소 활성을 저감 시키는 방법 GERMINATED GRAIN PROCESSING METHOD, MALT PRODUCT, MALT FERMENTATION BEVERAGE, AND FOOD AND DRINK
	06301974 (2018.03.09)	サントリーホールディン グス株式会社	맥아 발효 음료 GERMINATED GRAIN MODIFYING METHOD, MALT PRODUCT, MALT FERMENTED BEVERAGE, AND FOOD AND DRINK PRODUCT
미 국	출원번호 14395515 (2013.04.19)	Cargill, Incorporated Cargill, Incorporated	METHOD FOR INCREASING YIELD IN THE MALTING PROCESS (맥아 제조 공정에서 수율 을 증가시키기 위한 방법)
	출원번호 14766056 (2014.02.05)	DÖHLER GMBH	MALT EXTRACT (맥아 추출물)

○ 표준화현황

- 수제맥주 특성상 양조업체, 양조자에 따라 맥주제조에 표준화가 불가능하다.

○ 기타현황

- 국외 관리체계를 보면 대부분의 국가는 면허제를 실시하며, 맥주를 포함한 주류 제도 및 관리는 각 국마다 다르게 관장하고 관련법령도 한국과 일본에 비해 여러 기관으로 분산되어 있다.
- 한국과 일본은 주세법과 식품위생법에 의해 맥주전반(세금 및 제조, 유통, 판매 등)에 걸쳐 관리하는 반면, 미국, 독일 및 영국은 여러 법령에 걸쳐 관리되는 구조를 가지고 있다. 특히, 4개국 모두 종량제 체계로서 자국맥주와 수입맥주간 동일한 주세를 적용하고 소규모 영세업체에 대해서는 연간 생산량에 따라 감면세율을 적용하여 경쟁력을 제고할 수 있도록 정책적 배려를 하고 있다.

표 13. 주요 4개국의 맥주 관련 법률 및 제도현황

구분	주요 내용	해당 법률
미국	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 면허제 <ul style="list-style-type: none"> - TTB에서 요구하는 서류(양조장의 위치, 양조장에 대한 설명, 운영주기 등 기재)를 충족하는 자에게만 면허 부여 - 각주별 면허종류가 분류되어 있고, 각 면허별로 최대 연간 생산량을 규정 	<ul style="list-style-type: none"> • 연방주류행정법 (§25.61) • 연방내국세법 (§5401) • 각주별 알코올법
독일	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 면허제 시행 	<ul style="list-style-type: none"> • 연방법
일본	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 면허제 : 주류 품목별 면허를 관할세무서장으로부터 받고, 맥주는 생산량이 60kl이하 이면 면허를 받을 수 없음 	<ul style="list-style-type: none"> • 주세법
영국	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 면허제 : 자가 소비 또는 연구용이 아닌 맥주 제조를 위해서는 감독위원회에 신고한 후 제조 가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 주세법(제47조) • 맥주법령집(제6조)

- 맥주 원료와 관련하여 미국은 원료 및 첨가물 사용범위가 넓고 독일의 경우 극히 제한적으로 허용하고 있으며 수출하는 맥주를 제외하고는 맥주순수령에 따라 4가지 원료 (보리, 홉, 양조용수, 효모)와 타 원료를 사용할 수 없다.
- 미국의 경우 1978년 당시 미국 대통령이었던 지미카터(Jimmy Carter)가 자가 소비 목적을 위한 홈브루잉을 합법화한 것이 수제맥주 물고가 처음으로 트이게 된 계기였다. 이후 소규모 양조장 법도 통과되어 미국 전역에 소규모 양조장이 생겨나기 시작했다. 1979년 미국의 맥주 양조장은 89곳에 불과했지만 규제 완화로 2012년 미국의 맥주 양조장은 2,456곳으로 증가하였고, 이 중 2,401곳이 수제맥주 양조장일 정도로 빠른 속도로 확대가 되었다. 2017년 말 기준 미국 전체 맥주 시장에서 수제맥주 비중은 20%에 달한다.
- 미국 외에도 네덜란드, 영국, 덴마크, 독일, 벨기에 등 유럽 국가들과 일본 역시 1995년 이후로 소규모 양조장에 관한 규제를 완화시켜왔다. 독일, 미국, 영국 등 주요 유럽 국가들은 수제맥주 제조 시설 규모를 직접 규제하지 않고 제조시설 신고만으로도 생산 판매가 가능하며 일본은 시설 기준 없이 연간 최소 60kl만 생산하면 맥주 제조, 판매가 가능하다.

2. 연구개발과제의 수행 과정 및 내용

2-1. 1차년도 연구개발과제의 수행 과정 및 내용

[주관 : 기본맥아 양산공정 표준화]

1. 기본맥아 제조공정 현장최적화 및 표준화

가. 맥아 제조 공정 현장최적화

협동 1, 3과 협업하여 국내산 보리를 활용한 맥아제조공정을 Fig.1-1에 있는 파머스 맥주 맥아제조기를 이용하여 현장최적화 하였다.



Figure 1-1. 맥아제조기

맥아제조공정에 대한 수차례의 현장최적화 실험과정(수분함량, 발아온도, 건조온도 등)을 일지(Fig. 1-2)에 기록하였고, 맥아제조공정 단계별 맥아의 수분함량, 발아온도, 발아일수 등을 Table 1-1에 나타내었다. 현장최적화 함에 있어서, 수분함량을 측정하는데 수분측정기와 계산식 등을 활용하여 데이터화를 하였다. 수분함량, 발아온도, 발아일수 모두 외부온도나 환경에 영향을 받을 수 있는 요소이다. 수분함량의 외부온도(계절)에 따른 변수는 침맥수온 및 시간에 차이를 두며 표준화 하였으며, 발아온도는 제맥기의 냉동기, 냉풍기를 활용하여 공정의 표준화를 하였다. 수분함량, 발아온도의 공정표준화를 통해 발아일수도 제어 할 수 있다.

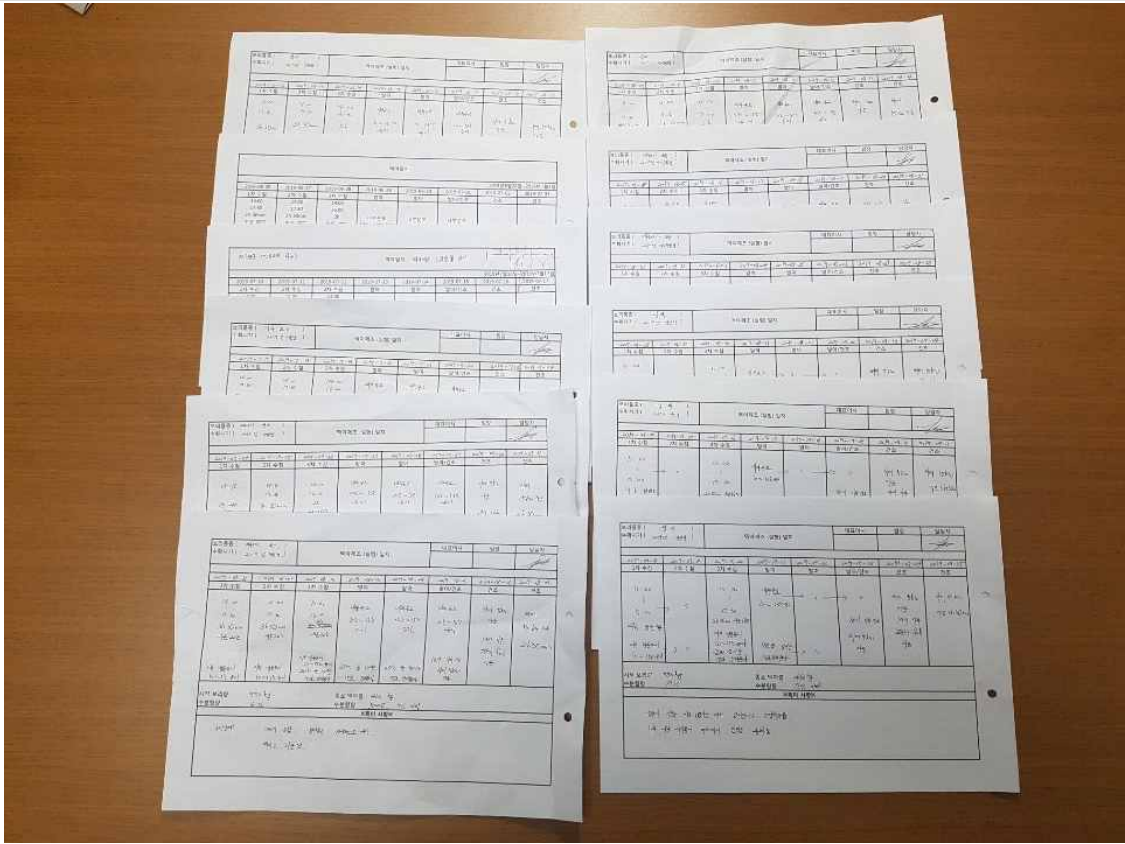


Figure 1-2. 현장 일지 사진



Figure 1-3. 기본 맥아의 제조과정

맥아제조과정 현장최적화 실험

생산시작일자	최초 수분함량(%)	발아온도(℃)	발아일수	1차건조후 수분함량(%)	2차건조후 수분함량(%)
2019.06.12	45	20	3	14	6
2019.06.26	45	20	3	15	6
2019.07.01	45	20	3	15	5
2019.07.24	44	20	3	15	5
2019.08.07	45	20	3	15	7
2019.08.21	43	20	3	15	6
2019.09.04	43	18	4	16	6
2019.09.18	42	18	4	16	7
2019.10.02	42	16	5	17	7
2019.01.16	42	16	5	16	7

Table 1-1. 맥아제조과정 현장최적화 실험

나. 기본맥아 제조과정 표준화 및 매뉴얼 작성

1) 기본맥아 제조과정 표준화

현장최적화 실험을 통해 얻은 맥아제조과정 최적화 조건 및 과정을 아래에 제시하였다.

가) 보리를 정선하여 제맥 준비를 한다.

나) 수침탱크에 20℃ 이하 물로 보리가 잠기도록 1차 수침공정을 진행한다. 이때, 정선과정에서 남은 겨껍질 등 불순물을 수면위에서 제거한다.

다) 1차 수침이 끝나면 배수 후에 1차 건침을 20시간 진행한다. 탱크 내부 온도는 10~13℃를 유지하면서 수분 율을 유지한다.

라) 1차 건침 종료 후 2차 수침을 1차 수침 때와 동일하게 4시간 진행한다. (수온 20℃이하)

마) 2차 수침 종료 후 2차 건침을 20시간 동안 진행한다. 탱크 내부 온도는 10~13℃를 유지하면서 수분 율을 유지한다.

바) 3차 수침은 보리의 수분율에 따라 2~3시간을 진행한다. (수온 20℃이하)

사) 3차 수침이 종료되면 발아공정을 진행한다. 20℃의 수분을 10시간 간격으로 15초 동안 분사한다. 내부온도 15~20℃를 유지한다(냉풍기 가동). 수분율은 42~45%를 유지한다.

아) 발아공정은 외부 온도나 환경요건에 따라서 3~6일 진행하도록 한다.

자) 1차 건조를 시작할 때 45~50℃이하로 건조한다. 20시간 이후부터 교반기를 가동하여 건조한다. 맥아 수분율 약 15~17%까지 진행한다.

차) 2차 건조는 80~90℃ 약 4시간 건조하여 맥아 수분율 5~7%에 도달하면 제맥은 완료된다.

위와 동일한 과정을 거쳐 수입보리로 맥아를 생산하여 국내산 보리 맥아와 품질을 비교하였을 때, 큰 차이가 없음을 확인하였으므로 기본 맥아 생산공정을 아래와 같이 표준화 하였다.

침맥(Steeping)	침맥 후 수분함량			
	42~45%			
발아(Germination)	발아온도		발아일수	
	15~20℃		3~6일	
건조(kilning)	건조온도(℃)	건조시간(H)	수분함량(%)	

	1차	45~50	24	15~17
	2차	80~90	4	5~7

Table 1-2. 맥아제조과정 표준화 결과

2) 제맥과정 매뉴얼

표준화 과정을 거쳐 완성된 국내산 보리를 활용한 기본 맥아 제조공정도를 작성하였다.

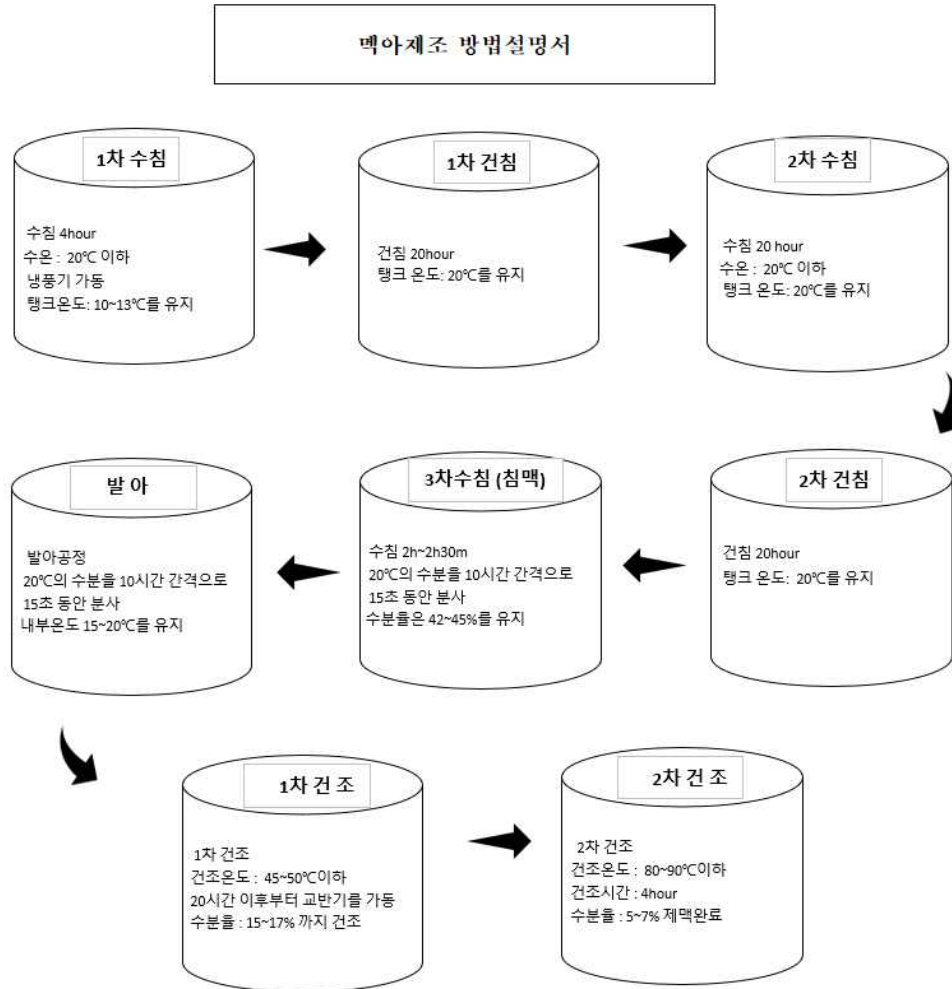


Figure 1-4. 기본맥아제조과정 매뉴얼

2. 기본맥아를 활용한 수제맥주 제조 공정 현장최적화 및 표준화 가. 기본맥아를 활용한 수제맥주 제조공정 현장최적화

협동 2, 3과 협업하여 국내산 보리를 활용한 맥아를 이용하여 수제맥주 제조공정을 Fig.1-5에 있는 파머스 맥주의 맥주제조시설을 이용하여 현장최적화 하였다.



당화조



여과조



열교환기



발효탱크

Fig.1-5. 맥주 제조시설

협동 3과 협업하여 수제맥주제조공정에 대한 수차례의 현장최적화 실험과정을 일지(Fig. 1-6)에 기록하였고, 수제맥주제조공정을 국내산 및 수입산 맥아에 현장최적화한 내용(당화온도, 여과시간, 수율 등)중 일부를 Table 1-3에 나타내었다. 현장 최적화함에 있어서 가열방식(히터봉)에 따라 잠열등이 존재하여 당화조 내의 온도 불균형이 초기 발생하였으나, 2중 교반기의 RPM 조절을 통하여 잠열 및 온도 불균형 현상을 처리할 수 있었다.

본 실험을 통해 국산맥아의 여과시간에 영향을 주는 요소로 보리의 수확시기를 찾을 수 있었다. 호 품(우도)로 맥주를 생산할 시에는 광맥보리에 비해 여과시간이 증가하는 걸 확인할 수 있었는데, 이는 보리를 5월 중순에 일찍 수확하여 낱알의 크기가 일반적 수확시기에 수매된 보리보다 작아, 여과층이 보다 조밀하게 형성되어 시간이 증가하는걸 알 수 있었다. 맥주 공정의 표준화에 적합한 맥주보리 일반적으로 수확 시기는 5월말~6월초 인 것으로 확인되었다. 위 변수 등을 고려하여 수제 맥주 제조공정 표준화를 하였다.

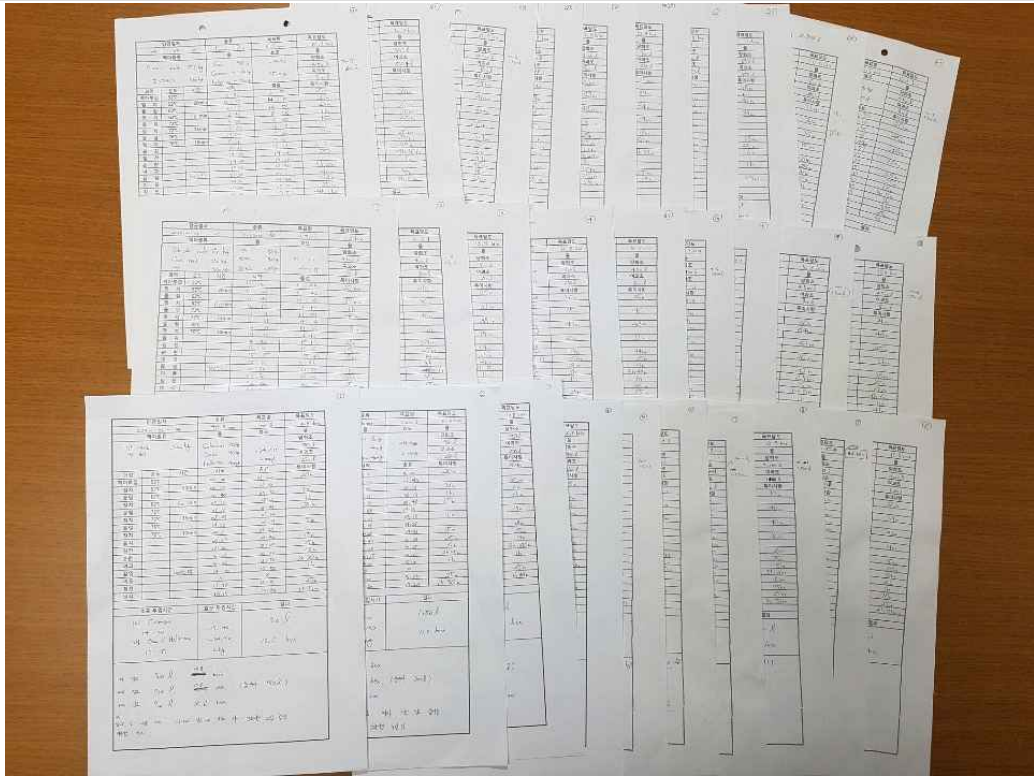


Figure 1-6. 현장 일지 사진

수제맥주제조공정 현장최적화

생산시작일자	재료명	제품종류	당화온도(℃)	여과시간(H)	수율
2019.06.18	광맥	필스너	62.5	3	87%
2019.06.25	수입	필스너	62	3.5	87.5%
2019.07.09	광맥	둔켈	62.3	3	87.2%
2019.07.16	수입	둔켈	62.1	3.5	87.4%
2019.07.23	호품(우도)	필스너	62.1	3.5	85.5%
2019.07.03	수입	필스너	61.8	3.5	87.2%
2019.09.03	호품(우도)	필스너	61.5	3.5	85.3%
2019.09.01	수입	필스너	61.7	3.5	87.4%
2019.09.08	호품(우도)	둔켈	61.8	3.5	85.5%
2019.09.15	수입	둔켈	61.5	3.5	87.2%

Table 1-3. 수제맥주제조공정 현장최적화

나. 수제맥주 제조공정 표준화 및 매뉴얼 작성

1) 수제맥주 제조공정 표준화

현장최적화 실험을 통해 얻은 국내산 맥아를 활용한 수제맥주제조공정 최적화 조건 및 과정을 아래에 제시하였다.

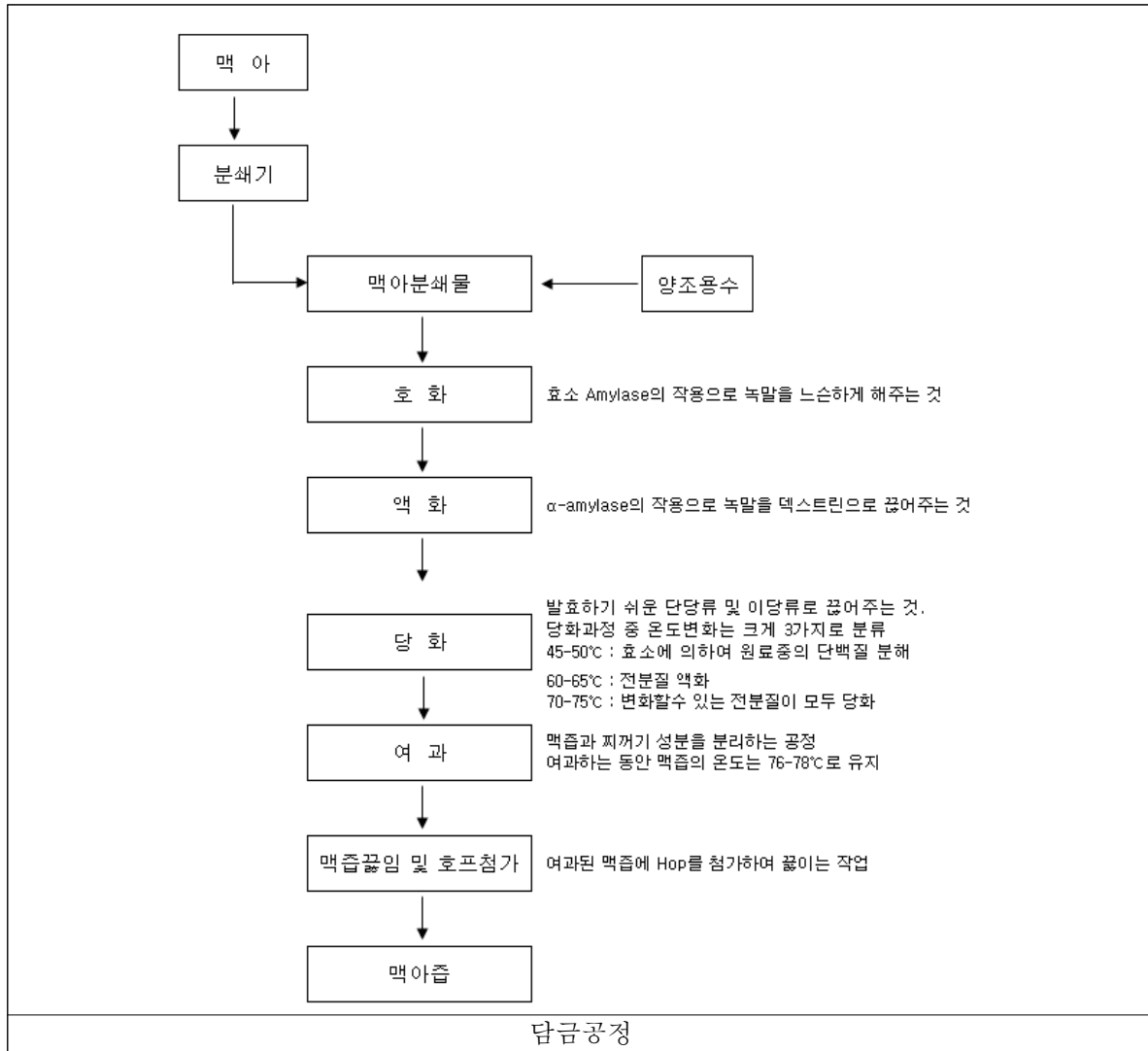
가) Malt를 분쇄한다. 200kg ~ 250kg (평균적으로 최종 목표량의 25% 정도)

나) 당화조에 800L의 물을 준비한 후 온도를 62℃로 유지하며 당화조에 Malt를 넣어 교반시켜주며 60~90분간 당화시킨다. 당화시 효소를 주입한다. (Malt를 넣을시 히터 off)

다) 72℃ 로 승온 시켜 준 후 72℃ 상태에서 계속 교반시켜주며 15분간 정치한다.(정치가 끝난 후

히터 off에 신경 쓰도록 한다)

- 라) 살균이 되어 250L의 물이 담겨있는 여과조 망의 윗부분으로 당화조의 맥즙을 옮겨준다. (여과조 내부의 여과층 생성을 위하여 교반기를 회전시켜주며 이송한다.)
- 마) 맥즙 이송이 완료되면 교반기를 정지시킨 후 25분 정도 정치시켜준다.
- 바) 여과망 아래쪽에 있던 흐린 맥즙을 여과조 윗부분으로 순환시켜준다.
- 사) 사이드글라스를 통하여 맥즙이 맑아진 것을 확인하면 미리 청소해둔 당화/자비조로 이송하고 (맥아 찌질부분이 넘어 가지 않도록 주의한다) 펌프의 RPM을 점차적으로 상승시키며 여과가 끝날 때까지 유지해 준다.
- 아) 여과가 끝나기 전 히터봉이 맥즙에 충분히 잠길 때부터 히터를 가동시켜 100℃까지 승온한다.
- 자) 100℃에 도달하면 60분간 끓여주며 Hop를 투입한 후 히터를 끄고 교반을 정지한 후 25분간 정치한다.
- 차) 맑은 맥즙을 열교환기를 통해 발효/숙성조로 이송한다. (열교환기를 통과하는 시점에서의 온도가 30℃ 이하를 유지하도록 한다)
- 카) 맥즙 이송이 약 75% 정도 진행되었을 때 30분간 배양해두었던 효모를 넣어 주도록 한다.
- 타) Lager (14℃~16℃)/ Ale (16℃~20℃) 등 맥주 종류에 따라서 온도를 설정하고 36시간 이 지난 후 열려있던 압력 밸브를 닫아준다.
- 파) 압력 밸브는 압력센서 부근에 연결해주어 1.0~1.2bar로 설정한다.
- 하) 맥주종류에나 발효온도에 따라 Lager (12~14 day) / Ale (5~10 day) 발효시킨다.
- 거) 발효가 더 이상 일어나지 않을 경우 온도를 4℃이하로 낮춘 후 맥주종류나 효모종류에 따라 3~7일 이상 숙성시킨다.



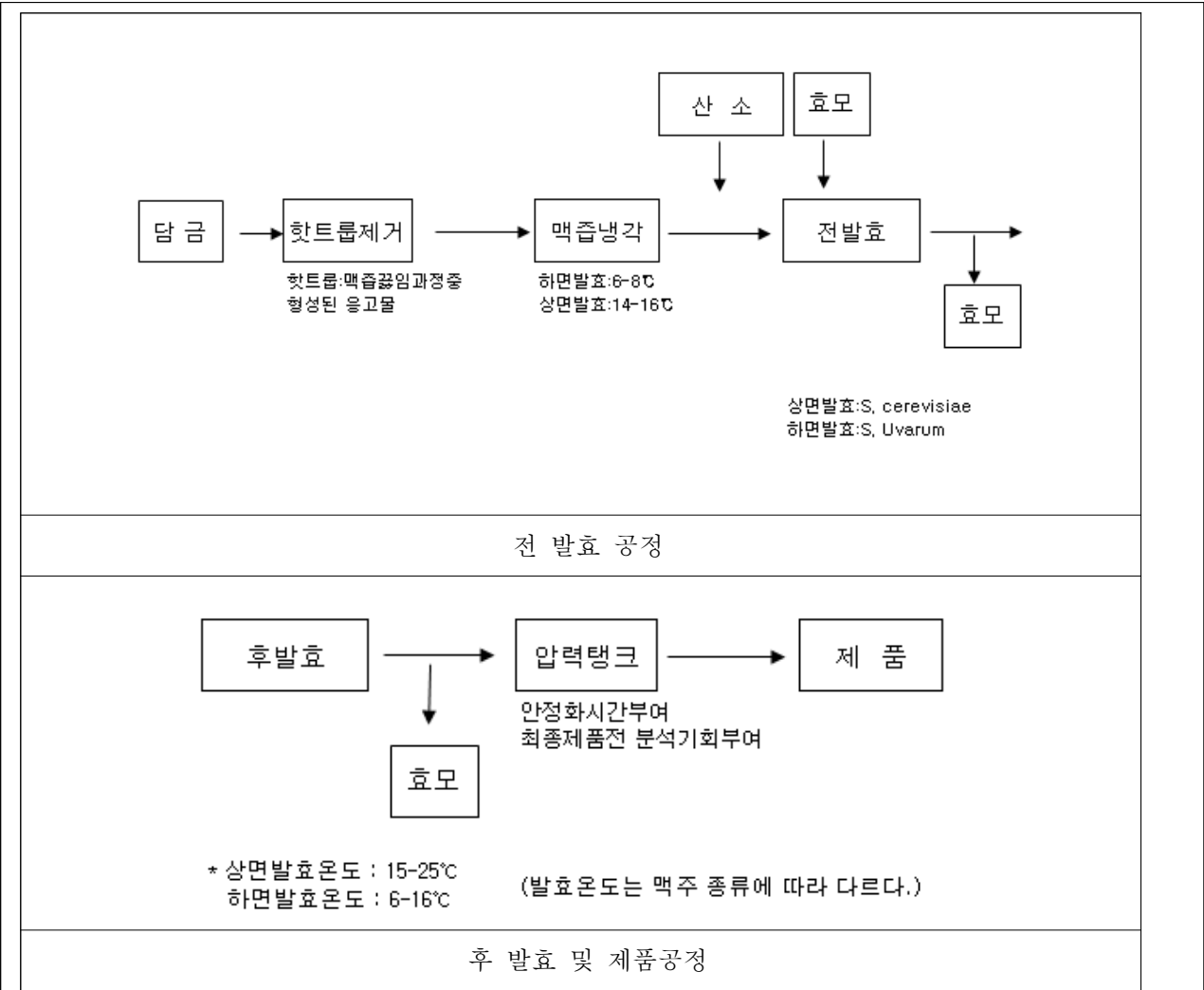


Figure 1-7. 수제맥주 제조공정도(예시)

위와 동일한 과정을 거쳐 수입맥아로 제조한 수제맥주와 국내산 맥아로 제조한 수제맥주의 품질을 비교하였을 때, 큰 차이가 없음을 확인하였으므로 국내산 보리를 활용한 수제맥주제조공정을 아래와 같이 표준화 하였다. 향후, 협동2에서 적용한 효소 및 젖산균 결과를 협동3과 협업하여 추가적인 현장 실험을 통해 양산 표준화에 반영할 계획이다.

Table 1-4. 수제맥주제조공정 표준화 결과

당화(Saccharification)	표준당화온도(°C)
	61~63
여과(Filtration)	표준여과시간(H)
	2~4

2) 수제맥주 제조공정 매뉴얼

표준화 과정을 거쳐 완성된 국내산 보리를 활용한 수제맥주제조공정도를 협동기관과 논의 하여 최종 작성하였다.



Figure 1-8. 현장 회의사진

맥주 제조공정설명서

국산기본(base)맥아

맥아종류(광맥 200~250kg)

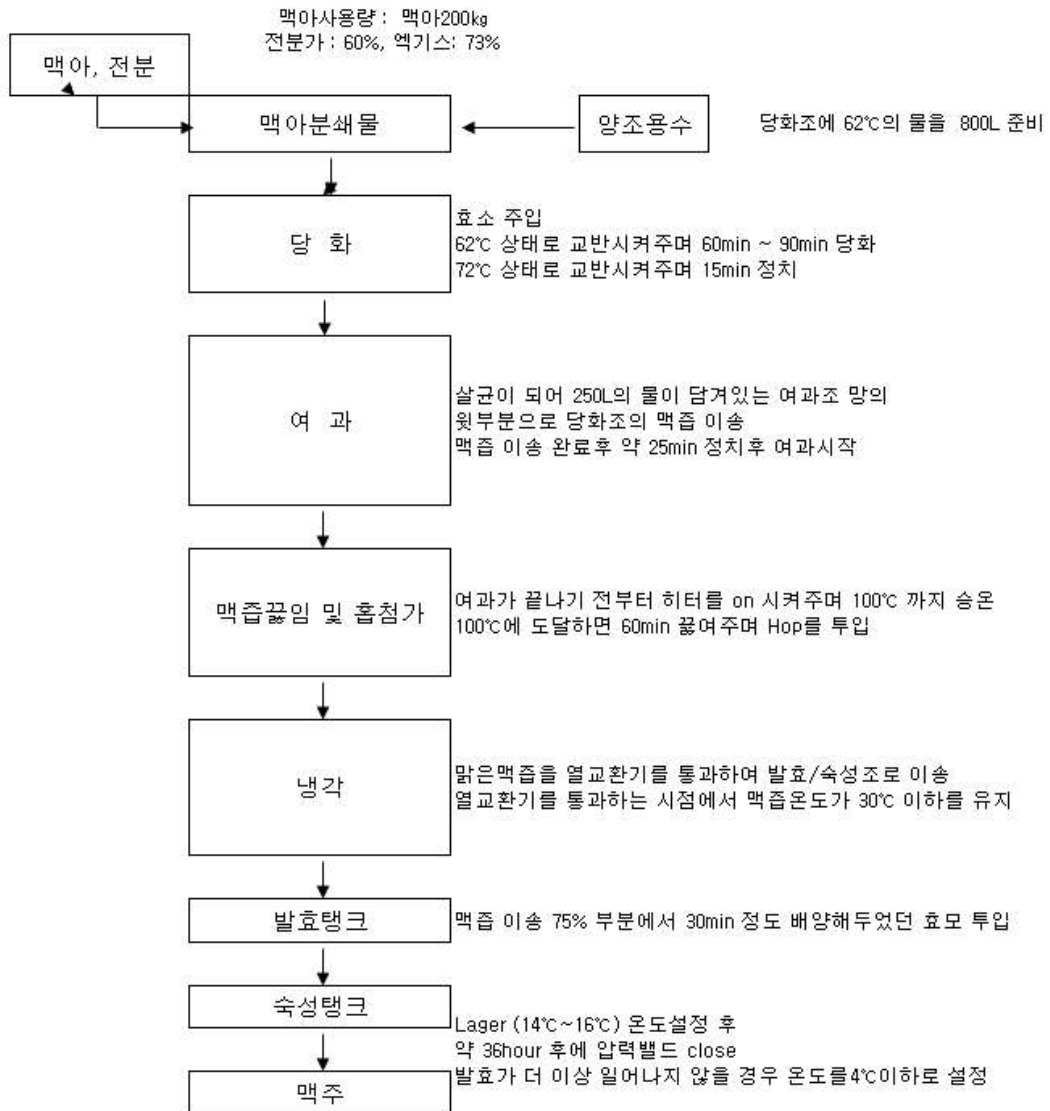


Figure 1-9. 수제맥주제조공정 매뉴얼

[협동 1: 국내산 맥주보리를 활용한 기본맥아개발연구]

1. 연구 범위 및 연구 수행 방법

가. 요약

보리의 선택 기준에 따라서 맥아 및 맥주의 품질 특성이 달라지기 때문에 맥아제조의 기본 원료인 보리를 선정하는 것이 중요하다. 기존 연구인 “신개념 지역특산 국산일반보리 프리미엄 맥주를 위한 제조기술 개발”에서 2조맥 보리와 6조맥 보리를 이용하여 천립중, 발율, 단백질의 함량 등 품질 특성을 비교하였다. 이에 의하면 천립중은 추출 수율과 비례하며 발아율은 맥아의 품질 및 맥즙 여과시간에 영향을 미친다. 또한 단백질 함량이 높으면 탄수화물의 함량이 낮아서 혼탁 등 문제를 일으킨다. 그러므로 그 중 결과가 가장 좋았던 2조맥 맥주보리인 ‘광맥’을 주재료로 선정하였고 비교군으로 다른 제주도산 맥주보리로 ‘호품’을 사용하였다. 국내산 맥아인 ‘광맥’과 ‘호품’과 비교할 수입산 맥아로는 국내에서 수입산 맥아로 많이 사용하는 ‘필스너’를 선정하였다. 선정된 재료들은 건조 조건에서 온도의 변화를 각기 다르게 하여 맥아의 품질 특성이 어떻게 변화하는지 관찰하였다. 품질적인 특징의 차이를 확인하기 위해 각각의 Lab 색도, EBC 색도, 당도, MRP(Mailard reaction product), HSS-GC-MS를 이용한 향기 성분의 정량 및 정성분석을 하였다. 위의 실험들은 맥아의 향미적인 특성이 어떠한 변화가 일어나는지 확인 할 수 있는 실험이다.

나. 실험재료

1) 선정기준

맥아를 제조하기 위해서는 기본적으로 침맥(Steeping)-발아(Germination)-배조(Kilning) 과정을 거치게 된다.

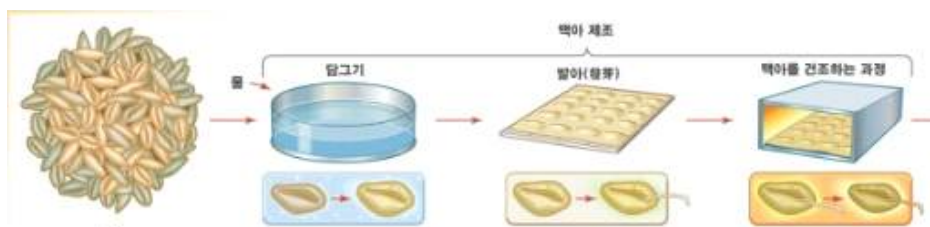


Figure 2-1. 기본 맥아의 제조과정

보리는 2조맥 보리와 6조맥 보리가 있다. 2조맥 보리는 보리 이삭에 보리알이 두 줄로 나란히 달려, 낱알의 크기가 일반 보리에 비해 크며 단백질 함량이 적고, 전분질 함량이 높아 맥주양조에 적합한 보리이다. 6조맥 보리는 보리 이삭에 보리알이 6열로 달린 보리로, 단백질 함량이 높고 주로 식용으로 사용하는 보리이다. 세부적으로는 맥주보리, 겉보리, 쌀보리가 있다. 맥주 보리가 겉보리 및 쌀보리에 비해 품질 특성이 우수하다는 사실을 알 수 있다. 또한 같은 계열의 맥주 보리 중 2조맥 보리가 6조맥 보리에 비해서 품질특성이 우수하다. 또한 맥아의 제맥 적성을 평가하기 위해 천립중, 발아세, 발아율, 수감수성, 침맥시간, 신장도, 효소역가 측정 방법을 이용하여 제맥의 적성 평가를 실시 한 결과, 이 역시 2조맥 보리가 우수하다는 사실을 알 수 있었다. 그러므로 증명된 사실들을 토대로 실험 재료로 쓰일 보리는 2조맥 맥주 보리인 ‘광맥’, ‘호품’을 사용하였다. 또한 수입산과 비교하기 위하여 수입산 맥아 ‘필스너’를 사용했다. 위의 보리들은 과거부터 주로 이러한 보리들을 계속해서 다루고 판매를 진행하였던 주관기관인 (주) 파머스 맥주로부터 공여 받아 사용하였다. (주) 파머스 맥주는 맥주를 만드는 기본 공장 기기를 보유하고 과거 농림부와 함께한 과제를 바탕으로 공장에서 맥아를 만들어 판매까지 하는 기업으로 재료에 대한 신뢰도는 매우 높은 기업이다.

2) 실험방법

가) 기본조건

맥아의 제조과정은 침맥은 15℃에서 wet steeping과 dry steeping을 3회 반복하여 실시하였으며, germination은 16℃에서 총 5일간 보리를 발아시킨 후 계근하여 사용하였다. 배조는 처음 30분간 45℃를 유지한 후, 65℃까지 각 5℃의 온도 구간별 온도 증가속도를 점차 감소시킨 다음, 85℃까지는 온도 증가속도를 점차 크게 하였다. 그 후 배조(Klining)과정에서 건조 온도에 따라 제조되는 맥아의 색깔 및 품질을 결정지을 수 있는지 확인하기 위하여 ‘광맥’, ‘필스너’, ‘호품’ 각각에 대하여 추가로 건조온도를 변화시켰다.

건조 온도 조건은 3종류 맥아를 추가로 건조를 하지 않은 것과 60℃, 80℃, 100℃, 120℃, 140℃로 추가 건조한 것으로 나뉘었다. 건조를 하지 않은 시료를 제외하고 모든 시료의 건조시간은 12시간으로 동일하게 설정하였다. 제조된 맥아는 Drum mill (Malt Drum Mill, Jeil Industry Co.,Korea)을 이용하여 1 mm의 간극으로 분쇄하였다.

나) 색도 측정

색도는 두 가지 방법으로 측정하였다. 색도를 측정 할 때 일반적으로 많이 사용하는 Hunter Lab를 측정하는 방법과 맥주의 색도 단위인 EBC를 측정하는 방법을 사용하였다.

① Lab

Lab 색채 원리로 UDL colormeter NE4000(Nippon Denshoku, Japan)색도계를 이용하여 측정하였다. ‘호품’, ‘광맥’, ‘필스너’ 각각에 대하여 색도계에서 나온 L, a, b, E 값을 측정하였다.

② EBC

EBC는 전처리 완료된 ‘호품’, ‘광맥’, ‘필스너’ 각각의 시료를 9x6 well에 넣은 다음 430nm로 흡광도를 측정하여 다음과 같은 식을 이용하여 구하였다.

$$EBC \text{ units} = 25 \times A_{430} \times F$$

(25 = 증배 계수 A_{430} = 430 nm에서 측정된 흡광도 값 F = 회석 배수)

라) 당도 측정

당도는 Master refractometer(ATAGO, Japan) Brix 당도계를 이용하여 측정하였다.

마) MRP 측정

MRP(Maillard reaction product)의 양은 Epoch spectrophotometer(Biotek, USA)로 O.D의 값이 0.2~0.8 범위에 들도록 Maillard reaction 과정에서 생성되는 갈변물질을 측정하는 데 적합한 측정범위인 420nm 조건에서 흡광도의 값으로 측정하였다.

바) 향기성분 분석

향기성분 분석은 GC-MS-HSS 86.50(Agilent Technologies, USA)로 3종류 맥아에 관하여 정성 분석 및 정량 분석을 진행하였다. 맥아를 powder의 형태로 만들어 특수하게 제작된 50ml 유리 vial에 1g을 담아 Headspace Autosampler를 이용하여 맥아의 분석을 실시하였다.

Analysis device	HSS-GC-MS		
Column	HP-5MS-UI(0.25μm, 30m×0.25 mm)		
Injection volume	맥아 1g(powder), IS 10μl(130ppm)		
Split	20 : 1		
Flow rate	0.8mL/min		
Column Temp.	Rate(℃/min)	Temp.	Holding time(min)
		40	5
	7	180	2
	10	250	5
HSS oven Temp.	90~100℃		
HSS Incubation time	30 min		

Table 2-1. Headspace-GC-MS 분석 조건

분석 Headspace GC기기는 Agilent technologies 7820A 장비를 이용하였으며 Column으로는 HP-5MS-UI column(0.25 μ m, 30m \times 0.25 mm) 을 사용하였고 split은 20:1로 설정하였다. Flow rate는 0.8mL/min으로 설정하였다. Column온도는 40 $^{\circ}$ C에서 5분간 기다렸다가 180 $^{\circ}$ C까지 7 $^{\circ}$ C/min으로 온도를 올린 다음 2분간 기다렸다. 250 $^{\circ}$ C까지 10 $^{\circ}$ C/min으로 설정하고 5분간 기다렸다. Headspace oven 온도는 100 $^{\circ}$ C로 설정하였다. Gas는 Helium 기체를 사용하였다.

정량분석을 위해 내부표준물질(Internal standard)로 Dichlorobenzene을 선정하였으며 용매로는 Dichloromethane을 사용하였다.

다. 주요 실험 결과

1) 색도

가) Lab 색도 측정

국내산 맥아인 ‘호품’, ‘광맥’ 수입산 맥아인 ‘필스너’의 색도를 비교해본 결과 세 가지 맥아 모두 밝기를 나타내는 L값 및 황색도를 나타내는 b값은 건조온도가 높아질수록 감소하였다. 적색도를 나타내는 a값은 건조온도가 높아질수록 증가하였다. 호품의 L값의 변화율은 다른 두 맥아와 비교하였을 때 변화량이 다른 두 맥아에 비해 컸다.

필스너는 건조온도가 올라감에 따라 L값의 변화율이 국내산 맥아인 ‘호품’, ‘광맥’에 비하여 적었다. 이러한 변화는 보리의 품종이 온도의 영향을 받아 기타 화학 반응이 일어나는 정도가 다르다는 것을 의미한다. 또한 보리에 존재하는 여러 영양 성분이나 기타 성분들이 수입산 보리의 경우 국내로 수입되는 과정 중 신선도의 측면에서 변화하는 반면 국내산 보리는 바로 사용이 될 수 있기 때문에 색도의 더 큰 변화가 있을 것이라고 추측된다. 그러므로 수입산 맥아보다 국내산 맥아가 색도적인 측면에서 조금 더 나은 결과를 보여준다.

Sample	Hunter color value			
	Mean \pm SD			
	E	L	a	b
GN	63.51 \pm 0.07	47.45 \pm 0.02	9.97 \pm 0.01	40.57 \pm 0.11
G60	57.65 \pm 0.09	46.66 \pm 0.07	10.93 \pm 0.06	32.05 \pm 0.05
G80	54.06 \pm 0.05	40.02 \pm 0.06	11.43 \pm 0.03	34.51 \pm 0.02
G100	46.79 \pm 0.09	32.45 \pm 0.06	11.74 \pm 0.07	31.6 \pm 0.10
G120	44.20 \pm 0.11	28.14 \pm 0.05	12.7 \pm 0.08	31.63 \pm 0.11
G140	40.61 \pm 0.00	21.94 \pm 0.00	14.11 \pm 0.00	31.12 \pm 0.06

* GN : 건조 처리 하지 않은 광맥, G60 : 건조온도 60 $^{\circ}$ C로 처리한 광맥
 G80 : 건조온도 80 $^{\circ}$ C로 처리한 광맥, G100 : 건조온도 100 $^{\circ}$ C로 처리한 광맥
 G120 : 건조온도 120 $^{\circ}$ C로 처리한 광맥, G140 : 건조온도 140 $^{\circ}$ C로 처리한 광맥

Table 2-2. 광맥의 색도 측정 결과

Mean ± SD

Sample	Hunter color value			
	E	L	a	b
HN	63.50 ± 0.08	46.50 ± 0.04	9.81 ± 0.06	42.11 ± 0.08
H60	58.46 ± 0.06	40.12 ± 0.04	11.04 ± 0.04	41.06 ± 0.10
H80	45.28 ± 0.06	24.79 ± 0.02	13.51 ± 0.07	35.40 ± 0.10
H100	44.87 ± 0.06	24.38 ± 0.00	13.77 ± 0.05	36.06 ± 0.06
H120	35.88 ± 0.00	18.08 ± 0.02	14.57 ± 0.07	27.36 ± 0.02
H140	35.96 ± 0.06	18.06 ± 0.00	14.93 ± 0.00	27.29 ± 0.08

* HN : 건조 처리 하지 않은 호품, H60 : 건조온도 60℃로 처리한 호품
H80 : 건조온도 80℃로 처리한 호품, H100 : 건조온도 100℃로 처리한 호품
H120 : 건조온도 120℃로 처리한 호품, H140 : 건조온도 140℃로 처리한 호품

Table 2-3. 호품의 색도 측정 결과

Mean ± SD

Sample	Hunter color value			
	E	L	a	b
PN	51.63 ± 0.07	41.68 ± 0.04	9.19 ± 0.06	29.05 ± 0.05
P60	49.64 ± 0.13	39.71 ± 0.12	9.29 ± 0.04	28.29 ± 0.07
P80	45.96 ± 0.09	35.03 ± 0.06	9.78 ± 0.02	28.10 ± 0.09
P100	47.35 ± 0.11	35.52 ± 0.10	9.78 ± 0.03	29.75 ± 0.05
P120	42.87 ± 0.12	32.62 ± 0.05	10.62 ± 0.12	25.78 ± 0.08
P140	41.62 ± 0.07	31.32 ± 0.03	10.62 ± 0.12	25.26 ± 0.07

* PN : 건조 처리 하지 않은 펄스너, P60 : 건조온도 60℃로 처리한 펄스너
P80 : 건조온도 80℃로 처리한 펄스너, P100 : 건조온도 100℃로 처리한 펄스너
P120 : 건조온도 120℃로 처리한 펄스너, P140 : 건조온도 140℃로 처리한 펄스너

Table 2-4. 펄스너의 색도 측정 결과

나) EBC 색도 측정

EBC 색도 측정 결과 ‘호품’, ‘펄스너’, ‘광맥’ 3가지 맥아 모두 건조온도가 올라감에 따라 EBC의 값이 증가하였다. 모든 건조온도 조건에서 광맥이 가장 EBC의 값이 컸고 호품, 펄스너 순이었다. EBC의 값이 증가할수록 색이 진해진다는 사실을 미루어 보았을 때 ‘광맥’이 다른 두 맥아에 비해 색깔이 진함을 확인하였다.

Mean ± SD		Mean ± SD		Mean ± SD	
Sample	EBC	Sample	EBC	Sample	EBC
GN	14.3 ± 0.2	HN	13.9 ± 0.1	PN	14.9 ± 0.1
G60	15.4 ± 0.2	H60	14.7 ± 0.2	P60	15.3 ± 0.2
G80	15.7 ± 0.2	H80	15.0 ± 0.3	P80	15.6 ± 0.2
G100	16.5 ± 0.3	H100	16.1 ± 0.2	P100	16.0 ± 0.2
G120	18.7 ± 0.1	H120	17.4 ± 0.2	P120	16.6 ± 0.1
G140	19.1 ± 0.1	H140	18.5 ± 0.1	P140	17.4 ± 0.3

* GN : 건조 처리 하지 않은 광맥, G60 : 건조온도 60℃로 처리한 광맥
G80 : 건조온도 80℃로 처리한 광맥, G100 : 건조온도 100℃로 처리한 광맥
G120 : 건조온도 120℃로 처리한 광맥, G140 : 건조온도 140℃로 처리한 광맥

- * HN : 건조 처리 하지 않은 호품, H60 : 건조온도 60℃로 처리한 호품
 H80 : 건조온도 80℃로 처리한 호품, H100 : 건조온도 100℃로 처리한 호품
 H120 : 건조온도 120℃로 처리한 호품, H140 : 건조온도 140℃로 처리한 호품
- * PN : 건조 처리 하지 않은 펄스너, P60 : 건조온도 60℃로 처리한 펄스너
 P80 : 건조온도 80℃로 처리한 펄스너, P100 : 건조온도 100℃로 처리한 펄스너
 P120 : 건조온도 120℃로 처리한 펄스너, P140 : 건조온도 140℃로 처리한 펄스너

Table 2-5. 광맥, 호품, 펄스너의 EBC 측정 결과

2) 당도

국내산 맥아인 ‘광맥’, ‘호품’ 그리고 수입산 맥아인 ‘펄스너’의 당도를 비교해본 결과 호품은 건조온도에 따른 당도 변화가 유의적으로 차이가 없었다. 광맥과 펄스너는 건조온도가 올라감에 따라 당도가 떨어졌다.

Signe Hoof(2014)의 논문에 의하면 맥아의 품질 평가 연구에서 3반복을 하였을 때 표준편차의 값은 차이가 없음을 알았다. 즉, 온도의 변화는 당도에 직접적인 결과를 주지 않는다는 것을 확인 할 수 있었다. 이번 실험에서 당도의 값은 3번 반복했을 때 모두 같았다.

Mean ± SD		Mean ± SD		Mean ± SD	
Sample	Brix value	Sample	Brix value	Sample	Brix value
GN	3.0 ± 0.0	HN	3.0 ± 0.0	PN	3.8 ± 0.0
G60	3.0 ± 0.0	H60	3.0 ± 0.0	P60	3.8 ± 0.0
G80	3.0 ± 0.0	H80	3.0 ± 0.0	P80	3.7 ± 0.0
G100	3.0 ± 0.0	H100	3.0 ± 0.0	P100	3.4 ± 0.0
G120	2.8 ± 0.0	H120	3.0 ± 0.0	P120	3.0 ± 0.0
G140	2.5 ± 0.0	H140	2.8 ± 0.0	P140	1.9 ± 0.0

- * GN : 건조 처리 하지 않은 광맥, G60 : 건조온도 60℃로 처리한 광맥
 G80 : 건조온도 80℃로 처리한 광맥, G100 : 건조온도 100℃로 처리한 광맥
 G120 : 건조온도 120℃로 처리한 광맥, G140 : 건조온도 140℃로 처리한 광맥
- * HN : 건조 처리 하지 않은 호품, H60 : 건조온도 60℃로 처리한 호품
 H80 : 건조온도 80℃로 처리한 호품, H100 : 건조온도 100℃로 처리한 호품
 H120 : 건조온도 120℃로 처리한 호품, H140 : 건조온도 140℃로 처리한 호품
- * PN : 건조 처리 하지 않은 펄스너, P60 : 건조온도 60℃로 처리한 펄스너
 P80 : 건조온도 80℃로 처리한 펄스너, P100 : 건조온도 100℃로 처리한 펄스너
 P120 : 건조온도 120℃로 처리한 펄스너, P140 : 건조온도 140℃로 처리한 펄스너

Table 2-6. 호품, 광맥, 펄스너의 당도 측정 결과

3) MRP

국내산 맥아인 ‘광맥’, ‘호품’ 수입산 맥아인 ‘펄스너’의 MRP의 양을 Maillrad reaction 반응으로 갈색물질이 생성된다는 점을 고려하여 갈색색소의 측정범위인 420nm의 흡광도로 비교해본 결과 호품, 광맥, 펄스너 모두 건조온도가 올라감에 따라 흡광도의 값이 증가함을 확인하였다.

상대적으로 광맥과 호품은 펄스너에 비해 동일 온도 조건에서 Maillrad reaction Product가 더 많이 생성됨을 확인할 수 있었다.

Mean ± SD		Mean ± SD		Mean ± SD	
Sample	MRP value	Sample	MRP value	Sample	MRP value
GN	0.392 ± 0.005	HN	0.444 ± 0.006	PN	0.385 ± 0.002
G60	0.422 ± 0.010	H60	0.502 ± 0.007	P60	0.389 ± 0.003
G80	0.443 ± 0.011	H80	0.731 ± 0.004	P80	0.433 ± 0.005
G100	0.562 ± 0.008	H100	0.764 ± 0.004	P100	0.442 ± 0.002
G120	0.696 ± 0.013	H120	0.781 ± 0.050	P120	0.527 ± 0.018
G140	0.717 ± 0.005	H140	0.802 ± 0.036	P140	0.538 ± 0.005

* GN : 건조 처리 하지 않은 광맥, G60 : 건조온도 60℃로 처리한 광맥
 G80 : 건조온도 80℃로 처리한 광맥, G100 : 건조온도 100℃로 처리한 광맥
 G120 : 건조온도 120℃로 처리한 광맥, G140 : 건조온도 140℃로 처리한 광맥
 * HN : 건조 처리 하지 않은 호품, H60 : 건조온도 60℃로 처리한 호품
 H80 : 건조온도 80℃로 처리한 호품, H100 : 건조온도 100℃로 처리한 호품
 H120 : 건조온도 120℃로 처리한 호품, H140 : 건조온도 140℃로 처리한 호품
 * PN : 건조 처리 하지 않은 필스너, P60 : 건조온도 60℃로 처리한 필스너
 P80 : 건조온도 80℃로 처리한 필스너, P100 : 건조온도 100℃로 처리한 필스너
 P120 : 건조온도 120℃로 처리한 필스너, P140 : 건조온도 140℃로 처리한 필스너

Table 2-7. 광맥, 호품, 필스너의 MRP 흡광도 측정 결과

4) 향기성분 분석

주어진 Headspace GC-MS 조건을 이용하여 3종류 맥아의 향기성분을 동정한 결과 ‘광맥’, ‘호품’, ‘필스너’에서 공통적으로 검출된 향기성분은 3-methyl butanal, 2-methyl butanal, hexanal, heptanal, benzaldehyde, benzeneacetaldehyde, nonanal이었다.

‘광맥’을 건조시켰을 때 추가적으로 furanmethanol, 2-heptanone, 1-pyrrol-2-yl-ethanone, 2-methyl-1-butanol, tetramethyl pyrazine이 동정되었다.

‘호품’을 건조시켰을 때 추가적으로 2,3-pentanedione, Dihydro-2-methyl 3-furanone, 3-methylthio propanal, 2-furanyl-ethanone가 있었다.

‘필스너’를 건조시켰을 때 4-pyrimidione, 2-heptanone, 2-pinene, 3-carene, 1-octen-3-ol이 추가로 동정되었다.

향기성분의 향미의 관점에서 보면 건조온도가 올라갈수록 기본 맥아의 향기 성분은 감소하지만 그에 반해 좋은 향기성분이 증가 된다는 것을 확인할 수 있다. Maillard reaction의 결과로 좋은 향미 성분이 생성되는 것으로 판단된다. 대표적으로 ‘광맥’에서 동정되는 furfural이나 ‘호품’에서 추가로 동정된 2,3-pentanedione은 대표적인 sweet 향이 나는 성분이다.

건조온도를 100℃에서 140℃로 올렸을 때 ‘광맥’, ‘호품’, ‘필스너’ 모두 탄 향기성분(Roasted flavor)을 내는 3-ethyl-2,5-dimethyl pyrazine, furfural pyrrole 성분이 동정되었다. 이러한 맥아를 맥주 제조용 맥아로 사용할 경우 탄 맛과 함께 쓴 맛이 심해질 것으로 예상되므로 140℃는 맥아 제조에 적합하지 않다고 본다.

No	Compounds	flavor	GN			G100			G140		
			Ratio	% total	con	Ratio	% total	con	Ratio	% total	con
1	3-methyl butanal	malty	2.25	41.5	29.2	1.71	35.4	17.0	1.36	32.0	17.7
2	2-methyl butanal	cocoa	1.59	29.3	20.7	1.43	29.7	14.3	1.65	38.8	21.4
3	2-methyl-1-butanol	sweet	N.D	N.D	N.D	0.06	1.19	0.58	0.05	1.10	0.61
4	hexanal	rancid	0.19	3.45	2.43	0.24	5.01	2.41	0.14	3.38	1.87
5	furfural	sweet	0.10	1.83	1.28	0.04	0.93	0.45	0.06	1.39	0.77
6	furanmethanol	sweet	N.D	N.D	N.D	0.02	0.37	0.18	0.01	0.19	0.11
7	2-heptanone	honey	N.D	N.D	N.D	0.01	0.17	0.08	0.01	0.11	0.06
8	heptanal	sweet	0.02	0.33	0.23	0.02	0.31	0.15	0.01	0.22	0.12
9	benzenaldehyde	butter	0.22	4.14	2.90	0.08	1.74	0.85	0.07	1.60	0.88
10	2-pentyl-furan	fatty	0.09	1.58	1.11	0.05	1.09	0.52	0.04	0.89	0.49
11	benzenacetaldehyde	honey	0.18	3.48	2.31	0.12	2.54	1.22	0.08	1.83	1.02
12	3-ethyl-2,5-dimethyl pyrazine	Roasted nutty	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.01	1.58	2.88
13	tetramethyl pyrazine	cocoa	N.D	N.D	N.D	0.02	0.40	0.18	0.01	0.11	0.06
14	nonanal	fatty	0.02	3.29	0.21	0.01	0.27	0.13	0.01	0.17	0.09
15	furfural pyrrole	metallic	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.01	0.09	0.16

* ratio=peak area/IS peak area, % total=peak area/sum of peak area, con : Concentration of compound (unit :mg/kg)

** GN : 건조 처리하지 않은 광맥, G100 : 건조온도 100℃로 처리한 광맥, G140 : 건조온도 140℃로 처리한 광맥

Table 2-8. 광맥 향기성분 정량 결과

‘광맥’에서 동정된 향기성분 중 농도가 가장 높은 3-methyl butanal은 건조 처리를 했을 때 농도가 약 40% 감소하였고 2-methyl butanal은 약 30% 감소하였다. sweet 향을 가지는 heptanal은 건조처리를 했을 때 농도가 약 40% 감소하였다.

건조처리를 하면서 sweet 향을 가지는 2-methyl-1-methanol, furanmethanol, cocoa 향을 가지는 tetramethyl pyrazine, honey 향을 가지는 2-heptanone이 추가로 동정되었다. 건조처리를 한 상태에서 100℃에서 140℃로 온도를 올렸을 때 furanmethanol은 약 40% 감소하였고 tetramethyl pyrazine은 약 60% 감소하였으며, 2-hepanone의 경우 약 20% 감소하였다.

‘광맥’에서 동정된 향기성분 중 fatty 향을 가진 성분인 nonanal은 100℃ 건조 처리를 했을 때 건조처리를 하지 않았을 때보다 농도가 약 40% 감소하였고 2-pentyl furan은 약 50% 감소하였다.

건조처리를 하였을 때 온도가 100℃에서 140℃로 올라가면서 새로운 향기성분이 동정되었다. 이들은 모두 탄 맛을 가지고 있는 화학성분이다. 특히 3-ethyl-2,5-dimethyl pyrazine은 전체 검출된 15개의 향기성분에서 차지하는 비율이 3번째로 높은 것으로 나타났다.

결론적으로 ‘광맥’에서 건조처리를 했을 때 좋은 향인 sweet, cocoa, honey향을 가지는 성분이 추가로 동정됨을 확인할 수 있었다. 대표적으로 ‘광맥’에서 동정되는 furfural이나 ‘호품’에서 추가로 동정된 2,3-pentanedione은 대표적인 sweet 향이 나는 성분이다. 건조온도가 올라가게 되면 풍미를 증진시키는 향기성분의 농도는 감소하고 좋지 않은 향 성분이 추가로 동정됨을 알 수 있었다. 따라서 ‘광맥’에서는 건조온도를 100℃ 설정하는 것이 풍미 증진 측면에서 좋은 조건임을 알 수 있었다.

No	Compounds	flavor	HN			H100			H140		
			Ratio	% total	con	Ratio	% total	con	Ratio	% total	con
1	3-methyl butanal	malty	1.02	31.47	50.84	0.95	26.27	47.62	0.09	2.40	4.28
2	2-methyl butanal	cocoa	1.00	30.98	50.11	1.26	34.70	63.07	0.32	9.24	16.16
3	2,3-pentanedione	malty	N.D	N.D	N.D	0.02	0.58	1.05	0.05	1.30	2.27
4	1-pentanol	sweet	0.04	1.15	1.85	0.03	0.88	1.60	0.01	0.19	0.33
5	2-methyl-1-butanol	sweet	0.05	1.61	2.60	0.07	1.96	3.53	0.03	0.75	1.32
6	hexanal	rancid	0.04	1.10	1.78	0.05	1.37	2.48	0.03	0.84	1.47
7	Dihydro-2-methyl 3-furanone	sweet	N.D	N.D	N.D	0.01	0.17	0.30	0.06	1.75	3.05
8	furfural	sweet	0.02	0.69	1.11	0.05	1.45	2.63	1.63	46.59	81.46
9	3-methylthio propanal	malty	N.D	N.D	N.D	0.01	0.17	0.30	0.01	0.14	0.25
10	2-furanyl-ethanone	sweet	N.D	N.D	N.D	0.01	0.20	0.37	0.22	6.44	11.27
11	benzaldehyde	butter	0.02	0.61	0.99	0.06	1.58	2.85	0.03	0.73	1.27
12	2-pentyl-furan	fatty	0.01	0.28	0.46	0.02	0.55	1.00	0.02	0.47	0.83
13	benzenacetaldehyde	honey	0.03	0.99	1.59	0.08	2.08	3.76	0.01	0.22	0.40
14	1-pyrrol-2-yi-ethan one	sweet	N.D	N.D	N.D	0.01	0.12	0.55	0.01	0.14	0.25
15	3-ethyl-2,5-dimethyl pyrazine	Roaste d nutty	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.06	1.68	2.99
16	nonanal	fatty	0.01	0.04	0.06	0.01	0.12	0.21	0.01	0.14	0.25
17	furfural pyrrole	metalli c	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.01	0.09	0.16

* ratio=peak area/IS peak area, % total=peak area/sum of peak area, con : Concentration of compound (unit :mg/kg)

** HN : 건조 처리하지 않은 호품, H100 : 건조온도 100℃로 처리한 호품, H140 : 건조온도 140℃로 처리한 호품

Table 2-9. 호품 향기성분 정량 결과

‘호품’에서 동정된 향기성분 중 비율이 높은 3-methyl butanal은 약 8% 감소하였다. sweet 향을 가지는 1-pentanol은 약 14% 감소하였다.

건조처리를 하면서 sweet한 향을 가지는 1-pyrrol-2-yi-ethanone, malty한 향을 가지는 3-methylthio propanal 등이 추가로 동정되었다. 1-pyrrol-2-yi-ethanone은 온도를 올리면 약 50% 감소함을 확인할 수 있었고, 3-methylthio propanal은 약 15% 감소함을 확인할 수 있었다.

Fatty향을 가지는 nonanal은 건조처리를 하였을 때 농도가 300% 이상 증가하였는데 이는 같은 건조 조건에서 ‘광맥’의 농도가 약 40% 감소하는 것과 대조적이다.

또한 140℃ 건조조건에서 좋지 않은 3-ethyl-2,5-dimethyl pyrazine 및 furfural pyrrole이 추가로 동정되었다. 특히 furfural pyrrole은 ‘광맥’과 농도가 비슷했지만 3-ethyl-2,5-dimethyl pyrazine은 ‘광맥’보다 농도가 높음을 확인하였다.

결론적으로 ‘호품’에서는 100℃에서는 다수의 좋은 향기 성분이 검출되었으나 140℃에서 furfural pyrrole 등 풍미 저하를 일으키는 향기성분이 검출되었고 동일한 건조 온도 조건에서 좋지 않은 향기 성분의 농도 및 비율이 ‘광맥’보다 유의미하게 높았다.

No	Compounds	flavor	PN			P100			P140		
			Ratio	% total	con	Ratio	% total	con	Ratio	% total	con
1	3-methyl butanal	malty	2.13	41.51	21.25	1.75	23.33	8.73	1.04	11.98	3.13
2	2-methyl butanal	cocoa	1.57	29.37	15.72	1.64	21.94	8.22	2.95	33.93	8.87
3	2,3-pentanedione	malty	N.D	N.D	N.D	0.19	2.58	0.96	0.85	9.82	2.55
4	2-methyl-1-butan-ol	sweet	0.08	1.46	0.76	0.14	1.88	0.70	0.22	2.60	0.68
5	hexanal	rancid	0.23	4.32	2.25	0.63	8.40	3.15	0.80	9.20	2.39
6	4-pyrimidione	fatty	N.D	N.D	N.D	0.29	3.95	0.15	0.11	1.22	0.32
7	2-heptanone	honey	N.D	N.D	N.D	0.03	0.41	0.15	0.06	0.68	0.18
8	heptanal	sweet	0.01	0.17	0.08	0.03	0.41	0.19	0.09	1.08	0.28
9	2-pinene	sweet	N.D	N.D	N.D	0.17	0.51	0.87	0.21	2.45	0.65
10	benzaldehyde	butter	0.03	0.67	0.34	0.45	2.33	2.27	0.55	6.39	1.66
11	1-octen-3-ol	musty	N.D	N.D	N.D	0.03	0.35	0.13	0.08	0.94	0.25
12	2-pentyl-furan	fatty	0.03	0.59	0.31	0.19	2.55	0.95	0.87	10.03	2.62
13	3-carene	sweet	N.D	N.D	N.D	0.06	0.80	0.30	0.22	2.48	0.65
14	benzenacetaldehyde	honey	0.13	2.45	1.28	0.79	10.58	3.97	0.06	0.72	0.18
15	3-ethyl-2,5-dimethyl pyrazine	Roasted nutty	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.25	0.03	0.75
16	nonanal	fatty	0.01	0.15	0.08	0.04	0.56	0.21	0.12	1.34	0.35
17	furfural pyrrole	metalliac	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	0.01	0.01	0.12

* ratio=peak area/IS peak area, % total=peak area/sum of peak area, con : : Concentration of compound (unit :mg/kg)

** PN : 건조 처리하지 않은 필스너, P100 : 건조온도 100℃로 처리한 필스너, P140 : 건조온도 140℃로 처리한 필스너

Table 2-10. 필스너 향기성분 정량 결과

‘필스너’에서 동정된 향기성분 가장 농도가 높은 3-methyl butanal은 건조처리하였을 때 약 250% 감소하였고 2-methyl butanal은 약 100% 감소하여 같은 조건에서 국내산 맥아인 ‘광맥’, ‘호품’에 비해 감소비율이 상대적으로 높았다.

건조처리를 하면서 sweet향을 가지는 2-pinene, 3-carene, honey향을 가지는 2-heptanone 등이 추가로 동정되었다.

fatty향을 가지는 nonanal은 건조처리를 하였을 때 농도가 약 250% 증가하였고, 건조온도를 올리면 약 60% 증가하였다. rancid향을 가지는 hexanal은 건조처리를 하면 농도 약 50% 증가함을 확인하였다. 이는 건조처리를 하였을 때 nonanal 및 hexanal이 감소하는 것과는 대조적이다.

fatty향을 가지는 또 다른 성분인 2-pentyl-furan 역시 건조처리를 하였을 때 농도가 약 200% 증가하였고 온도를 올리게 되면 약 100% 증가하였다.

건조를 시켰을 때 ‘필스너’에서 새로 동정된 성분 중 fatty향을 가지는 4-pyrimidione은 국내산 맥아인 ‘광맥’, ‘필스너’에서는 검출되지 않았던 성분으로 온도를 올리면 농도가 100% 이상 증가함을 확인하였다.

또한 국내산 맥아인 ‘광맥’, ‘호품’과 달리 musty향을 가지는 1-octen-3-ol이 추가로 동정되었는데 건조온도를 올리면 약 100% 증가하였다.

140℃ 건조온도 처리를 하였을 때 3-ethyl-2,5-dimethyl pyrazine과 furfural pyrrole이 추가로 동정되었다.

라. 결론 및 고찰

Hunter Lab 색도에서 '광맥'은 다른 두 맥아에 비해 명도를 나타내는 L값의 감소량이 크다는 사실을 알 수 있었다. 이는 색깔이 급격하게 진해진다는 것으로 맥아에 들어있는 폴리페놀, 환원당이 단백질과 반응하면서 Melanoidin의 함량이 높아진 것과 관계가 있을 것으로 추측된다. 이는 EBC색도는 국내산 맥아인 '호품'이 '호품' 및 수입산 맥아인 '필스너'보다 값이 크다는 사실에서도 다시 한 번 확인되었다. 당도는 국내산 맥아인 '광맥'이 수입산 맥아인 '필스너'보다 같은 건조온도 조건에서 값이 유의적으로 높게 나와 품질적인 측면에서 우수하고 관능적으로 좋다는 사실을 확인하였다. 또한 MRP value 또한 '광맥'이 '필스너'보다 같은 건조온도 조건에서 높게 나왔다. 이로 보았을 때 국내산 맥아인 '광맥'이 같은 국내산 맥아인 '호품' 및 수입산 맥아인 '필스너'보다 색도, MRP, 향기 분석 측면에서 우수하다는 사실을 실험결과를 통해 밝혀냄으로써 '광맥'을 실제 맥주 제조 공정에서 표준화시켜 사용하면 품질적인 측면에서 우수할 것으로 예상된다. 그러나 여러 종류의 좋은 풍미를 가지는 맥아를 만들기 위해서는 맥아 건조시 온도를 증가시켜 유지하는 것이 좋다는 것을 확인하였다.

'광맥'을 '필스너'와 비교하면 '광맥'에서 hexanal, nonanal 등 산패취를 발생시키는 향이 덜 검출되었다. 또한 국내산 맥아의 경우 1-octen-3-ol과 같이 산패취를 발생시키는 향기 성분은 검출되지 않은 점을 보면 국내산 맥아인 광맥이 수입산 맥아인 필스너보다 좋지 않은 향미 성분의 종류가 더 적다는 것을 보여준다.

수입 과정에서 수입산 보리는 신선도가 떨어지는 반면 신선도가 높은 국내산 보리는 수제 맥주를 제조하기 위해 더 우수하다. 향미 성분의 정성, 정량적인 측정을 통하여 '광맥'이 '필스너'보다 우수하다는 사실을 알 수 있다. '호품'의 경우, '필스너'와 비교했을 때 향기 성분이 비슷한 특징을 보였다. 그러나 나쁜 향미 성분의 종류가 '필스너'가 더 많았기 때문에 '호품' 역시 '필스너'보다 좋은 맥주 맥아가 될 수 있는 가능성이 있다. 그러나 국내산 '호품'은 재배의 한계가 있기 때문에 대량 생산에는 문제가 있을 것으로 예상된다. 결과적으로 국내에서 수제맥주를 제조 할 때는 국내산 보리인 '광맥'이 수입산 보리 '필스너'보다 수제 맥주용 기본 맥아로서 더 적합하다.

색도, 당도, MRP 및 향기성분 분석 결과를 바탕으로, 국내산 맥아인 '호품', '광맥'이 수입산 맥아인 '필스너'보다 더 뛰어난 것을 확인하였다. '호품'과 '광맥'을 비교하였을 때 '호품'에서는 '광맥'과 다른 향기 성분이 각기 검출이 되었다. 좋은 풍미를 내는 성분과 좋지 않은 향기 성분이 증가하는 경향이 보였고 성분의 종류에서 조금의 차이가 있었다. 재배의 한계에 의해 호품이 맥주 제조용 맥아로서 대량 생산이 꾸준히 되기는 힘들지만 풍미적인 측면에서 보았을 때 '호품' 또한 잠재적으로 좋은 맥주 맥아가 될 수 있다. 그러나 직접 맥주를 제조 한다면 기존의 연구인 '신개념 지역특산 국산일반보리 프리미엄 맥주를 위한 제조기술 개발'에서 언급되었듯 맥주를 제조하기 위해서 효소 역가와 단백질 함량의 부분에서 '광맥'이 더 뛰어났기 때문에 국내산 보리 중에서 '광맥'이 더 뛰어날 것으로 예상된다. 건조온도를 올려줄수록 좋지 않은 향을 내는 성분이 생성되는 것으로 보았을 때 국내산 맥아 중에서는 '광맥'이 맥주 제조용 맥아로서 적합함을 확인하였다. 온도 조건은 건조를 시키지 않았을 때보다 건조를 시켜 온도를 올렸을 때가 향기성분이 더 많이 검출됨을 확인할 수 있었으나 특정 온도를 넘어서게 되면 오히려 좋지 않은 향기성분이 다수 동정됨을 실험결과를 통해 확인할 수 있었다. 이를 통해 이번 연구에서 처리한 온도조건은 100℃가 가장 적합하고 그로 인한 향미 성분 결과는 '광맥'과 '호품'이 우수한 것으로 확인되었다. 수제맥주 적용을 위해 주관기관과 협동3과 협업하여 현장 맥아제조 시설로 맥아를 제조함에 있어서 협동3의 현장적용결과를 반영하여 추가건조과정 없이 수제맥주를 제조하였다.

[협동 2: 기본맥아를 이용한 당화, 발효 조건 최적화]

1. 광맥 맥아를 이용한 맥주의 당화 적성 분석

가. 요약

젖산균 starter (*Pediococcus acidilactici* HW01)와 효소 (α -amylase, β -glucanase, glucoamylase)를 첨가한 광맥의 당화적성을 pilsner type 맥아를 control 1, 젖산균과 효소 모두 첨가하지 않고 당화시킨 광맥을 control 2로 하여 평가하였다. pH, free amino nitrogen, reducing sugar 등의 항목을 측정하였으며, 실험 결과 효소 처리한 광맥 맥아 (Gwangmaek 3), 효소와 젖산균 starter를 모두 처리한 광맥 맥아 (Gwangmaek 4)의 wort quality가 pH, free amino nitrogen, reducing sugar, filtration time 면에서 좋다고 판단되며, 광맥 맥아에 젖산균 starter와 효소를 처리하여 당화시킨 wort가 맥주 제조에 적합하다고 생각된다.

나. 재료 및 방법

1) 재료

Base malt를 당화시킨 wort 분석 및 품질평가에서는 당화를 위하여 당화조, 주름진 여과지 No. 597 1/2 (Whatman, Germany)와 삼각플라스크가 사용되었다. Starter culture로 사용한 균은 *Pediococcus acidilactici* HW01이며 세 종류의 효소 (α -amylase, β -glucanase, glucoamylase)를 당화 시 사용하였다. 소모품으로는 blue pipet tip, petri dish, 메스실린더 등이 사용되었다. 각 분석 항목 별 필요한 재료 및 기구들은 실험방법과 함께 아래에 기술하였다.

2) 당화 과정

당화 과정은 starter culture 준비, 당화공정, 냉각 및 여과의 순서로 진행되었으며 방법은 아래와 같다.

가) starter culture 준비

Pilsner type 맥아에서 분리되어, 박테리오신을 생성하지만 맥주를 spoil 하지 않는 젖산균인 *Pediococcus acidilactici* HW01이 starter로 사용되었다. *P. acidilactici*를 MRS broth에 접종하여 30°C에서 24시간 배양하였으며, 원심분리 (19,461 xg, 10 min, 4°C)를 거친 후 10 ml의 증류수로 세척, 재현탁하였다. 각 starter culture 10 ml에 포함된 균 수는 약 10^8 CFU/ml이 되도록 조정하였다.

나) 당화공정

광맥 각 50 g을 200 ml의 45°C 증류수에 넣고 당화조로 옮긴 뒤 45°C에서 30분간 세이킹하며 당화시킨다. 다음으로 분당 1°C 씩 상승시켜 75°C 까지 온도를 올린 뒤, 75°C로 미리 데운 증류수 100 ml를 추가하여 1시간 더 당화시킨다. 젖산균 starter를 접종한 sample의 경우에는 광맥 각 50 g을 190 ml의 30°C 증류수에 넣고, 10 ml의 starter를 추가로 넣었으며 30°C의 배양기에서 1시간 동안 젖산균을 배양하였고, 기타 당화 과정은 동일하게 수행하였다. 효소를 넣은 sample의 경우에는 광맥 각 50 g을 200 ml의 45°C 증류수에 넣고, 세 종류의 효소를 맥아의 0.1% (v/w)가 되도록 첨가하였으며 기타 당화 과정은 위와 동일하게 수행하였다.

젖산균 starter와 효소 모두 처리하지 않은 맥아를 Gwangmaek 1, 젖산균 starter를 접종하여 당화시킨 맥아를 Gwangmaek 2, 효소를 처리하여 당화시킨 맥아를 Gwangmaek 3, 젖산균 starter와 효소를 모두 처리하여 당화시킨 맥아를 Gwangmaek 4 로 표기하였다.

단계	1	2	3
온도 (°C)	45	45 - 75	75

Table 3-1. mashing 방법

다) 냉각 및 여과

당화를 완료한 후, wort는 10~15분 이내에 상온으로 냉각하고, 온도계를 제거한 후 비이커에 증류수를 부어 $450.0 \pm 0.05\text{g}$ 으로 무게를 맞춘다. 이를 여과하기 전에 유리막대로 한번 저어주고, 전체 내용물을 지름 20 cm의 깔때기와 주름진 여과지를 이용하여 여과한다. 첫 번째 맥아즙 100 ml을 다시 부어서 여과하며 여과지 위의 잔유물이 갈라지기 시작하면 여과를 종료한다. 여과가 느리게 진행될 때는 2시간 이후에 여과를 종료한다. 거친 맥아의 경우 $200 \pm 2\text{ ml}$ 의 맥아즙을 정확히 추출한다. 여과 시간은 100 ml의 맥아즙을 다시 여과하였을 때 1시간 이내에 여과가 종료되면 빠른 것이고, 더 오래 걸리면 느린 것이다.

Mashing 후 cooling을 하고, 여과지 No. 597 1/2 (Whatman, Germany)에 맥즙을 여과하면 hop을 첨가하지 않은 상태의 맥즙 (wort)이 얻어진다. 맥즙 분석 항목은 pH, free amino nitrogen (FAN), reducing sugar (RS), color, filtration time 이며 ASBC 방법에 준하여 측정한다. 또한 wort에 남아 있는 미생물이 있는지 미생물 분석 (aerobic bacteria, lactic acid bacteria) 또한 실시한다. 모든 실험은 Pilsner type 맥아를 이용하여 제조한 wort를 control 1, 젓산균과 효소 모두 첨가하지 않은 광맥을 이용하여 제조한 wort를 control 2로 비교하여 실험한다.

3) Wort 분석항목 및 분석법

실험 항목은 pH, color, free amino nitrogen (FAN), reducing sugar (RS), filtration time과 미생물 분석 (aerobic bacteria, lactic acid bacteria)이며, 항목에 대한 실험방법은 다음과 같다.

가) pH 측정

제조된 맥즙 10 ml을 취하여 pH meter (ORION 3 STAR, Thermo, Singapore)를 사용하여 3반복 측정하며, Pilsner type 맥아를 이용하여 만든 맥즙과 광맥 맥아를 이용하여 만든 맥즙의 pH를 비교하였다.

나) Color 측정

Colorimeter (CR-300, Minolita Co., Ltd., Osaka, Japan)을 이용하여 맥즙의 색도를 L, a, b 값으로 측정하였다. L 값 lightness (명도)를 나타내며 1부터 100까지 표시되며, 100에 가까울수록 흰색에 가까움을 의미한다. a 값의 경우 green-red 값을 나타내며, 양수의 값을 가지면 빨간색, 음수의 값을 가지면 초록색에 가까움을 의미하며, 절대 값이 증가할수록 그 색의 강도는 높아진다. b 값의 경우 yellow-blue 값을 나타내며, 양수의 값을 가지면 노란색, 음수의 값을 가지면 파란색에 가까움을 의미하며, 절대 값이 증가할수록 그 색의 강도는 높아진다.

다) Free amino nitrogen (FAN) 함량 측정

① Ninhydrin color reagent 제조법

증류수 100 ml 기준 $10.0\text{ g Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $6.0\text{ g KH}_2\text{PO}_4$, $0.5\text{ g 1,2,3-indantrione-H}_2\text{O}$, 0.3g fructose 를 100 ml의 증류수와 섞어 제조한다.

② Dilution solution 제조법

KIO_3 2.0 g과 증류수 600 ml를 400 ml의 ethyl alcohol에 섞어서 제조한다. 제조된 dilution solution은 냉장보관해서 사용한다.

③ Glycine standard solution 제조법

Stock solution으로 제조한 뒤 사용 시에 working solution을 만들어서 사용한다. Stock solution은 $107.2\text{ mg glycine-H}_2\text{O}$ 을 100 ml 증류수로 희석해서 냉장보관 한다. Working solution은 stock solution을 증류수에 100배 희석해서 사용한다.

④ 실험방법

100배 희석된 sample 1.0 ml, 증류수(blank) 1.0 ml, standard solution 1.0 ml을 각 test tube에 넣는다. 3.0 ml ninhydrin color reagent를 첨가하고, 증발을 막기 위해서 마개를 씌운다. 16분 동안 끓는 물에서 가열하고, 20분 동안 20℃로 cooling한 다음 dilution solution을 각각 5.0 ml 씩 넣고 vortexing 하여 완벽하게 섞는다. 증류수로 auto-zero를 잡고, spectrophotometer (UVmini-1240, Shinmadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 570 nm에서 흡광도를 측정한다. 3반복하여 측정된 흡광도의 평균에서 평균 blank 흡광도 값을 뺀다. 그 식은 다음과 같다.

$$\text{FAN (mg/l)} = \frac{\text{net A of test solution} \times 2 \times \text{dilution}}{\text{net A of standard solution}}$$

(net A = Mean of sample absorbance - average blank absorbance)

라) Reducing sugar (RS) 함량 측정

① DNS reagent 제조법

3,5-dinitrosalicylic acid 5 g, NaOH 5 g을 40 ml의 증류수에 녹인 후 rochell salt (potassium sodium tartarate) 100 g, phenol 1 g, Na₂ CO₃ 0.25 g을 넣고 증류수를 가하여 500 ml로 mess up 한다.

② 실험방법

환원당의 양은 DNS법을 기준으로 하여 측정하였다. 환원당을 함유하고 있는 시료는 50배 희석하여 사용하였으며, 희석된 시료 1 ml와 DNS 시약 3 ml을 끓는 물에서 5분간 반응시킨 후 상온에서 5분간 식혀 spectrophotometer (UVmini-1240, Shinmadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도 값은 적절히 희석한 glucose 용액을 이용하여 작성한 standard curve에 대입하여 환원당량으로 산출한 뒤 희석배수를 곱하였다.

마) Filtration time 측정

ASBC법에 따라 여과지 No. 597 1/2 (Whatman, Germany)에 맥즙 여과를 시작한 후 100 ml의 맥즙이 여과되면 다시 나머지 맥즙과 섞어 여과시켜 여과지 위 잔여물이 갈라지기까지의 시간을 측정하였다.

바) 미생물 분석

대상미생물군은 aerobic bacteria와 lactic acid bacteria이다. Hop을 넣지 않은 상태의 맥즙 1.0 ml를 시료로 하여, plate count agar (PCA agar)와 MRS agar에 각각 희석하여 plate counting 한다.

다. 결과 및 고찰

1) mashing 후 맥즙 분석 및 품질 평가

분석항목	Pilsner	Gwangmaek 1	Gwangmaek 2	Gwangmaek 3	Gwangmaek 4	
pH	5.14 ± 0.12 ^{ab}	5.24 ± 0.03 ^b	4.91 ± 0.08 ^{ac}	5.19 ± 0.09 ^b	4.76 ± 0.16 ^c	
Free amino nitrogen (mg/L)	130.32 ± 2.73 ^a	168.48 ± 4.22 ^b	177.38 ± 2.25 ^b	206.34 ± 3.66 ^c	210.71 ± 2.56 ^c	
Reducing sugar (mg/mL)	60.05 ± 3.74 ^{ab}	50.67 ± 2.04 ^c	52.25 ± 4.16 ^{ac}	62.86 ± 4.65 ^b	63.63 ± 3.66 ^b	
Filtration time (min)	40.45 ± 2.45 ^a	43.43 ± 3.27 ^b	39.68 ± 4.08 ^a	22.26 ± 1.63 ^c	20.84 ± 3.76 ^c	
L value	36.82 ± 0.82 ^{ab}	39.08 ± 1.33 ^b	39.75 ± 2.15 ^b	38.74 ± 0.76 ^b	39.42 ± 0.57 ^b	
Color	a value	1.01 ± 0.16 ^a	0.32 ± 0.18 ^b	0.56 ± 0.22 ^b	0.49 ± 0.02 ^b	0.59 ± 0.09 ^b
	b value	16.71 ± 1.70 ^a	9.86 ± 0.81 ^b	10.50 ± 1.25 ^b	10.19 ± 0.41 ^b	10.83 ± 0.32 ^b
Bacteria	Aerobic bacteria (cfu/mL)	<10	<10	<10	<10	<10
	Lactic acid bacteria (cfu/mL)	0	0	0	0	0

Table 3-2. Pilsner type 맥아와 광맥의 wort 분석 결과

Wort의 분석 결과는 Table 3-2에 표기하였다. pH의 경우 효소를 첨가하여 당화시킨 sample인 Gwangmaek 2와 Gwangmaek 4가 효소를 첨가하지 않은 나머지 sample에 비해 낮은 값을 보였다.

이는 젖산균이 생성해내는 유기산에 의해 맥즙의 pH가 낮아진 것으로, 당화 및 발효 과정에서 잡균의 오염을 억제하고, 효소의 활성을 증가시킬 수 있을 것이라 추측된다.

Free amino nitrogen (FAN)의 경우 모든 광맥 sample에서 pilsner type 맥아에 비해 유의적으로 높은 값으로 나타났다. 또한 효소 처리를 하지 않은 Gwangmaek 1, Gwangmaek 2에 비해 효소 처리를 한 광맥 sample (Gwangmaek 3, Gwangmaek 4)의 당화 후 FAN content가 높게 측정되었으며 이는 β -glucanase에 의해 β -glucan이 분해되면서 β -glucan과 강하게 결합되어 있던 peptide 성분들이 유리되어 증가한 것으로 사료된다. Reducing sugar (RS)는 효소 처리를 하지 않은 Gwangmaek 1, Gwangmaek 2가 pilsner type 맥아에 비해 낮았으며, 광맥 맥아에 효소 처리를 한 Gwangmaek 3, Gwangmaek 4의 RS content는 효소 처리를 하지 않은 광맥 sample에 비해 유의적으로 증가한 것을 확인할 수 있었다. 이는 α -amylase와 glucoamylase와 같은 당화 효소가 전분을 가수분해하여 맥즙의 환원당량을 증가시킨 것으로 보인다. RS content는 맥주 발효용 효모가 알코올 발효 시 사용하기 때문에 발효 전 초기 RS 함량이 높을수록 이후의 발효가 적절히 일어날 것이라고 예측할 수 있으며, 따라서 효소 처리를 하지 않은 광맥 맥아(Gwangmaek 1, Gwangmaek 2)에 비해 효소 처리를 한 광맥 맥아 (Gwangmaek 3, Gwangmaek 4)의 당화 적성이 더 좋은 것이라 추측할 수 있다.

Filtration time은 모든 sample 중 효소 처리한 wort (Gwangmaek 3, Gwangmaek 4)에서 짧게 측정되었다. 이는 β -glucanase가 보리의 endosperm을 둘러싸고 있는 세포벽을 구성하는 물질인 β -glucan을 분해하여 wort의 viscosity를 감소시켰기 때문이다. 또한 filtration time은 젖산균을 처리하지 않은 sample에서 보다 젖산균을 처리한 Gwangmaek 4 sample에서 더 짧게 측정되었는데, 이는 젖산균이 만들어 내는 유기산에 의해 β -glucanase와 같은 효소가 낮은 pH에서 더 높은 활성을 보였기 때문이다. Filtration time을 단축시키는 것은 맥주 제조를 더욱 원활하고 빠르게 하며, 생산력을 높이기 때문에 효소와 젖산균 starter를 사용하여 맥주를 제조하게 되면 filtration time이 단축되어 좋은 효과를 낼 것으로 예상된다. Color 부분에서는 control인 pilsner와 광맥 맥아를 당화시킨 wort sample 간 큰 차이가 없었다.

미생물 분석의 경우에는 모든 wort sample 모두 aerobic bacteria를 측정하는 plate count agar에서는 10 이하의 cfu/mL로 나타났으며, lactic acid bacteria를 측정한 MRS agar에서는 단 한 개의 colony도 검출되지 않았다. 이는 젖산균 starter를 당화 과정에서 첨가하여도 mashing, wort boiling 과정에서 가해지는 열에 의해 균이 사멸하기 때문이다.

2. 광맥 맥아를 이용한 맥주의 발효 적성 분석

가. 요약

젖산균 starter (*Pediococcus acidilactici* HW01)와 효소 (α -amylase, β -glucanase, glucoamylase)를 첨가한 광맥의 발효 적성을 pilsner type 맥아를 control 1, 젖산균과 효소 모두 첨가하지 않은 광맥 맥아를 control 2로 하여 평가하였다. pH, free amino nitrogen, reducing sugar, 알코올 함량, diacetyl 함량 등의 항목을 측정하였으며, 실험 결과 효소와 젖산균 starter을 처리한 광맥 맥아의 발효 적성이 pH, free amino nitrogen, reducing sugar, foam stability, 알코올 함량, diacetyl 함량 면에서 좋다고 판단되며, 광맥 맥아에 젖산균 starter와 효소를 처리한 sample이 맥주 제조에 적합하다고 판단된다.

나. 재료 및 방법

1) 재료

Base malt를 당화시킨 wort의 발효 적성 분석에서는 홉으로 Czech Saaz hops (AA 3-4.5%), 맥주 발효용 효모로 fermentis Saflager W-34/7을 사용하였다. 전 발효를 위해 공기 차단기 (air lock)와 삼각 플라스크를 사용하였으며, 후 발효를 위해 flip-top amber bottle을 사용하였다. 소모품으로는 blue pipet tip, petri dish, 메스실린더 등이 사용되었다. 각 분석항목 별 필요한 재료 및

기구들은 실험방법과 함께 아래에 기술하였다.

2) 광맥 base 맥아를 이용하여 제조한 맥주의 발효 분석

사용된 홉은 Saaz(AA 3-4.5%)이며, 효모는 fermentis 맥주 발효용 효모 Saflager W-34/70을 사용하였다. 당화시킨 맥즙에 hop을 1/2, 1/4, 1/4로 3회 나누어 넣으며, 각각 10분, 5분, 5분씩 끓여 주었다. 이후 맥즙의 온도를 20℃까지 급속 냉각시키고, 홉을 가라앉혀 상등액만 조심히 취하여 사용하였다. 그 후 알코올 도수 예측 및 당화의 정도를 파악하기 위한 초기 비중을 측정하였다. 여기에 수화시킨 효모의 pitching rate을 계산하여 1.0×10^7 cells/ml가 되도록 주입한 뒤, 공기 차단기 (air lock)를 설치하여 전 발효는 20℃에서 4일간, 후 발효는 15℃에서 7일간 실시하였다.

젖산균 starter를 넣어 당화시킨 맥즙을 이용하여 만든 맥주와 세 종류의 효소를 넣어 당화시킨 맥즙을 이용하여 만든 맥주 또한 같은 방법으로 제조하였으며, 전 발효와 후 발효 분석 모두 매일 측정하였다.

3) 전 발효 및 후 발효 분석항목 및 분석법

모든 실험은 pilsner type 맥아를 이용하여 제조한 맥즙과 광맥에 젖산균 starter를 넣어 당화시킨 맥즙, 광맥 맥아에 세 종류의 효소를 넣어 당화시킨 맥즙을 이용하여 발효한 맥주로 실험 결과를 비교 분석하였다. 전 발효 분석은 4일간 매일 총 4회 실시하였으며, 후 발효 분석은 7일간 매일 총 7회 실시하였다. 분석항목 및 분석방법은 다음과 같다.

가) Specific gravity (SG) 측정

Specific gravity는 hydrometer (200-DK-6, Daekwang, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였으며 그 방법은 다음과 같다. 100 ml의 여과된 wort를 100 ml의 메스실린더에 거품이 생기지 않도록 조심히 붓고, 메스실린더에 담긴 sample의 오목한 부분의 가운데가 위치한 hydrometer의 눈금을 읽었다. 비중의 변화는 당화 후의 맥즙의 original gravity (OG), 전 발효 종료 후 specific gravity (SG), 후 발효 종료 후 final gravity (FG)를 측정하였다.

나) Yeast viability

효모의 생육 변화는 ASBC 방법을 기준으로 하였다. 효모 생육수를 측정하기 위해 methylene blue 염색법을 이용하였고, haemocytometer를 사용하여 측정하였다. 전 발효 4일 및 후 발효 7일, 총 11일 동안의 생육 변화 양상을 확인하였다.

다) Free amino nitrogen (FAN) 함량

Wort 분석과 같은 방법으로 발효 중인 맥주의 free amino nitrogen 함량을 분석하여, pilsner type 맥아로 제조한 맥주와 젖산균 starter를 넣어 당화시킨 맥즙으로 제조한 맥주, 세 종류의 효소를 넣어 당화시킨 맥즙으로 제조한 맥주의 free amino nitrogen을 비교하였다.

라) Reducing sugar (RS) 함량

환원당의 양은 wort 분석과 같은 방법으로 발효 중인 맥주의 reducing sugar 함량을 분석하여, pilsner type 맥아로 제조한 맥주와 젖산균 starter를 넣어 당화시킨 맥즙으로 제조한 맥주, 세 종류의 효소를 넣어 당화시킨 맥즙으로 제조한 맥주의 reducing sugar를 비교하였다.

4) 최종 맥주의 분석 항목 및 분석법

후 발효 단계가 완료된 pilsner type 맥주와 젖산균 starter를 넣어 당화시킨 맥즙으로 제조한 맥주, 세 종류의 효소를 넣어 당화시킨 맥즙으로 제조한 맥주의 color, pH, Foam stability 등의 측정을 통하여 최종 맥주의 quality 측정을 하였다. 분석항목과 분석법은 다음과 같다.

가) Color

Wort 분석과 같은 방법으로 후 발효가 끝난 맥주의 color를 분석하여, pilsner type 맥아로 제조한 맥주와 젖산균 starter를 넣어 당화시킨 맥즙으로 제조한 맥주, 세 종류의 효소를 넣어 당화시킨 맥즙으로 제조한 맥주의 color를 비교하였다.

나) pH 측정

후 발효가 끝난 맥주를 pH meter (ORION 3 STAR, Thermo, Singapore)를 사용하여 3반복 측정하여, pilsner type 맥아로 제조한 맥주와 젖산균 starter를 넣어 당화시킨 맥즙으로 제조한 맥주, 세 종류의 효소를 넣어 당화시킨 맥즙으로 제조한 맥주의 pH를 비교하였다.

다) Foam stability

맥주의 거품 안정성의 경우 ASBC에 제시된 방법을 이용하여, pilsner type 맥아로 제조한 맥주와 젖산균 starter를 넣어 당화시킨 맥즙으로 제조한 맥주, 세 종류의 효소를 넣어 당화시킨 맥즙으로 제조한 맥주의 거품 안정성을 비교하였다. 하부에 cock이 있는 유리 칼럼을 사용하여 시료 50 ml를 붓고, 30초 후에 거품 이외의 하층액을 제거하였다. 그 후 230초간 거품이 꺼지는 시간으로 깨진 거품의 양(b)과 남은 거품의 양(c)을 측정하여 거품 안정성(sigma)을 측정하였다. 거품 안정성을 산출하는 식은 아래와 같다.

$$\Sigma = \frac{230}{2.303 \log \left[\frac{b+c}{c} \right]}$$

라) Turbidity 측정

맥주의 탁도 (turbidity)는 spectrophotometer (UVmini-1240, Shinmadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 측정하였다. 700 nm에서의 흡광도가 430 nm에서 측정한 흡광도 보다 ≤ 0.039 배라면 탁도가 “없음(none)”으로, 아니라면 “있음(exist)”으로 결정하였다. Pilsner type 맥아로 제조한 맥주와 젖산균 starter 혹은 효소를 넣고 제조한 광맥 맥주의 turbidity를 비교하여 분석하였다.

마) Bitterness 측정

맥주의 쓴맛 (bitterness)은 spectrophotometer (UVmini-1240, Shinmadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 측정하였다. 거품이 제거된 20°C의 맥주 sample을 원심분리 튜브에 20 ml 취한 후 0.5 ml의 6N HCl와 20 ml의 iso-octane을 가하고, 20°C의 shaking incubator에서 250 rpm, 15분 동안 shaking한다. 그 다음 원심분리 (4,491 xg, 3 min)한 후, 상등액인 iso-octane을 취하여 275 nm에서 흡광도를 측정한다. Auto-zero는 pure iso-octane으로 하며 bitterness를 계산하는 식은 다음과 같다.

$$\text{Bitterness} = 50 \times A \text{ (Absorbance)}$$

바) 알코올 함량 측정

알코올 함량은 알코올 증류장치를 이용하여 측정하였다. 맥주 증류시킨 후 얻은 알코올을 vinometer (211-DK-12, Daekwang, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였으며, 이를 주정분 온도 환산표를 통해 알코올 함량을 환산하였다. Pilsner type 맥아로 제조한 맥주와 젖산균 starter를 넣어 당화시킨 맥즙으로 제조한 맥주, 세 종류의 효소를 넣어 당화시킨 맥즙으로 제조한 맥주의 알코올 함량을 비교하였다.

사) Diacetyl 함량 측정

Diacetyl 함량 측정은 spectrophotometer (UVmini-1240, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용한 비색법으로 측정하였다.

① Creatine을 포함한 potassium hydroxide (40%) 용액 제조

40 g의 KOH를 증류수에 녹여 100 ml의 KOH 용액을 제조한 후 0.3 g의 creatine을 가하여 녹을

때까지 섞는다. 만든 용액은 5℃에서 보관하며 3일 이상 보관하지 않는다.

② Alpha-naphthol reagent 제조

5 g의 α-naphthol을 99% isopropyl alcohol에 녹여 100 ml의 α-naphthol 용액으로 만든다.

③ 실험 방법

100 ml의 맥주 sample을 증류시켜 50 ml의 증류액을 얻은 후 5 ml의 증류수를 가한다. 이를 부피 플라스크에 5 ml 취한 뒤 1 ml의 α-naphthol 용액과 0.5 ml의 creatine을 포함한 KOH 용액을 가하고, 60초간 섞는다. 그 다음 530 nm에서 흡광도를 측정하고 standard curve에 대입하여 diacetyl 함량을 계산한다.

다. 결과 및 고찰

1) Pilsner type 맥아와 광맥을 이용하여 제조한 맥주의 발효 분석

가) 비중 측정

비중은 순수한 물의 밀도에 대한 용액의 밀도를 뜻하며, 순수한 물의 밀도는 1.000 이다. 맥주 발효 중 mashing 과정에서 malt에 물을 주입한 후 끓이면, malt가 보유한 당이 물에 용출되어 비중이 상승한다. 이렇게 얻은 wort를 발효시키면 효모가 다시 용출된 당을 분해하여 알코올로 발효하기 때문에 비중이 감소하게 된다. 일반적으로 최종 맥주 제품의 비중은 1.010 정도이며, mashing 후 발효에 적절한 wort의 비중은 약 1.030 정도이다. 이번 실험에서는 pilsner type 맥아와 광맥 맥아에 젖산균 starter, 효소 처리를 하여 당화시켜 얻은 맥즙의 original gravity (OG), 전 발효 종료 후 발효액의 specific gravity (SG), 그리고 후 발효까지 완료된 최종 맥주의 final gravity (FG)를 측정하였다. 그 결과는 다음과 같다.

	OG	SG	FG
Pilsner	1.041 ± 0.001 ^a	1.025 ± 0.001 ^a	1.017 ± 0.001 ^a
Gwangmaek 1	1.035 ± 0.001 ^b	1.024 ± 0.000 ^{ab}	1.017 ± 0.001 ^a
Gwangmaek 2	1.041 ± 0.001 ^a	1.023 ± 0.001 ^b	1.018 ± 0.000 ^a
Gwangmaek 3	1.038 ± 0.000 ^c	1.021 ± 0.001 ^c	1.018 ± 0.000 ^a
Gwangmaek 4	1.043 ± 0.001 ^d	1.023 ± 0.001 ^b	1.016 ± 0.000 ^a

Table 3-3. Pilsner type 맥아와 광맥 맥주의 비중

맥아를 당화시켜 얻은 wort의 original gravity의 경우 효소를 처리한 sample (Gwangmaek 3, Gwangmaek 4)이 효소를 처리하지 않은 sample (Gwangmaek 1, Gwangmaek 2)에 비해 높은 값을, 젖산균 starter를 처리한 sample (Gwangmaek 2, Gwangmaek 4)이 젖산균 starter를 처리하지 않은 sample (Gwangmaek 1, Gwangmaek 3)에 비해 높은 값을 보였다. 그 이유는 효소 처리로 인해 malt 속 당 등의 성분이 용출되었고, 젖산균으로 인한 pH의 저하로 효소의 활성이 더욱 증대되어 reducing sugar의 함량이 증가되었기 때문이다.

발효가 진행됨에 따라 효모가 맥즙의 영양분을 이용하여 알코올이나 탄산가스 등을 생성하게 되며 따라서 비중은 감소하게 된다. Table 3-3에서 각 sample의 초기 비중에 비해 specific gravity와 final gravity가 점차 낮아진 것을 볼 수 있다.

나) Yeast viability 측정

발효 기간 중 yeast viability 변화는 다음 그림과 같다.

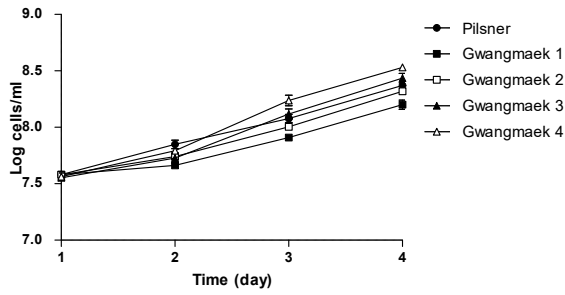


Fig. 3-1. 전 발효 기간 중의 yeast viability

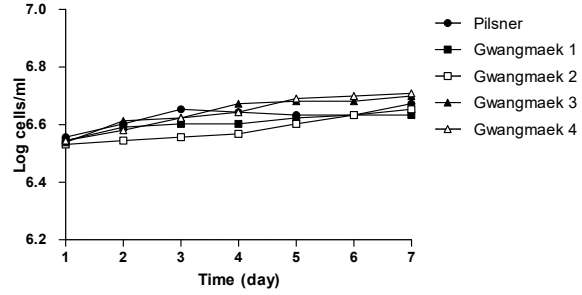


Fig. 3-2. 후 발효 기간 중의 yeast viability

발효기간 중 yeast viability는 위의 fig. 3-1과 fig. 3-2에 나타내었다. 발효 중에는 wort에 있는 maltose와 maltotriose 등의 당류와 peptides에 의해 yeast의 cell mass가 증가하고, 그 결과 yeast에 의한 알코올 발효가 진행되며 yeast의 양이 증가할수록 발효가 수월하게 진행된다. 효모는 초기 cell number를 동일하게 맞춰 접종하였으며, 전 발효 기간 중 yeast viability는 점차 증가하였다. 전 발효 결과, 효소 처리를 한 sample이 효소 처리를 하지 않은 sample에 비해 yeast viability가 더 가파르게 증가하였으며, 젖산균 starter를 접종한 sample이 젖산균 starter를 접종하지 않은 sample에 비해 yeast viability가 크게 증가하였다. 후 발효를 시키기 위해 가라앉은 효모는 남겨두고 상층액만 갈색 페트병에 병입을 진행하였는데, 이 과정에서 yeast cell의 손실이 발생하여 그 수가 약 log 6.5 cells/ml까지 급격히 감소하였다. 병입 후 후 발효 기간 동안 남아있는 단당류나 peptide의 영향으로 yeast viability가 다소 증가하였으나 대체로 log 6.5-log 6.7 cells/ml로 유지되는 경향을 보였다.

다) Free amino nitrogen 함량

Free amino nitrogen (FAN) 함량은 맥주 양조에서 wort나 맥주에 용해되어 있는 small peptide나 amino acid의 함량을 의미한다. 맥주 발효용 효모는 wort에 포함된 FAN을 이용하여 증식하며, 알코올 발효를 한다. FAN 함량이 지나치게 많으면 fusel alcohol과 같이 맥주에 좋지 않은 향을 부여할 수 있고, haze를 발생시켜 맥주를 탁하게 만들 수 있어 적당량 존재하는 것이 중요하다. 발효 기간 중 FAN 함량 변화는 다음과 같다.

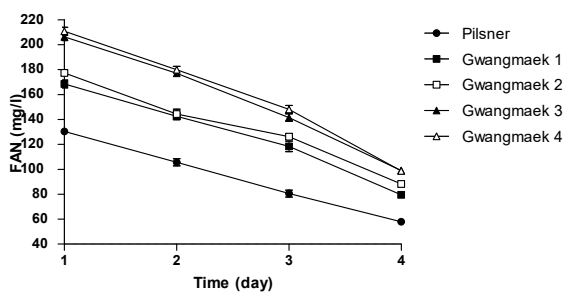


Fig. 3-3. 전 발효 기간 중의 FAN content

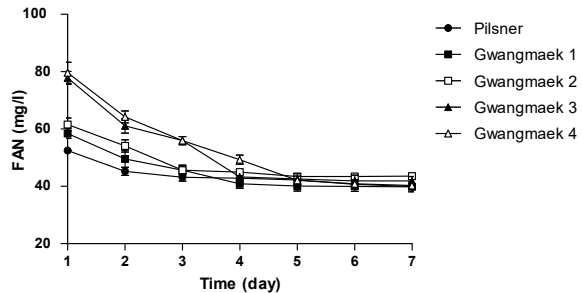


Fig. 3-4. 후 발효 기간 중의 FAN content

전 발효 기간 동안의 FAN content는 yeast의 소비로 인하여 급격하게 감소하였고 (Fig. 3-3.), 후 발효 초기에 완만히 감소하는 추세를 보였다 (Fig. 3-4.). 이후 후 발효 5일 부터는 모든 sample의 FAN content가 약 40%로 유지되는 양상을 보였는데, 이는 yeast가 tripeptides보다 큰 peptides는 사용할 수 없기 때문이라고 사료된다.

라) Reducing sugar 함량

Reducing sugar (환원당)의 측정으로 wort에 포함되어 있는 당류의 양과 이의 발효 중 변화를 간접적으로 알 수 있다. 이번 실험에서는 glucose를 standard로 하여 standard curve를 작성하였으며,

실험 결과는 다음 그림과 같다.

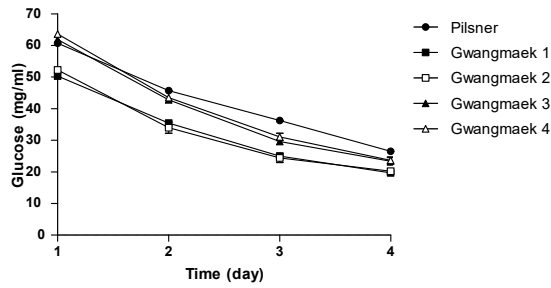


Fig. 3-5. 전 발효 기간 중의 RS content

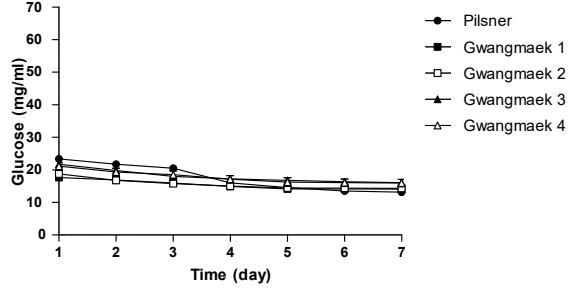


Fig. 3-6. 후 발효 기간 중의 RS content

전 발효 기간에는 wort에 존재하는 환원당이 yeast의 발효를 통해 알코올로 전환되기 때문에 RS content가 급격하게 줄어들었다(Fig. 3-5.). 후 발효 기간에는 모든 sample의 RS content가 약 15% 정도로 유지되었다.

마) Color 측정

색도 측정은 colorimeter를 이용하였으며 SCI 값을 결과 값으로 채택하였다. L value, a value, b value를 측정하였으며, 색도의 실험 결과는 다음과 같다.

	L value	a value	b value
Pilsner	29.71 ± 2.63 ^a	2.15 ± 0.18 ^a	11.70 ± 0.82 ^a
Gwangmaek 1	35.96 ± 1.36 ^b	1.05 ± 0.16 ^b	11.47 ± 0.61 ^a
Gwangmaek 2	34.66 ± 0.49 ^b	1.38 ± 0.13 ^b	11.21 ± 0.64 ^a
Gwangmaek 3	37.43 ± 1.16 ^b	1.32 ± 0.08 ^b	11.23 ± 0.03 ^a
Gwangmaek 4	35.43 ± 1.07 ^b	0.97 ± 0.10 ^b	10.98 ± 0.57 ^a

Table 3-4. 전 발효를 마친 맥주의 color 분석 결과

전 발효를 마친 맥주의 color 분석 결과는 모든 광맥 sample에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 모든 광맥 sample의 color에 유의적인 차이가 없는 것으로 보아 전 발효 기간 중 효소나 젖산균 처리로 인한 맥주의 color 변화는 일어나지 않는 것으로 생각된다.

	L value	a value	b value
Pilsner	29.24 ± 2.07 ^a	2.71 ± 0.15 ^a	11.67 ± 0.66 ^a
Gwangmaek 1	36.20 ± 1.23 ^b	1.21 ± 0.10 ^b	10.36 ± 0.52 ^b
Gwangmaek 2	34.83 ± 0.36 ^b	1.46 ± 0.09 ^b	11.21 ± 0.58 ^{ab}
Gwangmaek 3	39.07 ± 0.98 ^{bc}	1.64 ± 0.24 ^b	10.47 ± 0.07 ^b
Gwangmaek 4	34.86 ± 1.19 ^b	1.28 ± 0.07 ^b	11.69 ± 0.41 ^a

Table 3-5. 후 발효를 마친 최종 맥주의 color 분석 결과

후 발효를 마친 맥주의 color 분석 결과 또한 모든 광맥 sample에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 모든 광맥 sample 분석 결과 사이에 유의적인 차이가 없는 것으로 보아 후 발효까지 마친 후에도 효소나 젖산균 처리로 인한 맥주의 color 변화는 일어나지 않는 것으로 생각된다.

바) pH, foam stability, turbidity, bitterness, 알코올 함량, diacetyl 함량 측정

	pH	Foam stability	Turbidity	Bitterness (BU)	Alcohol content (%)	Diacetyl (mg/L)
Pilsner	4.84 ± 0.13 ^{ab}	224.62 ± 15.76 ^a	Exist	16.53 ± 0.32 ^a	3.92 ± 0.13 ^a	0.19 ± 0.02 ^a
Gwangmaek 1	4.92 ± 0.02 ^{bc}	182.62 ± 13.74 ^b	Exist	16.50 ± 0.20 ^a	3.65 ± 0.08 ^a	0.19 ± 0.01 ^a
Gwangmaek 2	4.68 ± 0.03 ^c	207.14 ± 7.68 ^b	Exist	17.32 ± 0.29 ^b	4.53 ± 0.16 ^b	0.14 ± 0.01 ^b
Gwangmaek 3	4.70 ± 0.05 ^a	238.77 ± 13.44 ^a	Exist	16.68 ± 0.28 ^a	3.83 ± 0.16 ^a	0.18 ± 0.01 ^a
Gwangmaek 4	4.58 ± 0.10 ^{bc}	247.31 ± 11.77 ^a	Exist	17.43 ± 0.32 ^b	4.82 ± 0.13 ^b	0.13 ± 0.02 ^b

Table 3-6. 맥주의 pH, foam stability, turbidity, bitterness, 알코올 함량, diacetyl 분석 결과

최종 맥주의 분석 결과는 Table 3-6에 표기하였다. pH의 경우 젖산균 starter를 접종하여 당화, 발효시킨 맥주 sample (Gwangmaek 2, Gwangmaek 4)가 다른 sample에 비해 다소 낮은 값을 보였으나 큰 차이는 없었다.

Foam stability의 경우 pilsner type 맥아로 제조한 맥주에 비해 광맥 맥아로 제조한 맥주가 낮은 값을 보였다. 또한 효소 처리를 한 sample (Gwangmaek 3, Gwangmaek 4)의 foam stability는 효소 처리를 하지 않은 sample (Gwangmaek 1, Gwangmaek 2)에 비해 높은 값으로 측정되어 control 1인 pilsner type 맥아로 제조한 맥주와 비슷한 값을 보였다.

Turbidity는 맥주의 발효과정 중 yeast의 성장 및 단백질, 폴리페놀의 존재 등을 통해 발생하며 맥주의 발효 유무를 확인할 수 있는 척도 중 하나이다. Sample의 흡광도 값을 비교한 결과, 모든 sample이 Turbid 한 것을 확인하였다.

Bitterness는 주로 hop에서 나오는 유도체인 iso- α acid 함량에 따라 나타난다. Bitterness 측정 결과 모든 맥주 sample의 측정값이 표준범위인 10-40 BU에 속하였다.

Alcohol content는 pilsner type 맥아로 제조한 맥주와 모든 광맥 맥아 sample이 비슷한 값을 보였으나, 젖산균을 첨가하여 당화, 발효시킨 맥주 sample (Gwangmaek 2, Gwangmaek 4)의 alcohol content는 각각 4.53 %, 4.82 %로 젖산균 starter를 첨가하지 않은 맥주에 비해 높은 값을 보였다. 이는 당화 시 낮은 pH로 인한 효소의 활성 증대로 wort에 충분한 양의 발효성 당이 생성되었기 때문으로 보인다.

Diacetyl content는 pilsner type 맥아와 Gwangmaek 1, Gwangmaek 3에서 비슷한 값을 보였으며, 다른 측정값들에 비해 젖산균을 처리한 Gwangmaek 2와 Gwangmaek 4의 값이 더 낮게 측정되었다. Diacetyl content는 diacetyl rest가 적절히 이루어지지 않았거나, 젖산균 등에 의한 오염이 일어났을 경우 증가하게 된다. Diacetyl은 맥주에 buttery flavor를 내는 물질로, 맥주 품질에 좋지 않은 영향을 준다. 젖산균 starter를 접종하여 당화, 발효시킨 맥주는 당화 시 유기산의 생성으로 낮은 pH를 유지하였고, bacteriocin 등 항균성 물질의 생성함으로 인해 맥주 변패균의 성장을 효과적으로 억제한 것으로 보인다.

3. 호품 맥아를 이용한 맥주의 당화 적성 분석

가. 요약

젖산균 starter (*Pediococcus acidilactici* HW01)와 효소 (α -amylase, β -glucanase, glucoamylase)를 첨가한 호품 맥아의 당화적성을 pilsner type 맥아를 control 1, 젖산균 starter와 효소 모두 처리하지 않은 호품 맥아 (Hopum 1)를 control 2로 하여 평가하였다. pH, free amino nitrogen, reducing sugar 등의 항목을 측정하였으며, 실험 결과 control 1인 pilsner type 맥아, control 2인 Hopum 1에 비해 효소와 젖산균 starter를 처리한 호품 맥아의 wort quality가 pH, free amino nitrogen, reducing sugar, filtration time 면에서 좋다고 판단된다.

나. 재료 및 방법

1) 재료

Base malt를 당화시킨 wort 분석 및 품질평가에서는 당화를 위하여 당화조, 주름진 여과지 No. 597 1/2 (Whatman, Germany)와 삼각플라스크가 사용되었다. Starter culture로 사용한 균은 *Pediococcus acidilactici* HW01이며 세 종류의 효소 (α -amylase, β -glucanase, glucoamylase)를 당화 시 사용하였다. 소모품으로는 blue pipet tip, petri dish, 메스실린더 등이 사용되었다. 각 분석 항목 별 필요한 재료 및 기구들은 실험방법과 함께 아래에 기술하였다.

2) 당화 과정

당화 과정은 starter culture 준비, 당화공정, 냉각 및 여과의 순서로 진행되었으며 방법은 위의 광맥

맥아의 당화 과정과 동일하다. 또한 젖산균 starter와 효소 모두 처리하지 않은 맥아를 Hopum 1, 젖산균 starter를 접종하여 당화시킨 맥아를 Hopum 2, 효소를 처리하여 당화시킨 맥아를 Hopum 3, 젖산균 starter와 효소를 모두 처리하여 당화시킨 맥아를 Hopum 4 로 표기하였다.

3) Wort 분석항목 및 분석법

실험 항목은 pH, color, free amino nitrogen (FAN), reducing sugar (RS), filtration time과 미생물 분석 (aerobic bacteria, lactic acid bacteria)이며, 모든 실험은 Pilsner type 맥아의 맥즙을 control 1, 젖산균과 효소 모두 처리하지 않은 호품 맥아의 맥즙을 control 2로 하여 비교분석하였다. 항목에 대한 실험방법은 위의 광맥 맥아의 wort 분석 방법과 동일하다.

다. 결과 및 고찰

1) mashing 후 맥즙 분석 및 품질 평가

분석항목	Pilsner	Hopum 1	Hopum 2	Hopum 3	Hopum 4	
pH	5.14 ± 0.12 ^a	5.05 ± 0.21 ^{ab}	4.85 ± 0.04 ^b	4.99 ± 0.01 ^{ab}	4.57 ± 0.02 ^c	
Free amino nitrogen (mg/L)	130.32 ± 2.73 ^a	157.92 ± 3.78 ^{ab}	170.44 ± 3.18 ^b	189.59 ± 2.38 ^b	192.46 ± 1.02 ^b	
Reducing sugar (mg/mL)	60.05 ± 3.74 ^a	49.90 ± 2.43 ^b	52.42 ± 1.39 ^b	61.64 ± 1.41 ^a	62.00 ± 2.93 ^a	
Filtration time (min)	40.45 ± 2.45 ^a	33.35 ± 1.45 ^b	29.25 ± 1.04 ^b	20.43 ± 1.65 ^c	19.18 ± 2.45 ^c	
Color	L value	36.82 ± 0.82 ^a	36.78 ± 0.91 ^a	36.11 ± 0.82 ^a	37.01 ± 0.69 ^a	37.33 ± 0.55 ^a
	a value	1.01 ± 0.16 ^a	1.02 ± 0.18 ^a	0.83 ± 0.11 ^a	0.90 ± 0.05 ^a	0.89 ± 0.14 ^a
	b value	16.71 ± 1.70 ^a	14.62 ± 1.38 ^b	14.57 ± 0.91 ^b	15.08 ± 0.85 ^{ab}	14.07 ± 1.56 ^b
Bacteria	Aerobic bacteria (cfu/mL)	<10	<10	<10	<10	<10
	Lactic acid bacteria (cfu/mL)	0	0	0	0	0

Table 3-7. Pilsner type 맥아와 호품 맥아의 wort 분석 결과

Wort의 분석 결과는 Table 3-7에 표기하였다. pH의 경우 젖산균을 처리한 Hopum 2와 Hopum 4는 다른 sample들에 비해 낮은 값을 보였다. Free amino nitrogen (FAN)의 경우 호품 맥아에 효소 처리를 한 Hopum 3, Hopum 4는 다른 sample에 비해 유의적으로 더 높은 값을 보였다. Reducing sugar (RS)의 경우 호품 맥아에 효소 처리를 한 Hopum 3, Hopum 4는 다른 호품 sample에 비해 유의적으로 높아진 것을 확인할 수 있었으며 pilsner type 맥아의 RS content과 유사한 값을 보였다.

Filtration time은 control을 포함한 모든 sample 중 효소 처리한 wort (Hopum 3, Hopum 4)에서 더 짧게 측정되었다. Filtration time을 단축시키는 것은 맥주 제조를 더욱 원활하고 빠르게 하며, 생산력을 높이기 때문에 효소와 젖산균 starter를 사용하여 맥주를 제조하게 되면 filtration time이 단축되어 좋은 효과를 낼 것으로 예상된다. Color 부분에서는 sample 간 큰 차이가 없었다.

미생물 분석의 경우에는 모든 wort sample 모두 aerobic bacteria를 측정하는 plate count agar에서는 10 이하의 cfu/mL로 나타났으며, lactic acid bacteria를 측정한 MRS agar에서는 단 한 개의 colony도 검출되지 않았다.

4. 호품 맥아를 이용한 맥주의 발효 적성 분석

가. 요약

젖산균 starter (*Pediococcus acidilactici* HW01)와 효소 (α -amylase, β -glucanase, glucoamylase)를 첨가한 호품의 발효 적성을 pilsner type 맥아를 control 1, 젖산균 starter와 효소 모두 첨가하지 않고 당화시킨 호품 맥아 (Hopum 1)를 control 2로 하여 평가하였다. pH, free amino nitrogen, reducing sugar, 알코올 함량, diacetyl 함량 등의 항목을 측정하였으며, 실험 결과 효소와 젖산균 starter를 처리한 호품 맥아의 발효 적성이 pH, free amino nitrogen, reducing sugar, foam stability, 알코올 함량, diacetyl 함량 면에서 좋다고 판단된다.

나. 재료 및 방법

1) 재료

Base malt를 당화시킨 wort의 발효 적성 분석에서는 홉으로 Czech Saaz hops (AA 3-4.5%), 맥주 발효용 효모로 fermentis Saflager W-34/7을 사용하였다. 전 발효를 위해 공기 차단기 (air lock)와 삼각 플라스크를 사용하였으며, 후 발효를 위해 flip-top amber bottle을 사용하였다. 소모품으로는 blue pipet tip, petri dish, 메스실린더 등이 사용되었다. 각 분석항목 별 필요한 재료 및 기구들은 실험방법과 함께 아래에 기술하였다.

2) 개발한 호품 base 맥아를 이용하여 제조한 맥주의 발효 분석

사용된 홉은 Saaz(AA 3-4.5%)이며, 효모는 fermentis 맥주 발효용 효모 Saflager W-34/70을 사용하였다. 당화시킨 맥즙에 hop을 1/2, 1/4, 1/4로 3회 나누어 넣으며, 각각 10분, 5분, 5분씩 끓여주었다. 이후 맥즙의 온도를 20℃까지 급속 냉각시키고, 홉을 가라앉혀 상등액만 조심히 취하여 사용하였다. 그 후 알코올 도수 예측 및 당화의 정도를 파악하기 위한 초기 비중을 측정하였다. 여기에 수화시킨 효모의 pitching rate을 계산하여 1.0×10^7 cells/ml가 되도록 주입한 뒤, 공기 차단기 (air lock)를 설치하여 전 발효는 20℃에서 4일간, 후 발효는 15℃에서 7일간 실시하였다.

젖산균 starter를 넣어 당화시킨 맥즙을 이용하여 만든 맥주와 세 종류의 효소를 넣어 당화시킨 맥즙을 이용하여 만든 맥주 또한 같은 방법으로 제조하였으며, 전 발효와 후 발효 분석 모두 매일 측정하였다.

3) 전 발효 및 후 발효 분석항목 및 분석법

모든 실험은 pilsner type 맥아를 이용하여 제조한 맥즙과 호품 맥아에 젖산균 starter를 넣어 당화시킨 맥즙, 호품 맥아에 세 종류의 효소를 넣어 당화시킨 맥즙을 이용하여 발효한 맥주로 실험 결과를 비교분석하였다. 전 발효 분석은 4일간 매일 총 4회 실시하였으며, 후 발효 분석은 7일간 매일 총 7회 실시하였다. 분석항목 및 분석방법은 위의 광맥 맥아의 분석항목 및 분석방법과 동일하다.

4) 최종 맥주의 분석 항목 및 분석법

후 발효 단계가 완료된 pilsner type 맥주와 젖산균 starter를 넣어 당화시킨 맥즙으로 제조한 맥주, 세 종류의 효소를 넣어 당화시킨 맥즙으로 제조한 맥주의 color, pH, Foam stability 등의 측정을 통하여 최종 맥주의 quality 측정을 하였다. 분석항목과 분석법은 위의 광맥 맥아의 분석항목 및 분석방법과 동일하다.

다. 결과 및 고찰

1) Pilsner type 맥아와 호품 맥아를 이용하여 제조한 맥주의 발효 분석

가) 비중 측정

Pilsner type 맥아와 호품 맥아에 젖산균 starter, 효소 처리를 하여 당화시켜 얻은 맥즙의 original gravity (OG), 전 발효 종료 후 발효액의 specific gravity (SG), 그리고 후 발효까지 완료된 최종 맥주의 final gravity (FG)를 측정하였다. 그 결과는 다음과 같다.

	OG	SG	FG
Pilsner	1.041 ± 0.001 ^a	1.025 ± 0.001 ^a	1.017 ± 0.001 ^a
Hopum 1	1.025 ± 0.001 ^b	1.017 ± 0.001 ^b	1.016 ± 0.000 ^{ab}
Hopum 2	1.027 ± 0.001 ^c	1.020 ± 0.000 ^c	1.014 ± 0.000 ^b
Hopum 3	1.038 ± 0.000 ^d	1.020 ± 0.000 ^c	1.017 ± 0.001 ^a
Hopum 4	1.040 ± 0.000 ^a	1.020 ± 0.000 ^c	1.016 ± 0.000 ^a

Table 3-8. Pilsner type 맥아와 호품 맥아 맥주의 비중

맥아를 당화시켜 얻은 wort의 original gravity의 경우 효소 처리한 sample이 효소 처리하지 않은 sample에 비해 높은 값으로 측정되었다. 전 발효 종료 후 발효액의 specific gravity의 경우 젖산균 starter와 효소 모두 처리한 sample인 Hopum 4에서 가장 높았으며 최종 맥주의 final gravity (FG)의 경우 모든 sample의 값에서 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

나) Yeast viability 측정

발효 기간 중 yeast viability 변화는 다음 그림과 같다.

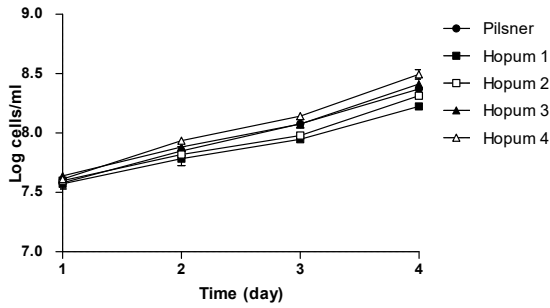


Fig. 3-7. 전 발효 기간 중의 yeast viability

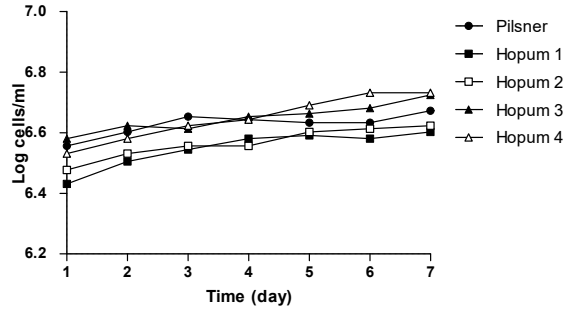


Fig. 3-8. 후 발효 기간 중의 yeast viability

전 발효 기간 중 yeast viability는 점차 증가하는 양상을 보였으며 후 발효 직후 병입 과정으로 인해 일정수준으로 줄어들었다. 또한 후 발효 기간 중 yeast viability는 유지되는 경향을 보였다.

다) Free amino nitrogen 함량

발효 기간 중 FAN 함량 변화는 다음과 같다.

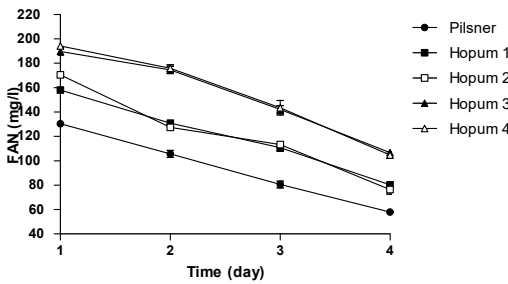


Fig. 3-9. 전 발효 기간 중의 FAN content

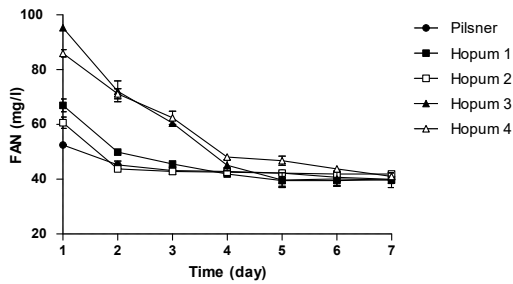


Fig. 3-10. 후 발효 기간 중의 FAN content

전 발효 기간 동안의 FAN은 급격하게 감소하였고 후 발효 초기에 다소 감소하는 경향을 보였다. 또한 후 발효 4일 부터는 약 40 %로 유지되었다.

라) Reducing sugar 함량

Reducing sugar (환원당)의 측정으로 wort에 포함되어 있는 당류의 양과 이의 발효 중 변화를 간접적으로 알 수 있다. 이번 실험에서는 glucose를 standard로 하여 standard curve를 작성하였으며, 실험 결과는 다음 그림과 같다.

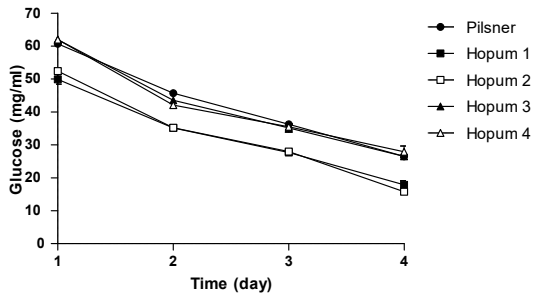


Fig. 3-11. 전 발효 기간 중의 RS content

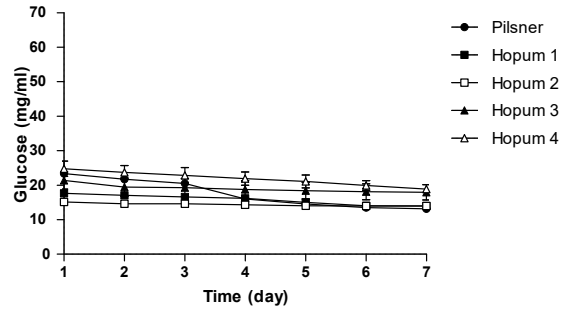


Fig. 3-12. 후 발효 기간 중의 RS content

전 발효 기간에는 wort에 존재하는 당류가 효모의 발효로 인해 알코올로 전환되어 RS의 양이 급격하게 줄어들었다. 후 발효 기간에는 RS의 양이 유지되는 경향을 보였다.

마) Color 측정

색도 측정은 colorimeter를 이용하였으며 SCI 값을 결과 값으로 채택하였다. L value, a value, b value를 측정하였으며, 색도의 실험 결과는 다음과 같다.

	L value	a value	b value
Pilsner	29.71 ± 1.36 ^a	2.15 ± 0.20 ^a	11.70 ± 0.57 ^a
Hopum 1	30.32 ± 1.08 ^a	1.52 ± 0.34 ^b	11.49 ± 0.52 ^a
Hopum 2	30.16 ± 1.25 ^a	1.56 ± 0.31 ^b	12.52 ± 0.48 ^{ab}
Hopum 3	30.47 ± 0.89 ^a	1.06 ± 0.28 ^b	12.94 ± 0.33 ^b
Hopum 4	29.57 ± 0.62 ^a	1.35 ± 0.19 ^b	11.98 ± 0.24 ^a

Table 3-10. 전 발효를 마친 맥주의 color 분석 결과

전 발효를 마친 맥주의 color의 경우 모든 호품 sample 간 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 이는 효소나 젖산균 처리로 인한 색변화는 나타나지 않았다는 것을 의미한다.

	L value	a value	b value
Pilsner	29.24 ± 1.03 ^a	2.71 ± 0.26 ^a	11.67 ± 0.89 ^a
Hopum 1	29.13 ± 1.12 ^a	2.03 ± 0.31 ^b	11.19 ± 0.73 ^a
Hopum 2	30.39 ± 1.10 ^a	2.25 ± 0.18 ^b	11.94 ± 1.07 ^a
Hopum 3	29.28 ± 1.02 ^a	1.99 ± 0.11 ^b	11.46 ± 0.21 ^a
Hopum 4	30.17 ± 0.58 ^a	2.36 ± 0.19 ^{ab}	11.45 ± 0.20 ^a

Table 3-11. 후 발효를 마친 최종 맥주의 color 분석 결과

후 발효를 마친 맥주의 color 또한 모든 Hopum의 sample에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 이는 후 발효를 마친 최종 맥주에서도 마찬가지로 효소나 젖산균 처리로 인한 색변화는 나타나지 않았다는 것을 의미한다.

바) pH, foam stability, turbidity, bitterness, 알코올 함량, diacetyl 함량 측정

	pH	Foam stability	Turbidity	Bitterness (BU)	Alcohol content (%)	Diacetyl (mg/L)
Pilsner	4.84 ± 0.13 ^{ab}	224.62 ± 15.76 ^a	Exist	16.53 ± 0.32 ^a	3.92 ± 0.13 ^a	0.19 ± 0.02 ^a
Hopum 1	5.01 ± 0.02 ^b	189.30 ± 6.198 ^b	Exist	16.58 ± 0.68 ^a	3.43 ± 0.01 ^b	0.20 ± 0.04 ^a

Hopum 2	4.71 ± 0.16 ^a	203.69 ± 13.90 ^{bc}	Exist	17.25 ± 0.13 ^a	4.05 ± 0.07 ^{ac}	0.16 ± 0.02 ^{ab}
Hopum 3	4.72 ± 0.01 ^a	239.84 ± 9.626 ^{ab}	Exist	16.82 ± 0.20 ^a	4.21 ± 0.22 ^c	0.20 ± 0.04 ^a
Hopum 4	4.60 ± 0.17 ^a	245.05 ± 14.02 ^{ab}	Exist	17.47 ± 0.36 ^a	4.67 ± 0.12 ^d	0.12 ± 0.01 ^b

Table 3-12. 맥주의 pH, foam stability, turbidity, bitterness, 알코올 함량, diacetyl 분석 결과

최종 맥주의 분석 결과는 Table 3-12에 표기하였다. pH의 경우 모든 호품 sample의 값이 유사하였으나 Hopum 1과 나머지 Hopum 2, Hopum 3, Hopum 4에서 유의적인 차이를 보였다. Hopum 1은 control로 사용된 맥아로 효소나 젖산균 처리를 하지 않았기 때문에 pH가 다른 호품 맥아들에 비해 높게 측정된 것으로 생각된다.

Foam stability의 경우 효소 처리를 하지 않은 Hopum 1, Hopum 2에 비해 효소 처리를 한 Hopum 3, Hopum 4에서 더 높았으며, 모든 sample은 turbidity가 존재하였다. Bitterness(BU)는 pilsner type 맥아와 모든 호품 sample에서 차이를 보이지 않았다.

Alcohol content(%)는 Hopum 1에서 가장 낮은 값을 보였고 Hopum 4에서 가장 높은 값을 보였다. Hopum 1은 효소와 젖산균 처리를 하지 않은 sample로 당화 과정에서 발효성 당의 함량이 적어 alcohol이 상대적으로 적게 생성되었다. 그에 반해 Hopum 4는 효소와 젖산균 처리를 모두 한 sample로, 낮은 pH로 인한 효소의 활성 증대로 wort에 충분한 양의 발효성 당이 생성되어 상대적으로 많은 양의 alcohol이 생성된 것으로 보인다. Diacetyl의 값은 모든 sample에서 비슷한 값을 보였으며, 다른 측정값들에 비해 젖산균을 처리한 Hopum 2와 Hopum 4의 값이 낮게 측정되었다.

[협동 3 : 기본맥아제조과정 현장적용 및 산업화]

1. 현장 조건에 따른 기본맥아 제조과정변수 모니터링

가. 실험 재료

1) 보리

국내산 맥아 ‘광맥’은 협동 3이 주관기관인 ㈜파머스 맥주에서 현장 적용한 맥아를 받아 사용하였다. 광맥은 2010년 개발된 품종으로, 겨울철 이상저온에도 재배가 안정적이고, 원맥과 맥아 품질이 우수하다. 보리호위축병에 저항성이 있으며, 대립, 다수성이며 도복, 습해, 한해 등에 강하며 호품보리에 비해 원맥 및 맥아 품질특성이 우수하며, 맥주 제조용으로 사용하기에 알맞은 작물이다.

나. 실험 방법

1) 기본조건

맥아의 제조과정은 침맥은 15℃에서 wet steeping과 dry steeping을 3회 반복하여 실시하였으며, germination은 16℃에서 총 5일간 보리를 발아시킨 후 제근하여 사용하였다. 배조(Klining)은 처음 30분간 45℃를 유지한 후, 65℃까지 각 5℃의 온도 구간별 온도 증가속도를 점차 감소시킨 다음, 85℃까지는 온도 증가속도를 점차 크게 하였다. 추가 건조처리한 맥아는 이후에 배조(Klining)과정에서 100℃에서 12시간동안 시료를 추가 건조하였다. 제조된 맥아는 Drum mill (Malt Drum Mill, Jeil Industry Co.,Korea)을 이용하여 1 mm의 간극으로 분쇄하였다. 맥아를 추가로 건조를 하지 않은 것과 100℃로 추가 건조한 맥아를 비교 분석하였다. 모든 실험은 3회 반복을 통하여 측정되었으며, 협동 1의 추가 건조 처리 하지 않은 광맥은 GN, 건조온도 100℃로 처리한 광맥은 G100, 협동 3의 현장 적용한 추가 건조 처리 하지 않은 광맥은 G'N, 현장 적용한 건조온도 100℃로 처리한 광맥은 G'100으로 나타내었다.

2) 색도 측정

협동 1의 색도 측정 방법과 동일한 조건으로 아래와 같이 실험을 진행하였다.

가) Lab

Lab 색채 원리로 Nippon Denshoku color meter Ne 4000(Japan) 색도계를 이용하여 측정하였다. 색도계에서 나온 L, a, b, E 값을 측정하였다.

나) EBC

EBC는 전처리 완료된 시료를 9x6 well에 넣은 다음 430nm로 흡광도를 측정하여 다음과 같은 식을 이용하여 구하였다.

$$EBC \text{ units} = 25 \times A_{430} \times F$$

(25 = 증배 계수 A_{430} = 430 nm에서 측정된 흡광도 값 F = 희석 배수)

3) 당도 측정

협동 1의 당도 측정 방법과 동일한 조건으로 아래와 같이 실험을 진행하였다.

당도는 ATAGO Master refractometer(Japan) Brix 당도계를 이용하여 측정하였다.

4) MRP 측정

협동 1의 MRP 측정 방법과 동일한 조건으로 아래와 같이 실험을 진행하였다.

MRP(Maillard reaction product)의 양은 Bioiek Epoch spectrophotometer instrument O.D의 값이 0.2~0.8 범위에 들도록 Maillard reaction 과정에서 생성되는 갈변물질을 측정하는 데 적합한 측정범위인 420nm 조건에서 흡광도의 값으로 측정하였다.

5) 향기성분 분석

협동 1의 향기성분 분석 방법과 동일한 조건으로 아래와 같이 실험을 진행하였다.

향기성분 분석은 HSS-GC-MS를 이용하여 3종류 맥아에 관하여 정성 분석 및 정량 분석을 진행하였다. 맥아를 분말화하여 특수하게 제작된 50ml 유리 vial에 1g을 담아 Headspace Autosampler를 이용하여 맥아의 분석을 실시하였다.

분석 조건은 아래의 표에 명시되어 있으며, Gas는 Helium 기체를 사용하였다. 정량분석을 위해 내부표준물질(Internal standard)로 Dichlorobenzene을 선정하였으며 용매로는 Dichloromethane을 사용하였다.

Analysis device	HSS-GC-MS		
Column	HP-5MS-UI(0.25µm, 30m×0.25 mm)		
Injection volume	맥아 1g(powder), IS 10µl(130ppm)		
Split	20 : 1		
Flow rate	0.8mL/min		
Column Temp.	Rate(°C/min)	Temp.	Holding time(min)
		40	5
	7	180	2
	10	250	5
HSS oven Temp.	90~100°C		
HSS Incubation time	30 min		

Table 4-1. Headspace-GC-MS 분석 조건

다. 주요 연구결과

1) 제맥

침지(Steeping), 발아(Germination), 배조(Klining) 단계에 따른 맥아를 관찰하였다. 침지 3일, 발아 3일, 건조 2일 총 8일 동안 제맥 과정을 거친다. 협동1과 협업하여 맥아제조공정을 현장적용을 함에 있어, 실험실 규모에서 현장 규모로 scale-up하는 과정에 발생할 수 있는 맥아의 균질성 부분은 제맥기기의 위치별(상, 중, 하) 맥아를 회수하여 차이를 육안으로 확인하였다.

아래는 총 8일 동안의 제맥 기기의 위치에 따른 맥아의 변화와 추가 건조를 했을 때 맥아의 변화를 나타낸 것이다. 제시된 Fig 중 Fig. 4-1은 수침 0일차, Fig.4-5는 발아 1일차, Fig.4-8은 건조 2일차 등을 보여준다.



Figure 4-1. 맥아 수침 0일차

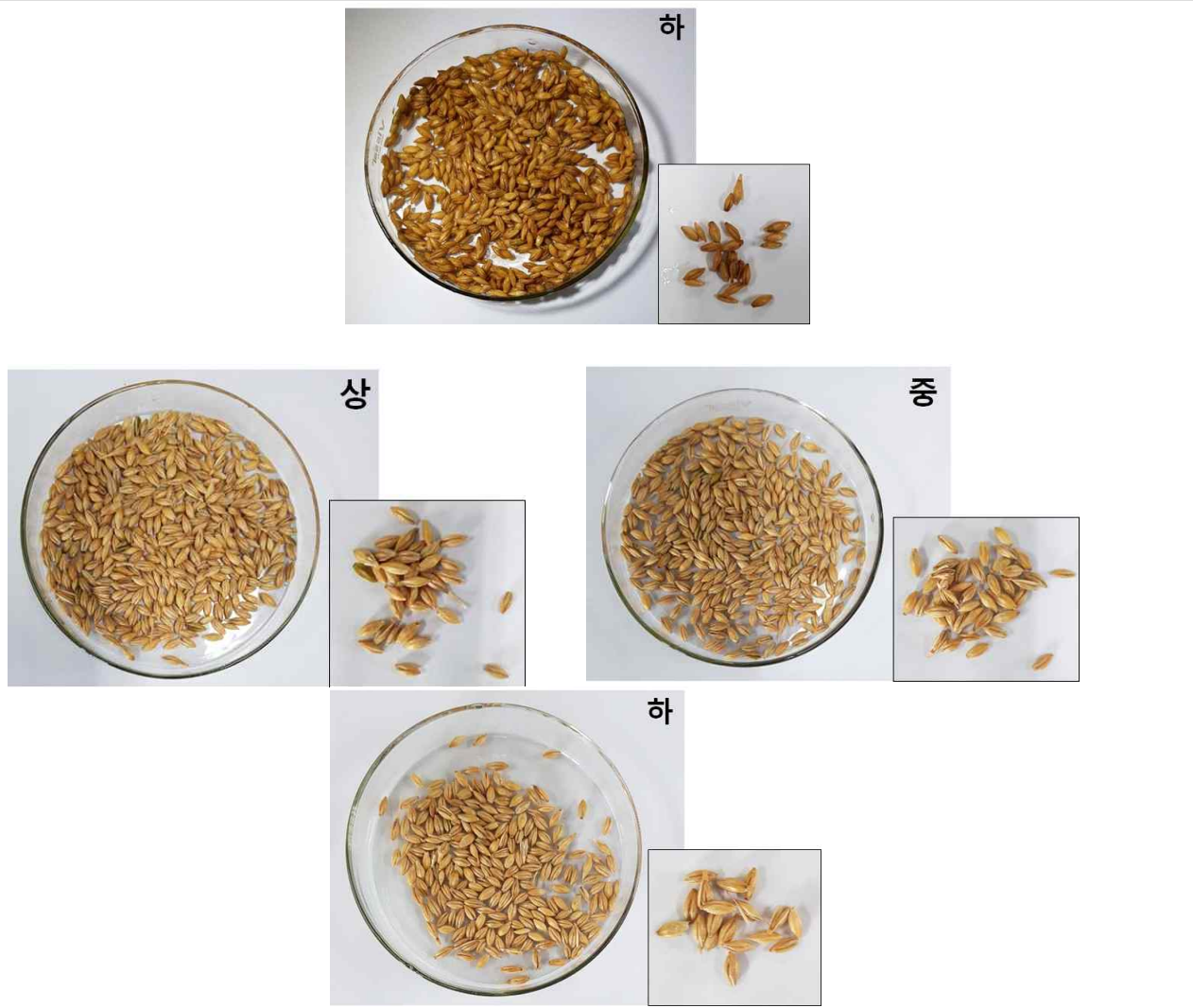


Figure 4-2. 맥아 수침 1일차



Figure 4-3. 맥아 수침 2일차



Figure 4-4. 맥아 수침 3일차

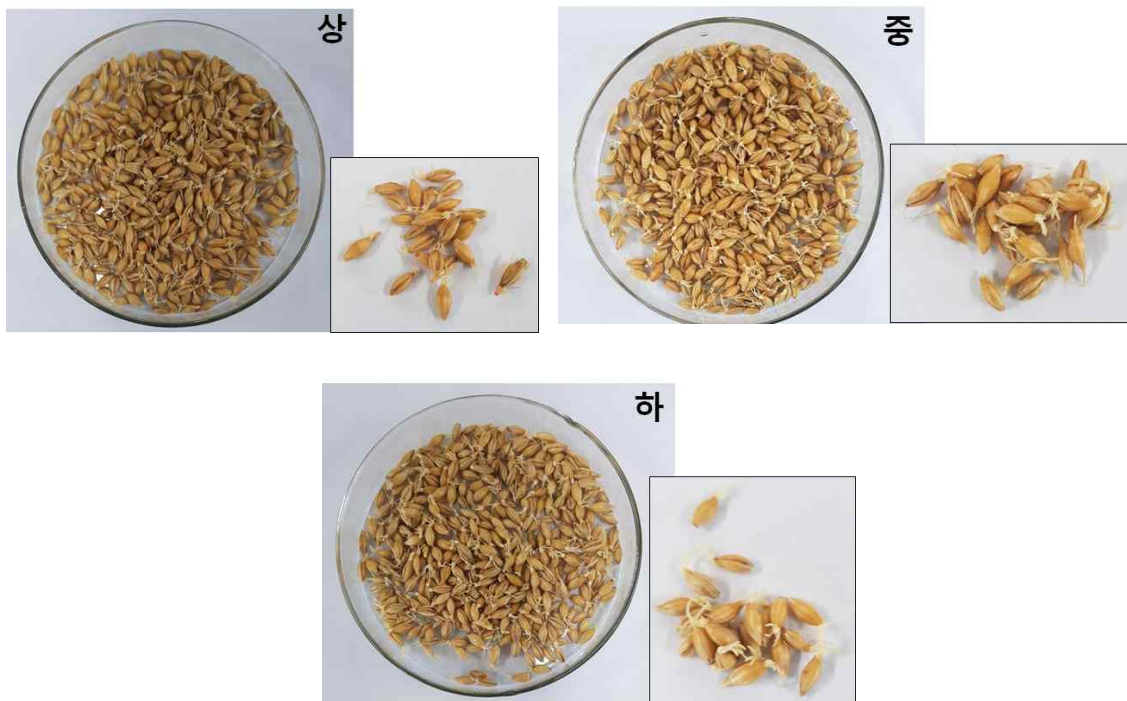


Figure 4-5. 맥아 발아 1일차



Figure 4-6. 맥아 발아 2일차

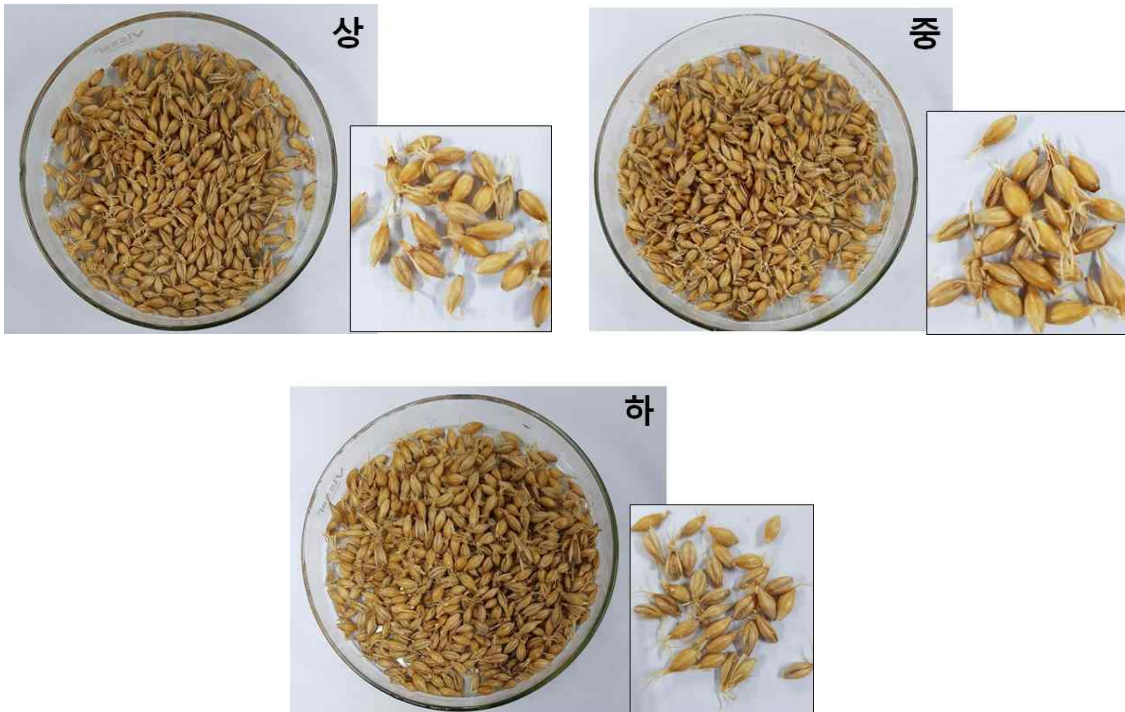


Figure 4-7. 맥아 발아 3일차 / 건조 1일차

Figure 4-8. 맥아 건조 2일차

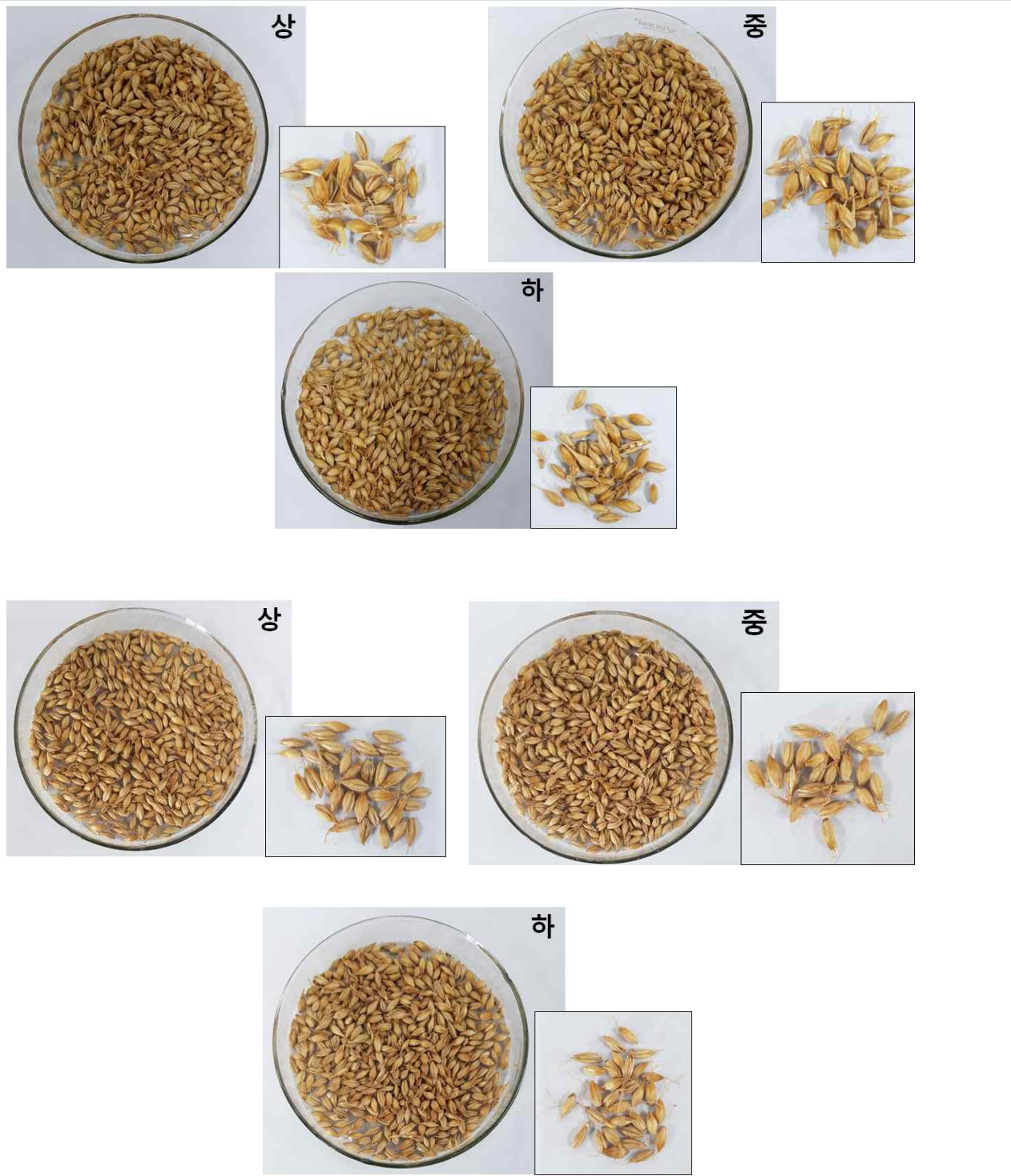


Figure 4-9. 맥아 건조 3일차

Figure 4-10. 맥아 건조 후 100℃에서 12시간 추가 건조

수침과 발아, 건조가 진행될수록 보리의 색이 진하게 변하였으며, 각 일자별 상, 중, 하 위치의 맥아를 비교하였을 때 육안으로 공정기기의 상중하에 따른 차이는 없었다.

현장 맥아제조기기를 활용하여 생산한 맥아를 실험실로 가져와 색도, 당도, MRP, 향기 성분 분석을 협동1과 협업하여 분석하고 실험실 규모에서 생산한 맥아와 맥아공정을 현장적용하여 생산한 맥아를 비교하였다.



2) 색도

가) Lab 색도 측정

Mean ± SD

Sample	Hunter color value			
	E	L	a	b
GN	63.51 ± 0.07	47.45 ± 0.02	9.97 ± 0.01	40.57 ± 0.11
G100	46.79 ± 0.09	32.45 ± 0.06	11.74 ± 0.07	31.6 ± 0.10

* GN : 건조 처리 하지 않은 광맥, G100 : 건조온도 100℃로 처리한 광맥

Table 4-2. 협동 1 광맥의 색도 측정 결과

Mean ± SD

Sample	Hunter color value			
	E	L	a	b
G'N	60.98 ± 0.06	45.92 ± 0.02	9.57 ± 0.11	38.95 ± 0.10
G'100	44.92 ± 0.08	31.15 ± 0.05	11.26 ± 0.06	30.34 ± 0.09

* G'N : 건조 처리 하지 않은 광맥, G'100 : 건조온도 100℃로 처리한 광맥

Table 4-3. 협동 3 광맥의 색도 측정 결과

협동 1의 광맥 색도 데이터와 현장 적용한 광맥의 색도 데이터를 비교해본 결과, 건조 처리 하지 않은 광맥과 건조온도 100℃로 처리한 광맥 각각 E값, L값, a값, b값에서 모두 결과 차이가 미미하였다. 협동 1의 조건을 현장에서 적용하였을 때, 건조온도 100℃로 처리한 광맥은 추가로 건조를 진행하였기 때문에 건조 처리 하지 않은 광맥보다 결과 값이 낮은 것을 볼 수 있다. 데이터를 통해 실험실 조건을 현장에 적용하였을 때 색도에서 큰 변화를 나타내지 않는 것을 알 수 있다.

나) EBC 색도 측정

Mean±SD	
Sample	EBC
GN	14.3 ± 0.2
G100	16.5 ± 0.3

* GN : 건조 처리 하지 않은 광맥, G100 : 건조온도 100℃로 처리한 광맥

Table 4-4. 협동 1 광맥의 EBC 측정 결과

Mean±SD	
Sample	EBC
G'N	13.25±0.05
G'100	15.34±0.16

* G'N : 건조 처리 하지 않은 광맥, G'100 : 건조온도 100℃로 처리한 광맥

Table 4-5. 협동 3 광맥의 EBC 측정 결과

협동 1의 광맥 EBC 측정 데이터와 현장 적용한 광맥의 EBC 측정 데이터를 비교해본 결과, 건조 처리 하지 않은 광맥과 건조온도 100℃로 처리한 광맥 각각 결과 차이가 미미하였다. 색도 데이터와 동일하게, 데이터를 통해 실험실 조건을 현장에 적용하였을 때 EBC에서 큰 변화를 나타내지 않는 것을 알 수 있다.

3) 당도

Mean±SD	
Sample	Brix value
GN	3.0 ± 0.0
G100	3.0 ± 0.0

* GN : 건조 처리 하지 않은 광맥, G100 : 건조온도 100℃로 처리한 광맥

Table 4-6. 협동 1 광맥의 당도 측정 결과

Mean±SD	
Sample	Brix value
G'N	3.1±0.0
G'100	3.1±0.0

* G'N : 건조 처리 하지 않은 광맥, G'100 : 건조온도 100℃로 처리한 광맥

Table 4-7. 협동 3 광맥의 당도 측정 결과

협동 1의 광맥 당도 측정 데이터와 현장 적용한 광맥의 당도 측정 데이터를 비교해본 결과, 건조 처리 하지 않은 광맥과 건조온도 100℃로 처리한 광맥 각각 결과 차이가 미미하였다. 또한, 협동 1의 조건을 현장에서 적용하였을 때, 건조 처리 하지 않은 광맥과 건조 온도 100℃로 처리한 광맥의 당도 결과 값이 동일한 것을 볼 수 있다. 데이터를 통해 실험실 조건을 현장에 적용하였을 때 당도에서 큰 변화를 나타내지 않는 것을 알 수 있다.

4) MRP

Mean±SD	
Sample	MRP value
GN	0.392 ± 0.005
G100	0.562 ± 0.008

* GN : 건조 처리 하지 않은 광맥, G100 : 건조온도 100℃로 처리한 광맥

Table 4-8. 협동 1 광맥의 MRP 측정 결과

Mean±SD	
Sample	MRP value
G'N	0.400±0.005
G'100	0.574±0.008

* G'N : 건조 처리 하지 않은 광맥, G'100 : 건조온도 100℃로 처리한 광맥

Table 4-9. 협동 3 광맥의 MRP 측정 결과

협동 1의 광맥 MRP 측정 데이터와 현장 적용한 광맥의 MRP 측정 데이터를 비교해본 결과, 건조 처리 하지 않은 광맥과 건조온도 100℃로 처리한 광맥 각각 결과 차이가 미미하였다. 협동 1의 조건을 현장에서 적용하였을 때, 건조온도 100℃로 처리한 광맥은 추가로 건조를 진행하였기 때문에 Maillard reaction 반응으로 인해 건조 처리 하지 않은 광맥보다 결과 값이 높은 것을 볼 수 있다. 데이터를 통해 실험실 조건을 현장에 적용하였을 때 MRP에서 큰 변화를 나타내지 않는 것을 알 수 있다.

5) 향기성분 분석

No	Compounds	flavor	GN			G100		
			Ratio	% total	con	Ratio	% total	con
1	3-methyl butanal	malty	2.25	41.51	29.25	1.71	35.44	17.05
2	2-methyl butanal	cocoa	1.59	29.37	20.70	1.43	29.73	14.31
3	2-methyl-1-butanol	sweet	N.D	N.D	N.D	0.06	1.19	0.58
4	hexanal	rancid	0.19	3.45	2.43	0.24	5.01	2.41
5	furfural	sweet	0.10	1.83	1.28	0.04	0.93	0.45
6	furanmethanol	sweet	N.D	N.D	N.D	0.02	0.37	0.18
7	2-heptanone	honey	N.D	N.D	N.D	0.01	0.17	0.08
8	heptanal	sweet	0.02	0.33	0.23	0.02	0.31	0.15
9	benzaldehyde	butter	0.22	4.14	2.90	0.08	1.74	0.85

10	2-pentyl-furan	fatty	0.09	1.58	1.11	0.05	1.09	0.52
11	benzenacetaldehyde	honey	0.18	3.48	2.31	0.12	2.54	1.22
12	3-ethyl-2,5-dimethyl pyrazine	Roasted nutty	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D
13	tetramethyl pyrazine	cocoa	N.D	N.D	N.D	0.02	0.40	0.18
14	nonanal	fatty	0.02	3.29	0.21	0.01	0.27	0.13
15	furfural pyrrole	metallic	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

* ratio=peak area/IS peak area, % total=peak area/sum of peak area, con(unit :mg/kg)

** GN : 건조 처리하지 않은 광맥, G100 : 건조온도 100℃로 처리한 광맥

Table 4-10. 협동 1 광맥 향기성분 정량 결과

No	Compounds	flavor	G'N			G'100		
			Ratio	% total	con	Ratio	% total	con
1	3-methyl butanal	malty	2.92	41.52	29.27	1.71	35.43	17.07
2	2-methyl butanal	cocoa	2.07	29.38	20.72	1.43	29.68	14.30
3	2-methyl-1-butanol	sweet	N.D	N.D	N.D	0.06	1.17	0.57
4	hexanal	rancid	0.24	3.43	2.41	0.24	5.04	2.43
5	furfural	sweet	0.13	1.84	1.29	0.07	0.97	0.46
6	furanmethanol	sweet	N.D	N.D	N.D	0.02	0.41	0.20
7	2-heptanone	honey	N.D	N.D	N.D	0.01	0.21	0.10
8	heptanal	sweet	0.02	0.32	0.22	0.01	0.30	0.15
9	benzenaldehyde	butter	0.29	4.14	2.90	0.08	1.75	0.84
10	2-pentyl-furan	fatty	0.11	1.58	1.11	0.05	1.08	0.52
11	benzenacetaldehyde	honey	0.23	3.29	2.31	0.12	2.52	1.22
12	tetramethyl pyrazine	cocoa	N.D	N.D	N.D	0.02	0.40	0.19
13	nonanal	fatty	0.02	0.29	0.21	0.01	0.27	0.13

* ratio=peak area/IS peak area, % total=peak area/sum of peak area, con(unit :mg/kg)

** G'N : 건조 처리하지 않은 광맥, G'100 : 건조온도 100℃로 처리한 광맥

Table 4-11. 협동 3 광맥 향기성분 정량 결과

‘광맥’을 100℃에서 추가 건조하였을 때 sweet 향을 내는 성분인 2-methyl-1-butanol, furanmethanol, honey 향을 내는 성분인 2-heptanone, cocoa 향을 내는 성분인 tetramethyl pyrazine 추가적으로 동정되었다. 그러나 현장에 적용하였을 때 기존의 기본 맥아의 향기 성분인 3-methyl butanal 및 2-methyl butanal의 값이 감소하였으며, 전체적으로 기존의 좋은 향미를 나타내는 성분의 값이 감소하였으며, 나쁜 향미를 나타내는 성분의 값이 증가한 것을 볼 수 있다.

라. 결론 및 고찰

현장에서 추가 건조를 하지 않은 것과, 100℃ 추가 건조 처리한 것을 실제 현장에서 적용을 해보았을

때 색도, 당도, MRP 등에 대한 결과 차이는 미미하였다. 그러나 현장적용 시 향기성분 분석을 통해 온도를 추가로 건조 처리하였을 때 나쁜 향미를 나타내는 성분의 값이 증가한 것을 알 수 있었다. 이는 현장에서 맥아를 만들 때 잠열로 인하여 내부의 온도가 더 상승하였기 때문에 결과 값이 증가한 것으로 추측된다. 이것은 추가 건조 처리를 한다면 오히려 나쁜 향미 성분들로 인해 맥주의 풍미가 나빠질 수 있음을 시사한다. 이를 통해 100℃에서 추가 건조 처리를 하는 것보다 추가 건조 처리를 하지 않는 것이 더 좋은 결과를 보여준다는 것을 확인하였다.

2. 현장 조건에 따른 기본맥아 당화, 발효조건 변수 모니터링

가. 실험 재료

1) Base malt를 당화시킨 wort 분석 및 품질평가에서는 당화를 위하여 당화조, 주름진 여과지 No. 597 1/2 (Whatman, Germany)와 삼각플라스크가 사용되었다. 협동2의 연구결과, 효소 3종 및 젖산균 처리균이 맥주품질이 가장 우수했으나, 본 연구기간 동안 모든 실험조건을 현장에 적용하기에 한계가 있어, 우선 α -amylase 한 종류에 대해서만 현장조건에서 당화 및 발효를 진행하였다. 소모품으로는 blue pipet tip, petri dish, 메스실린더 등이 사용되었다. 각 분석항목 별 필요한 재료 및 기구들은 실험방법과 함께 아래에 기술하였다.

나. 실험 방법

1) 당화 후 맥아 분석

당화 실험 방법은 협동 2에서 제시한 순서와 동일하게 진행되었으며 방법은 아래와 같다.

가) 당화 공정

당화 공정에 α -amylase를 적용한 맥아를 Gwangmaek' 1, 협동 2에서 3가지 효소를 처리하여 당화시킨 맥아를 Gwangmaek' 2, 협동 2에서 젖산균 starter와 3가지 효소를 모두 처리하여 당화시킨 맥아를 Gwangmaek' 3 로 표기하였다.

맥아분쇄물을 당화조로 옮긴 후 62℃에서 60~90분, 72℃에서 15분간 당화를 진행하여 당화를 완료한다. 당화를 완료한 맥아분쇄물을 여과조로 옮겨 해당 맥아의 분쇄도를 최적으로 맞추고 milling 한다. milling을 완료한 맥아분쇄물을 당화자비조로 옮겨 hop을 첨가하여 끓인 후, 부유물 또는 hop의 찌꺼기 등이 남아있는 것을 더 방지하기 위해서 침전조로 맥아분쇄물을 옮겨 침전조 내에서 회전을 주어 부유물 등을 비중으로 인해 가라앉게 만든다. 이후 당화가 완료된 맥아분쇄물을 발효탱크로 옮겨 효모를 첨가하여 발효탱크에서 발효시킨 후 효모를 제거한 뒤 숙성탱크로 옮겨 일정기간 숙성시킨다.

나) 냉각 및 여과

협동 2의 Cooling and filtration 측정 방법과 동일한 조건으로 아래와 같이 실험을 진행하였다.

Mashing 후 cooling을 하고, 여과지 No. 597 1/2 (Whatman, Germany)에 맥즙을 여과하면 hop을 첨가하지 않은 상태의 맥즙 (wort)이 얻어진다. pH, free amino nitrogen (FAN), reducing sugar (RS), color, filtration time 이며 ASBC 방법에 준하여 측정한다. 또한 wort에 남아있는 미생물이 있는지 미생물 분석 (aerobic bacteria, lactic acid bacteria) 또한 실시한다. 모든 실험은 Pilsner type 맥아를 이용하여 제조한 wort를 control 1, 젖산균과 효소 모두 첨가하지 않은 광맥을 이용하여 제조한 wort를 control 2로 비교하여 실험한다.

다) Wort 분석항목 및 분석법

협동 2의 측정 방법과 동일한 조건으로 아래와 같이 실험을 진행하였다.

실험 항목은 pH, color, free amino nitrogen (FAN), reducing sugar (RS), filtration time과 미생물 분석 (aerobic bacteria, lactic acid bacteria)이며, 항목에 대한 실험방법은 협동 2와 동일하며,

아래에 간단하게 기술하였다.

① pH 측정

제조된 맥즙 10 ml을 취하여 pH meter (ORION 3 STAR, Thermo, Singapore)를 사용하여 3반복 측정하며, Pilsner type 맥아를 이용하여 만든 맥즙과 광맥 맥아를 이용하여 만든 맥즙의 pH를 비교하였다.

② Color 측정

Colorimeter (CR-300, Minolita Co., Ltd., Osaka, Japan)을 이용하여 맥즙의 색도를 L, a, b 값으로 측정하였다.

③ Free amino nitrogen (FAN) 함량 측정

100배 희석된 sample 1.0 ml, 증류수(blank) 1.0 ml, standard solution 1.0 ml을 각 test tube에 넣는다. 3.0 ml ninhydrin color reagent를 첨가하고, 증발을 막기 위해서 마개를 씌운다. 16분 동안 끓는 물에서 가열하고, 20분 동안 20℃로 cooling한 다음 dilution solution을 각각 5.0 ml 씩 넣고 vortexing 하여 완벽하게 섞는다. 증류수로 auto-zero를 잡고, spectrophotometer (UVmini-1240, Shinmadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 570 nm에서 흡광도를 측정한다. 3반복하여 측정된 흡광도의 평균에서 평균 blank 흡광도 값을 뺀다. 그 식은 다음과 같다.

$$\text{FAN (mg/l)} = \text{net A of test solution} \times 2 \times \text{dilution} / \text{net A of standard solution}$$

(net A = Mean of sample absorbance - average blank absorbance)

④ Reducing sugar (RS) 함량 측정

환원당의 양은 DNS법을 기준으로 하여 측정하였다. 환원당을 함유하고 있는 시료는 50배 희석하여 사용하였으며, 희석된 시료 1 ml와 DNS 시약 3 ml을 끓는 물에서 5분간 반응시킨 후 상온에서 5분간 식혀 spectrophotometer (UVmini-1240, Shinmadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도 값은 적절히 희석한 glucose 용액을 이용하여 작성한 standard curve에 대입하여 환원당량으로 산출한 뒤 희석배수를 곱하였다.

⑤ Filtration time 측정

ASBC법에 따라 여과지 No. 597 1/2 (Whatman, Germany)에 맥즙 여과를 시작한 후 100 ml의 맥즙이 여과되면 다시 나머지 맥즙과 섞어 여과시켜 여과지 위 잔여물이 갈라지기까지의 시간을 측정하였다.

⑥ 미생물 분석

대상미생물군은 aerobic bacteria와 lactic acid bacteria이다. Hop을 넣지 않은 상태의 맥즙 1.0 ml를 시료로 하여, plate count agar (PCA agar)와 MRS agar에 각각 희석하여 plate counting 한다.

2) 최종 맥주의 분석 항목 및 분석법

협동 2의 측정 방법과 동일한 조건으로 아래와 같이 실험을 진행하였다.

α -amylase를 적용한 맥아를 사용하여 후 발효 공정 단계가 완료된 맥즙으로 제조한 맥주의 특성을 분석하였다.

가) Color

Wort 분석과 같은 방법으로 후 발효가 끝난 맥주의 color를 분석하여, 주관기관에서 실제 현장에서 사용하는 발효 단계가 적용된 맥즙으로 만든 맥주의 color 결과 값과 협동 2에서 실험한 color 결과 값을 비교하였다.

나) pH 측정

후 발효가 끝난 맥주를 pH meter (ORION 3 STAR, Thermo, Singapore)를 사용하여 3반복 측정하여, 주관기관에서 실제 현장에서 사용하는 발효 단계가 적용된 맥즙으로 만든 맥주의 pH 결과 값과 협동 2에서 실험한 pH 결과 값을 비교하였다.

다) Foam stability

맥주의 거품 안정성의 경우 ASBC에 제시된 방법을 이용하여, 주관기관에서 실제 현장에서 사용하는 발효 단계가 적용된 맥즙으로 만든 맥주의 거품 안정성 결과 값과 협동 2에서 실험한 거품안정성 결과 값을 비교하였다. 하부에 cock이 있는 유리 칼럼을 사용하여 시료 50 ml를 붓고, 30초 후에 거품 이외의 하층액을 제거하였다. 그 후 230초간 거품이 꺼지는 시간으로 깨진 거품의 양(b)과 남은 거품의 양(c)을 측정하여 거품 안정성(sigma)을 측정하였다. 거품 안정성을 산출하는 식은 아래와 같다.

$$\Sigma = \frac{230}{2.303 \log \left[\frac{b+c}{c} \right]}$$

라) Turbidity 측정

맥주의 탁도 (turbidity)는 spectrophotometer (UVmini-1240, Shinmadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 측정하였다. 700 nm에서의 흡광도가 430 nm에서 측정한 흡광도 보다 ≤ 0.039 배라면 탁도가 “없음(none)”으로, 아니라면 “있음(exist)”으로 결정하였다.

마) Bitterness 측정

맥주의 쓴맛 (bitterness)은 spectrophotometer (UVmini-1240, Shinmadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 측정하였다. 거품이 제거된 20℃의 맥주 sample을 원심분리 튜브에 20 ml 취한 후 0.5 ml의 6N HCl와 20 ml의 iso-octane을 가하고, 20℃의 shaking incubator에서 250 rpm, 15분 동안 shaking한다. 그 다음 원심분리 (4,491 xg, 3 min)한 후, 상등액인 iso-octane을 취하여 275 nm에서 흡광도를 측정한다. Auto-zero는 pure iso-octane으로 하며 bitterness를 계산하는 식은 다음과 같다.

$$\text{Bitterness} = 50 \times A \text{ (Absorbance)}$$

바) 알코올 함량 측정

알코올 함량은 알코올 증류장치를 이용하여 측정하였다. 맥주 증류시킨 후 얻은 알코올을 vinometer (211-DK-12, Daekwang, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였으며, 이를 주정분 온도 환산표를 통해 알코올 함량을 환산하였다. 주관기관에서 실제 현장에서 사용하는 발효 단계가 적용된 맥즙으로 만든 맥주의 알코올 함량 결과 값과 협동 2에서 실험한 알코올 함량 결과 값을 비교하였다.

사) Diacetyl 함량 측정

Diacetyl 함량 측정은 spectrophotometer (UVmini-1240, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용한 비색법으로 측정하였다. 100 ml의 맥주 sample을 증류시켜 50 ml의 증류액을 얻은 후 5 ml의 증류수를 가한다. 이를 부피 플라스크에 5 ml 취한 뒤 1 ml의 α -naphthol 용액과 0.5 ml의 creatine을 포함한 KOH 용액을 가하고, 60초간 섞는다. 그 다음 530 nm에서 흡광도를 측정하고 standard curve에 대입하여 diacetyl 함량을 계산한다.

다. 주요 연구결과

1) 당화 후 맥아 분석

분석항목	Gwangmaek' 1	Gwangmaek' 2	Gwangmaek' 3
pH	5.83 ± 0.08	5.19 ± 0.09	4.76 ± 0.16
Free amino nitrogen (mg/L)	187.05 ± 4.94	206.34 ± 3.66 ^c	210.71 ± 2.56
Reducing sugar (mg/mL)	58.0 ± 2.48	62.86 ± 4.65	63.63 ± 3.66
Filtration time (min)	25.02 ± 1.33	22.26 ± 1.63	20.84 ± 3.76
Color	L value	38.58 ± 1.13	38.74 ± 0.76
	a value	0.37 ± 0.38	0.49 ± 0.02
	b value	10.02 ± 0.71	10.19 ± 0.41
Bacteria	Aerobic bacteria (cfu/mL)	<10	<10
	Lactic acid bacteria (cfu/mL)	0	0

Table 4-12. Pilsner type 맥아와 광맥의 wort 분석 결과

Wort의 분석 결과는 Table 4-12에 표기하였다. pH의 경우 Gwangmaek' 1이 Gwangmaek' 2와 Gwangmaek' 3에 비하여 높은 값을 보였다. 이는 효소와 젖산균을 추가함으로써 맥즙의 pH가 낮아진 것으로, Gwangmaek' 2와 Gwangmaek' 3이 당화 및 발효 과정에서 잡균의 오염을 억제하고, 효소의 활성을 증가시킬 수 있을 것이라 추측된다.

Free amino nitrogen (FAN)의 경우 Gwangmaek' 1에 비해 효소를 더 추가하여 처리한 Gwangmaek' 2와 효소와 젖산균으로 처리한 Gwangmaek' 3이 더 높은 값을 나타냈다. 이는 β -glucanase에 의해 β -glucan이 분해되면서 β -glucan과 강하게 결합되어 있던 peptide 성분들이 유리되어 증가한 것으로 생각해볼 수 있다.

Reducing sugar (RS) 또한 Gwangmaek' 1에 비해 효소를 더 추가하여 처리한 Gwangmaek' 2와 효소와 젖산균으로 처리한 Gwangmaek' 3이 더 높은 값을 나타냈다.

Filtration time은 효소와 젖산균으로 처리한 Gwangmaek' 3에서 가장 짧게 측정되었다. 이는 젖산균이 만들어 내는 유기산에 의해 β -glucanase와 같은 효소가 낮은 pH에서 더 높은 활성을 보였기 때문이다. Filtration time을 단축시키는 것은 맥주 제조를 더욱 원활하고 빠르게 하며, 생산력을 높이기 때문에 효소와 젖산균 starter를 사용하여 맥주를 제조하게 되면 filtration time이 단축되어 좋은 효과를 낼 것으로 예상된다. 색도 측정에서는 모든 샘플 간 큰 차이가 없었다.

미생물 분석의 경우에는 모든 wort sample 모두 aerobic bacteria를 측정하는 plate count agar에서는 10 이하의 cfu/mL로 나타났으며, lactic acid bacteria를 측정한 MRS agar에서는 단 한 개의 colony도 검출되지 않았다.

2) 최종 맥주의 분석

	L value	a value	b value
Gwangmaek' 1	37.02 ± 0.46	0.41 ± 0.16	11.06 ± 0.06
Gwangmaek' 2	39.07 ± 0.98	1.64 ± 0.24	10.47 ± 0.07
Gwangmaek' 3	34.86 ± 1.19	1.28 ± 0.07	11.69 ± 0.41

Table 4-13. 최종 맥주의 color 분석 결과

색도 측정은 colorimeter를 이용하였으며 SCI 값을 결과 값으로 채택하였다. L value, a value, b value를 측정하였으며, 색도의 실험 결과는 Table 4-13에 표기하였다.

발효를 마친 맥주의 color 분석 결과는 당화 공정에 α -amylase를 적용한 Gwangmaek' 1의 결과 값과, 협동 2에서 실험한 Gwangmaek' 2, Gwangmaek' 3의 결과 값은 큰 차이를 보이지 않았다. 이

는 효소 또는 젖산균 처리가 발효까지 마친 후에도 맥주의 색도 변화에 크게 영향을 주지 않는다고 생각된다.

	pH	Foam stability	Turbidity	Bitterness (BU)	Alcohol content (%)	Diacetyl (mg/L)
Gwangmaek' 1	4.81 ± 0.04	217.16 ± 7.28	Exist	16.57 ± 0.25	3.71 ± 0.19	0.19 ± 0.01
Gwangmaek' 2	4.70 ± 0.05	238.77 ± 13.44	Exist	16.68 ± 0.28	3.83 ± 0.16	0.18 ± 0.01
Gwangmaek' 3	4.58 ± 0.10	247.31 ± 11.77	Exist	17.43 ± 0.32	4.82 ± 0.13	0.13 ± 0.02

Table 4-14. 맥주의 pH, foam stability, turbidity, bitterness, 알코올 함량, diacetyl 분석 결과

최종 맥주의 분석 결과는 Table 4-14에 표기하였다. pH의 경우 Gwangmaek' 1에 비해 Gwangmaek' 2와 Gwangmaek' 3이 낮은 값을 보였으나 큰 차이는 없었다.

Foam stability의 경우 Gwangmaek' 1에 비해 Gwangmaek' 2와 Gwangmaek' 3이 현저히 높은 값을 보였다.

Turbidity는 맥주의 발효과정 중 yeast의 성장 및 단백질, 폴리페놀의 존재 등을 통해 발생하며 맥주의 발효 유무를 확인할 수 있는 척도 중 하나이다. 각 Sample의 흡광도 값을 비교한 결과, 모든 sample이 Turbid 한 것을 확인하였다.

Bitterness 측정 결과 모든 맥주 sample의 측정값이 표준범위인 10-40 BU에 속하였다.

Alcohol content는 Gwangmaek' 3이 가장 높은 값을 보였으며, 이는 젖산균 첨가로 인해 당화 시 낮은 pH로 인한 효소의 활성 증대로 인한 것으로 보인다.

Diacetyl content는 diacetyl rest가 적절히 이루어지지 않았거나, 젖산균 등에 의한 오염이 일어났을 경우 증가하게 되는데 젖산균을 첨가하여 당화, 발효시킨 Gwangmaek' 3이 유기산의 생성으로 인해 맥주 변패균의 성장을 가장 효과적으로 억제한 것으로 보인다.

라. 결론 및 고찰

Gwangmaek' 1과 Gwangmaek' 2, Gwangmaek' 3의 색도, pH에 대한 결과 값의 차이는 미미하였다. 모든 샘플이 Turbid함을 확인하였고, Bitterness에서도 표준범위인 10-40 BU 속하였다. 그러나 Foam stability, Alcohol content, Diacetyl content에서는 Gwangmaek' 3이 가장 좋은 값을 나타내었다. 본 결과를 통해, α-amylase만 적용한 맥주 대비, 효소 및 젖산균 병용 처리 (협동2)한 맥주가 최종 맥주품질평가항목에서 더 나은 결과가 도출되었기 때문에, 차연도부터 협동 2와 협업하여 효소 및 젖산균을 현장의 맥주 생산 공정에 적용해볼 필요가 있다고 사료된다.

[협동 4 : 수제맥주 제조용 당화조 개발 및 품질관리지표설정]

1. 열효율을 높인 수제맥주 제조용 당화조의 개발

가. 요약

참여기업의 맥주 제조시설 중 5t 당화조의 당화온도 프로파일을 데이터 로거를 이용해 측정하여 당화 중 온도 profile을 확립하였다. 온도조건을 실험실에서 적용하여 당화공정 중 열전달 조건을 분석하였다. 당화조의 열전달 데이터로 필요로 하는 열량을 계산하여 분석한 뒤 당화조의 열효율을 높임으로써 당화공정을 개선하였다.

나. 재료 및 방법

1) 재료

가) 데이터 로거

참여기업의 맥주 제조시설 중 5t 당화조의 당화온도 프로파일을 얻기 위해 데이터 로거는 (주)아이온도에서 DS1922E-F5# Temperature data logger 제품을 구매하여 사용하였다.

2) 장치

기존의 당화조에서 열이 전달되는 과정은 다음 그림 4-1에서와 같이 steam jacket 형태로 당화조(10)의 외벽에 스팀공급 장치(20)가 덧붙여진 이중 탱크 형식을 통해 열을 공급받음으로 당화에 필요한 열량을 공급하고 있다. 스팀공급 장치(20)에 스팀을 공급하기 위해서는 별도의 외부 보일러가 필요하며, 보일러 가동에는 화석연료를 사용하여 물을 끓여 스팀으로 만들어야 함은 필연적이다. 열전달 특성으로 볼 때 스팀에서 당화조 외벽으로의 대류, 외벽을 통과하는 전도, 외벽에서 맥아 paste로의 대류를 거치므로 열 효율성이 크게 떨어지게 된다. 이와 더불어 탱크 내의 대류를 통한 열전달 역시 특수 맥아를 사용하면 맥아 paste의 점도 및 밀도가 높아 열 효율성은 더 떨어질 수밖에 없으며, 탱크 중앙에 교반기가 있다 할지라도 호화에 필요한 열량 공급이 당화조 외벽에 치우쳐 탱크 내벽에 맥아 paste가 늘어붙는 상태가 발생할 수도 있다.

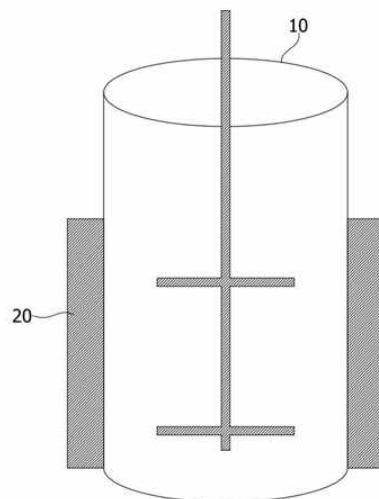


Figure 5-1. 스팀 재킷형 당화조

이를 해결하기 위해서는 외부에서 열량이 공급되는 기존의 스팀 재킷형 열교환 방식의 당화조가 아닌 다음 그림 4-2와 같은 전기 히터봉을 제작하여 탱크 내부에 전기 히터형 열교환기를 삽입하는 방식의 당화조(그림 4-3)를 제작하여 탱크 내부에서 직접 열을 공급하였다. 이는 열전달 방식에서 기존 3 단계 열전달에서 대류에 의한 1단계 열전달 방식으로 단계를 줄여 열 효율성을 크게 증대시킬 수 있었다. 이와 같은 열 효율성의 향상은 기존의 스팀 재킷형 당화조보다 더 빠르고 쉽게 온도 조절을 할 수 있도록 도움을 줄 것이며, 기존의 당화조에서 필요로 하는 보일러를 설치할 필요가 없으므로 공

간 사용을 크게 줄일 수 있으며 보일러 운용인력을 줄일 수 있어 경제성도 높일 수 있다.

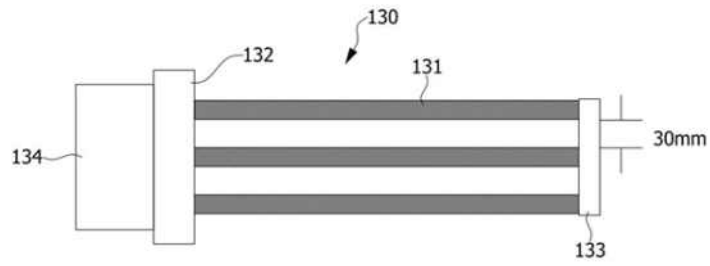


Figure 5-2. 전기 히터봉

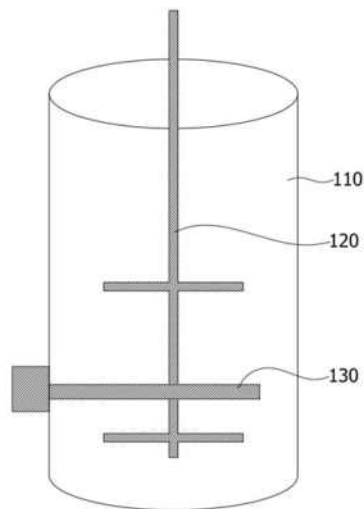


Figure 5-3. 전기 히터봉 삽입형 당화조

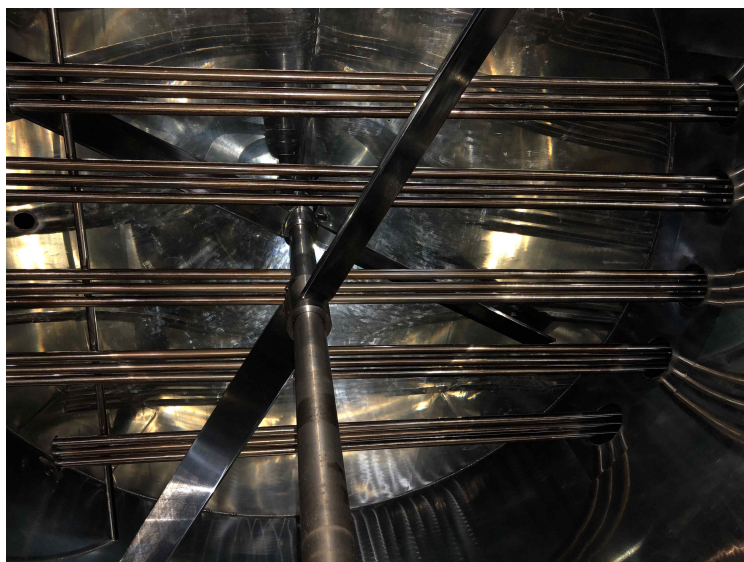


Figure 5-4. 당화조에 설치된 전기 히터봉

열에너지는 항상 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하는데, 단위시간에 이동되는 열량을 열전달 속도라고 한다. 열전달 속도는 두 지점 사이의 온도차에 비례하므로 이 온도차는 열전달에서 구동력으로 작용한다. 열전달은 열이 이동되는 방법에 따라 전도, 대류, 복사의 세 가지 방법에 따라 이동된다. 대부분의 열전달은 어느 한 방법에 의하기 보다는 이들의 복합적 방법에 의해 이루어지며, 모든 전열 계수를 총괄하여 표시할 수 있는 총괄열전달계수(overall heat transfer coefficient, U)로 다음 식과 같이 나타낸다. 이 식에서 q는 열량, U는 총괄전열계수이며, A는 열전달 면적, ΔT는 온도차를 나타낸다.

$$q = UA \Delta T$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{(h + h_r)_i} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \frac{1}{(h + h_r)_o}$$

3) 실험 방법

가) 데이터 로거의 측정

실험실에서 사용하는 당화조와 실제 ㈜파머스맥주 공장에서 사용하는 5t 당화조의 크기가 다르기 때문에 그에 따라 입력한 온도와 실제 당화조 안의 온도가 다를 수 있다고 예상하였다. 이에 ㈜파머스맥주의 공장의 5t 당화조 안에 세 개(D1-CH1, D2-CH1, D3-CH1)의 데이터 로거를 각각 다른 위치에서 실제 당화 중 당화조 안의 온도를 측정하였다. D1-CH1은 당화조 중심기둥에, D2-CH1은 당화조 2번째 계단에, D3-CH1은 당화조 3번째 계단에 각각 설치하여 다른 위치에서의 온도 프로파일을 얻었다.



Figure 5-5. 파머스맥주 제조 시설 중 5t 당화조에 데이터 로거를 설치한 모습

다. 결과 및 고찰

1) 참여기업의 맥주 제조시설 중 5t 당화조의 당화온도 프로파일 확립

실험실에서 사용하는 당화조와 실제 한국홍삼맥주 공장에서 사용하는 5t 당화조의 크기가 다르기 때문에 그에 따라 입력한 온도와 실제 당화조 안의 온도가 다를 수 있다고 예상하였다. 이에 한국홍삼맥주의 공장의 5t 당화조 안에 세 개(D1-CH1, D2-CH1, D3-CH1)의 데이터 로거를 각각 다른 위치에서 실제 당화 중 당화조 안의 온도를 측정하였다(그림 4-5). 그림 4-6에 세 개의 데이터 로거로 측정된 온도그래프를 중첩하여 나타내었다.

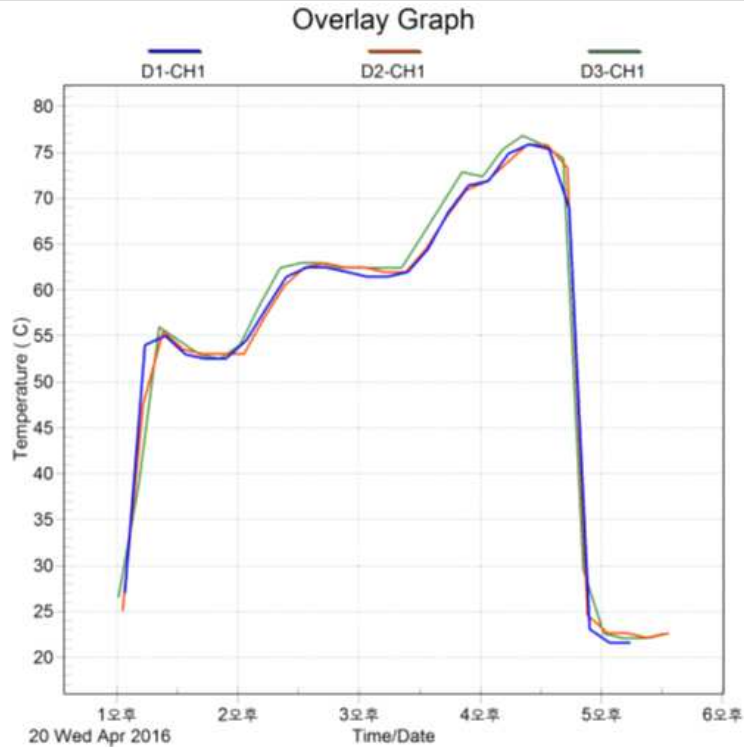


Figure 5-6. 데이터로거로 측정된 파머스맥주 당화조 안의 실제 온도

파머스맥주 당화조 안의 실제 온도 측정 실험 결과 세 개의 각각 다른 위치에서 측정된 데이터로거의 값이 비슷한 것으로 보아 당화조 안의 온도가 균일함을 알 수 있었다. 실험실에서는 당화시에 52°C에서 20분간 1차 당화를 시킨 다음 1°C/min 속도로 10분간 온도를 10°C 증가시켜 맥즙의 온도를 62°C 까지 올린 다음 1시간 더 당화시킨다. 그 다음 마찬가지로 1°C/min 속도로 10분간 온도를 10°C 증가시켜 맥즙의 온도를 72°C까지 올린 다음 15분간 당화시킨다. 그 다음 4분간 온도를 4°C 증가시켜 76°C에서 10분간 당화를 하여 당화를 완료하여 약 129분 간 당화를 진행한다. 하지만 실제 공장의 5t 당화조 온도를 측정해보니 부피가 커짐에 따라 온도를 올리는 데에 더 많은 시간이 걸렸다. 실제 당화조 안에서는 52°C에서 20분간 당화를 시킨 다음 25분간 온도를 10°C 증가시켜 맥즙의 온도를 62°C 까지 올린 다음 1시간 더 당화시킨다. 그 다음 35분간 온도를 10°C 증가시켜 맥즙의 온도를 72°C까지 올린 다음 12분간 당화시킨다. 그 다음 20분간 온도를 4°C 증가시켜 76°C에서 10분간 당화를 하여 당화를 완료하였다. 실제 공정에서는 약 192분 간 당화를 진행하여 당화시간이 약 2시간 에서 약 3시간으로 증가하였다. 실험실 당화조 안의 온도와 참여기업의 실제 5t 당화조 안의 온도를 표 4-1에 비교하였다.

실험실 온도 조건	당화 중 실제 맥주 5t 당화조 온도
52 °C (20min)	52 °C (30min)
↓ (10min)	↓ (25min)
62 °C (60min)	62 °C (60min)
↓ (10min)	↓ (35min)
72 °C (15min)	72 °C (12min)
↓ (4min)	↓ (20min)
76 °C (10min)	76 °C (10min)
129 min	192 min

Table 5-1. 실험실 온도 조건과 (주)파머스맥주 당화조 실제 온도 비교

이에 고창 공장의 실제 당화조의 온도를 설정하여 실험실에서 그대로 재현하였다.

2) 당화조의 열효율 증진

당화는 보리의 전분을 제맥 중에 생성된 맥아의 탄수화물 분해효소를 이용하여 발효에서 효모가 이용하기 좋은 포도당 등의 형태로 만드는 과정인데, 효소의 반응을 돕기 위하여 전분을 호화시킬 필요가 있으며 이를 위하여 열을 가해주어야만 한다.

외부에서 열량이 공급되는 기존의 스팀 재킷형 열교환 방식의 당화조가 아닌 위 그림 4-2와 같은 전기 히터봉을 제작하여 탱크 내부에 전기 히터형 열교환기를 삽입하는 방식의 당화조(그림 4-3)를 제작하여 탱크 내부에서 직접 열을 공급하였다. 이는 열전달 방식에서 기존 3 단계 열전달에서 대류에 의한 1단계 열전달 방식으로 단계를 줄여 열 효율성을 크게 증대시킬 수 있었다. 이와 같은 열 효율성의 향상은 기존의 스팀 재킷형 당화조보다 더 빠르고 쉽게 온도 조절을 할 수 있도록 도움을 줄 것이며, 기존의 당화조에서 필요로 하는 보일러를 설치할 필요가 없으므로 공간 사용을 크게 줄일 수 있으며 보일러 운용인력을 줄일 수 있어 경제성도 높일 수 있다.

아울러 운영비 측면에서도 기존 당화조에 필요한 비용(가스비 + 보일러 설치비) 대비 전기료만 필요하므로 운영비용도 대폭 줄일 수 있을 것이다. 스팀 보일러에 사용하는 화석연료의 양도 줄일 수 있으며 보일러 가동으로 발생하는 연기 및 미세먼지와 이산화탄소의 양을 줄일 수 있으므로 환경적인 측면에서도 매우 유익한 방법이다. 이와 함께 당화 공정을 자동화하고자 한다면 가장 중요한 변수가 되는 온도 제어를 가스 연소와 스팀을 이용하는 기존의 당화조에서는 매우 지난한 일이 될 것이나, 전기를 이용하는 새로운 당화조에서는 쉽게 feedback control 방식을 이용하여 자동화도 가능할 것이다.

이와 함께 열공급 장치에 이상이 생겼을 경우에도 기존의 스팀 재킷형 당화조의 경우 당화조 전체를 손봐야 하므로 부담이 매우 큰 반면에 전기 히터봉 당화조는 손쉽게 히터봉만을 분리하여 수리 또는 교체가 가능하므로 관리 및 유지 보수가 용이하며 그 비용 또한 매우 낮을 것이다.

2. 기본맥아 맥주와 특수맥아 맥주의 품질 비교평가

가. 요약

맥주의 품질관리(quality control, QC)는 specification과 consistency의 관점에서 관리한다. 즉 품질이 특정 수준을 만족하며 항상 일정하게 유지되도록 관리함을 의미한다. 이를 위해서는 각 품질의 측정법이 확립되어야 하고 측정 결과에 따른 관리가 이루어진다. 관리 대상의 맥주의 품질을 관능적 성질, pH, 색도, 환원당, 거품안정성으로 선정하여 각 분석법을 정립하였다. 관리는 먼저 맥주제조 설비 및 기구, wort, 그리고 최종 발효에 더해지는 효모를 대상으로 하였다. 제조 도구가 청결해야하며 맥주 발효전 물질인 wort의 품질이 관리되어야 하며, 발효에 더해지는 효모가 관리가 되면 항상 품질이 좋은 맥주가 제조될 수 있게 될 것이다. 따라서 일반 맥아 또는 특수 맥아를 이용하여 제조되는 맥주에 대한 품질관리 지표를 설정하고 각 지표에 따른 분석 방법을 확립하였다. 확립된 분석 방법에 따라 측정 결과 값들을 얻었으며, 미리 주어진 표준값 또는 최적값과 비교하면 전체 공정을 쉽게 관리할 수 있다.

나. 재료 및 방법

1) 알코올 함량 측정

알코올 함량은 알코올 증류 장치를 이용하여 알코올을 증류시킨 후 주정계(211-DK-12, DeaKwang, Seoul, Korea)를 이용하여 비중의 변화를 보았으며, 이를 주정분 온도 환산표를 통해 알코올 함량을 환산하여 예측하였다.

2) 쓴맛 측정

맥주의 쓴맛에 대한 측정의 경우 ASBC에 제시된 방법을 이용하여 사용하였다. 맥주를 거품의 손실이 없도록 가스를 제거하여 20℃로 조절하고 10 mL를 원심분관에 취한 후 6N 염산 0.5 mL, iso-octane 20mL를 가하여 밀봉한 다음 진탕하였다(250 rpm, 15min). 3000 rpm에서 3분간 원심분

리 후 iso-octane 층을 취해 순수한 iso-octane을 대조로 275 nm에서 흡광도(A)를 측정하였다. 이를 각 품종별 맥주의 최종 제품 측정값을 비교하여 분석하였다.

$$\text{Bitterness} = 50 \times A$$

3) 거품 안정성 측정

맥주의 거품 안정성에 대한 측정의 경우 ASBC에 제시된 방법을 이용하여 실험하였다. 하부에 cock이 있는 유리 칼럼 높이 직경을 사용하였다. 시료 50 mL를 붓고 30초 후에 거품 이외의 하층액을 제거한 후 cock을 다시 막았다. 그 후 230초간 거품이 꺼지는 시간을 허용하여 깨진 거품의 양(b)과 남은 거품 양(c)을 측정하여 다음과 같은 식으로 거품 안정성(sigma)을 산출하였다. 이를 각 품종별로 거품 안정성을 측정, 비교하여 분석하였다.

$$\sigma = \frac{230}{2.303 \log \left[\frac{b+c}{c} \right]}$$

4) 색도 측정

색도계(CR-300, Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan)를 사용하였으며, Hunter L(lightness), a(redness), b(yellowness)의 값을 측정하여 이에 대한 변화 양상을 각 품종별 비교를 통해 분석하였다.

5) 탁도 측정

Spectrophotometer(UVmini-1240, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 700 nm에서의 흡광도가 430 nm에서 측정한 흡광도 보다 ≤ 0.039 배라면 탁도가 “없음” 으로, 아니라면 “있음” 으로 결정하여 각 품종별 맥주의 차이를 알아보았다.

다. 결과 및 고찰

1) 알코올 함량

품질 관리 항목에 따라 기준에 (주)파머스맥주에서 생산하는 일반 맥아 2종을 이용하여 측정한 알코올 함량은 다음 표 4-2와 같다.

	Pilsner	광맥
알코올 함량 (%)	4.60 ± 0.61	4.71 ± 0.10

Table 5-2. 맥아 종류에 따른 맥주의 알코올 함량

알코올 농도 측정결과 Pilsner와 광맥으로 제조한 맥주의 알코올 함량은 각각 4.60과 4.71%로 맥주의 표준 알코올 농도 범위인 4.3~5.6%에 속했다.

2) 쓴맛

Bitterness를 측정하는 방법에 따라 일반 맥아 2종에 대하여 측정된 쓴맛의 정도는 다음 표 4-3과 같다.

	Pilsner	광맥
Bitterness	15.87 ± 4.47	17.10 ± 0.89

Table 5-3. 맥아 종류에 따른 맥주의 Bitterness

쓴맛 정도는 주로 hop에서 나오는 유도체인 iso- α acid 함량에 따라 나타나며, 맥주의 iso-octane 으로 산성화되어 추출된 bitter substances를 측정하여 결정된다. 표 4-3은 서로 다른 맥아를 이용하여 제조된 맥주의 쓴맛 품질평가 결과이다. 쓴맛 측정 결과 모든 맥주의 측정값이 표준범위인 10-40BU에 속하였다.

3) 거품 안정성

	Pilsner	광맥
거품 안정성 (Σ)	378.34 \pm 7.05	203.22 \pm 34.69

Table 5-4. 맥아 종류에 따른 거품 안정성

거품의 안정성은 맥주 품질 특성에 있어 가장 기초적이고 중요한 항목으로 hop에서 유리되는 iso- α acid와 malt로부터 기인한 많은 protein 및 polypeptide에 의해 생성된다. 표 4-4는 다른 종류의 맥아를 이용하여 제조된 맥주의 거품안정성 평가 결과이다. 거품의 안정성의 수치가 높을수록 보다 안정하다는 것을 뜻하는데 pilsner로 제조된 맥주의 거품 안정성이 광맥으로 제조된 맥주에 비하여 약간 높은 것을 볼 수 있다.

4) 색도

	L	a	b
Pilsner	30.79 \pm 0.37	0.53 \pm 0.01	13.92 \pm 0.23
광맥	34.60 \pm 0.16	0.19 \pm 0.54	8.71 \pm 0.91

Table 5-5. 맥아 종류에 따른 색도

서로 다른 맥아로 제조된 맥주의 색도는 표 4-5와 같다. Pilsner의 L 값은 광맥보다 약간 낮아 더 짙은 색을 나타낸 반면에 a 값은 큰 차이를 보이지 않았다. Pilsner의 b 값은 광맥보다 약간 높은 값으로 나타났는데 이는 Pilsner 제조 맥주의 색이 조금 더 노란 빛을 띠는 것으로 보인다.

5) 탁도

품질 평가 방법에 따라 측정된 서로 다른 맥아를 사용하여 제조된 맥주의 탁도는 두 종류 모두 탁도를 갖는 것으로 나타났다.

2-2. 2차년도 연구개발과제의 수행 과정 및 내용

[주관 : Caramel 양산공정 표준화]

1. Caramel맥아 제조공정 현장최적화 및 표준화

가. Caramel맥아 제조공정 현장최적화



Figure 1-1. 맥아제조기



Figure 1-2. 맥아건조기

협동1,3과 협업하여 국내산 보리를 활용한 Caramel맥아 제조공정을 Fig.1-1에서는 제맥공정을 Fig.1-2에서는 Caramel반응 공정을 현장최적화 하였다.

Caramel맥아에 대한 수차례의 실험과정(수분함량, 건조온도 등)을 일지 Fig.1-3에 기록하였고, 1차년도에 진행하였던 기본맥아 제조공정의 표준화를 통해 2차년도 Caramel 맥아 표준화를 수행하였다. 협동 1에서 진행하였던 스텀링(STEWING) 공정은 현장 적용에 적합하지 않으며, 공정에 큰 영향력이 없다고 판단되어 협동1, 협동3과 협의 후 스텀링(STEWING) 공정을 거치지 않고 현장 적용 표준화를 수행하였다. 현장 실험 시, 수입산 Caramel 맥아인 Carafa(EBC 350~450)를 기준으로 설정하여 국내산 맥아인 광맥을 활용한 caramel 맥아를 제조하기 위해 수차례 실험을 진행하였다. 본 실험을 통해 국산 Caramel맥아의 EBC 표준 및 수입산 맥아와의 편차 기준을 잡을 수 있었다. 또한, Caramel반응 정도를 조사하기 위하여 건조 시간 변화에 따른 수분함량을 측정하여 데이터화하였다. 맥아 제조 시 수분함량은 초기 수분을 49%에서 시작하였으며, 최종 수분율이 6% 이하가 될 때를 기준으로 하여 시간대별로 맥아 제조를 종료했다.

협동 1에서 제조하여 얻은 맥아의 결과 값과 현장의 공정을 통해 얻은 맥아의 결과 값에 차이가 나는 원인으로서는 드럼형태의 회전식 방식으로 인한 열손실과 건조기의 자체 수분손실에 있음을 파악하였다. 열손실에 대한 부분은 예열 등을 통하여 보완하였으며, 수분손실은 건조기의 투입구 부분을

밀봉함으로서 현장 적용의 오차를 줄여 나갔다.



Figure 1-3. Caramel맥아 현장 일지 사진

Table 1-1 caramel 맥아제조과정 현장최적화 실험

Caramel맥아 제조과정 현장최적화 실험						
생산시작일자	건조 경과시간(수분율%)					최종수분
	1.25h	2h	3h	4h	5h	
2020.03.23	22.23	18.91	2.59	1.04	0.74	0.53(%)
2020.04.06	23.47	19.21	2.78	0.94	0.54	0.54(%)
2020.04.15	22.52	18.43	2.63	1.11	0.66	0.57(%)
2020.04.20	23.87	19.47	2.55	1.00	0.55	0.53(%)
2020.05.11	23.77	19.33	2.80	0.94	0.73	0.50(%)
2020.05.27	22.33	18.23	2.34	0.94	0.56	0.56(%)
2020.06.08	22.47	18.10	2.65	0.97	0.55	0.55(%)
2020.06.23	23.57	19.11	3.01	1.02	0.80	0.74(%)
2020.07.06	24.88	19.23	2.66	0.99	0.75	0.71(%)
2020.07.28	24.55	19.45	2.54	0.97	0.71	0.55(%)
2020.08.17	24.22	18.87	2.21	1.01	0.65	0.55(%)
2020.08.27	23.56	18.55	2.65	0.97	0.66	0.55(%)
2020.09.22	22.12	18.79	2.54	0.97	0.67	0.61(%)
2020.10.12	23.18	19.21	2.66	0.91	0.61	0.61(%)

나. Caramel맥아 제조과정 표준화 및 매뉴얼 작성

1) Caramel맥아 제조과정 표준화

현장최적화 실험을 통해 얻은 caramel맥아제조과정 최적화 과정을 아래에 제시하였다.

- 가) 보리를 정선하여 제맥 준비를 한다.
- 나) 수침탱크에 20℃ 이하 물로 보리가 잠기도록 1차 수침공정을 진행한다. 이때, 정선과정에서 남은 겨껍질 등 불순물을 수면위에서 제거한다.
- 다) 1차 수침이 끝나면 배수 후에 1차 건침을 20시간 진행한다. 탱크 내부 온도는 10~13℃를 유지하면서 수분 율을 유지한다.
- 라) 1차 건침 종료 후 2차 수침을 1차 수침 때와 동일하게 4시간 진행한다. (수온 20℃이하)
- 마) 2차 수침 종료 후 2차 건침을 20시간 동안 진행한다. 탱크 내부 온도는 10~13℃를 유지하면서

수분 율을 유지한다.

바) 3차 수침은 보리의 수분율에 따라 2~3시간을 진행한다. (수온 20℃ 이하)

사) 3차 수침이 종료되면 발아공정을 진행한다. 20℃의 수분을 10시간 간격으로 15초 동안 분사한다. 내부온도 15~20℃를 유지한다(냉풍기 가동). 수분율은 42~45%를 유지한다.

아) 발아공정은 외부 온도나 환경요건에 따라서 3~6일 진행하도록 한다.

자) 수분함량 약 49%의 맥아를 160℃ 건조를 시작한다

차) 6시간 건조를 하여 Caramel맥아 생산공정을 종료한다.

위와 동일한 과정을 거쳐 국산보리로 Caramel맥아를 생산하여 수입Caramel맥아와 품질을 비교하였을 때, 큰 차이가 없음을 확인하였으므로 Caramel맥아 생산공정을 아래와 같이 표준화 하였다.

Table 1-2 맥아제조공정 표준화 결과

Caramel맥아 생산공정	건조온도(℃)	건조시간(kilning time)
	160℃	6 h

2) Caramel맥아 제조공정 매뉴얼

표준화 과정을 거쳐 완성된 국내산 보리를 활용한 Caramel맥아 제조공정도를 작성하였다.

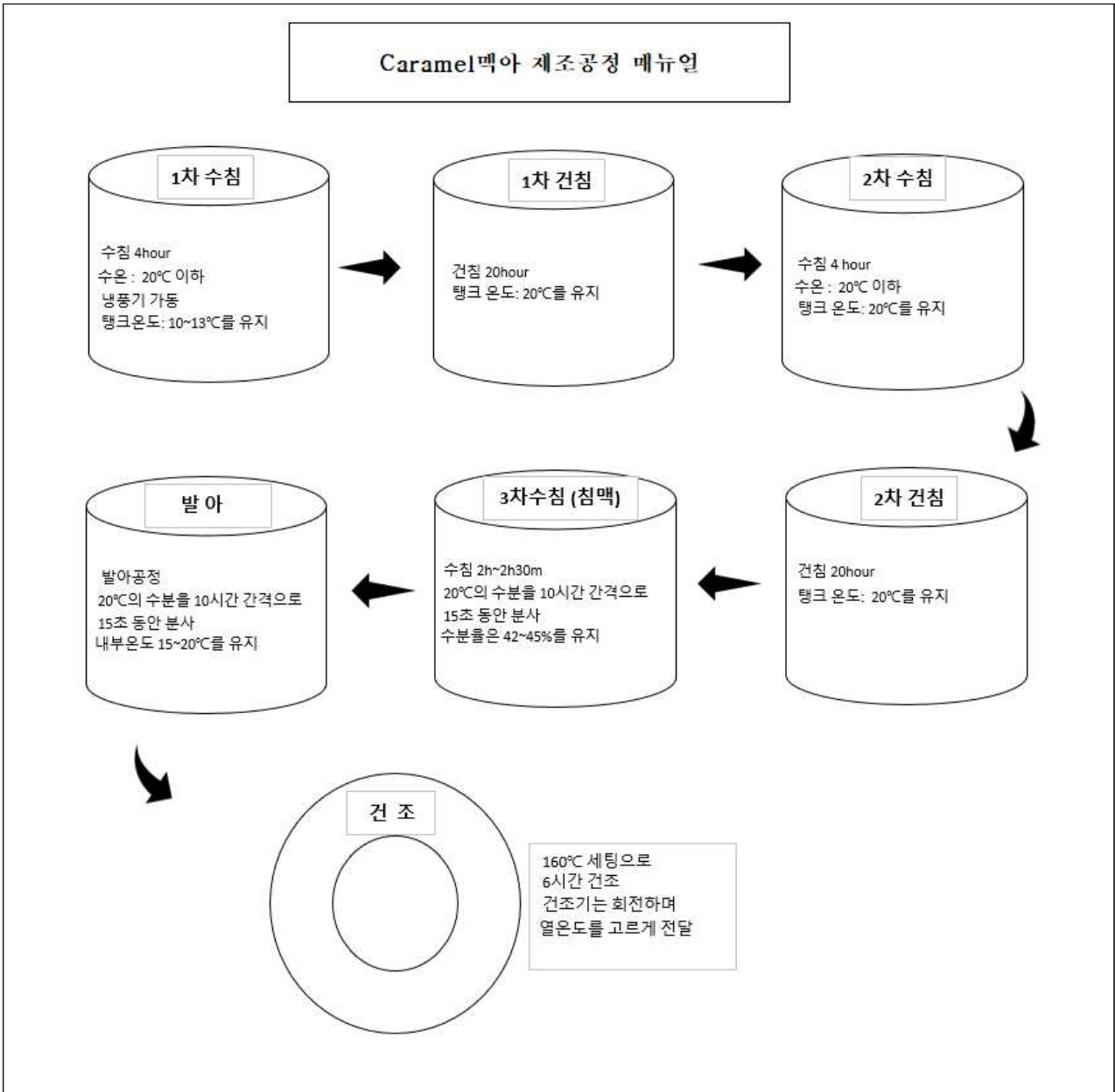


Figure 1-4. Caramel맥아 제조공정 매뉴얼

2. Caramel맥아를 활용한 수제맥주 제조 공정 현장최적화 및 표준화

가. Caramel맥아를 활용한 수제맥주 제조공정 현장최적화

협동 2, 협동 3과 협업하여 국내산 caramel맥아와 젖산균을 이용하여 수제맥주 제조공정을 현장최적화하였다.



당화조



여과조



발효탱크

Figure 1-5. Caramel맥아 맥주가공시설

협동 3과 협업하여 Caramel맥아를 이용한 수제맥주생산공정에 대한 수차례의 현장최적화 실험과정을 일지(Fig. 1-6)에 기록하였고, Caramel맥아를 이용한 수제맥주 생산공정에 국내산 및 수입산 맥아 그리고 젖산균과 효소제를 사용하여 현장최적화한 내용 (당화온도, 여과시간, 수율 등)를 Table 1-3에 나타내었다.

젖산균 처리 시 양조용수 대비 1/30에 10^8 cfu/ml 가 되도록 젖산균을 30℃에서 배양 후 맥아와 같이 투입하였다. 여과시간에서 젖산균을 처리하여 공정을 진행한 맥주가 가장 짧은 시간을 나타내는 것을 확인하였다. 위 변수 등을 고려하여 Caramel맥아를 이용한 수제맥주생산공정 표준화를 하였다.

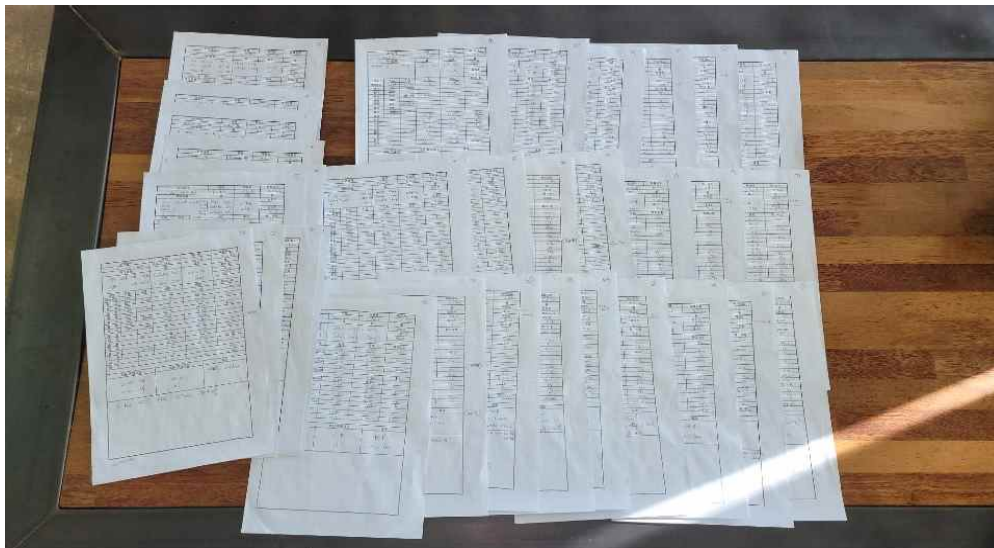


Figure 1-6. 현장 일지 사진



Figure 1-7. 젖산균 적용 후 맥주 거품입자 비교사진

(A : 국내산 기본 맥아 (광맥) + 수입산 caramel 맥아 (Cara aroma)

B : 국내산 기본 맥아 (광맥) + 국내산 caramel 맥아 (광맥) + 젖산균 처리)

젖산균을 처리하여 제조한 최종 맥주거품의 포집도는 매우 곱고 균일하여 프리미엄 맥주 거품을 만들 수 있었다. 맥주 품질 평가에 있어서 거품유지력(안정성)은 육안으로 평가할 수 있는 부분에서 가장 큰 비중을 차지한다. Figure 1-7에서 젖산균을 처리한 맥주 (B)는 젖산균 처리를 하지 않고 제조한 A에 비해 높은 거품 유지력을 확인할 수 있다.

Table 1-3 수제맥주제조공정 현장최적화

Caramel맥아 맥주제조공정 현장최적화					
생산시작일자	재료명	제품종류	당화온도(°C)	여과시간(H)	수율
2020.06.12	광맥+ caramel광맥	Dunkel	62.5	3	87%
2020.06.20	광맥+ 수입산cara malt	Dunkel	62	3.5	87.5%
2020.07.03	광맥+ caramel광맥 (젖산균추가)	Pilsner	62.3	3	87.2%
2020.07.09	수입산 pilsner malt+ caramel광맥	Dunkel	62.1	3.5	87.4%
2020.07.21	수입산 pilsner malt+ 수입산 cara malt	Dunkel	62.1	3.5	85.5%
2020.08.13	광맥+ caramel광맥 (젖산균추가)	Pilsner	61.8	3	87.2%
2020.08.24	광맥+ 로스팅광맥 광맥+ caramel광맥	Dunkel	61.5	3.5	85.3%
2020.09.15	(젖산균추가 /효소제 추가)	Pilsner	61.7	3.5	87.4%
2020.10.5	광맥+ 수입산cara malt	Dunkel	61.8	3.5	85.5%
2020.10.16	광맥+ 수입산cara malt(효소제추가)	Dunkel	61.5	3.5	87.2%

나. Caramel맥아 수제맥주 제조공정 표준화 및 매뉴얼 작성

1) Caramel맥아 수제맥주 제조공정 표준화

현장최적화 실험을 통해 얻은 국내산 Caramel맥아를 활용한 수제맥주제조공정 최적화 조건 및 과정

을 아래에 제시하였다.

- 가) Caramel Malt를 분쇄한다. 200kg ~ 250kg (평균적으로 최종 목표량의 25% 정도)
- 나) 당화조에 800L의 물을 준비한 후 온도를 30℃로 유지. 양조용수 대비 1/30에 10⁸cfu/ml 가 되도록 젖산균을 넣고 배양한다.
- 다) 당화조 Malt 젖산균 접종. 60분간 정치시킨다. 정치후 62℃로 당화를 시켜준다.
- 라) 72℃ 로 승온 시켜 준 후 72℃ 상태에서 계속 교반시켜주며 15분간 정치한다.(정치가 끝난 후 히터 off)
- 마) 살균이 되어 250L의 물이 담겨있는 여과조 망의 윗부분으로 당화조의 맥즙을 옮겨준다. (여과조 내부의 여과층 생성을 위하여 교반기를 회전시켜주며 이송한다.)
- 바) 맥즙 이송이 완료되면 교반기를 정지시킨 후 25분 정도 정치시켜준다.
- 사) 여과망 아래쪽에 있던 흐린 맥즙을 여과조 윗부분으로 순환시켜준다.
- 아) 사이드글라스를 통하여 맥즙이 맑아진 것을 확인하면 미리 청소해둔 당화/자비조로 이송하고 (맥아 껍질부분이 넘어 가지 않도록 주의한다) 펌프의 RPM을 점차적으로 상승시키며 여과가 끝날 때까지 유지해 준다.
- 자) 여과가 끝나기 전 히터봉이 맥즙에 충분히 잠길 때부터 히터를 가동시켜 100℃까지 승온한다.
- 차) 100℃에 도달하면 60분간 끓여주며 Hop를 투입한 후 히터를 끄고 교반을 정지한 후 25분간 정치한다.
- 카) 맑은 맥즙을 열교환기를 통해 발효/숙성조로 이송한다. (열교환기를 통과하는 시점에서의 온도가 30℃ 이하를 유지하도록 한다)
- 타) 맥즙 이송이 약 75% 정도 진행되었을 때 30분간 배양해두었던 효모를 넣어 주도록 한다.
- 파) Lager (14℃~16℃)/ Ale (16℃~20℃) 등 맥주 종류에 따라서 온도를 설정하고 36시간 이 지난 후 열려있던 압력 밸브를 닫아준다.
- 하) 압력 밸브는 압력센서 부근에 연결해주어 1.0~1.2bar로 설정한다.
- 거) 맥주종류에나 발효온도에 따라 Lager (12~14 day) / Ale (5~10 day) 발효시킨다.
- 네) 발효가 더 이상 일어나지 않을 경우 온도를 4℃이하로 낮춘 후 맥주종류나 효모종류에 따라 3~7일 이상 숙성시킨다.

위와 동일한 과정을 거쳐 수입산 맥아인 cara aroma를 사용하여 제조한 맥주와 국내산 caramel맥아로 제조한 수제맥주의 품질을 비교하였을 때, 큰 차이가 없음을 확인하였다. 이를 통해 국내산 caramel 맥아가 수입산 caramel 맥아를 대체할 가능성을 확인할 수 있다.

Table 1-4 수제맥주제조공정 표준화 결과

젖산균 적용방법	30℃에서 젖산균 배양 후 담금 진행
젖산균 적용결과	젖산균을 처리하여 제조한 국내산 caramel 맥주는 수입산 caramel로 제조한 맥주에 비해 거품 안정성이 높음 제품 품질의 향상에 긍정적으로 작용됨

2) 수제맥주 제조공정 매뉴얼

표준화 과정을 거쳐 완성된 국내산 보리를 활용한 수제맥주제조공정도를 협동기관과 논의하여 최종 작성하였다.

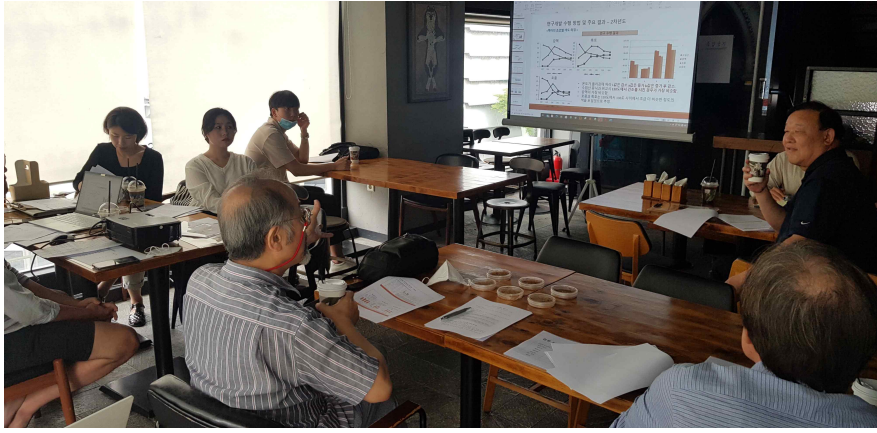


Figure 1-8. 2020년 2차년도 회의사진

Caramel맥아 맥주제조 공정설명서

국산기본(base)맥아 + Caramel광맥(3.5%)

맥아종류(광맥 200~250kg)

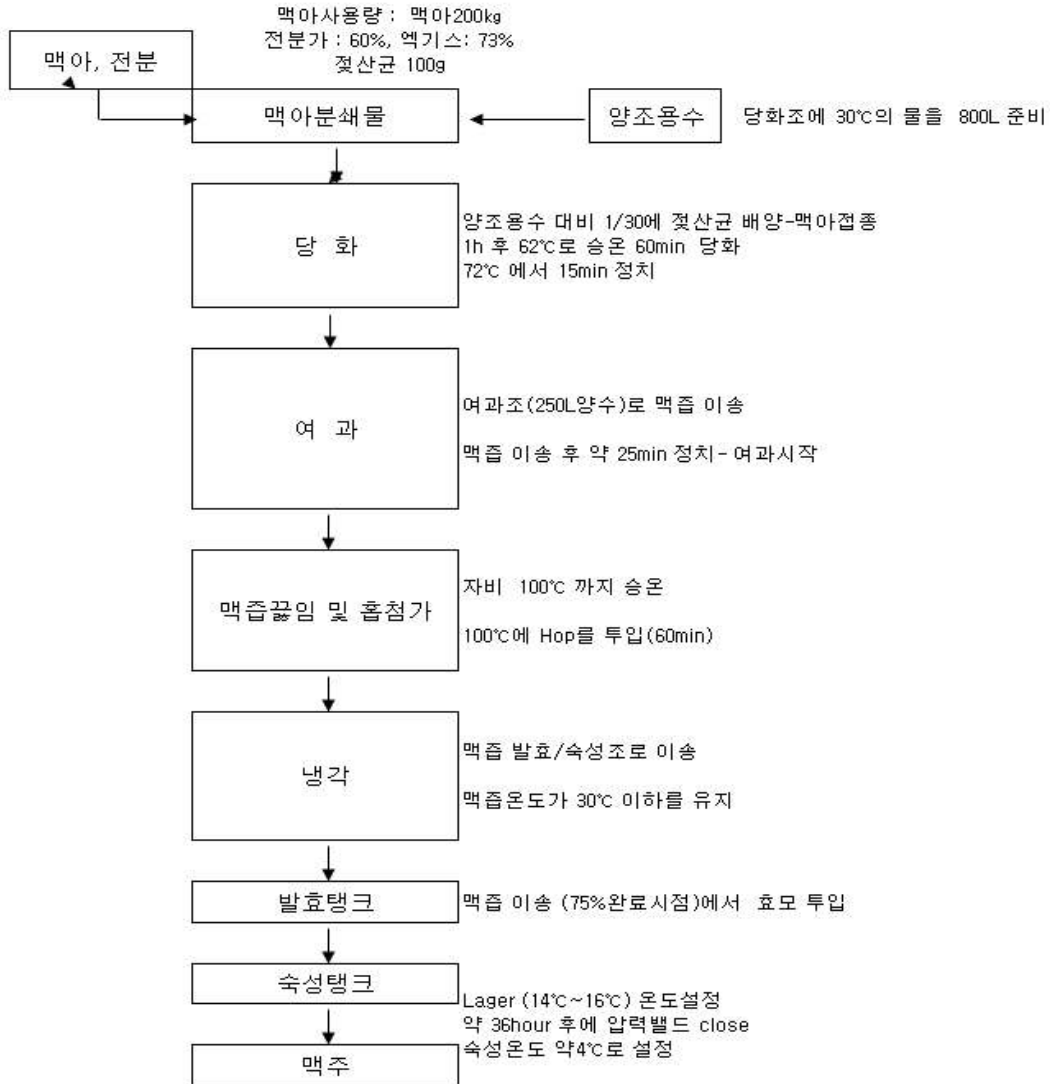


Figure 1-9. Caramel맥아 맥주제조공정 매뉴얼

[협동 1: 국내산 맥주보리를 활용한 caramel맥아개발연구]

1. 실험 재료

보리의 선택 기준에 따라서 맥아 및 맥주의 품질 특성이 달라지기 때문에 맥아제조의 기본 원료인 보리를 선정하는 것이 중요하다. 기존 연구인 “신개념 지역특산 국산일반보리 프리미엄 맥주를 위한 제조기술 개발”에서 2조맥 보리와 6조맥 보리를 이용하여 천립중, 발율, 단백질의 함량 등 품질 특성을 비교하였다. 이에 의하면 천립중은 추출 수율과 비례하며 발아율은 맥아의 품질 및 맥즙 여과시간에 영향을 미친다. 또한 단백질 함량이 높으면 탄수화물의 함량이 낮아서 혼탁 등 문제를 일으킨다. 그러므로 그 중 결과가 가장 좋았던 2조맥 맥주보리인 ‘광맥’을 주재료로 선정하였고 비교군으로 다른 제주도산 맥주보리로 ‘호품’을 사용하였다. 또다른 비교군으로 ‘흑호’도 사용되었다. 국내산 맥아인 ‘광맥’과 ‘호품’, ‘흑호’와 비교할 수입산 맥아로는 국내에서 수입산 맥아로 많이 사용하는 ‘cara aroma’를 선정하였다. 선정된 재료들은 건조 조건에서 온도의 변화를 각기 다르게 하여 맥아의 품질 특성이 어떻게 변화하는지 관찰하였다. 품질적인 특징의 차이를 확인하기 위해

각각의 Lab 색도, EBC 색도, 당도, MRP(Mailard reaction product), HSS-GC-MS를 이용한 향기 성분의 정량 및 정성분석을 하였다. 위의 실험들은 맥아의 향미적인 특성이 어떠한 변화가 일어나는지 확인 할 수 있는 실험이다.

2. 실험 방법

가) 맥아 제조

맥아를 제조하기 위해서는 기본적으로 침맥(Steeping)-발아(Germination)-배조(Kilning) 과정을 거치게 된다.



보리는 2조맥 보리와 6조맥 보리가 있다. 2조맥 보리는 보리 이삭에 보리알이 두 줄로 나란히 달려, 낱알의 크기가 일반 보리에 비해 크며 단백질 함량이 적고, 전분질 함량이 높아 맥주양조에 적합한 보리이다. 6조맥 보리는 보리 이삭에 보리알이 6열로 달린 보리로, 단백질 함량이 높고 주로 식용으로 사용하는 보리이다. 세부적으로는 맥주보리, 겉보리, 쌀보리가 있다. 맥주 보리가 겉보리 및 쌀보리에 비해 품질 특성이 우수하다는 사실을 알 수 있다. 또한 같은 계열의 맥주 보리 중 2조맥 보리가 6조맥 보리에 비해서 품질특성이 우수하다. 또한 맥아의 제맥 적성을 평가하기 위해 천립중, 발아세, 발아율, 수감수성, 침맥시간, 신장도, 효소역가 측정 방법을 이용하여 제맥의 적성 평가를 실시 한 결과, 이 역시 2조맥 보리가 우수하다는 사실을 알 수 있었다. 그러므로 증명된 사실들을 토대로 실험 재료로 쓰일 보리는 2조맥 맥주 보리인 ‘광맥’, ‘호품’ 그리고 ‘흑호’를 사용하였다. 또한 수입산과 비교하기 위하여 수입산 맥아 ‘cara aroma’를 사용했다. 위의 보리들은 과거 부터 주로 이러한 보리들을 계속해서 다루고 판매를 진행하였던 주관기관인 (주) 파머스 맥주로부터 공여 받아 사용하였다. (주) 파머스 맥주는 맥주를 만드는 기본 공장 기기를 보유하고있고 과거 농림부와 함께한 과제를 바탕으로 공장에서 맥아를 만들어 판매까지 하는 기업으로 재료에 대한 신뢰도는 매우 높은 기업이다.

나) 색도 측정

색도는 두 가지 방법으로 측정하였다. 색도를 측정 할 때 일반적으로 많이 사용하는 Hunter Lab를 측정하는 방법과 맥주의 색도 단위인 EBC를 측정하는 방법을 사용하였다.

① Lab

Lab 색채 원리로 UDL colormeter NE4000(Nippon Denshoku, Japan)색도계를 이용하여 측정하였다. ‘호품’, ‘광맥’, ‘필스너’ 각각에 대하여 색도계에서 나온 L, a, b, E 값을 측정하였다.

② EBC

EBC는 전처리 완료된 ‘호품’, ‘광맥’, ‘필스너’ 각각의 시료를 9x6 well에 넣은 다음 430nm로 흡광도를 측정하여 다음과 같은 식을 이용하여 구하였다.

$$EBC \text{ units} = 25 \times A_{430} \times F$$

(25 = 증배 계수 A_{430} = 430 nm에서 측정된 흡광도 값 F = 희석 배수)

다) 당도 측정

당도는 Master refractometer(ATAGO, Japan) Brix 당도계를 이용하여 측정하였다.

라) MRP 측정

MRP(Maillard reaction product)의 양은 Epoch spectrophotometer(Biotek, USA)로 Maillard reaction 과정에서 생성되는 갈변물질을 측정하는 데 적합한 측정범위인 420nm 조건에서 흡광도의 값으로 측정하였다.

마) 향기성분 분석

향기성분 분석은 GC-MS-HSS 86.50(Agilent Technologies, USA)로 3종류 맥아에 관하여 정성 분석 및 정량 분석을 진행하였다. 맥아를 powder의 형태로 만들어 특수하게 제작된 50ml 유리 vial에 1g을 담아 Headspace Autosampler를 이용하여 맥아의 분석을 실시하였다.

Analysis device	HSS-GC-MS		
Column	HP-5MS-UI(0.25 μ m, 30m \times 0.25 mm)		
Injection volume	맥아 1g(powder), IS 10 μ l(130ppm)		
Split	20 : 1		
Flow rate	0.8mL/min		
Column Temp.	Rate($^{\circ}$ C/min)	Temp.	Holding time(min)
		40	5
	7	180	2
	10	250	5
HSS oven Temp.	90~100 $^{\circ}$ C		
HSS Incubation time	30 min		

* Headspace-GC-MS method

분석 Headspace GC기기는 Agilent technologies 7820A 장비를 이용하였으며 Column으로는 HP-5MS-UI column(0.25 μ m, 30m \times 0.25 mm) 을 사용하였고 split은 20:1로 설정하였다. Flow rate는 0.8mL/min으로 설정하였다. Column온도는 40 $^{\circ}$ C에서 5분간 기다렸다가 180 $^{\circ}$ C까지 7 $^{\circ}$ C/min으로 온도를 올린 다음 2분간 기다렸다. 250 $^{\circ}$ C까지 10 $^{\circ}$ C/min으로 설정하고 5분간 기다렸다. Headspace oven 온도는 100 $^{\circ}$ C로 설정하였다. Gas는 Helium 기체를 사용하였다.

정량분석을 위해 내부표준물질(Internal standard)로 Dichlorobenzene을 선정하였으며 용매로는 Dichloromethane을 사용하였다.

3. 주요 연구결과

가) 카라멜 맥아 제조

맥아의 제조과정은 침맥은 15 $^{\circ}$ C에서 wet steeping과 dry steeping을 3회 반복하여 실시하였으며, germination은 16 $^{\circ}$ C에서 총 5일간 보리를 발아시킨 후 체근 한 이후 Stewing 과정을 실시하였다. 30분간 45 $^{\circ}$ C를 유지한 후, 65 $^{\circ}$ C까지 각 5 $^{\circ}$ C의 온도 구간별 온도 증가속도를 점차 감소시킨 다음, 110 $^{\circ}$ C까지는 온도 증가속도를 점차 크게 하였다. 그 후 배조(Klining)과정에서 건조 온도에 따라 제조되는 맥아의 색깔 및 품질을 결정지을 수 있는지 확인하기 위하여 ‘광맥’, ‘필스너’, ‘호품’ 각각에 대하여 추가로 건조온도를 변화시켰다.

건조 온도 조건은 3종류 맥아를 130 $^{\circ}$ C, 140 $^{\circ}$ C, 150 $^{\circ}$ C, 160 $^{\circ}$ C, 170 $^{\circ}$ C, 180 $^{\circ}$ C로 추가 건조한 것으로 나뉘었다. 건조는 맥아의 수분 함량이 6%미만이 될 때까지 진행을 하였다. 이후 제조된 맥아는 Drum mill (Malt Drum Mill, Jeil Industry Co.,Korea)을 이용하여 1 mm의 간극으로 분쇄

하였다.

나) 수분함량 측정

카라멜 맥아는 수분 함량이 6 % 미만이 될 때까지 3 가지 종류의 보리를 서로 다른 온도에서 로스팅하여 가공했다. 당화 초기 단계에서는 75 °C에서 1 시간 동안 가열 하였다. 초기 당화 단계 후 다시 열을 생맥아 (green malt)에 가했다. 열의 다른 온도는 맥아의 풍미, 색 및 항산화 력에 영향을 미친다. 주어진 열 조건은 130 °C, 140 °C, 150 °C, 160 °C, 170 °C, 180 °C로 카라멜 맥아를 실험실 규모에서 제조한다. 한국산 맥아 (광맥, 호품, 흑호)의 수분 함량 변화는 Fig 2-1~3과 같다. 맥아 공정의 시간과 온도가 증가하면 수분 함량이 감소하는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 맥아의 수분 함량이 6 % 미만이 될 때까지 수분 함량 실험을 진행 하였다. 일반적으로 온도가 150 °C에서 160 °C로 상승하면 수분 함량이 크게 감소한다. 맥아의 수분 함량을 6 % 이하로 만드는데 150 °C와 160 °C에서 75 분 밖에 걸리지 않았다.

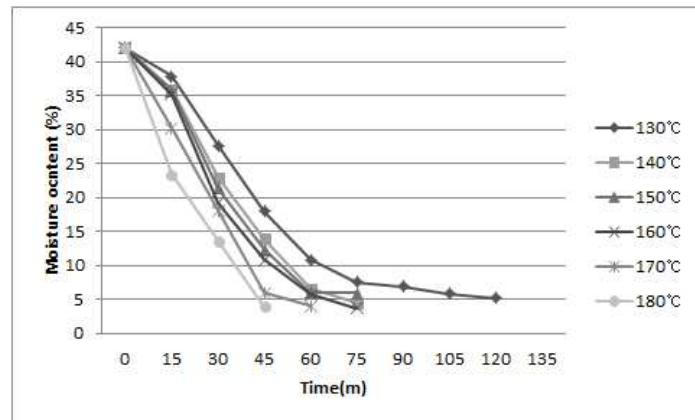


Fig. 2-1. Changes in moisture content during the malt caramelization phase at different kilning temperatures. (Gwangmaek)

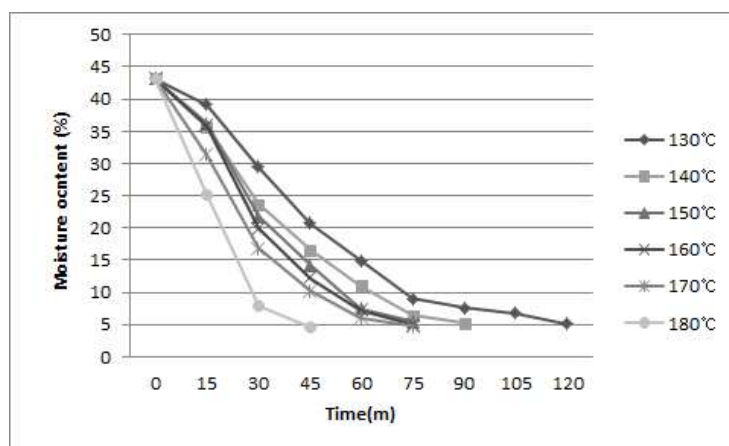


Fig. 2-2. Changes in moisture content during the malt caramelization phase at different kilning temperatures. (Hopum)

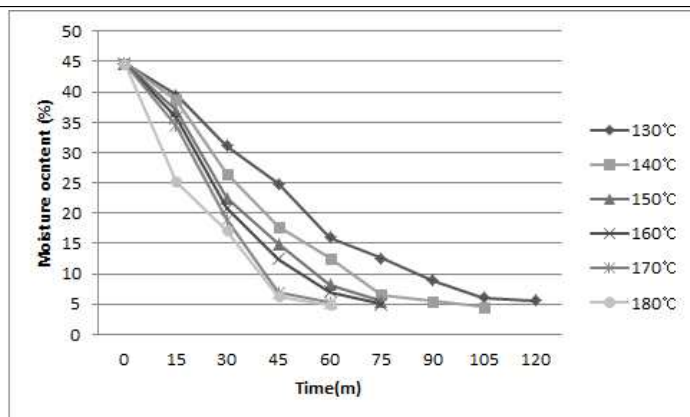


Fig 2-3. Changes in moisture content during the malt caramelization phase at different kilning temperatures. (Heukho)

다) 카라멜 맥아의 특성

Table 2-1.을 보면 가열 온도와 시간에 따른 수분함량, 당도, pH 및 MRP를 보여준다. 당도에 있어서는 광맥과 호품의 당도는 매우 비슷했지만 흑호는 다른 것보다 낮은 함량을 보였다. pH의 변화 결과는 가열 온도가 상승하면 카라멜 맥아의 pH가 감소함을 보여준다. Maillard 반응 중에 생성된 환원성 또는 멜라노이딘은 산성 물질이므로 이러한 결과를 얻을 수 있다.

가열 온도에 따라 형성된 MRP는 맥아 추출물을 이용하여 측정하였다. 예상대로 높은 온도의 가열 과정이 있을수록 MRP 함량을 증가시켰다. 카라멜 맥아 생산 중 더 높은 킬닝 온도는 색에 영향을 미치는 MRP의 증가를 확실하게 보여주었고 이는 색도를 측정할 때 어느 정도 비례하는 결과를 보여준다. 카라멜 맥아 생산 과정에서 열처리, 환원당과 아미노 화합물 사이의 반응이 발생한다. 이러한 화합물은 LMW MRP라고 불리며 또한 이러한 화합물은 중합 및 가교 결합을 통해 생산할 수 있다, 이 반응은 맥아의 색에 영향을 줄 수 있다.

Table 2-1. Development of caramel malt characteristics from different heating temperature (Gwangmaek, Hopum)^a

	Temperature	Time	Moisture	Sugar		PH			MRP ^b	
	(°C)	(min)	Content	(°Bx)					(absorbance at 420nm)	
			(%)							
Cara aroma			7.15	7.4	± 0	5.22	± 0.01	3.504	± 0.03	
Gwang mac	130	120	5.19	7.7	± 0	5.35	± 0.01	2.007	± 0.02	
	140	75	4.51	7.8	± 0	5.17	± 0.01	3.186	± 0.02	
	150	75	5.92	7.5	± 0	4.71	± 0.02	3.426	± 0.03	
	160	75	5.2	7.5	± 0	4.64	± 0.01	3.351	± 0.03	
	170	60	4.1	7.4	± 0	4.47	± 0.01	3.321	± 0.03	
	180	45	3.9	7.3	± 0	4.48	± 0.02	3.301	± 0.02	
Hopum	130	120	5.08	8	± 0.1	5.44	± 0.01	2.395	± 0.02	
	140	90	5.18	8.1	± 0	5.39	± 0.01	3.236	± 0.02	
	150	75	5.45	7.8	± 0	5.08	± 0.02	3.445	± 0.02	
	160	75	4.98	7.8	± 0	4.83	± 0.01	3.469	± 0.03	
	170	75	4.77	7.7	± 0	4.72	± 0.01	3.439	± 0.03	
	180	45	4.57	7.6	± 0.1	4.6	± 0.01	3.419	± 0.03	
Heakho	130	120	5.52	7	± 0	5.27	± 0.01	2.256	± 0.02	
	140	105	4.48	7.1	± 0	5.19	± 0.01	3.376	± 0.03	
	150	75	5.15	6.8	± 0	4.83	± 0.01	3.437	± 0.02	
	160	75	4.94	6.8	± 0	4.59	± 0.01	3.509	± 0.03	
	170	60	5.2	6.7	± 0.1	4.49	± 0.02	3.479	± 0.02	
	180	60	4.87	6.6	± 0	4.49	± 0.01	3.459	± 0.03	

a) This included the toasting temperature, at which kind of barley used, wort sugar content measured in brix, wort pH. The results are expressed as means \pm standard deviation of three measurements.

라) 카라멜 맥아 색도 측정

색상 측정은 카라멜 맥아 제조 과정에서 매우 중요한 요소다. 카라멜 맥아를 제조하기 위해 열을 130 °C에서 180 °C로 변화시켰으며, 이 색도 변화는 EBC Unit과 CIE Lab 방식을 이용하여 측정되었다. 이것은 figure 2-4~2-7 에서 볼 수 있다.

열의 변화는 맥아의 색을 결정하는 데 중요하다. 온도가 130°C에서 180°C로 상승함에 따라 EBC unit이 증가하는 것을 볼 수 있다. 결과적으로 EBC 단위 증가 정도는 거의 선형으로 보였다.

밝기, 빨간색과 녹색, 노란색과 파란색을 구분하는 CIE Lab 매개 변수는 단 하나의 파장만 측정하는 EBC 장치보다 더 정확한 정보를 제공한다. 각 품종에서 밝기를 나타내는 L이 모든 품종에서 동일하게 감소한다. 또한 빨간색을 나타내는 a의 값은 점차 증가하지만 150°C 이상에서는 감소하는 경향을 보인다. 매우 높은 온도의 열이 가해지면 a의 색도는 일정하지 않은 경향이 있다. 이는 HMW MRP가 형성 될 때 발생하는 현상으로 a에 영향을 주는 LMW MRP가 HMW MRP로 되는 과정 중에 나타날 수 있는 특징이다. 이 실험은 최대 180°C에서 진행되었으며 HMW MRP의 생성으로 색도에 영향을 주는 화학적 성분들의 양이 감소했다는 것을 의미한다. 호품의 경우 지속적인 증가를 하는 것으로 보인다. 노란색 값 b는 온도가 상승함에 따라 모든 품종에서 감소하는 경향을 보인다.

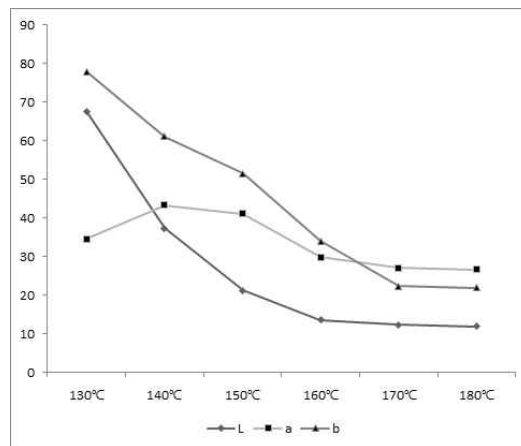


Fig. 2-4. Evolution of Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) $L^*a^*b^*$ parameters as a function of time during roasting at different temperature. (Gwangmaek)

L^* = lightness parameter(◆); a^* = red color shade parameter(■); b^* = yellow color parameter(▲)

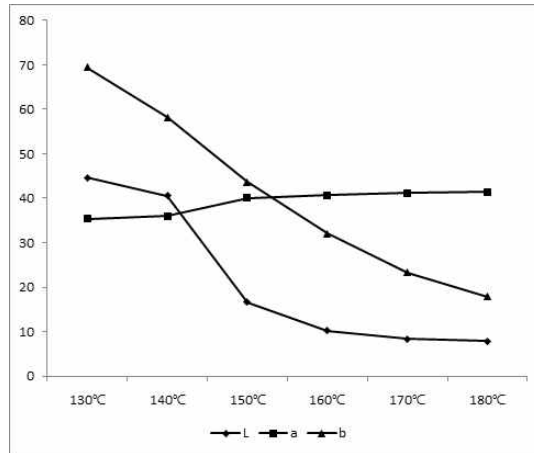


Fig. 2-5. Evolution of Comission Internationale de l'Eclairage (CIE) $L^*a^*b^*$ parameters as a function of time during roasting at different temperature. (Heukho)

L^* = lightness parameter(◆); a^* = red color shade parameter(■); b^* = yellow color parameter(▲)

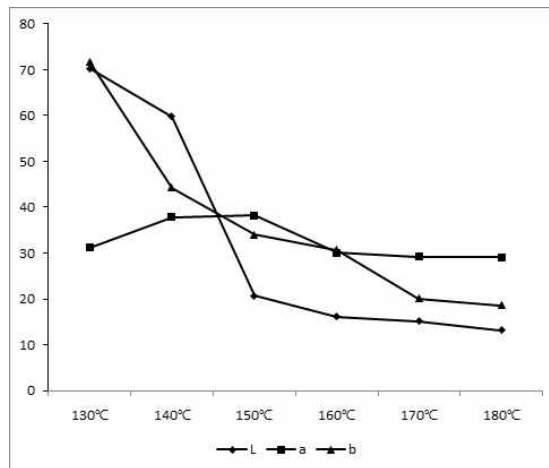


Fig. 2-6. Evolution of Comission Internationale de l'Eclairage (CIE) $L^*a^*b^*$ parameters as a function of time during roasting at different temperature.

L^* = lightness parameter(◆); a^* = red color shade parameter(■); b^* = yellow color parameter(▲)

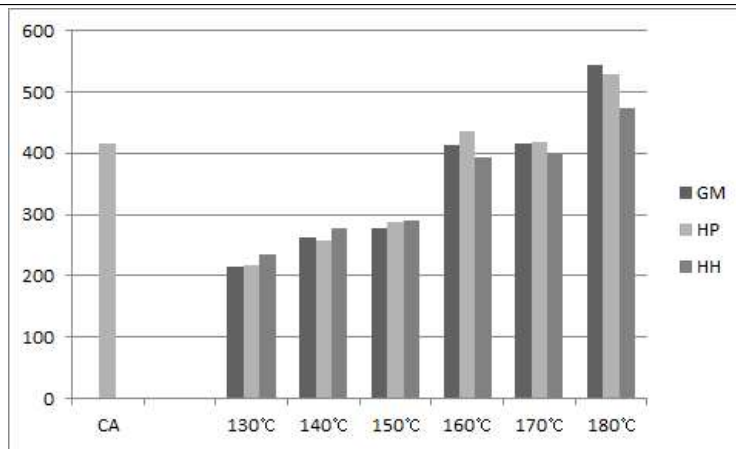


Fig 2-7. Malt color (EBC unit) development during the malt caramelization phase at different roasting temperatures.

*GM = Gwangmaek; HP = Hopum; HH= Heakho; CA=Cara aroma

마) 카라멜 맥아 향기 성분 정성, 정량 분석

Table 2-2 ~ 2-3.는 한국산 카라멜 맥아와 수입산 카라멜 맥아 4 종에서 발견되는 휘발성 물질의 주요 성분을 나열한 것이다. 다양한 종류의 카라멜 맥아에도 불구하고 유사한 성분이 분석되었다. 알데히드, 알코올 및 퓨란과 같은 총 20개의 휘발성 화합물이 확인되었다.

총 9 개의 알데히드 : 2-Methyl butanal, 3-Methyl butanal, Hexanal, 5-Methylfurfural, Furfural, Methional, Benzaldehyde, Nonanal.

알데히드는 저농도 범위에서 신선하고 밝은 녹색을 보여준다. 특히 지방족 알데히드는 풀과 같은 향기가 있다. 이 표에 표시된 것과 동일한 알데히드의 성분은 맥주의 향을 분석할 때 자주 분석되는 성분이다. Lipoxygenases와 hydroperoxide isomerases는 불포화 지방산의 산화를 일으켜 hexanals와 같은 휘발성 화합물을 생성한다.

Table 2-2와 2-3에 열거 된 바와 같이, 3 개의 알코올, Fufuryl alcohol, Phenyl alcohol 및 Maltol이 확인되었다. 이러한 알코올은 또한 일반적인 지질 산화와 관련이 있다. Fufuryl alcohol에는 우유, 떡, 꿀향, Phenyl alcohol에는 장미향, 토마토, 블루치즈 향, maltol에는 솜사탕, 카라멜 향이 있다. 위의 세 가지 화합물은 잠재적인 방향족 활성 화합물로 간주 될 수 있다. 지질 산화는 알데히드, 케톤, 알코올 및 유기산과 관련이 있다. 그러나 일부 furan 화합물은 지질의 산화 과정에서 과산화 발생할 때 생성 될 수 있다. Table 2-2 ~ 2-3.에 열거 된 바와 같이, 2-Acetylfuran, 2-Pentyl-furan, 2-Methyltetrahydro-3-furanone, 2-Pentylfuran은 저농도에서는 특정한 열매 향이 나고 고농도에서는 매운 향이 있다. 2-Acetylfuran은 후추와 겨자 풍미에 기여한다. 2-Methyltetrahydro-3-furanone은 갈색의 칙칙하고 견과류 같은 향이 있다.

일반적으로 각기 다른 한국 카라멜 맥아의 아로마 화합물의 조성은 유사했으며 일부 개별 화합물과 정량적 특성에 약간의 불일치가 있었다. 이 연구에서도 비슷한 결과가 나타났다. 휘발성 물질의 총 함량은 흑호에서 가장 낮았고, 호품과 광맥이 그 뒤를 이었다. sulfur containing compound인 dimethyl disulfide의 가장 많은 양은 Hopum에서 정량화되었다. aldehydes인 2-Methyl butanal 및 3-Methyl butanal은 세 가지 품종 모두에서 높은 농도를 갖는 것으로 밝혀졌다. 두 성분 모두 정량적으로 가장 높은 농도를 차지했다. Haxanal의 경우 세 품종 모두 온도가 상승함에 따라 농도가 증가하는 것을 확인했다. Hopum은 가장 두드러진 변화를 보여주었다. Gwnagmac에서는 Methional의 농도가 현저하게 높았다. 아몬드 향과 카라멜 향 성분 인 5-Methylfurfural의 경우 온도가 올라감에 따라 광맥과 백호에서 다량 검출되었다. Benzaldehyde, Benenacetaldehyde 및 2-Methyltetrahydro-2-furanone은 온도가 증가함에 따라 증가 및 감소하는 경향이 있다. Nonanal은 가장 낮은 농도를 보였다. 케톤 계 물질 2-Methyltetrahydro-3-furanone은 모든 제품에서 온도에 따라 증가했다. 또한 2-Acetylfuran, 2-Pentyl-furan, Methyl pyrazine, Furfuryl

alcohol도 증가하는 경향을 보였다. 특히 Furfuryl alcohol 은 상대적으로 높은 증가를 보였다.

결론적으로 향기성분의 총양을 비교하면 국산 맥아의 경우 수입산 맥아보다 정량적인 향기 성분이 많이 검출 되었다. 최대 7배 이상 차이 나는 정량적 향기 성분의 차이는 국산맥아를 제조한 직후 향기 성분을 측정 한 것에 비교하여 수입산 맥아는 수입 하는 과정 중에 향기 성분이 많이 휘발되기 때문으로 추측 된다. 수입산 맥아는 benzaldehyde, 5-methyl-2-furancarboxaldehyde, 2-penthyf-furan, benzenacetaldehyde, phenthyf alcohol 등이 수입을 하는 동안 휘발 성분이 날아갔을 것을 예상함에도 불구하고 뛰어나게 높았다. 국산 맥아에서 확인된 향기 성분들은 nutty caramel, coffee, almond와 같이 무겁고 진한 맥아의 향기 성분이 뛰어난 것으로 보인다. 그러나 수입산 맥아의 경우 butter, cocoa, hazlnut, floral, fruit, honey, sweet한 향기 성분들이 많이 검출 되었다. 색도, 당도, MRP 등 다양한 실험을 진행하였고 향기 성분을 제외한 나머지 실험에서는 국산 카라멜 맥아와 수입산 카라멜 맥아의 특징들이 비슷함에도 불구하고 향기 성분의 정성적인 측면과 정량적인 측면에서 크게 다른 점을 보였다. 국내산 맥아를 이용하여 맥주를 제조 할 때 수입산 맥아와는 다르게 무겁고 진한 향기적인 특징을 보일 수 있는 맥주가 개발 될 것으로 기대된다. 보리가 자라온 환경과 품종적인 특징이 다르기 때문에 이러한 결과가 도출 되었을 것으로 예상된다.

Table 2-2. Volatile compounds identified in caramel malt

Compounds	RI	RI(R ef.) ¹	Identific ation ²	Thresholds (µg L ⁻¹)	Description
1 Dimethyl sulfide	513	515	MS,KI	63	sweetcorn, tomato sauce, celery
2 3-Methyl butanal	648	649	MS,KI	57	Grainy, varnish, fruity
3 2-Methyl butanal	657	661	MS,KI	156	Almond, apple-like, malty
4 2,3-pentanedione	698	700	MS,KI	150	butter, caramel, cheese
5 Dimethyl disulfide	758	756	MS,KI	7	cabbage, citrus, earthy
6 Hexanal	798	800	MS,KI,CO	97	Green, grassy
7 2-Methyltetrahydro-3-furanone	808	804	MS,KI	0.005	brown, rummy, nut-like
8 Methyl pyrazine	821	826	MS,KI	6000	nutty-chocolate peanuts, soybean
9 Furfural	849	848	MS,KI,CO	5000	Caramel, bready, cooked meat
10 Furfuryl alcohol	862	864	MS,KI	8000	milk, rice cakes, honey.

1) Kovats retention index on HP-5ms in NIST database.

2) Identification methods:

MA = Comparison with mass spectrum (MS) in Wiley Library;

KI = Kovats Retention Index obtained from standard or literature values on HP-5ms;

CO = Co-injection with authentic chemicals.

Table 2-3. Volatile compounds identified in caramel malt

Compounds	RI	RI(R ef.) ¹	Identific ation ²	Thresholds (µg L ⁻¹)	Description
11 Methional	911	906	MS,KI	0.5	Cooked potatoes, worty green vegetables, pepper, white mustard
12 2-Acetylfuran	923	918	MS,KI	80,00	

13	2-Pinene	936	939	MS,KI	1800	Pine trees, rosemary, orange peels
14	Benzaldehyde	964	966	MS,KI,C o	2000	Almond, cherry stone
15	5-Methylfurfural	968	969	MS,KI	6000	almond, burnt sugar, caramel
16	2-Pentyl-furan	975	978	MS,KI	1000	beany, butter, earthy
17	Benzenacetaldehyde	1045	1049	MS,KI	800	Hyacinth, flowery rose
18	Nonanal	1084	1089	MS,KI	0.17	Cardboard, papery, cucumber
19	Maltol	1121	1119	MS,KI	5000	cotton candy, caramel
20	Phenethyl alcohol	1128	1121	MS,KI	1200	rose-like, tomato, blue cheese

1) Kovats retention index on HP-5ms in NIST database.

2) Identification methods:

MA = Comparison with mass spectrum (MS) in Wiley Library;

KI = Kovats Retention Index obtained from standard or literature values on HP-5ms;

CO = Co-injection with authentic chemicals

Table 2-4. Concentration(mg/kg) of volatile compound in caramel malt from Cara aroma(German) and Gwangmaek(Korea)

Compounds	Imported caramel malt		Korean caramel malt						
	Cara aroma		Gwangmaek						
			130°C	140°C	150°C	160°C	170°C	180°C	
Dimethyl sulfide	0.565 ± 0.027	0.309 ± 0.020	0.352 ± 0.024	0.846 ± 0.069	0.482 ± 0.036	0.452 ± 0.028	0.374 ± 0.002		
3-Methyl butanal	1.418 ± 0.038	1.167 ± 0.036	3.521 ± 0.086	12.361 ± 0.344	8.498 ± 0.192	4.884 ± 0.115	3.588 ± 0.043		
2-Methyl butanal	1.433 ± 0.053	0.990 ± 0.044	2.788 ± 0.110	11.964 ± 0.361	13.952 ± 0.524	9.353 ± 0.353	7.245 ± 0.232		
Acetylpropionyl	N.D.	N.D.	0.017	N.D.	0.017	N.D.	0.474 ± 7.017	0.528 ± 0.035	0.461 ± 0.007
Dimethyl disulfide	0.505 ± 0.022	0.303 ± 0.019	0.319 ± 0.021	0.326 ± 0.022	0.353 ± 0.022	0.347 ± 0.023	0.333 ± 0.003		
Hexanal	0.457 ± 0.018	0.346 ± 0.021	0.423 ± 0.030	0.517 ± 0.039	0.514 ± 0.032	0.489 ± 0.034	0.431 ± 0.009		
2-Methyltetrahydro-3-furanone	N.D.	0.294 ± 0.018	0.558 ± 0.039	0.302 ± 0.020	0.409 ± 0.028	0.413 ± 0.030	0.370 ± 0.004		
Methyl pyrazine	N.D.	0.017	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.285 ± 0.018	0.313 ± 0.006	
Furfural	0.475 ± 0.019	0.636 ± 0.058	0.666 ± 0.074	0.942 ± 0.113	3.103 ± 0.332	3.798 ± 0.338	2.727 ± 0.092		
Furfuryl alcohol	N.D.	0.017	0.533 ± 0.028	0.599 ± 0.047	0.707 ± 0.057	1.210 ± 0.072	1.143 ± 0.084	1.095 ± 0.071	
Methional	0.521 ± 0.023	0.334 ± 0.023	0.295 ± 0.019	0.328 ± 0.022	0.692 ± 0.055	N.D.	N.D.		
2-Acetylfuran	N.D.	N.D.	0.017	0.282 ± 0.018	0.316 ± 0.021	0.316 ± 0.021	0.815 ± 0.067	0.549 ± 0.001	
2-Pinene	0.482 ± 0.140	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		
Benzaldehyde	0.562 ± 0.027	0.337 ± 0.021	0.393 ± 0.028	0.298 ± 0.020	0.298 ± 0.020	0.293 ± 0.019	0.292 ± 0.001		
5-Methyl 2-furancarboxaldehyde	0.512 ± 0.023	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.386 ± 0.026	0.598 ± 0.034	0.438 ± 0.000	
2-Pentyl-furan	0.516 ± 0.017	N.D.	0.352 ± 0.023	0.291 ± 0.019	0.329 ± 0.020	0.295 ± 0.018	0.295 ± 0.018	0.295 ± 0.001	
Benzenacetaldehyde	0.477 ± 0.019	0.508 ± 0.035	0.307 ± 0.020	0.434 ± 0.032	0.379 ± 0.023	0.293 ± 0.019	0.292 ± 0.001		
Nonanal	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.346 ± 0.022	0.345 ± 0.005	
Maltol	N.D.	0.017	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.315 ± 0.020	0.313 ± 0.003	
Phenethyl alcohol	0.486 ± 0.019	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.		
Total	2.830 ± 0.119	3.057 ± 0.029	7.615 ± 0.042	26.392 ± 0.088	27.613 ± 0.561	20.328 ± 0.074	15.136 ± 0.047		

Table 2-5. Concentration(mg/kg) of volatile compound in caramel malt from Hopum(Korea)

Compounds	Korean caramel malt											
	Hopum											
	130°C	140°C	150°C	160°C	170°C	180°C						
Dimethyl sulfide	0.900 ± 0.074	0.468 ± 0.031	0.395 ± 0.028	0.338 ± 0.027	0.388 ± 0.022	0.356 ± 0.022						
3-Methyl butanal	2.989 ± 0.075	5.451 ± 0.127	8.267 ± 0.187	7.889 ± 0.135	5.819 ± 0.652	4.090 ± 0.363						
2-Methyl butanal	2.508 ± 0.100	5.493 ± 0.266	11.678 ± 0.440	13.142 ± 0.477	9.939 ± 0.732	6.677 ± 0.532						
Acetylpropionyl	N.D.	N.D.	0.017 ± 0.028	0.420 ± 0.051	0.643 ± 0.036	0.560 ± 0.052						
Dimethyl disulfide	0.276 ± 0.018	0.309 ± 0.020	0.421 ± 0.028	0.363 ± 0.037	0.549 ± 0.024	0.427 ± 0.022						
Hexanal	0.633 ± 0.050	0.355 ± 0.023	0.346 ± 0.024	0.650 ± 0.034	0.456 ± 0.037	0.409 ± 0.079						
2-Methyltetrahydro-3-furanone	N.D.	N.D.	0.017 ± 0.021	0.314 ± 0.028	0.393 ± 0.023	0.366 ± 0.027						
Methyl pyrazine	N.D.	N.D.	N.D.	0.374 ± 0.031	0.419 ± 0.023	0.386 ± 0.026						
Furfural	0.491 ± 0.037	0.403 ± 0.032	0.912 ± 0.075	3.982 ± 0.276	2.342 ± 0.429	2.319 ± 0.425						
Furfuryl alcohol	0.458 ± 0.034	0.317 ± 0.020	0.684 ± 0.055	1.136 ± 0.088	1.257 ± 0.084	1.007 ± 0.075						
Methional	0.304 ± 0.020	0.305 ± 0.020	0.314 ± 0.019	N.D.	0.303 ± 0.017	0.316 ± 0.017						
2-Acetylfuran	N.D.	N.D.	0.017 ± 0.026	0.566 ± 0.056	0.695 ± 0.044	0.581 ± 0.021						
2-Pinene	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.017 ± 0.017	N.D.						
Benzaldehyde	0.305 ± 0.020	0.302 ± 0.019	0.293 ± 0.019	0.291 ± 0.018	0.287 ± 0.018	0.289 ± 0.019						
5-Methyl 2-furancarboxaldehyde	N.D.	N.D.	0.295 ± 0.019	0.374 ± 0.019	0.373 ± 0.024	0.385 ± 0.060						
2-Pentyl-furan	0.281 ± 0.018	0.276 ± 0.017	0.291 ± 0.019	0.299 ± 0.017	N.D.	0.284 ± 0.020						
Benzenacetaldehyde	0.389 ± 0.028	0.422 ± 0.028	0.387 ± 0.028	0.332 ± 0.018	0.340 ± 0.021	0.316 ± 0.018						
Nonanal	N.D.	N.D.	0.017 ± 0.017	N.D.	0.349 ± 0.023	0.279 ± 0.027						
Maltol	N.D.	N.D.	0.017 ± 0.017	N.D.	0.325 ± 0.020	0.310 ± 0.019						
Phenethyl alcohol	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.270 ± 0.017						
Total	6.834 ± 0.041	11.402 ± 0.055	21.609 ± 0.068	26.996 ± 0.080	20.422 ± 0.131	14.765 ± 0.112						

Table 2-6. Concentration(mg/kg) of volatile compound in caramel malt from Heukho(Korea)

Compounds	Korean caramel malt											
	Heukho											
	130°C	140°C	150°C	160°C	170°C	180°C						
Dimethyl sulfide	0.446 ± 0.033	0.417 ± 0.030	0.407 ± 0.025	0.376 ± 0.027	0.323 ± 0.018	0.323 ± 0.021						
3-Methyl butanal	2.507 ± 0.141	7.258 ± 0.405	7.674 ± 0.546	6.150 ± 0.344	2.889 ± 0.059	2.361 ± 0.088						
2-Methyl butanal	2.261 ± 0.198	7.001 ± 0.629	10.268 ± 0.731	9.826 ± 0.046	4.886 ± 0.066	3.415 ± 0.153						
Acetylpropionyl	N.D.	N.D.	N.D.	0.017 ± 0.029	0.477 ± 0.036	0.477 ± 0.036						
Dimethyl disulfide	N.D.	0.310 ± 0.021	0.315 ± 0.020	0.317 ± 0.020	0.293 ± 0.020	0.304 ± 0.019						
Hexanal	0.372 ± 0.023	0.325 ± 0.021	0.364 ± 0.023	0.381 ± 0.025	0.342 ± 0.023	0.362 ± 0.021						
2-Methyltetrahydro-3-furanone	N.D.	N.D.	N.D.	0.017 ± 0.022	0.339 ± 0.022	0.339 ± 0.021						
Methyl pyrazine	0.287 ± 0.018	0.306 ± 0.020	0.306 ± 0.019	0.349 ± 0.022	0.363 ± 0.024	0.353 ± 0.025						
Furfural	N.D.	0.387 ± 0.028	0.646 ± 0.059	1.622 ± 0.186	3.489 ± 0.093	2.296 ± 0.375						
Furfuryl alcohol	N.D.	N.D.	0.567 ± 0.034	0.760 ± 0.062	0.845 ± 0.039	0.758 ± 0.069						
Methional	0.280 ± 0.018	0.298 ± 0.019	0.307 ± 0.020	0.291 ± 0.018	N.D.	0.329 ± 0.017						
2-Acetylfuran	N.D.	N.D.	N.D.	0.017 ± 0.032	0.466 ± 0.032	0.466 ± 0.041						
2-Pinene	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.017 ± 0.017	N.D.						
Benzaldehyde	0.287 ± 0.019	0.294 ± 0.018	0.296 ± 0.019	0.294 ± 0.019	0.284 ± 0.019	0.292 ± 0.018						
5-Methyl 2-furancarboxaldehyde	N.D.	N.D.	N.D.	0.017 ± 0.019	0.473 ± 0.022	0.398 ± 0.042						
2-Pentyl-furan	N.D.	N.D.	N.D.	0.017 ± 0.018	0.284 ± 0.018	0.284 ± 0.018						
Benzenacetaldehyde	0.291 ± 0.018	0.291 ± 0.019	0.291 ± 0.018	0.291 ± 0.018	0.291 ± 0.019	0.291 ± 0.019						
Nonanal	0.279 ± 0.018	0.279 ± 0.018	0.279 ± 0.018	0.279 ± 0.018	0.279 ± 0.017	0.279 ± 0.018						
Maltol	N.D.	0.310 ± 0.021	0.310 ± 0.021	0.310 ± 0.021	0.310 ± 0.021	0.310 ± 0.021						
Phenethyl alcohol	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.						
Total	4.850 ± 0.054	14.507 ± 0.104	18.789 ± 0.119	18.484 ± 0.052	12.312 ± 0.033	9.045 ± 0.059						

[협동 2: 기본맥아와 Caramel맥아를 이용한 당화, 발효 조건 최적화]

1. 기본 광맥과 caramel 맥아를 이용한 맥주의 당화 적성 분석

가. 요약

기본 광맥과 caramel 광맥을 섞고 starter (*Pediococcus acidilactici* HW01)와 효소 α -amylase를 첨가했을 때의 당화 적성에 대해 기본 광맥에 Cara aroma 맥아를 섞은 것을 control 1, 기본 광맥에 caramel 광맥을 섞었지만, 젖산균과 효소 모두 첨가하지 않은 것을 control 2로 하여 평가하였다. pH, free amino nitrogen, reducing sugar 등의 항목을 측정하였으며, 실험 결과 효소와 젖산균 starter를 모두 처리한 기본 광맥과 caramel 광맥을 섞은 Gwangmaek cara 2의 wort quality가 pH, reducing sugar 면에서 좋다고 판단되었기 때문에, 젖산균 starter와 효소를 처리하여 당화 시킨 wort가 맥주 제조에 적합하다고 생각된다.

나. 재료 및 방법

1) 재료

기본 광맥과 caramel 맥아를 섞어 당화시킨 wort의 분석 및 품질평가에서는 당화를 위하여 당화조, 주름진 여과지 No. 597 1/2 (Whatman, Germany)와 삼각플라스크가 사용되었다. Starter culture로 사용한 균은 *Pediococcus acidilactici* HW01이며 효소 α -amylase를 당화 시 사용하였다. 소모품으로는 blue pipet tip, petri dish, 메스실린더 등이 사용되었다. 각 분석항목 별 필요한 재료 및 기구들은 실험방법과 함께 아래에 기술하였다.

2) 당화 과정

당화 과정은 starter culture 준비, 당화공정, 냉각 및 여과의 순서로 진행되었으며 방법은 아래와 같다.

가) starter culture 준비

Pilsner type 맥아에서 분리되어, 박테리오신을 생성하지만 맥주를 spoil 하지 않는 젖산균인 *Pediococcus acidilactici* HW01이 starter로 사용되었다. *P. acidilactici*를 MRS broth에 접종하여 30°C에서 24시간 배양하였으며, 원심분리 (19,461 xg, 10 min, 4°C)를 거친 후 10 ml의 증류수로 세척, 재현탁하였다. 각 starter culture 10 ml에 포함된 균 수는 약 10^8 CFU/ml이 되도록 조정하였다.

나) 당화공정

기본 광맥 48.25g과 caramel 맥아 1.75g(전체 맥아 무게의 3.5% w/w)을 섞어 50g을 맞춘 후 각 50g을 200 ml의 45°C 증류수에 넣고 당화조로 옮긴 뒤 45°C에서 30분간 셰이킹하며 당화시킨다. 다음으로 분당 1°C 씩 상승시켜 75°C 까지 온도를 올린 뒤, 75°C로 미리 데운 증류수 100 ml를 추가하여 1시간 더 당화시킨다. 젖산균 starter를 접종한 sample의 경우에는 혼합된 맥아 50g을 190 ml의 30°C 증류수에 넣고, 10 ml의 starter를 추가로 넣었으며 30°C의 배양기에서 1시간 동안 젖산균을 배양하였고, 기타 당화 과정은 동일하게 수행하였다. 효소를 넣은 sample의 경우에는 혼합된 맥아 각 50g을 200 ml의 45°C 증류수에 넣고, α -amylase 효소를 혼합된 맥아의 0.1% (v/w)가 되도록 첨가하였으며 기타 당화 과정은 위와 동일하게 수행하였다.

젖산균 starter와 효소 모두 처리하지 않은 Cara aroma 맥아가 포함된 혼합 맥아를 Cara aroma, 국산 caramel 광맥이 포함된 혼합 맥아를 Gwangmaek cara 1로 표기했으며 젖산균 starter와 효소를 모두 처리하여 당화시킨 국산 caramel 광맥이 포함된 혼합 맥아를 Gwangmaek cara 2로 표기하였다.

Table 3-1. mashing 방법

단계	1	2	3
온도 (°C)	45	45 - 75	75
시간 (min)	30	30	60

다) 냉각 및 여과

당화를 완료한 후, wort는 10~15분 이내에 상온으로 냉각하고, 온도계를 제거한 후 비이커에 증류수를 부어 450.0 ± 0.05g 으로 무게를 맞춘다. 이를 여과하기 전에 유리막대로 한번 저어주고, 전체 내용물을 지름 20 cm의 깔때기와 주름진 여과지를 이용하여 여과한다. 첫 번째 맥아즙 100 ml을 다시 부어서 여과하며 여과지 위의 잔유물이 갈라지기 시작하면 여과를 종료한다. 여과가 느리게 진행될 때는 2시간 이후에 여과를 종료한다. 거친 맥아의 경우 200 ± 2 ml의 맥아즙을 정확히 추출한다. 여과 시간은 100 ml의 맥아즙을 다시 여과하였을 때 1시간 이내에 여과가 종료되면 빠른 것이고, 더 오래 걸리면 느린 것이다.

Mashing 후 cooling을 하고, 여과지 No. 597 1/2 (Whatman, Germany)에 맥즙을 여과하면 hop을 첨가하지 않은 상태의 맥즙 (wort)이 얻어진다. 맥즙 분석 항목은 pH, free amino nitrogen (FAN), reducing sugar (RS), color, filtration time 이며 ASBC 방법에 준하여 측정한다. 또한 wort에 남아 있는 미생물이 있는지 미생물 분석 (aerobic bacteria, lactic acid bacteria) 또한 실시한다. 모든 실험은 Cara aroma 맥아를 혼합하여 제조한 wort를 control 1, 젓산균과 효소 모두 첨가하지 않은 caramel 광맥을 혼합하여 제조한 wort를 control 2로 비교하여 실험한다.

3) Wort 분석항목 및 분석법

실험 항목은 pH, color, free amino nitrogen (FAN), reducing sugar (RS), filtration time과 미생물 분석 (aerobic bacteria, lactic acid bacteria)이며, 항목에 대한 실험방법은 다음과 같다.

가) pH 측정

제조된 맥즙 10 ml을 취하여 pH meter (ORION 3 STAR, Thermo, Singapore)를 사용하여 3반복 측정하며, Cara aroma 맥아를 혼합하여 만든 맥즙과 caramel 광맥을 혼합하여 만든 맥즙의 pH를 비교하였다.

나) Color 측정

Colorimeter (CR-300, Minolita Co., Ltd., Osaka, Japan)을 이용하여 맥즙의 색도를 L, a, b 값으로 측정하였다. L 값 lightness (명도)를 나타내며 1부터 100까지 표시되며, 100에 가까울수록 흰색에 가까움을 의미한다. a 값의 경우 green-red 값을 나타내며, 양수의 값을 가지면 빨간색, 음수의 값을 가지면 초록색에 가까움을 의미하며, 절대 값이 증가할수록 그 색의 강도는 높아진다. b 값의 경우 yellow-blue 값을 나타내며, 양수의 값을 가지면 노란색, 음수의 값을 가지면 파란색에 가까움을 의미하며, 절대 값이 증가할수록 그 색의 강도는 높아진다.

다) Free amino nitrogen (FAN) 함량 측정

① Ninhydrin color reagent 제조법

증류수 100 ml 기준 10.0 g Na₂ HPO₄ ·12H₂ O, 6.0 g KH₂ PO₄, 0.5 g 1,2,3-indantrione-H₂ O, 0.3g fructose를 100 ml의 증류수와 섞어 제조한다.

② Dilution solution 제조법

KIO₃ 2.0 g과 증류수 600 ml를 400 ml의 ethyl alcohol에 섞어서 제조한다. 제조된 dilution solution은 냉장보관해서 사용한다.

③ Glycine standard solution 제조법

Stock solution으로 제조한 뒤 사용 시에 working solution을 만들어서 사용한다. Stock solution은 107.2 mg glycine·H₂ O을 100 ml 증류수로 희석해서 냉장보관 한다. Working solution은

stock solution을 증류수에 100배 희석해서 사용한다.

④ 실험방법

50배 희석된 sample 2.0 ml, 증류수(blank) 2.0 ml, working solution 2.0 ml을 각 test tube에 넣는다. 1.0 ml ninhydrin color reagent를 첨가하고, 증발을 막기 위해서 마개를 씌운다. 16분 동안 끓는 물에서 가열하고, 20분 동안 20℃로 cooling한 다음 dilution solution을 각각 5.0 ml 씩 넣고 vortexing 하여 완벽하게 섞는다. 증류수로 auto-zero를 잡고, spectrophotometer (UVmini-1240, Shinmadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 570 nm에서 흡광도를 측정한다. 3반복하여 측정된 흡광도의 평균에서 평균 blank 흡광도 값을 뺀다. 그 식은 다음과 같다.

$$\text{FAN (mg/l)} = \frac{\text{net A of test solution} \times 2 \times \text{dilution}}{\text{net A of standard solution}}$$

(net A = Mean of sample absorbance - average blank absorbance)

라) Reducing sugar (RS) 함량 측정

① DNS reagent 제조법

3,5-dinitrosalicylic acid 5 g, NaOH 5 g을 40 ml의 증류수에 녹인 후 rochell salt (potassium sodium tartarate) 100 g, phenol 1 g, Na₂ CO₃ 0.25 g을 넣고 증류수를 가하여 500 ml로 mess up 한다.

② 실험방법

환원당의 양은 DNS법을 기준으로 하여 측정하였다. 환원당을 함유하고 있는 시료는 50배 희석하여 사용하였으며, 희석된 시료 1 ml와 DNS 시약 3 ml을 끓는 물에서 5분간 반응시킨 후 상온에서 5분간 식혀 spectrophotometer (UVmini-1240, Shinmadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도 값은 적절히 희석한 glucose 용액을 이용하여 작성한 standard curve에 대입하여 환원당량으로 산출한 뒤 희석배수를 곱하였다.

마) Filtration time 측정

ASBC법에 따라 여과지 No. 597 1/2 (Whatman, Germany)에 맥즙 여과를 시작한 후 100 ml의 맥즙이 여과되면 다시 나머지 맥즙과 섞어 여과시켜 여과지 위 잔여물이 갈라지기까지의 시간을 측정하였다.

바) 미생물 분석

대상미생물군은 aerobic bacteria와 lactic acid bacteria이다. Hop을 넣지 않은 상태의 맥즙 1.0 ml를 시료로 하여, plate count agar (PCA agar)와 MRS agar에 각각 희석하여 plate counting 한다.

다. 결과 및 고찰

1) mashing 후 맥즙 분석 및 품질 평가

Table 3-2. Pilsner type 맥아와 광맥의 wort 분석 결과

분석항목	Cara aroma	Gwangmaek cara 1	Gwangmaek cara 2
pH	5.53±0.03 ^a	5.56±0.04 ^a	5.40±0.03 ^b
Free amino nitrogen (mg/L)	112.06±2.90 ^a	108.68±3.63 ^a	111.21±6.04 ^a
Reducing sugar (mg/mL)	38.98±1.30 ^b	39.98±1.15 ^b	45.66±0.78 ^a
Filtration time (min)	51.50±3.18 ^a	52.57±0.64 ^a	50.17±1.11 ^a
Color	L value	36.89±0.40 ^a	36.66 1.39 ^a
	a value	1.65±0.16 ^a	1.09±0.33 ^b
	b value	17.23±0.37 ^a	16.29±0.27 ^b
Bacteria	Aerobic bacteria (cfu/mL)	<10	<10
	Lactic acid bacteria (cfu/mL)	0	0

n=3, p<0.05. a와 b는 각각의 분석항목 당, 세 가지 cara 집단 간의 유의성을 나타내기 위해 표기하였다.

Wort의 분석 결과는 Table 3-2에 표기하였다. pH의 경우 효소를 첨가하여 당화시킨 sample인

Gwangmaek cara 2가 효소를 첨가하지 않은 나머지 sample에 비해 낮은 값을 보였다. 이는 젖산균이 생성해내는 유기산에 의해 맥즙의 pH가 낮아진 것으로, 당화 및 발효 과정에서 잡균의 오염을 억제하고, 효소의 최적 활성 범위인 5.3~5.5 pH에 속해 당화 적성을 증가시킬 수 있을 것이라 추측된다.

Free amino nitrogen (FAN)의 경우 모든 광맥 sample에서 wort의 기준치인 100mg/L 이상이 나왔지만, sample 간 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 이는 β -glucan에서 peptide 성분들을 유리시키는 효소인 β -glucanase를 사용하지 않았기 때문으로 사료된다.

반대로 Reducing sugar (RS)는 α -amylase 효소 처리를 하지 않은 Cara aroma, Gwangmaek cara 1에 비해 α -amylase 효소 처리를 한 Gwangmaek cara 2의 RS content 유의적으로 증가한 것을 확인할 수 있었다. 이는 α -amylase 당화 효소가 전분을 가수분해하여 맥즙의 환원당량을 증가시킨 것으로 보인다. RS content는 맥주 발효용 효모가 알코올 발효 시 사용하기 때문에 발효 전 초기 RS 함량이 높을수록 이후의 발효가 적절히 일어날 것이라고 예측할 수 있으며, 따라서 효소 처리를 하지 않은 Cara aroma, Gwangmaek cara 1에 비해 효소 처리를 한 Gwangmaek cara 2의 당화 적성이 더 좋은 것이라 추측할 수 있다.

Filtration time은 모든 sample이 유의적인 차이를 보이지 않았다.

Color 부분에서는 control인 Cara aroma와 광맥 맥아를 당화시킨 wort sample 간 큰 차이가 없었다. 이는 마찬가지로 보리의 endosperm을 둘러싸고 있는 세포벽을 구성하는 물질인 β -glucan을 분해하여 wort의 viscosity를 감소시키는 여과 증진 효소인 β -glucanase가 사용되지 않았기 때문이라고 사료된다.

미생물 분석의 경우에는 모든 wort sample 모두 aerobic bacteria를 측정하는 plate count agar에서는 10 이하의 cfu/mL로 나타났으며, lactic acid bacteria를 측정한 MRS agar에서는 단 한 개의 colony도 검출되지 않았다. 이는 젖산균 starter를 당화 과정에서 첨가하여도 mashing, wort boiling 과정에서 가해지는 열에 의해 균이 사멸하기 때문이다.

전체적인 당화 적성 분석 결과, Cara aroma와 Gwangmaek cara 1의 wort quality가 상응한 값을 보였다. 따라서 실제 맥주 공정에서 외국산 caramel 맥아를 국산 caramel 맥아로 대체하여 사용 가능하다고 생각된다. 또한 Gwangmaek cara 1에 비해 젖산균과 당화 효소 α -amylase를 첨가한 Gwangmaek cara 2의 wort quality가 pH, reducing sugar 면에서 더욱 우수한 값을 보였다. 따라서 실제 맥주 공정에서 젖산균과 당화 효소를 처리하여 만든 wort로 맥주를 만드는 것이 적합하다고 생각된다.

2. 기본 광맥과 caramel 맥아를 이용한 맥주의 발효 적성 분석

가. 요약

기본 광맥과 caramel 광맥을 섞고 starter (*Pediococcus acidilactici* HW01)와 효소 α -amylase를 첨가했을 때의 발효 적성에 대해 기본 광맥에 Cara aroma 맥아를 섞은 것을 control 1, 기본 광맥에 caramel 광맥을 섞었지만, 젖산균과 효소 모두 첨가하지 않은 것을 control 2로 하여 평가하였다. pH, free amino nitrogen, reducing sugar, 알코올 함량, diacetyl 함량 등의 항목을 측정하였으며, 실험 결과 효소와 젖산균 starter를 모두 처리한 기본 광맥과 caramel 광맥을 섞은 Gwangmaek 2의 sample이 pH, reducing sugar, foam stability, 알코올 함량, diacetyl 함량 면에서 좋다고 판단되었기 때문에, 젖산균 starter와 효소를 처리하여 발효시킨 sample이 맥주 제조에 적합하다고 생각된다.

나. 재료 및 방법

1) 재료

기본 광맥과 caramel 맥아를 섞어 당화시킨 wort의 발효 적성 분석에서는 홉으로 Czech Saaz hops (AA 3-4.5%), 맥주 발효용 효모로 fermentis Saflager W-34/7을 사용하였다. 전 발효를 위해 공기 차단기 (air lock)와 삼각 플라스크를 사용하였으며, 후 발효를 위해 flip-top amber bottle을 사용하였다. 소모품으로는 blue pipet tip, petri dish, 메스실린더 등이 사용되었다. 각 분석항목 별 필요한

재료 및 기구들은 실험방법과 함께 아래에 기술하였다.

2) 기본 광맥과 caramel 맥아를 이용하여 제조한 맥주의 발효 분석

사용된 홉은 Saaz(AA 3-4.5%)이며, 효모는 fermentis 맥주 발효용 효모 Saflager W-34/70을 사용하였다. 당화시킨 맥즙에 hop을 (1L 당 6g) 1/2, 1/4, 1/4로 3회 나누어 넣으며, 각각 10분, 5분, 5분씩 끓여주었다. 이후 맥즙의 온도를 20℃까지 급속 냉각시키고, 홉을 가라앉혀 상등액만 조심히 취하여 사용하였다. 그 후 알코올 도수 예측 및 당화의 정도를 파악하기 위한 초기 비중을 측정하였다. 여기에 수화시킨 효모의 pitching rate을 계산하여 1.0×10^7 cells/ml가 되도록 주입한 뒤, 공기 차단기 (air lock)를 설치하여 전 발효는 20℃에서 4일간, 후 발효는 15℃에서 7일간 실시하였다.

3) 전 발효 및 후 발효 분석항목 및 분석법

전 발효 분석은 4일간 매일 총 4회 실시하였으며, 후 발효 분석은 7일간 매일 총 7회 실시하였다. 모든 실험은 당화 적성 분석 실험과 마찬가지로 Cara aroma, Gwangmaek cara 1, Gwangmaek cara 2의 맥즙을 이용하여 발효한 맥주로 비교분석하였다.

가) Specific gravity (SG) 측정

Specific gravity는 hydrometer (200-DK-6, Daekwang, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였으며 그 방법은 다음과 같다. 100 ml의 여과된 wort를 100 ml의 메스실린더에 거품이 생기지 않도록 조심히 붓고, 메스실린더에 담긴 sample의 오목한 부분의 가운데가 위치한 hydrometer의 눈금을 읽었다. 비중의 변화는 당화 후의 맥즙의 original gravity (OG), 전 발효 종료 후 specific gravity (SG), 후 발효 종료 후 final gravity (FG)를 측정하였다.

나) Yeast viability

효모의 생육 변화는 ASBC 방법을 기준으로 하였다. 효모 생육수를 측정하기 위해 methylene blue 염색법을 이용하였고, haemocytometer를 사용하여 측정하였다. 전 발효 4일 및 후 발효 7일, 총 11일 동안의 생육 변화 양상을 확인하였다.

다) Free amino nitrogen (FAN) 함량

Wort 분석과 같은 방법으로 발효 중인 맥주의 free amino nitrogen 함량을 분석하여, Cara aroma 맥즙으로 제조한 맥주와 젖산균과 효소를 첨가하지 않은 Gwangmaek cara 1 맥즙으로 제조한 맥주, 젖산균과 효소 모두 첨가한 Gwangmaek cara 2 맥즙으로 제조한 맥주의 free amino nitrogen을 비교하였다.

라) Reducing sugar (RS) 함량

환원당의 양은 wort 분석과 같은 방법으로 발효 중인 맥주의 reducing sugar 함량을 분석하여, Cara aroma 맥즙으로 제조한 맥주와 젖산균과 효소를 첨가하지 않은 Gwangmaek cara 1 맥즙으로 제조한 맥주, 젖산균과 효소 모두 첨가한 Gwangmaek cara 2 맥즙으로 제조한 맥주의 reducing sugar를 비교하였다.

4) 최종 맥주의 분석 항목 및 분석법

후 발효 단계가 완료된 Cara aroma 맥즙으로 제조한 맥주와 젖산균과 효소를 첨가하지 않은 Gwangmaek cara 1 맥즙으로 제조한 맥주, 젖산균과 효소 모두 첨가한 Gwangmaek cara 2 맥즙으로 제조한 맥주의 color, pH, Foam stability 등의 측정을 통하여 최종 맥주의 quality 측정을 하였다. 분석항목과 분석법은 다음과 같다.

가) Color

Wort 분석과 같은 방법으로 후 발효가 끝난 맥주의 color를 분석하여, Cara aroma 맥즙으로 제조

한 맥주와 젖산균과 효소를 첨가하지 않은 Gwangmaek cara 1 맥즙으로 제조한 맥주, 젖산균과 효소 모두 첨가한 Gwangmaek cara 2 맥즙으로 제조한 맥주의 color를 비교하였다.

나) pH 측정

후 발효가 끝난 맥주를 pH meter (ORION 3 STAR, Thermo, Singapore)를 사용하여 3반복 측정하여, Cara aroma 맥즙으로 제조한 맥주와 젖산균과 효소를 첨가하지 않은 Gwangmaek cara 1 맥즙으로 제조한 맥주, 젖산균과 효소 모두 첨가한 Gwangmaek cara 2 맥즙으로 제조한 맥주의 pH를 비교하였다.

다) Foam stability

맥주의 거품 안정성의 경우 ASBC에 제시된 방법을 이용하여, Cara aroma 맥즙으로 제조한 맥주와 젖산균과 효소를 첨가하지 않은 Gwangmaek cara 1 맥즙으로 제조한 맥주, 젖산균과 효소 모두 첨가한 Gwangmaek cara 2 맥즙으로 제조한 맥주의 거품 안정성을 비교하였다. 하부에 cock이 있는 유리 칼럼을 사용하여 시료 50 ml를 붓고, 30초 후에 거품 이외의 하층액을 제거하였다. 그 후 230 초간 거품이 꺼지는 시간으로 깨진 거품의 양(b)과 남은 거품의 양(c)을 측정하여 거품 안정성(sigma)을 측정하였다. 거품 안정성을 산출하는 식은 아래와 같다.

$$\Sigma = \frac{230}{2.303 \log \left[\frac{b+c}{c} \right]}$$

라) Turbidity 측정

맥주의 탁도 (turbidity)는 spectrophotometer (UVmini-1240, Shinmadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 측정하였다. 700 nm에서의 흡광도가 430 nm에서 측정한 흡광도 보다 ≤ 0.039 배라면 탁도가 “없음(none)”으로, 아니라면 “있음(exist)”으로 결정하였다. Cara aroma 맥즙으로 제조한 맥주와 젖산균과 효소를 첨가하지 않은 Gwangmaek cara 1 맥즙으로 제조한 맥주, 젖산균과 효소 모두 첨가한 Gwangmaek cara 2 맥즙으로 제조한 맥주의 turbidity를 비교하여 분석하였다.

마) Bitterness 측정

맥주의 쓴맛 (bitterness)은 spectrophotometer (UVmini-1240, Shinmadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 측정하였다. 거품이 제거된 20℃의 맥주 sample을 원심분리 튜브에 20 ml 취한 후 0.5 ml의 6N HCl와 20 ml의 iso-octane을 가하고, 20℃의 shaking incubator에서 250 rpm, 15분 동안 shaking한다. 그 다음 원심분리 (4,491 xg, 3 min)한 후, 상등액인 iso-octane을 취하여 275 nm에서 흡광도를 측정한다. Auto-zero는 pure iso-octane으로 하며 bitterness를 계산하는 식은 다음과 같다.

$$\text{Bitterness} = 50 \times A \text{ (Absorbance)}$$

바) 알코올 함량 측정

알코올 함량은 알코올 증류장치를 이용하여 측정하였다. 맥주 증류시킨 후 얻은 알코올을 vinometer (211-DK-12, Daekwang, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였으며, 이를 주정분 온도 환산표를 통해 알코올 함량을 환산하였다. Cara aroma 맥즙으로 제조한 맥주와 젖산균과 효소를 첨가하지 않은 Gwangmaek cara 1 맥즙으로 제조한 맥주, 젖산균과 효소 모두 첨가한 Gwangmaek cara 2 맥즙으로 제조한 맥주의 알코올 함량을 비교하였다.

사) Diacetyl 함량 측정

Diacetyl 함량 측정은 spectrophotometer (UVmini-1240, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용한 비색법으로 측정하였다.

① Creatine을 포함한 potassium hydroxide (40%) 용액 제조

40 g의 KOH를 증류수에 녹여 100 ml의

KOH 용액을 제조한 후 0.3 g의 creatine을 가하여 녹을 때까지 섞는다. 만든 용액은 5℃에서 보관하며 3일 이상 보관하지 않는다.

② Alpha-naphthol reagent 제조

5 g의 α -naphthol을 99% isopropyl alcohol에 녹여 100 ml의 α -naphthol 용액으로 만든다.

③ 실험 방법

100 ml의 맥주 sample을 증류시켜 50 ml의 증류액을 얻은 후 5 ml의 증류수를 가한다. 이를 부피 플라스크에 5 ml 취한 뒤 1 ml의 α -naphthol 용액과 0.5 ml의 creatine을 포함한 KOH 용액을 가하고, 60초간 섞는다. 그 다음 530 nm에서 흡광도를 측정하고 standard curve에 대입하여 diacetyl 함량을 계산한다.

다. 결과 및 고찰

1) Pilsner type 맥아와 광맥을 이용하여 제조한 맥주의 발효 분석

가) 비중 측정

비중은 순수한 물의 밀도에 대한 용액의 밀도를 뜻하며, 순수한 물의 밀도는 1.000 이다. 맥주 발효 중 mashing 과정에서 malt에 물을 주입한 후 끓이면, malt가 보유한 당이 물에 용출되어 비중이 상승한다. 이렇게 얻은 wort를 발효시키면 효모가 다시 용출된 당을 분해하여 알코올로 발효하기 때문에 비중이 감소하게 된다. 일반적으로 최종 맥주 제품의 비중은 1.010 정도이며, mashing 후 발효에 적절한 wort의 비중은 약 1.030 정도이다. 이번 실험에서는 Cara aroma와 젓산균과 효소를 첨가하지 않은 Gwangmaek cara 1, 젓산균과 효소 모두 첨가한 Gwangmaek cara 2를 당화시켜 얻은 맥주의 original gravity (OG), 전 발효 종료 후 발효액의 specific gravity (SG), 그리고 후 발효까지 완료된 최종 맥주의 final gravity (FG)를 측정하였다. 그 결과는 다음과 같다.

Table 3-3. Cara aroma 와 Gwangmaek cara 맥주의 비중

	OG	SG	FG
Cara aroma	1.029 \pm 0.001 ^b	1.012 \pm 0.000 ^b	1.009 \pm 0.001 ^a
Gwangmaek cara 1	1.029 \pm 0.001 ^b	1.013 \pm 0.001 ^{ab}	1.009 \pm 0.001 ^a
Gwangmaek cara 2	1.033 \pm 0.001 ^a	1.014 \pm 0.002 ^a	1.009 \pm 0.001 ^a

n=3, p<0.05. a와 b는 각각의 분석항목 당, 세 가지 cara 집단 간의 유의성을 나타내기 위해 표기하였다.

맥아를 당화시켜 얻은 wort의 original gravity의 경우 젓산균과 효소를 처리한 sample Gwangmaek cara 2가 젓산균과 효소를 처리하지 않은 sample Gwangmaek cara 1에 비해 높은 값을 보였다. 그 이유는 α -amylase 효소 처리로 인해 malt 속 당 등의 성분이 용출되었고, 젓산균으로 인한 pH의 저하로 효소의 활성이 더욱 증대되어 reducing sugar의 함량이 증가되었기 때문이다.

발효가 진행됨에 따라 효모는 혐기적 조건에서 맥주의 영양분을 이용하여 알코올이나 탄산가스 등을 생성하게 되며 따라서 비중은 감소하게 된다. Table 3-3에서 각 sample의 초기 비중에 비해 specific gravity와 final gravity가 점차 낮아진 것을 볼 수 있다.

나) Yeast viability 측정

발효 기간 중 yeast viability 변화는 다음 그림과 같다.

발효기간 중 yeast viability는 위의 fig. 3-1과 fig. 3-2에 나타내었다. yeast는 혐기적 조건에서 wort에 있는 maltose와 maltotriose 등과 같은 단당류, 이당류 및 삼당류를 에탄올로 환원시켜 맥주를 발효시킨다. wort의 peptides는 yeast가 building block을 형성하는데 사용되어 yeast의 cell mass를 증가시킨다. 그 결과 yeast에 의한 알코올 발효가 진행되며 yeast의 양이 증가할수록 발효가 수월하게 진행된다. 효모는 초기 cell number를 동일하게 맞춰 접종하였으며, 전 발효 기간 중 yeast viability는 점차 증가하였다. 세 가지 sample의 yeast viability는 비슷한 양상을 보였는데, 이는

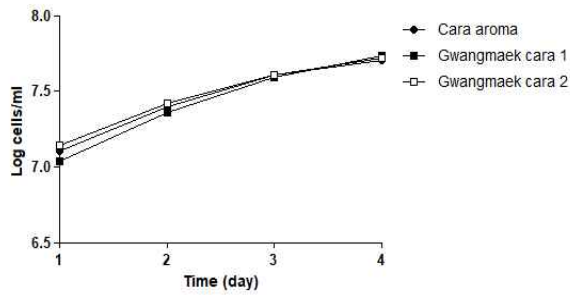


Fig. 3-1. 전 발효 기간 중의 yeast viability
 yeast의 cell mass를 증가시키는 FAN의 함량이 wort에서 비슷한 값을 보였기 때문이라고 사료된다. 후 발효를 시키기 위해 가라앉은 효모는 남겨두고 상층액만 갈색 페트병에 병입을 진행하였는데, 이 과정에서 yeast cell의 손실이 발생하여 그 수가 약 log 6.7 cells/ml까지 급격히 감소하였다. 병입 후 후 발효 기간 동안 남아있는 단당류나 peptide의 영향으로 yeast viability가 다소 증가하였으나 대체로 log 6.7-log 7.0 cells/ml로 유지되는 경향을 보였다.

다) Free amino nitrogen 함량

Free amino nitrogen (FAN) 함량은 맥주 양조에서 wort나 맥주에 용해되어 있는 small peptide나 amino acid의 함량을 의미한다. 맥주 발효용 효모는 wort에 포함된 FAN을 이용하여 증식하며, 알코올 발효를 한다. FAN 함량이 지나치게 많으면 fusel alcohol과 같이 맥주에 좋지 않은 향을 부여할 수 있고, haze를 발생시켜 맥주를 탁하게 만들 수 있어 적당량 존재하는 것이 중요하다. 발효 기간 중 FAN 함량 변화는 다음과 같다.

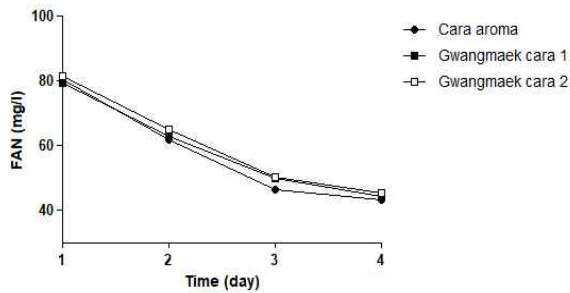


Fig. 3-3. 전 발효 기간 중의 FAN content

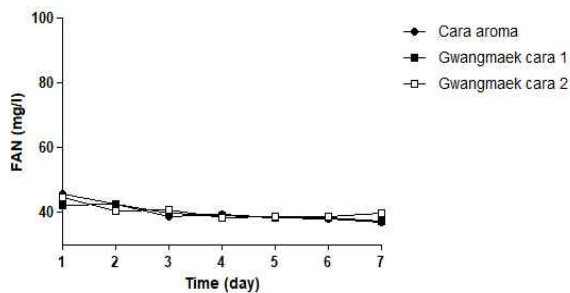


Fig. 3-4. 후 발효 기간 중의 FAN content

전 발효 기간 동안의 FAN content는 yeast의 소비로 인하여 급격하게 감소하였고 (Fig. 3-3.), 후 발효 초기에 완만히 감소하는 추세를 보였다 (Fig. 3-4.). 이후 후 발효 4일 부터는 모든 sample의 FAN content가 약 40mg/l로 유지되는 양상을 보였는데, 이는 yeast가 tripeptides보다 큰 peptides는 사용할 수 없기 때문이라고 사료된다.

라) Reducing sugar 함량

Reducing sugar (환원당)의 측정으로 wort에 포함되어 있는 당류의 양과 이의 발효 중 변화를 간접적으로 알 수 있다. 이번 실험에서는 glucose를 standard로 하여 standard curve를 작성하였으며, 실험 결과는 다음 그림과 같다.

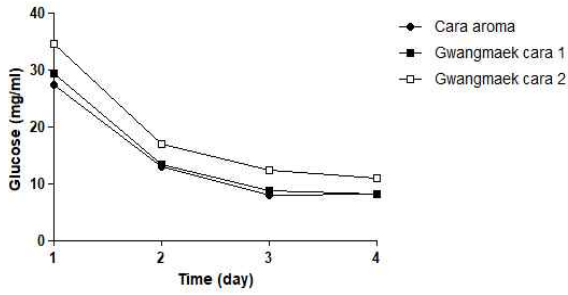


Fig. 3-5. 전 발효 기간 중의 RS content

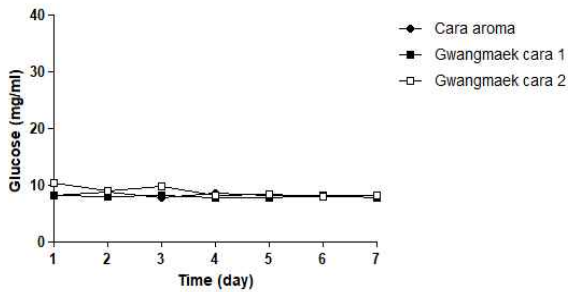


Fig. 3-6. 후 발효 기간 중의 RS content

전 발효 기간에는 wort에 존재하는 환원당이 yeast의 발효를 통해 알코올로 전환되기 때문에 RS content가 급격하게 줄어들었다(Fig. 3-5.). 후 발효 기간에는 모든 sample의 RS content가 약 10mg/ml 정도로 유지되었다.

마) Color 측정

색도 측정은 colorimeter를 이용하였으며 SCI 값을 결과 값으로 채택하였다. L value, a value, b value를 측정하였으며, 색도의 실험 결과는 다음과 같다.

Table 3-4. 전 발효를 마친 맥주의 color 분석 결과

	L value	a value	b value
Cara aroma	30.56 ± 0.38 ^a	2.84 ± 0.21 ^a	14.86 ± 0.90 ^a
Gwangmaek cara 1	30.21 ± 0.15 ^a	2.33 ± 0.15 ^b	13.37 ± 0.36 ^a
Gwangmaek cara 2	28.35 ± 2.13 ^a	2.38 ± 0.10 ^b	13.11 ± 2.08 ^a

n=3, p<0.05. a와 b는 각각의 분석항목 당, 세 가지 cara 집단 간의 유의성을 나타내기 위해 표기하였다.

전 발효를 마친 맥주의 color 분석 결과는 Gwangmaek cara 1 sample과 Gwangmaek cara 2 sample에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 두 가지 Gwangmaek cara sample의 color에 유의적인 차이가 없는 것으로 보아 전 발효 기간 중 효소나 젖산균 처리로 인한 맥주의 color 변화는 일어나지 않는 것으로 생각된다.

Table 3-5. 후 발효를 마친 최종 맥주의 color 분석 결과

	L value	a value	b value
Cara aroma	30.03 ± 0.06 ^a	2.95 ± 0.20 ^a	13.82 ± 0.28 ^a
Gwangmaek cara 1	29.45 ± 0.36 ^{ab}	2.44 ± 0.14 ^b	12.84 ± 0.33 ^b

Gwangmaek cara 2 29.18 ± 0.53^b 2.49 ± 0.07^b 12.52 ± 0.34^b
n=3, p<0.05. a와 b는 각각의 분석항목 당, 세 가지 cara 집단 간의 유의성을 나타내기 위해 표기하였다.

후 발효를 마친 맥주의 color 분석 결과 또한 Gwangmaek cara 1 sample과 Gwangmaek cara 2 sample에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 두 가지 Gwangmaek cara sample의 color에 유의적인 차이가 없는 것으로 보아 후 발효까지 마친 후에도 효소나 젖산균 처리로 인한 맥주의 color 변화는 일어나지 않는 것으로 생각된다.

바) pH, foam stability, turbidity, bitterness, 알코올 함량, diacetyl 함량 측정

Table 3-6. 맥주의 pH, foam stability, turbidity, bitterness, 알코올 함량, diacetyl 분석 결과

	pH	Foam stability	Turbidity	Bitterness (BU)	Alcohol content (%)	Diacetyl (mg/L)
Cara aroma	4.71 ± 0.06 ^a	259.62 ± 12.30 ^b	Exist	10.17 ± 0.32 ^b	2.77 ± 0.06 ^b	0.20 ± 0.02 ^a
Gwangmaek cara 1	4.68 ± 0.03 ^{ab}	259.46 ± 17.62 ^b	Exist	10.35 ± 0.26 ^b	2.73 ± 0.06 ^b	0.22 ± 0.03 ^a
Gwangmaek cara 2	4.61 ± 0.03 ^b	290.16 ± 7.98 ^a	Exist	11.65 ± 0.28 ^a	3.13 ± 0.06 ^a	0.12 ± 0.01 ^b

n=3, p<0.05. a와 b는 각각의 분석항목 당, 세 가지 cara 집단 간의 유의성을 나타내기 위해 표기하였다.

최종 맥주의 분석 결과는 Table 3-6에 표기하였다. pH의 경우 효소와 젖산균 starter를 접종하여 당화, 발효시킨 맥주 sample Gwangmaek cara 2가 sample Gwangmaek cara 1에 비해 다소 낮은 값을 보였으나 유의적인 차이를 나타내진 않았다.

Foam stability의 경우 효소와 젖산균 starter를 처리하지 않은 Cara aroma로 제조한 맥주와 Gwangamaek cara 1로 제조한 맥주가 비슷한 값을 보였으며 이 두 sample에 비해 효소와 젖산균 starter를 처리한 Gwangamaek cara 2로 제조한 맥주의 sample이 유의하게 높은 값을 보였다.

Turbidity는 맥주의 발효과정 중 yeast의 성장 및 단백질, 폴리페놀의 존재 등을 통해 발생하며 맥주의 발효 유무를 확인할 수 있는 척도 중 하나이다. Sample의 흡광도 값을 비교한 결과, 모든 sample이 Turbid 한 것을 확인하였다.

Bitterness는 주로 hop에서 나오는 유도체인 iso- α acid 함량에 따라 나타난다. Bitterness 측정 결과 모든 맥주 sample의 측정값이 표준범위인 10-40 BU에 속하였다.

Alcohol content는 모든 sample이 2%를 넘어 맥주의 표준 Alcohol content를 만족시켰다. 효소와 젖산균 starter를 처리하지 않은 Cara aroma로 제조한 맥주와 Gwangamaek cara 1로 제조한 맥주가 비슷한 값을 보였으며 이 두 sample에 비해 효소와 젖산균 starter를 처리한 Gwangamaek cara 2로 제조한 맥주의 alcohol content는 3.13%로 효소와 젖산균 starter를 첨가하지 않은 맥주에 비해 높은 값을 보였다. 이는 당화 시 낮은 pH로 인한 효소의 활성 증대와 α -amylase 효소로 wort에 충분한 양의 발효성 당이 생성되었기 때문으로 보인다.

Diacetyl content는 효소와 젖산균 starter를 처리하지 않은 Cara aroma로 제조한 맥주와 Gwangamaek cara 1로 제조한 맥주가 비슷한 값을 보였으며 이 두 sample에 비해 효소와 젖산균 starter를 처리한 Gwangamaek cara 2의 값이 더 낮게 측정되었다. Diacetyl content는 diacetyl rest가 적절히 이루어지지 않았거나, 젖산균 등에 의한 오염이 일어났을 경우 증가하게 된다. Diacetyl은 맥주에 buttery flavor를 내는 물질로, 맥주 품질에 좋지 않은 영향을 준다. 젖산균 starter를 접종하여 당화, 발효시킨 맥주는 당화 시 유기산의 생성으로 낮은 pH를 유지하였고, bacteriocin 등 항균성 물질의 생성함으로 인해 맥주 변패균의 성장을 효과적으로 억제한 것으로 보인다.

전체적인 발효 적성 분석 결과, Cara aroma와 Gwangmaek cara 1의 맥주 quality가 상응한 값을 보였다. 따라서 실제 맥주 공정에서 외국산 caramel 맥아를 국산 caramel 맥아로 대체하여 사용 가능하다고 생각된다. 또한 Gwangmaek cara 1에 비해 젖산균과 당화 효소 α -amylase를 첨가한 Gwangmaek cara 2의 맥주 quality가 pH, reducing sugar, foam stability, 알코올 함량, diacetyl

함량 면에서 더욱 우수한 값을 보였다. 따라서 실제 맥주 공정에서 젖산균과 당화 효소를 처리하여 맥주를 만드는 것이 적합하다고 생각된다.

[협동 3 : Caramel맥아제조공정 현장적용 및 산업화]

1. 현장 조건에 따른 caramel 맥아 제조공정변수 모니터링

가. 실험 재료

1) 보리

국내산 맥아 ‘광맥’을 사용하여 (주)파머스 맥주에서 현장 적용하여 caramel 맥아를 생산하였다. 대조군으로 수입산 맥아인 Weyermann의 ‘cara aroma’를 사용하여 실험에 적용하였다.

나. 실험 방법

1) 기본조건

맥아의 제조과정은 침맥은 15℃에서 wet steeping과 dry steeping을 3회 반복하여 실시하였으며, germination은 16℃에서 총 5일간 보리를 발아시킨 후 제근 및 배조 없이 160℃에서 75분, 2시간, 3시간, 4시간, 5시간, 6시간동안 각각 건조하여 차이를 확인하였다. 제조된 맥아는 Drum mill (Malt Drum Mill, Jeil Industry Co.,Korea)을 이용하여 1 mm의 간극으로 분쇄하였다. 실험실에서 생산한 caramel 맥아와 현장에서 건조 시간에 따라 생산한 caramel 맥아를 비교 분석하였다. 모든 실험은 3회 반복을 통하여 측정되었으며, 협동 1의 caramel 맥아는 Lab scale malt(LSM), 협동 3의 현장 적용한 caramel 맥아 Plant scale malt(PSM)으로 나타내었다.



Figure 4-1. 맥아 제조에 사용된 맥아 제조 기기

2) 수분 측정

수분분석기 (MB120, OHAUS)를 이용하여 plant scale에서 제조한 맥아의 수분을 측정하였다. 수분 측정기에 시료 3.5 g을 올려두고 160℃에서 5분간 시료 내 수분을 분석하였다.

3) 색도 측정

협동 1의 색도 측정 방법과 동일한 조건으로 아래와 같이 실험을 진행하였다.

가) Lab

Lab 색채 원리로 Nippon Denshoku color meter Ne 4000(Japan) 색도계를 이용하여 측정하였다. 색도계에서 나온 L, a, b, E 값을 측정하였다.

나) EBC

EBC는 전처리 완료된 시료를 큐벳에 넣은 다음 spectrophotometer를 사용하여 430nm로 흡광도를 측정하여 다음과 같은 식을 이용하여 구하였다.

$$EBC \text{ units} = 25 \times A_{430} \times F$$

(25 = 증배 계수 A_{430} = 430 nm에서 측정한 흡광도 값 F = 회석 배수)

4) 당도 측정

협동 1의 당도 측정 방법과 동일한 조건으로 아래와 같이 실험을 진행하였다.

당도는 ATAGO Master refractometer(Japan) Brix 당도계를 이용하여 측정하였다.

5) MRP 측정

협동 1의 MRP 측정 방법과 동일한 조건으로 아래와 같이 실험을 진행하였다.

MRP(Maillard reaction product)의 양은 Maillard reaction 과정에서 생성되는 갈변물질을 측정하는 데 적합한 측정범위인 420nm 조건에서 흡광도의 값으로 측정하였다.

6) 향기성분 분석

협동 1의 향기성분 분석 방법과 동일한 조건으로 아래와 같이 실험을 진행하였다.

향기성분 분석은 GC-MS-HSS 86.50(Agilent Technologies, USA)로 현장에서 건조시간에 따라 제조한 맥아에 관하여 정성 분석 및 정량 분석을 진행하였다. 맥아를 powder의 형태로 만들어 특수하게 제작된 50ml 유리 vial에 1g을 담아 Headspace Autosampler를 이용하여 맥아의 분석을 실시하였다. 분석 Headspace GC기기는 Agilent technologies 7820A 장비를 이용하였으며 Column으로는 HP-5MS-UI column (0.25 μ m, 30m \times 0.25 mm) 을 사용하였고 split은 20:1로 설정하였다. Flow rate는 0.8mL/min으로 설정하였다. Column온도는 40 $^{\circ}$ C에서 5분간 기다렸다가 180 $^{\circ}$ C까지 7 $^{\circ}$ C/min으로 온도를 올린 다음 2분간 기다렸다. 250 $^{\circ}$ C까지 10 $^{\circ}$ C/min으로 설정하고 5분간 기다렸다. Headspace oven 온도는 100 $^{\circ}$ C로 설정하였다. Gas는 Helium 기체를 사용하였다. 정량분석을 위해 내부표준물질(Internal standard)로 Dichlorobenzene을 선정하였으며 용매로는 Dichloromethane을 사용하였다.

Table 4-1. Headspace-GC-MS 분석 조건

Analysis device	HSS-GC-MS		
Column	HP-5MS-UI(0.25 μ m, 30m \times 0.25 mm)		
Injection volume	맥아 1g(powder), IS 10 μ l(130ppm)		
Split	20 : 1		
Flow rate	0.8mL/min		
Column Temp.	Rate($^{\circ}$ C/min)	Temp.	Holding time(min)
		40	5
	7	180	2
	10	250	5
HSS oven Temp.	90~100 $^{\circ}$ C		
HSS Incubation time	30 min		

다. 주요 연구결과

1) 제맥

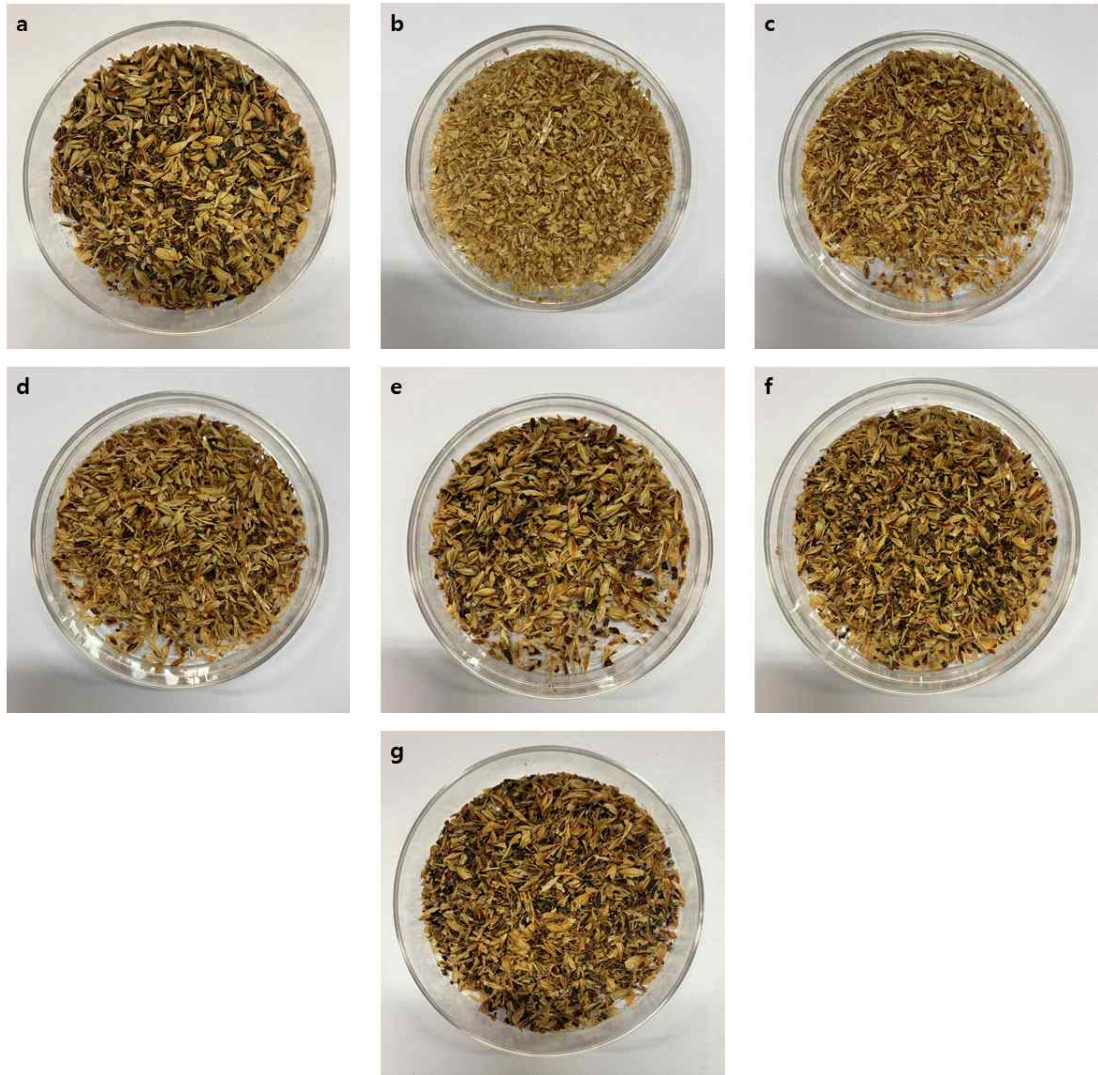


Figure 4-2. 건조 시간에 따른 맥아 사진

a : Lab scale malt (1.25 h), b : Plant scale malt (1.25 h)
 c : Plant scale malt (2 h) d : Plant scale malt (3 h) e : Plant scale malt (4 h)
 f : Plant scale malt (5 h) g : Plant scale malt (6 h)

Lab scale에서 제조한 caramel 맥아와 협동 3에서 plant scale에서 시간에 따라 제조한 caramel 맥아를 분쇄하여 figure 4-2에 나타내었다. Lab scale에서 생산한 맥아와 plant scale에서 생산한 맥아를 비교하였을 때 4시간, 5시간, 6시간으로 건조한 맥아가 육안상으로 lab scale에서 생산한 맥아와 유사한 것을 볼 수 있다. Lab scale과 plant scale에서 생산한 맥아의 차이를 알아보기 위하여 현장 맥아 제조기기를 활용하여 생산한 맥아를 수분 측정, 색도, 당도, MRP, 향기 성분 분석을 분석하고 실험실 규모에서 제조한 맥아와 Plant scale에서 제조한 맥아를 비교하였다.

2) 수분 분석

Table 4-2. 협동 1 및 협동 3 caramel 맥아의 색도 측정 결과

Time	1.25 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h
% moisture content	22.080 ± 0.132	17.535 ± 0.302	5.724 ± 0.096	4.704 ± 0.080	4.172 ± 0.070	3.247 ± 0.107

Mean ± SD

건조 시간에 따른 plant scale에서 생산한 맥아의 수분 분석 결과를 table 4-2에 나타내었다. lab scale에서 생산한 맥아의 조건인 160 °C에서 1시간 15분을 건조시켰을 때 약 22%의 수분 함량을 나타내었다. 농림축산식품부에서 발행한 맥주 개론에 의하면 맥아의 수분 함량은 6% 이하여야 하는데, plant scale에서 1시간 15분을 건조시켰을 때는 이 조건에 만족하지 못 한다. 그래서 plant scale에서는 건조 조건을 맞추기 위하여 건조 시간을 더 늘려서 1시간 마다 수분 측정을 수행하였다. 3시간부터는 6% 이하의 수분 함량을 나타내었고, 이에 따라 3시간, 4시간, 5시간, 6시간에 대하여 색도, 당도, MRP를 측정하였다.

3) 색도

가) Lab 색도 측정

Table 4-3. 협동 1 및 협동 3 caramel 맥아의 색도 측정 결과

* LSM : 실험실 규모에서 생산한 caramel 맥아, PSM : 현장 적용하여 생산한 caramel 맥아

Sample	Hunter color value			
	E	L	a	b
cara aroma	32.21±0.108	7.21±0.010	30.21±0.032	13.32±0.221
LSM	35.54±0.053	7.51±0.00	29.76±0.064	17.92±0.00
PSM 3h	88.93±0.015	77.85±0.015	3.44±0.011	42.85±0.00
PSM 4h	70.72±0.105	29.35±0.011	40.39±0.017	50.08±0.156
PSM 5h	58.24±0.040	21.84±0.00	39.09±0.064	37.25±0.00
PSM 6h	29.88±0.139	6.87±0.110	26.56±0.156	11.84±0.121

Mean ± SD

협동 1의 caramel 맥아 색도 데이터와 협동 3의 Plant scale에서 제조한 caramel 맥아의 색도 데이터를 비교한 결과를 table 4-3에 나타내었다. 각각 건조시간에 따른 plant scale에서 건조한 맥아를 PSM 3h, PSM 4h, PSM 5h, PSM 6h로 나타내었다. 건조 시간이 커짐에 따라 E, L 값은 감소하였으며, a, b는 증가하다가 감소하는 결과를 보여주었다. 맥아를 6시간 건조하였을 때 lab scale에서 생산한 맥아와의 결과와 비슷한 결과를 보였다. 이는 수입산 caramel 맥아인 cara aroma를 대조군으로 Lab scale에서 제조한 LSM을 plant scale에서 동일한 온도로 6시간 건조해야 비슷한 결과를 보이는 것을 확인할 수 있다. 또한 plant scale에 160°C에서 6시간 건조하여야 수입산 맥아에 준하는 결과가 나오는 것을 확인할 수 있다.

나) EBC 색도 측정

WEYERMANN MALT

Weyermann Specialty Malting Company · Brennersstrasse 17-19 · 96052 Bamberg · Germany
 Phone: +49-(0)951-93 220-12 · Fax: +49-(0)951-93 220-912 · e-mail: info@weyermann.de · www.weyermann.de



Caramel Malt	EBC	Lovibond	Raw Material	Characteristics	Use	Enzymatic Power	Availability
CARAAROMA*	350 - 450	130 - 170	2-row summer brewing barley	CARAAROMA* is caramelized barley malt, dark brown in color with a high colloidal content and a glassy exterior. The taste is malty, sweet, coffee-like with notes of aromatic roastiness.	Adds color and aroma to bread, baked goods and coffee substitutes	none	in stock

CARARED®, CARAMUNICH® und CARAAROMA® are registered trademarks of the Weyermann Specialty Malting Company, Bamberg, Germany

Figure 4-3. Weyermann cara aroma 맥아의 EBC

Table 4-4. 협동 1 및 협동 3 caramel 맥아의 EBC 측정 결과

* LSM : 실험실 규모에서 생산한 caramel 맥아, PSM : 현장 적용하여 생산한 caramel 맥아

Sample	EBC
cara aroma	424.12±3.102
LSM	412.65±2.507
PSM 3h	66.28±0.156
PSM 4h	215.25±1.715
PSM 5h	312.94±0.814
PSM 6h	406.65±2.357

Mean ± SD

협동 1의 caramel 맥아 색도 데이터와 협동 3의 Plant scale에서 제조한 caramel 맥아의 EBC 색도 데이터를 비교한 결과를 table 4-4에 나타내었다. 각각 건조시간에 따른 plant scale에서 건조한 맥아를 PSM 3h, PSM 4h, PSM 5h, PSM 6h로 나타내었다. 대조군으로 사용한 수입산 맥아인 cara aroma의 EBC 색도는 350 - 450 사이이며, figure 4-2에 나타내었다. Lab scale에서 생산한 맥아의 EBC 결과는 수입산 맥아의 EBC 색도의 범위에 있는 것을 확인하였다. 협동 1의 조건을 현장에 적용하여 건조시간에 따른 Plant scale에서 생산한 맥아를 측정하였을 때, 6시간 건조한 맥아만 EBC 색도 범위인 350 - 450 범위에 있는 것을 확인하였다. 이는 Lab 색도를 통해 측정한 결과와 같은 결과를 나타내며, 이를 통해 Lab scale에서 제조한 LSM을 plant scale에서 동일한 온도로 6시간 건조해야 비슷한 결과를 보이는 것을 확인할 수 있다.

4) 당도

Table 4-5. 협동 1 및 협동 3 caramel 맥아의 당도 측정 결과

* LSM : 실험실 규모에서 생산한 caramel 맥아, PSM : 현장 적용하여 생산한 caramel 맥아

Sample	Brix value
cara aroma	7.4±0.00
LSM	7.50±0.00
PSM 3h	5.80±0.00
PSM 4h	6.00±0.00
PSM 5h	6.20±0.00
PSM 6h	6.60±0.00

Mean ± SD

협동 1의 caramel 맥아 색도 데이터와 협동 3의 Plant scale에서 제조한 caramel 맥아의 EBC 색

도 데이터를 비교한 결과를 table 4-5에 나타내었다. plant scale에서 제조한 맥아는 건조 시간이 증가할수록 당도가 증가하는 것을 보여주었다. 그러나 lab scale에서 제조한 맥아와 cara aroma의 결과와 차이를 보였다. 이것은 맥아 생산에 사용한 기기의 차이라고 추측할 수 있다. Lab scale에서는 제조하는 맥아가 소량이며, 직접적으로 열이 전달되는 반면에 Plant scale에서는 맥아가 대량으로 생산되며, 맥아양이 많고 맥아 공정기기의 열손실률로 인하여 맥아에 완전하게 열이 전달되지 않는다. 온도가 높아질수록 당도가 증가하는데, lab scale에서는 열이 완전하게 전달되는 반면에, plant scale에서는 열이 완전하게 맥아에 전달되지 않기 때문에 당도의 결과가 차이가 나는 것이라고 예측된다.

5) MRP

Table 4-6. 협동 1 및 협동 3 caramel 맥아의 MRP 측정 결과

* LSM : 실험실 규모에서 생산한 caramel 맥아, PSM : 현장 적용하여 생산한 caramel 맥아

Sample	MRP value
cara aroma	3.50±0.031
LSM	3.35±0.034
PSM 3h	1.14±0.005
PSM 4h	2.91±0.016
PSM 5h	3.18±0.046
PSM 6h	3.28±0.014

Mean±SD

협동 1의 caramel 맥아 색도 데이터와 협동 3의 Plant scale에서 제조한 caramel 맥아의 EBC 색도 데이터를 비교한 결과를 table 4-6에 나타내었다. plant scale에서 제조한 맥아는 건조 시간이 증가할수록 Maillard reaction Product가 증가하는 것을 보여주었다. 색에 영향을 미치는 MRP는 건조 시간에 따른 증가를 확실히 보여주었고 이는 색도의 결과와 비례하는 결과를 보여준다. plant scale에서 6시간 건조한 맥아는 lab scale에서 생산한 맥아와 cara aroma의 MRP 결과와 비슷한 값을 보여주는 것을 확인하였다.

6) 향기성분 분석

Table 4-7. 협동 1 및 협동 3 caramel 맥아의 향기성분 측정 결과

* LSM : 실험실 규모에서 생산한 caramel 맥아, PSM : 현장 적용하여 생산한 caramel 맥아

Compounds	Cara aroma	LSM	PSM 3h	PSM 4h	PSM 5h	PSM 6h
Dimethyl sulfide	0.565 ± 0.027	0.482 ± 0.036	0.321 ± 0.032	0.364 ± 0.036	0.858 ± 0.081	0.494 ± 0.048
3-Methyl butanal	1.418 ± 0.038	8.498 ± 0.192	1.179 ± 0.048	3.533 ± 0.098	12.373 ± 0.356	8.51 ± 0.204
2-Methyl butanal	1.433 ± 0.053	13.952 ± 0.524	1.002 ± 0.056	5.8 ± 0.122	14.976 ± 0.373	10.064 ± 0.536
Acetylpropionyl	N.D.	0.474 ± 0.017	N.D.	N.D.	N.D.	0.496 ± 0.029
Dimethyl disulfide	0.505 ± 0.022	0.353 ± 0.022	0.315 ± 0.031	0.331 ± 0.033	0.365 ± 0.034	0.405 ± 0.034
Hexanal	0.457 ± 0.018	0.514 ± 0.032	0.358 ± 0.033	0.435 ± 0.042	0.529 ± 0.051	0.526 ± 0.044

2-Methyltetrahydro-3-furanone	N.D.	0.409 ± 0.028	0.306 ± 0.030	0.332 ± 0.051	0.373 ± 0.032	0.421 ± 0.040
Methylpyrazine	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.016 ± 0.001	0.054 ± 0.001
Furfural	0.475 ± 0.019	3.103 ± 0.332	0.138 ± 0.070	0.218 ± 0.086	0.254 ± 0.025	3.715 ± 0.344
Furfuryl alcohol	N.D.	1.21 ± 0.072	0.545 ± 0.040	0.611 ± 0.059	0.819 ± 0.069	1.242 ± 0.084
Methional	0.521 ± 0.023	0.692 ± 0.055	0.346 ± 0.035	0.427 ± 0.031	0.534 ± 0.034	0.704 ± 0.067
2-Acetylfruran	N.D.	0.316 ± 0.021	N.D.	0.294 ± 0.030	0.328 ± 0.033	0.328 ± 0.033
2-Pinene	0.482 ± 0.14	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Benzaldehyde	0.562 ± 0.027	0.298 ± 0.020	0.349 ± 0.033	0.365 ± 0.040	0.381 ± 0.032	0.467 ± 0.032
5-Methyl-2-furancarboxaldehyde	0.512 ± 0.023	0.386 ± 0.026	N.D.	N.D.	0.215 ± 0.051	0.398 ± 0.038
2-Pentyl-furan	0.516 ± 0.017	0.329 ± 0.020	N.D.	0.264 ± 0.035	0.301 ± 0.031	0.441 ± 0.032
Benzenacetaldehyde	0.477 ± 0.019	0.379 ± 0.023	0.052 ± 0.047	0.319 ± 0.032	0.446 ± 0.044	0.391 ± 0.035
Nonanal	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Maltol	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Phenethyl alcohol	0.486 ± 0.019	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Total	2.83 ± 0.119	27.613 ± 0.561	4.911 ± 0.041	13.293 ± 0.054	32.768 ± 0.010	28.956 ± 0.573

Mean ± SD

3-Methyl butanal, 2-Methyl butanal 등의 풀잎 향을 내는 향기 성분은 건조 시간이 증가함에 따라 증가하다가 건조 6 시간에서 감소하는 결과를 보였다. 또한 이 결과는 LSM 의 결과에 상응하는 결과를 보여준다. 과일 향을 나타내는 Dimethyl disulfide 또한 시간이 늘어남에 따라 증가하는 결과를 보였으며, LSM 에 비해 PSM 6h는 더 높은 결과 값을 보였다. caramel 향을 나타내는 Furfural 또한 LSM 에 비해 PSM 6h는 더 높은 결과 값을 보였다. milk, honey 향을 나타내는 Furfuryl alcohol가 cara aroma 에서는 검출되지 않았으나, LSM 과 PSM 에서 모두 검출되었으며, 건조 시간이 증가함에 따라 검출량은 높아졌으며, PSM 6h는 LSM 에 비해 높은 값을 보였다. 2-Pentyl-furan 은 butter 향을 나타내는 성분이며, 이 성분은 PSM 3h 에서는 검출되지 않았으나 건조시간이 늘어남에 따라 검출량이 증가하였고 PSM 6h는 LSM 에 비해서 높은 결과 값을 보여주었다. 또한, Hyacinth, flowery rose, rosemary 등의 꽃 또는 풀잎 향기를 나타내는 Benzenacetaldehyde, Phenethyl alcohol, 2-Pinene 의 성분들이 LSM 과 PSM 에 비해 Cara aroma 에서 다량 검출된 것을 확인하였다. 반면에 nutty-chocolate peanuts 향을 나타내는 Methyl pyrazine 은 Cara aroma, LSM 에서는 모두 검출되지 않았으나, plant scale 에서 적용한 맥아 중 PSM 5h 와 PSM 6h 에서 검출되었다. 더불어 건조시간이 증가함에 따라 검출량도 증가하는 결과를 보였다. 또한, nutty caramel 향을 나타내는 2-Methyltetrahydro-3-furanone 은 Cara aroma 에서는 검출되지 않았으며, LSM 에 비해 PSM 6h 에서 상대적으로 더 높은 검출량을 나타내는 것을 확인하였다.

라. 결론 및 고찰

현장에서 협동 1의 조건을 적용하여 공정을 진행하였으나, 수분 함량이 6% 미만이 아니었으며, 이는 맥주 제조에 사용할 수 없는 맥아였다. 건조에 사용하는 기기에 따른 열손실을 차이로 인해 발생한 부분이라고 예상되었으며, 현장에서는 160 °C에서 건조 시간을 늘려 맥아를 생산하였다. 건조 시간대별

로 맥아에 대한 실험을 진행하여 lab scale에서 생산한 맥아와 수입산 맥아인 cara aroma와 비교 분석하였다. Lab 색도 값에서는 plant scale에서 6시간 건조 처리한 것이 LSM와 cara aroma에 준하는 결과를 보여주었으며, EBC 색도 또한 cara aroma라고 지칭할 수 있는 범주에 포함되는 결과를 나타내었다. 당도에서는 수입산 맥아나 LSM에 비해서는 낮은 결과 값을 보였으나 이는 열손실률로 인해 발생한 차이라고 보인다. 그러나 plant scale에서는 건조시간이 증가함에 따라 6시간 건조한 맥아가 가장 좋은 당도 결과 값을 보이는 것을 확인하였다. 향기 성분에서는 풀잎이나 꽃잎 향이 다량 검출되는 Cara aroma에 비해 nutty, nutty-chocolate peanuts, caramel, Almond, honey 등 진한 맥아의 향기 성분이 다량 검출되었다. 이는 caramel 맥아로 만들어질 맥주에 국내산 맥아를 이용하면 더 좋은 향기를 나타낼 것이라고 사료된다. 위의 실험 결과들을 통해 수입산 맥아를 대체할 국내산 맥아의 가능성을 확인하였으며, plant scale에서 제조할 수 있는 현장 조건을 최적화하였다.

2. 현장 조건에 따른 caramel 맥아 당화, 발효조건 변수 모니터링

가. 실험 재료

1) caramel malt를 당화시킨 wort 분석 및 품질평가에서는 당화를 위하여 주름진 여과지 No. 597 1/2 (Whatman, Germany)와 삼각플라스크가 사용되었다. 소모품으로는 blue pipet tip, petri dish, 메스실린더 등이 사용되었다. 각 분석항목 별 필요한 재료 및 기구들은 실험방법과 함께 아래에 기술하였다. β -glucanase와 glucoamylase는 맥주 당화, 발효 공정에 사용하지 않는 점과, 가격적인 측면에 의하여 효소 중 가장 저렴한 α -amylase만 사용하였다.

나. 실험 방법

1) 당화 후 맥아 분석

당화 실험 방법은 협동 2에서 제시한 순서와 동일하게 진행되었으며 방법은 아래와 같다.

가) 당화 공정

수입산 caramel를 이용하여 당화, 발효한 맥아를 cara munich, 당화, 발효 공정에 아무 것도 처리하지 않은 맥아를 Gwangmaek' 1, 젖산균을 적용하여 당화, 발효한 맥아를 Gwangmaek' 2, α -amylase와 젖산균을 모두 적용하여 당화, 발효한 맥아를 Gwangmaek' 3, 로 표기하였다.

맥아분쇄물을 당화조로 옮긴 후 62°C에서 60~90분, 72°C에서 15분간 당화를 진행하여 당화를 완료한다. 젖산균 처리시 맥아분쇄물을 당화조로 옮긴 후 양조용수 대비 1/30에 10^8 cfu/ml 가 되도록 젖산균을 넣고 30°C에서 1시간동안 배양한다. 그리고 순서에 따라 동일한 과정을 행한다. α -amylase 처리시 맥아 무게 대비 0.1%를 넣고 62°C에서 60~90분, 72°C에서 15분간 당화를 진행하여 당화를 완료한다.

당화를 완료한 맥아분쇄물을 여과조로 옮겨 해당 맥아의 분쇄도를 최적으로 맞추고 milling한다. milling을 완료한 맥아분쇄물을 당화자비조로 옮겨 hop을 첨가하여 끓인 후, 부유물 또는 hop의 찌꺼기 등이 남아있는 것을 더 방지하기 위해서 침전조로 맥아분쇄물을 옮겨 침전조 내에서 회전을 주어 부유물 등을 비중으로 인해 가라앉게 만든다. 이후 당화가 완료된 맥아분쇄물을 발효탱크로 옮겨 효모를 첨가하여 발효탱크에서 발효시킨 후 효모를 제거한 뒤 숙성탱크로 옮겨 일정기간 숙성시킨다.

나) 냉각 및 여과

협동 2의 Cooling and filtration 측정 방법과 동일한 조건으로 아래와 같이 실험을 진행하였다.

Mashing 후 cooling을 하고, 여과지 No. 597 1/2 (Whatman, Germany)에 맥즙을 여과하면 hop을 첨가하지 않은 상태의 맥즙 (wort)이 얻어진다. pH, free amino nitrogen (FAN), reducing sugar (RS), color이며 ASBC 방법에 준하여 측정한다.

다) Wort 분석항목 및 분석법

협동 2의 측정 방법과 동일한 조건으로 아래와 같이 실험을 진행하였다.

실험 항목은 pH, color, free amino nitrogen (FAN), reducing sugar (RS)이며, 항목에 대한 실험 방법은 협동 2와 동일하며, 아래에 간단하게 기술하였다.

① pH 측정

제조된 맥즙 10 ml을 취하여 pH meter (ORION 3 STAR, Thermo, Singapore)를 사용하여 3반복 측정하며, Pilsner type 맥아를 이용하여 만든 맥즙과 광맥 맥아를 이용하여 만든 맥즙의 pH를 비교하였다.

② Color 측정

Colorimeter (CR-300, Minolita Co., Ltd., Osaka, Japan)을 이용하여 맥즙의 색도를 L, a, b 값으로 측정하였다.

③ Free amino nitrogen (FAN) 함량 측정

100배 희석된 sample 1.0 ml, 증류수(blank) 1.0 ml, standard solution 1.0 ml을 각 test tube에 넣는다. 3.0 ml ninhydrin color reagent를 첨가하고, 증발을 막기 위해서 마개를 씌운다. 16분 동안 끓는 물에서 가열하고, 20분 동안 20℃로 cooling한 다음 dilution solution을 각각 5.0 ml 씩 넣고 vortexing 하여 완벽하게 섞는다. 증류수로 auto-zero를 잡고, spectrophotometer (UVmini-1240, Shinmadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 570 nm에서 흡광도를 측정한다. 3반복하여 측정된 흡광도의 평균에서 평균 blank 흡광도 값을 뺀다. 그 식은 다음과 같다.

$$\text{FAN (mg/l)} = \frac{\text{net A of test solution} \times 2 \times \text{dilution}}{\text{net A of standard solution}}$$

(net A = Mean of sample absorbance - average blank absorbance)

④ Reducing sugar (RS) 함량 측정

환원당의 양은 DNS법을 기준으로 하여 측정하였다. 환원당을 함유하고 있는 시료는 50배 희석하여 사용하였으며, 희석된 시료 1 ml와 DNS 시약 3 ml을 끓는 물에서 5분간 반응시킨 후 상온에서 5분간 식혀 spectrophotometer (UVmini-1240, Shinmadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도 값은 적절히 희석한 glucose 용액을 이용하여 작성한 standard curve에 대입하여 환원당량으로 산출한 뒤 희석배수를 곱하였다.

2) 최종 맥주의 분석 항목 및 분석법

협동 2의 측정 방법과 동일한 조건으로 아래와 같이 실험을 진행하였다.

α -amylase를 적용한 맥아를 사용하여 후 발효 공정 단계가 완료된 맥즙으로 제조한 맥주의 특성을 분석하였다.

가) Color

Wort 분석과 같은 방법으로 후 발효가 끝난 맥주의 color를 분석하여, 수입산 caramel 맥아로 제조한 맥주와 주관기관에서 실제 현장에서 사용하는 발효 단계가 적용된 맥즙으로 만든 맥주의 color 결과 값을 비교하였다.

나) pH 측정

후 발효가 끝난 맥주를 pH meter (ORION 3 STAR, Thermo, Singapore)를 사용하여 3반복 측정하여, 주관기관에서 실제 현장에서 사용하는 발효 단계가 적용된 맥즙으로 만든 맥주의 pH 결과 값과 협동 2에서 실험한 pH 결과 값을 비교하였다.

다) Free amino nitrogen (FAN) 함량 측정

100배 희석된 sample 1.0 ml, 증류수(blank) 1.0 ml, standard solution 1.0 ml을 각 test tube에 넣는다. 3.0 ml ninhydrin color reagent를 첨가하고, 증발을 막기 위해서 마개를 씌운다. 16분 동안 끓는 물에서 가열하고, 20분 동안 20℃로 cooling한 다음 dilution solution을 각각 5.0 ml 씩 넣고 vortexing 하여 완벽하게 섞는다. 증류수로 auto-zero를 잡고, spectrophotometer (UVmini-1240, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 570 nm에서 흡광도를 측정한다. 3반복하여 측정된 흡광도의 평균에서 평균 blank 흡광도 값을 뺀다. 그 식은 다음과 같다.

$$\text{FAN (mg/l)} = \frac{\text{net A of test solution} \times 2 \times \text{dilution}}{\text{net A of standard solution}}$$

(net A = Mean of sample absorbance - average blank absorbance)

라) Reducing sugar (RS) 함량 측정

환원당의 양은 DNS법을 기준으로 하여 측정하였다. 환원당을 함유하고 있는 시료는 50배 희석하여 사용하였으며, 희석된 시료 1 ml와 DNS 시약 3 ml을 끓는 물에서 5분간 반응시킨 후 상온에서 5분간 식혀 spectrophotometer (UVmini-1240, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도 값은 적절히 희석한 glucose 용액을 이용하여 작성한 standard curve에 대입하여 환원당량으로 산출한 뒤 희석배수를 곱하였다.

다. 주요 연구결과

1) 당화 후 맥아 분석

Table 4-7. cara munich 맥아와 광맥의 wort 분석 결과

분석항목	Cara aroma	Gwangmaek' 1	Gwangmaek' 2	Gwangmaek' 3	
pH	5.95 ± 0.06	5.90 ± 0.02	5.64 ± 0.02	5.53 ± 0.01	
Free amino nitrogen (mg/L)	154.447 ± 1.712	186.199 ± 2.946	205.246 ± 1.849	178.843 ± 3.090	
Reducing sugar (mg/mL)	53.230 ± 1.003	64.407 ± 1.665	68.857 ± 2.482	83.729 ± 3.297	
Color	L value	22.88 ± 0.36	27.05 ± 0.86	23.49 ± 0.35	25.13 ± 0.44
	a value	5.12 ± 0.75	5.43 ± 0.10	4.73 ± 0.12	5.71 ± 0.24
	b value	6.89 ± 0.83	12.51 ± 0.24	7.58 ± 0.16	8.38 ± 0.35

Wort의 분석 결과는 Table 4-7에 표기하였다. pH의 경우 Gwangmaek' 1이 Gwangmaek' 2와 Gwangmaek' 3에 비하여 높은 값을 보였으며, 수입산 맥아의 pH 결과보다 낮은 것을 확인하였다. 이는 각각 효소와 젖산균을 추가함으로써 맥즙의 pH가 낮아진 것으로, Gwangmaek' 2와 Gwangmaek' 3이 당화 및 발효 과정에서 잡균의 오염을 억제하고, 효소의 활성을 증가시킬 수 있을 것이라 추측된다.

Free amino nitrogen (FAN)의 경우 수입산 맥아에 비해 Gwangmaek' 1의 값이 더 높게 나타났다. 그러나 Gwangmaek' 1에 비해 젖산균을 더 추가하여 처리한 Gwangmaek' 2는 더 높은 값을 나타내는 반면에 효소와 젖산균으로 처리한 Gwangmaek' 3은 아무것도 처리하지 않은 Gwangmaek' 1에 비해 낮은 값을 보였다. 이는 2017년 수행했던 '수출용 국산프리미엄맥주의 유통기한 제어기술 개발'의 결과와 상응하는 것을 보여준다. '수출용 국산프리미엄맥주의 유통기한 제어기술 개발'의 과제에서는 효소량을 증가할수록 FAN값이 증가하였지만 효소를 처리하지 않은 맥아에 비해서는 낮은 값을 보였다.

Reducing sugar (RS)의 경우 수입산 맥아에 비해 Gwangmaek' 1이 더 높게 나타났으며, Gwangmaek' 1에 비해 젖산균을 추가하여 처리한 Gwangmaek' 2와 효소와 젖산균으로 처리한 Gwangmaek' 3이 더 높은 값을 나타냈다.

색도 측정은 colorimeter를 이용하였으며 SCI 값을 결과 값으로 채택하였다. L value, a value, b

value를 측정하였으며, 색도의 실험 결과는 Table 4-7에 표기하였다. Gwangmaek' 2가 수입산 맥아를 이용하여 당화, 공정을 거친 맥주와 가장 비슷한 색도 값을 보였다.

2) 최종 맥주의 분석

Table 4-8. 최종 맥주의 분석 결과

분석항목	Cara aroma	Gwangmaek' 1	Gwangmaek' 2	Gwangmaek' 3
pH	4.90 ± 0.015	4.65 ± 0.01	4.59 ± 0.01	4.48 ± 0.02
Free amino nitrogen (mg/L)	86.513 ± 0.351	109.362 ± 0.280	121.146 ± 0.140	103.074 ± 0.829
Reducing sugar (mg/mL)	9.484 ± 0.132	10.099 ± 0.086	11.484 ± 0.637	13.080 ± 0.182
Color	L value	26.09 ± 0.11	30.59 ± 0.74	28.40 ± 0.33
	a value	8.52 ± 0.07	5.67 ± 0.34	9.05 ± 0.06
	b value	15.44 ± 0.06	19.48 ± 0.28	17.31 ± 0.16

최종 맥주의 분석 결과는 Table 4-8에 표기하였다. pH의 경우 수입산 맥아에 비해 국내산 맥아의 pH가 낮은 것을 확인하였다. 또한 Gwangmaek' 1에 비해 Gwangmaek' 2와 Gwangmaek' 3이 낮은 값을 보였으나 큰 차이는 없었다.

Free amino nitrogen (FAN)의 경우 wort 분석 결과와 동일하게 수입산 맥아에 비해 Gwangmaek' 1의 값이 더 높게 나타났다. 그러나, wort의 결과처럼 Gwangmaek' 1에 비해 젖산균을 더 추가하여 처리한 Gwangmaek' 2는 더 높은 값을 나타내는 반면에 효소와 젖산균으로 처리한 Gwangmaek' 3은 아무것도 처리하지 않은 Gwangmaek' 1에 비해 낮은 값을 보였다. FAN은 맥즙에 존재하는 수용성 단백질의 양의 지표로 유리 아미노산 양을 말하며, 적당한 양은 발효에서 효모의 영양소가 되어 효모의 활성에 도움을 주지만 너무 높은 함량은 차후 맥주에서 혼탁 등을 발생시켜 품질의 안정성을 떨어뜨리는 것으로 알려져 있다.

Reducing sugar (RS)의 경우 수입산 맥아에 비해 Gwangmaek' 1이 더 높게 나타났다. Gwangmaek' 1에 비해 젖산균을 추가하여 처리한 Gwangmaek' 2와 효소와 젖산균으로 처리한 Gwangmaek' 3이 높은 값을 나타냈으나, 차이는 미미하다.

색도 측정은 colorimeter를 이용하였으며 SCI 값을 결과 값으로 채택하였다. L value, a value, b value를 측정하였으며, 색도의 실험 결과는 Table 4-8에 표기하였다. 최종맥주의 색도에서도 Gwangmaek' 2가 수입산 맥아를 이용하여 당화, 공정을 거친 맥주와 가장 비슷한 색도 값을 보였다.

라. 결론 및 고찰

수입산 맥아에 비해 Gwangmaek' 1, Gwangmaek' 2과 Gwangmaek' 3의 pH에 대한 결과가 낮음을 확인하였다. 색도는 Gwangmaek' 1, Gwangmaek' 2, Gwangmaek' 3에서 Gwangmaek' 2의 색도가 수입산 맥아의 색도에 가장 근접함을 확인하였다. RS는 Gwangmaek' 1, Gwangmaek' 2과 Gwangmaek' 3이 모두 수입산 맥아에 비해 높은 값을 보였다. FAN은 Gwangmaek' 1, Gwangmaek' 2과 Gwangmaek' 3이 모두 수입산 맥아에 비해 높은 값을 보였으나, 효소와 젖산균을 적용한 Gwangmaek' 3에 비해 젖산균만 적용한 Gwangmaek' 2가 가장 높은 값을 보이는 것을 확인하였다. 2017년 수행했던 '수출용 국산프리미엄맥주의 유통기한 제어기술 개발'에 의하면 효소 양을 맥아양 대비 최소 4% 이상 사용하여야 수입산 맥아에 준하는 결과 값을 보인다. 효소의 양을 증가시키면 FAN의 값이 증가하여 맥주의 품질을 우수하게 만들 수 있으나, 많은 양의 효소는 filtration time이 길어지게 되고 결국 맥주의 품질을 떨어뜨리게 되는 결과를 초래한다. 또한 맥주에 사용되는 효소의 양과 주세법

등을 고려했을 때 수입산 맥아를 사용한 맥주를 대체하기에 최종 맥주의 제품에 대한 가격경쟁력이 떨어질 것으로 사료된다. 또한 국내산 맥아를 이용하여 당화, 발효 공정을 거친 최종 맥주의 FAN 및 RS 값을 통해 수입산 맥아를 사용하여 제조한 최종 맥주보다 품질이 더 우수하다는 것을 확인하였다. 이를 통해 수입산 맥아를 대체하여 국내산 caramel 맥아를 사용한 수제 맥주가 기존 수입맥주와 견주어 품질경쟁력이 있을 것으로 생각된다. 또한 국내산 맥아를 사용하여 제조한 맥주 중 젖산균 처리 공정만 추가한 맥주의 품질이 가장 우수한 것을 고려하여 현장 당화, 공정 처리에서는 젖산균만 처리하여 생산하여도 무방할 것으로 사료된다.

[협동 4 : 수제맥주 제조용 여과장치 개발 및 품질평가기술 개발]

- 수제맥주 제조용 여과장치 개발

1. 장치 개발

맥주 제조 중 여과의 성능을 개선하기 위하여 새로운 장치를 설계 제작하였다. Figure 5-1은 여과조에 새로이 제작한 교반날의 구조를 나타낸다. 교반날의 구체적인 구조는 Figure 5-2와 5-3과 같다. Figure 5-2의 교반날은 6개의 교반판으로 구성되며 Figure 5-3과 같이 각 교반판은 그 회전이 가능하게 제작되었다. 각 장치의 제원은 다음과 같다.

장치	부품	제원
교반조	직경 높이 여과체의 위치 여과체의 망(정사각형)의 크기	40 cm 45 cm 바닥부터 10 cm 가로, 세로 0.5 mm
교반날	직경 프레임 폭 교반판 부착 홀(6개)의 위치	30 cm 5 cm 중심축으로부터 5 cm에 두 개 홀 위치 나머지 네 개 홀도 6.5 cm 간격으로 위치
교반판	가로 세로 두께	4.5 cm 10 cm 0.3 cm

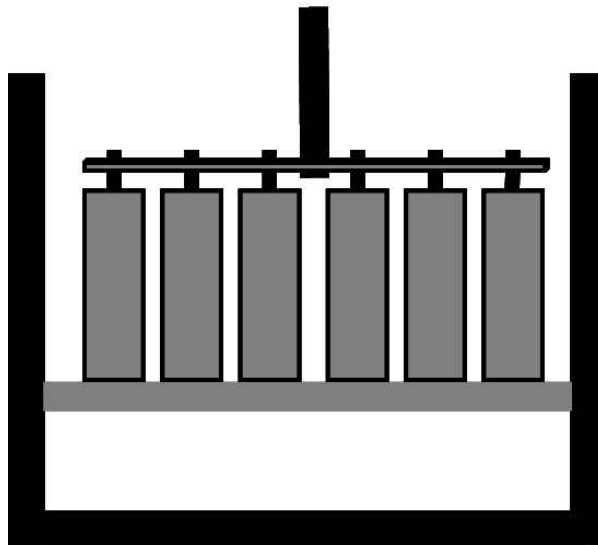


Figure 5-1. 새로이 개발된 교반 장치의 구조

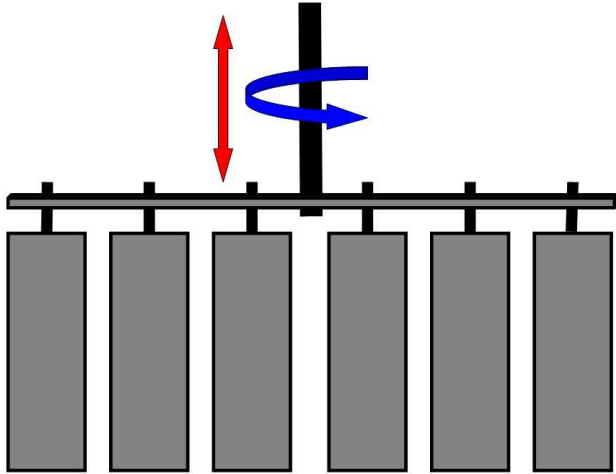


Figure 5-2. 새로이 개발된 교반날의 구조



Figure 5-3. 교반판의 구조

2. 장치의 가동

새로이 개발된 여과장치의 가동 순서는 다음과 같았다.

- 교반판의 각도를 교반날의 프레임에 대하여 90도, 45도, 30도, 15도의 여러 조건으로 고정한 후, 교반조의 여과체과 거의 닿을 정도로 삽입한다.
- 당화액을 교반조의 25 cm 높이 까지 채운다.
- 교반날의 회전을 30 rpm, 70 rpm, 160 rpm의 여러 조건으로 교반한다.
- 교반을 5분간 하고 정지한 후 교반판의 하부가 여과체의 7 cm 상단 높이에 위치하도록 교반날을 올린다.
- 교반을 종료한 후 여과층이 형성되도록 30분간 방치한다.
- 그 후 여과조 하부의 배출 밸브를 개방하여 여액을 얻는다. 단, 초기 5분간의 여액은 상기 작업중 여과조 바닥에 형성된 찌꺼기를 상당량 함유하므로 사용하지 않는다.

여과과정은 다음 Figure 5-4와 같이 나타낼 수 있다.

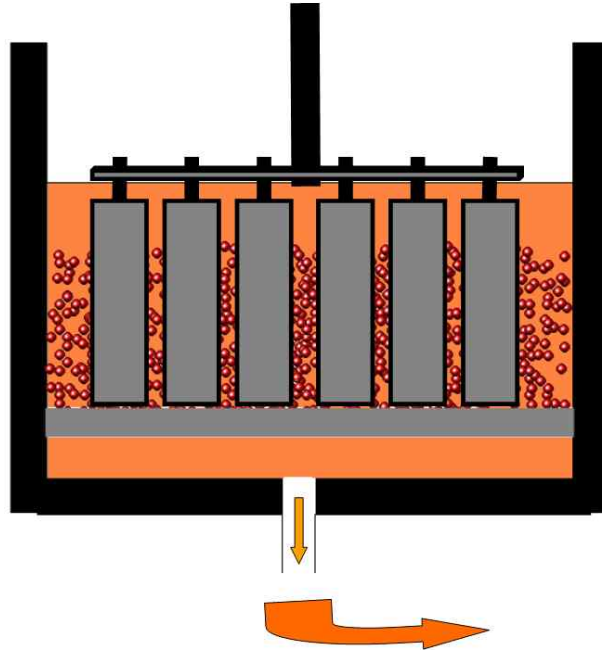


Figure 5-4. 새로운 여과 장치에 의한 여과 과정에 대한 모식도

3. 개발된 장치에 의한 여과 성능

교반날의 회전속도와 교반날의 교반판 각도에 의한 효과는 다음과 같았다.

먼저, Figure 5-5와 같이 교반날의 회전속도가 낮을 경우에는 여과박 층의 표면이 고루지 못하다가 회전속도가 점차 증가함에 따라 그 표면이 평탄해지고, 단 회전속도가 어느 이상이 되면 여과박의 중앙부위가 블록해지는 현상을 관찰하였다.

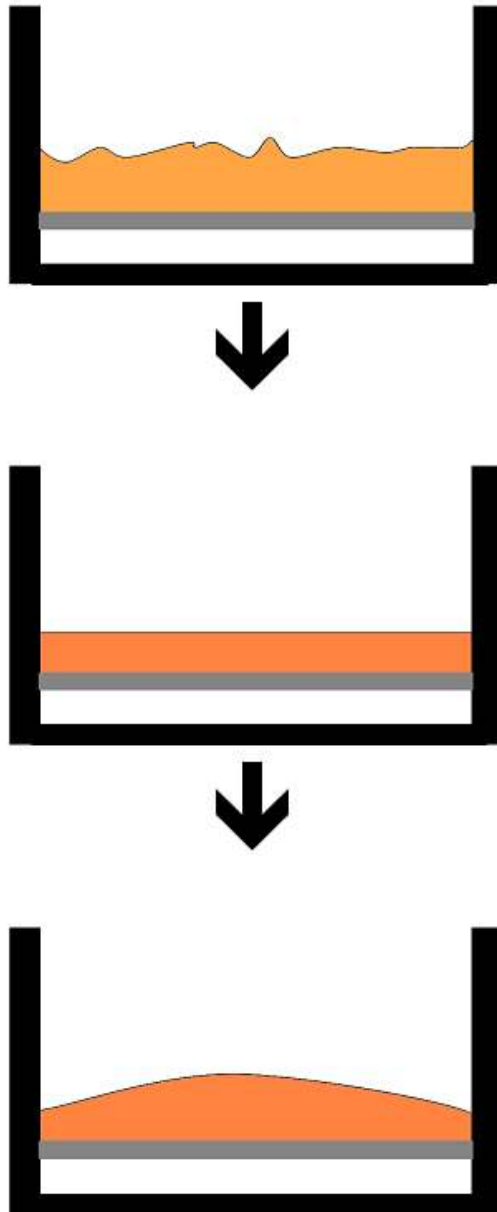


Figure 5-5. 여과 조건(회전속도)에 따른 여과박 층의 상태 변화 (교반관 각도는 45도)

또한, 교반날의 교반관 각도가 작아질수록 Figure 5-6과 같이 여과박의 층 표면이 더욱 평탄해 졌으나 어느 이상이 되면 여과박 층이 용기 벽쪽으로 쏠리는 현상을 관찰하였다.

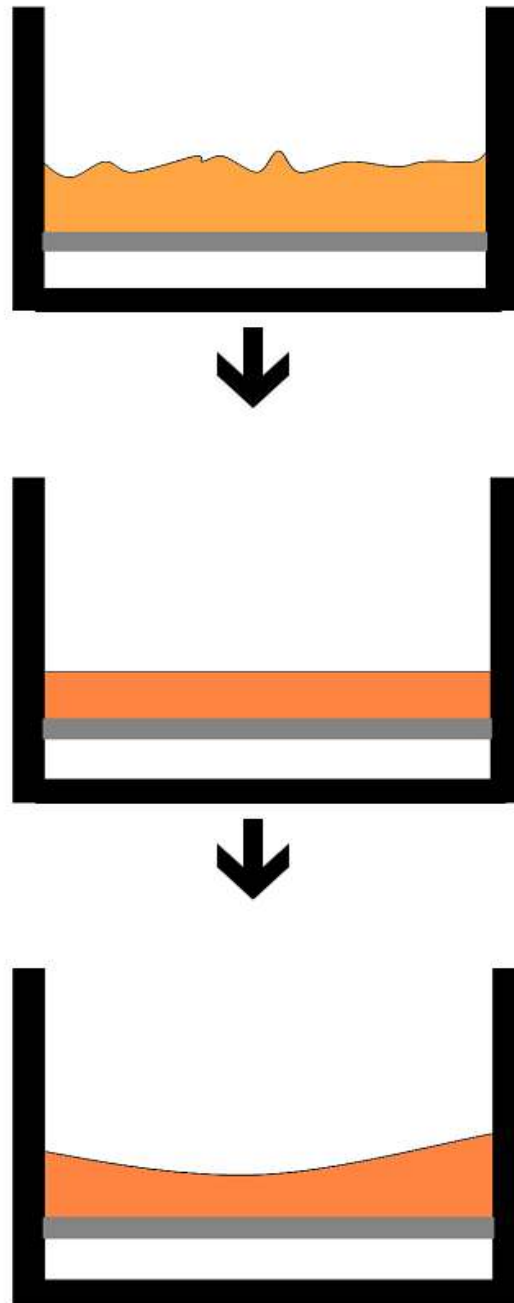


Figure 5-6. 여과 조건(교반판 각도)에 따른 여과박 층의 상태 변화 (교반속도는 고정)

여과 조건에 따른 여과액의 청징도에 대한 역의 의미를 갖는 탁도의 변화는 Figure 5-7과 같다. 먼저 회전속도가 70 rpm으로 증가함에 따라 여과박 층이 보다 균질하고 평탄해짐에 따라 여과액의 탁도는 감소하였지만, 160 rpm으로 과도하게 회전속도가 증가할 경우 여과박 층이 중앙으로 몰리고, 벽 부위의 여과박 층이 얇아지게 되어 여과액의 탁도는 증가하였다. 따라서 회전속도는 최적점이 있음을 알 수 있었다.

또한 교반판의 각도가 90도에서 60도로 작아지면 여과액의 탁도는 낮아졌다. 그러나 45도로 더 각도를 작게하면 오히려 탁도가 높아져 바람직하지 않게 나타났다. 이는 60도에서는 교반력이 적당하여 여과박 층이 평탄하고 균일하게 형성되어 탁도가 낮아졌지만, 교반판의 각도가 더 작아짐에 따라 교반력이 지나치게 커져서 여과박 층이 벽쪽으로 밀려 중앙부위의 여과박 층이 얇아져 여과액의 탁도가 증가한 것으로 분석된다. 이 또한 교반판의 각도 역시 최적점이 있음을 나타낸다. (Figure 5-8)

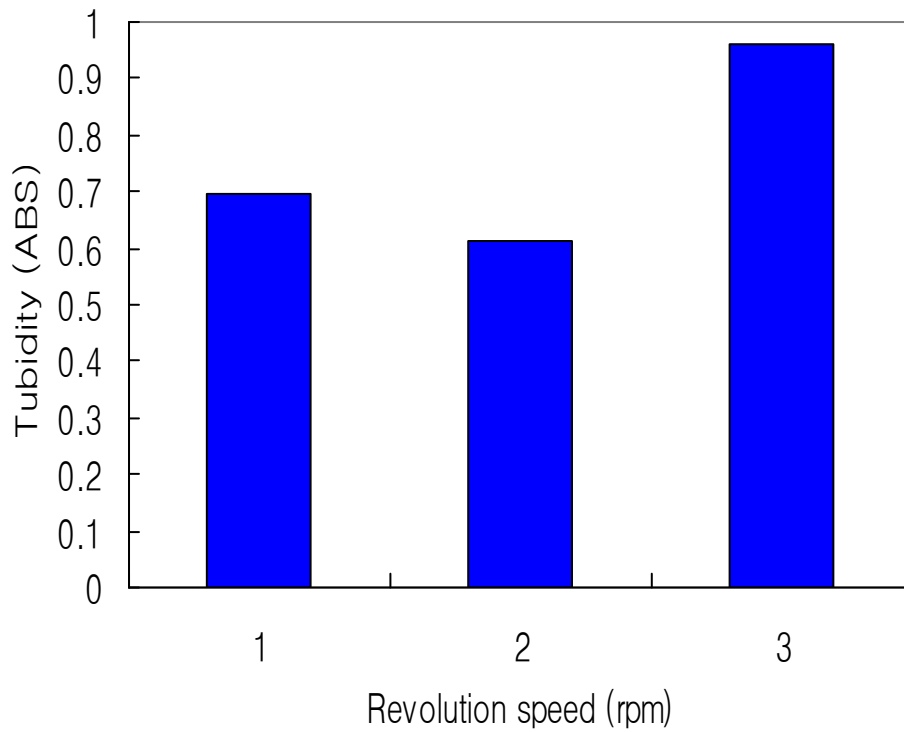


Figure 5-7. 여과 조건(회전속도)에 따른 탁도의 변화 (교반관 각도는 45도)

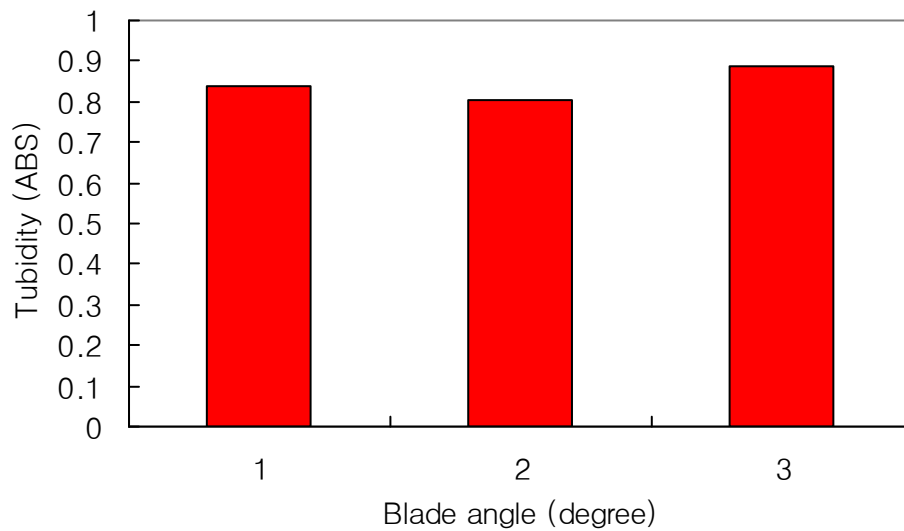


Figure 5-8. 여과 조건(교반관의 각도)에 따른 탁도의 변화 (교반속도는 70 rpm)

- 카라멜 맥아로 제조된 맥주의 품질관리

1. 실험 재료

1) 시료

협동4의 품질관리기술 개발 시료는 주관기관인 ㈜파머스맥주 현장에서 제조한 시료를 제공받아 본 실험에 사용하였다. 각 시료는 A-1(국내산맥아(기본+카라멜) 젓산균 처리), A-2(국내산맥아(기본+카라멜)), A-3(국내산맥아(기본+카라멜) 효소 및 젓산균 처리)), A-4(국내산 기본 맥아+수입산 카라멜 맥아))의 명칭과 제한된 실험실 조건에서 실험을 진행하였다.

2. 실험 방법

1) 알코올 함량 측정

알코올 함량은 알코올 증류 장치를 이용하여 알코올을 증류시킨 후 주정계(211-DK-12, DeaKwang, Seoul, Korea)를 이용하여 비중의 변화를 보았으며, 이를 주정분 온도 환산표를 통해 알코올 함량을 환산하여 예측하였다.

2) 쓴맛 측정

맥주의 쓴맛에 대한 측정의 경우 ASBC에 제시된 방법을 이용하여 사용하였다. 맥주를 거품의 손실이 없도록 가스를 제거하여 20℃로 조절하고 10 mL를 원심분관에 취한 후 6N 염산 0.5 mL, iso-octane 20mL를 가하여 밀봉한 다음 진탕하였다(250 rpm, 15min). 3000 rpm에서 3분간 원심분리 후 iso-octane 층을 취해 순수한 iso-octane을 대조로 275nm에서 흡광도(A)를 측정하였다. 이를 각 품종별 맥주의 최종 제품 측정값을 비교하여 분석하였다.

$$\text{Bitterness} = 50 \times A$$

3) 거품 안정성 측정

맥주의 거품 안정성에 대한 측정의 경우 ASBC에 제시된 방법을 이용하여 실험하였다. 하부에 cock이 있는 유리 칼럼 높이 직경을 사용하였다. 시료 50 mL를 붓고 30초 후에 거품 이외의 하층액을 제거한 후 cock을 다시 막았다. 그 후 230초간 거품이 꺼지는 시간을 허용하여 깨진 거품의 양(b)과 남은 거품 양(c)을 측정하여 다음과 같은 식으로 거품 안정성(sigma)을 산출하였다. 이를 각 품종별로 거품 안정성을 측정, 비교하여 분석하였다.

$$\sigma = \frac{230}{2.303 \log \left[\frac{b+c}{c} \right]}$$

4) 색도 측정

색도계(CR-300, Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan)를 사용하였으며, Hunter L(lightness), a(redness), b(yellowness)의 값을 측정하여 이에 대한 변화 양상을 각 품종별 비교를 통해 분석하였다.

5) 탁도 측정

Spectrophotometer(UVmini-1240, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 700 nm에서의 흡광도가 430 nm에서 측정한 흡광도 보다 ≤ 0.039 배라면 탁도가 “없음” 으로, 아니라면 “있음” 으로 결정하여 각 품종별 맥주의 차이를 알아보았다.

6) 관능평가 진행

맥아의 종류를 달리하여 제조한 맥주의 관능평가의 패널 요원은 우석대학교 외식산업조리학과 대학생 및 대학원생 30명을 선발하였다. 공통평가항목은 Oily mouth coat, Gritty mouth coat, Density, Stickiness, Alcoholic, Bitterness, Astringency, Foam volume, Bubble size, Viscosity, Total CO₂, Duration aftertaste를 5점 척도로 평가하였다.

각 시료별 기호도 평가의 항목은 Total CO₂, Density, Alcoholic, Bitterness, Duration aftertaste, Foam volume를 5점 척도로 평가하였다. 점수의 기준정도와 평가항목에 대하여 안내하였으며, 실험에 사용한 시료는 난수표에 의한 세 자리 숫자가 기록된 수로 표시하고 동일한 모양의 일회용 종이컵을 제공하여 진행하였다.

3. 주요 연구결과

1) 알코올 함량

품질 관리 항목에 따라 기준 (주)파머스맥주에서 생산하는 일반 맥아 4종을 이용하여 측정한 알코올 함량은 다음 표 5-1와 같다.

Table 5-1. 맥아 종류에 따른 맥주의 알코올

Sample	A-1	A-2	A-3	A-4
Alcohol (%)	4.5	4.5	4.5	4.5

2) 쓴맛

맥아 종류에 따른 맥주 4종의 Bitterness는 다음 표 <Table 5-2>와 같다. 쓴맛은 Hop의 유도체인 iso- α acid 함량에 따라 나타나며, 표준범위 기준은 10-40 BU에 속한다. 쓴맛 측정 결과 국내산 기본 맥아와 수입산 카라멜 맥아를 혼합한(A-4)시료가 36.13 BU로 가장 높은 값으로 측정되었으며, 국내산 기본 맥아와 국내산 카라멜 맥아를 혼합하여 효소 및 젖산균 처리한 시료(A-3)가 13.33BU로 가장 낮은 값을 나타내었으며 모든 시료가 표준범위인 10-40 BU에 속하였다.

Table 5-2. 맥아 종류에 따른 맥주의 쓴맛

Sample	A-1	A-2	A-3	A-4
Bitterness	16.00±0.40	19.07±0.81	13.33±0.90	36.13±2.93

3) 거품 안전성

맥주 품질 특성에 있어 기초적이면서 중요한 항목으로 iso- α acid와 malt로부터 연관된 많은 protein 및 polypeptide에 의해 생성된다. 맥아 종류에 따른 맥주 4종의 거품 안전성은 다음 표 <Table 5-3>와 같다. 거품 안전성은 수치가 증가할수록 거품 안전성이 좋은 결과로 나타난다. 국내산 기본맥아와 국내산 카라멜 맥아를 혼합한 후 효소 및 젖산균 처리한 시료(A-3)가 가장 높은 값을 나타내었으며, 국내산 기본 맥아와 수입산 카라멜 맥아를 혼합한 시료(A-4)가 가장 낮은 값을 나타내었다.

Table 5-3. 맥아 종류에 따른 맥주의 거품안전성

Sample	A-1	A-2	A-3	A-4
Form stability(Σ)	180.00±25.19	244.08±39.70	306.30±52.47	161.29±26.51

4) 색도

맥아 종류에 따른 맥주 4종의 색도는 다음 표 <Table 5-4>와 같다. 색도는 맥주의 발효기간에 영향을 받는 속성으로 발효기간 길수록 a(redness)와 b(yellowness)의 색이 진해지는 경향을 보인다. 국내산 기본 맥아와 수입산 카라멜 맥아를 혼합한 시료(A-4)가 L값 63.55로 가장 낮은 값을 나타내었으며, b 값도 A-4시료가 가장 높은 값을 보였으나 L값의 영향으로 가장 어두운 색을 나타내었다.

Table 5-4. 맥아 종류에 따른 맥주의 색도

Sample	A-1	A-2	A-3	A-4
L	90.72±0.02	88.39±0.03	86.44±0.02	63.55±0.04
a	-2.35±0.04	-1.54±0.01	-1.31±0.02	4.41±0.02
b	26.33±0.06	19.53±0.01	20.06±0.00	45.47±0.02

5) 탁도

맥주의 발효 유무의 척도로 사용되는 탁도는 맥주 발효과정 중 효모의 성장 및 단백질, polyphenol의 존재 등을 통해 발생한다. 또한 탁도가 발생됨에 따라 맥주의 발효 진행이 잘 되었음을 볼 수있다. 맥아 종류에 따른 맥주 4종의 탁도는 다음 표 <Table 5-5>와 같이 모든 시료에서 탁도를 갖는 것으로 나타났다.

Table 5-5. 맥아 종류에 따른 맥주의 탁도

Sample	A-1	A-2	A-3	A-4
Turbidity	Exist	Exist	Exist	Exist

6) 관능평가

<Table 5-6>은 소비자가 맥주를 섭취할 때 중요하게 생각하는 선택속성을 5점 척도로 제시한 표이다. Oily mouth coat, Gritty mouth coat, Stickiness, Viscosity 4가지 속성이 3점대 이상으로 높은 기호도를 나타냈으며, Total CO₂, Astringency 2가지 속성은 2점 초반대로 낮은 값을 나타내었다.

Table 5-6. 맥주 선택속성에 따른 소비자 기호도 평가

Sensory attributes	Value
Oily mouth coat	3.58±0.95
Gritty mouth coat	3.32±0.87
Density	2.76±0.82
Stickiness	3.47±0.89
Alcoholic	2.89±1.16
Bitterness	2.61±1.15
Astringency	2.39±1.13
Foam volume	2.55±1.03
Bubble size	2.92±0.97
Viscosity	3.00±0.90
Total CO ₂	2.26±0.92
Duration aftertaste	2.39±1.13

<Table 5-7>은 맥아 종류에 따른 맥주 4종의 기호도 평가이다. Total CO₂속성은 전 시료 모두 3점 초반대로 비슷한 경향을 보였으며, Density는 A-1시료가 3.7점, A-4시료가 2.7점으로 차이를 보였다. Alcoholic, Bitterness, Duration aftertaste, Duration aftertaste 4개 속성 모두 A-4시료는 2점 대로 가장 낮은 값을 나타내었으며, A-1시료가 모든 속성에서 가장 높은 점수를 나타내었다. A-4의 시료의 색도와 쓴맛 측정값을 비교하였을 때 어둡고 쓴맛의 맥주를 비선호 한다는 결과를 나타낼 수 있으며, 맥주의 전체적인 기호도에 영향이 미치는 결과를 나타내었다.

Table 5-7. 맥아 종류를 달리하여 제조한 맥주의 소비자 기호도 평가

Sample	A-1	A-2	A-3	A-4
Total CO ₂	3.19±0.94	3.30±0.85	3.16±0.76	3.00±0.94
Density	3.70±0.85	3.43±0.93	3.14±0.95	2.70±1.31
Alcoholic	3.38±0.86	3.16±0.87	3.27±0.96	2.73±1.10
Bitterness	3.05±1.00	3.00±1.03	2.97±1.04	2.14±1.03
Duration aftertaste	3.70±0.85	3.43±0.93	3.14±0.95	2.70±1.31
Foam volume	3.22±0.67	3.16±0.76	3.30±0.74	3.00±0.88

2-3. 3차년도 연구개발과제의 수행 과정 및 내용

[주관 : Roasted맥아 양산공정 표준화]

1. Roasted맥아 제조공정 현장최적화 및 표준화

가. Roasted맥아 제조공정 현장최적화



Figure 1-1. 맥아제조기



Figure 1-2. 로스팅기(건조기)

2021년 파머스맥주는 협동1,3과 협업하여 국내산 보리를 활용한 roasted맥아 제조공정을 현장 최적화하였다. 맥아제조기(Fig. 1-1)를 통해 제맥 공정을 완료하였으며, 맥아 건조기(Fig.1-2)를 통해 로스팅 반응 공정을 수행하였다.

roasted맥아에 대한 수차례의 실험과정(수분함량, 건조온도 등)을 일지(Fig.1-3)에 기록하였고, 1,2차 년도에 진행하였던 기본맥아 제조공정의 표준화를 통해 3차 년도 roasted맥아 표준화를 수행하였다. 현장 실험 시, 수입산 로스팅맥아인 Carafa2 type(EBC 800~1,100)를 기준으로 설정하여 국내산 맥아인 광맥을 활용한 로스팅맥아를 제조하기 위해 수차례 실험을 진행하였다. 본 실험을 통해 국산 로스팅맥아의 EBC 표준 및 수입산 맥아와의 편차 기준을 잡을 수 있었다.

또한, roasted 반응 정도를 조사하기 위하여 건조 시간 변화에 따른 수분함량을 측정하여 데이터화하였다. roasted맥아 제조 시 수분함량은 초기 수분을 40~45% 에서 시작하였으며, Kilning 최종 수분율이 2.5% 이하가 될 때를 기준으로 roasted맥아 제조공정을 시작하였다.

Roasted 공정은 205~240℃ 여러 번의 현장적용을 통해 현장 최적화 값을 구하였다. 협동 1에서 제조하여 얻은 맥아의 결과 값과 현장의 공정을 통해 얻은 맥아의 결과 값에 차이가 나는 원인은 드럼형태의 회전식 방식으로 인한 열손실과 그린몰트 투입량에 따라 열전도 차이가 있어 실험실 온도보다 높은 온도와 넓은 온도 설정 폭을 넓게 설정하여 실험오차 범위를 줄여 나갔다.

roasted(건조기) 공정에서 외부요인(습도, 온도)에 대한 변수를 최소화 하여 현장적용 실험을 하였

다.

협1 실험실에서와 비슷한 조건 유지하기 위해 열손실에 대한 부분은 예열 등을 통하여 보완하였으며, 수분손실은 로스팅기의 입구를 밀폐함으로써 현장 적용의 오차를 줄여 나갔다.



Figure 1-3. Roasted Malt 제조 현장 일지 사진

Table 1-1 Roasted Malt 제조공정 현장최적화 실험

생산시작일 자	Roasted맥아 제조공정 현장최적화 실험									
	건조 경과시간(수분율%)					로스팅 경과시간(수분율%)				
	1h	2h	3h	4h	5h	30min	60min	80min	100min	120min
2021.02.18	24.71	13.75	11.35	5.0	2.58	1.98	1.12	0.96	0.78	0.55
2021.02.19	25.70	14.85	9.21	5.1	2.5	2.0	1.0	0.80	0.66	0.50
2021.03.04	25.06	13.77	10.30	5.0	2.62	1.9	1.1	0.88	0.50	0.50
2021.03.05	27.06	12.55	9.12	5.0	2.5	1.9	1.0	0.70	0.68	0.50
2021.03.18	27.05	13.56	9.22	4.5	2.5	1.8	1.1	0.88	0.70	0.55
2021.03.19	25.12	13.57	10.36	5.0	2.5	1.8	1.2	0.90	0.60	0.50
2021.04.08	28.15	14.55	11.22	4.5	2.5	1.9	1.0	0.95	0.55	x
2021.04.09	27.20	13.78	10.36	5.0	2.5	2.0	1.0	0.88	0.60	x
2021.04.22	26.50	12.22	9.22	5.0	2.62	2.0	1.1	0.65	0.72	x
2021.04.23	25.50	13.12	10.21	5.0	2.5	2.0	1.2	0.77	0.70	x
2021.05.13	24.25	14.10	10.11	5.0	2.5	2.0	1.1	0.90	0.55	x
2021.05.14	23.22	14.78	11.12	4.8	2.5	1.9	1.1	0.90	0.60	x
2021.05.27	26.56	14.66	11.24	5.0	2.5	1.98	1.0	0.86	0.55	x
2021.05.28	26.55	13.56	9.25	5.0	2.5	1.9	1.0	0.82	0.65	x
2021.06.10	28.55	13.55	11.36	5.0	2.5	1.9	1.0	0.90	0.65	x
2021.06.11	29.12	14.12	9.22	5.0	2.5	1.9	1.0	0.82	0.55	x
2021.06.24	28.55	15.11	10.10	4.8	2.62	1.9	1.0	0.82	0.55	x
2021.06.25	27.12	16.10	11.30	5.0	2.5	1.8	1.0	0.90	0.60	x

나. Roasted맥아 제조공정 표준화 및 매뉴얼 작성

1) Roasted맥아 제조공정 표준화

현장최적화 실험을 통해 얻은 로스팅맥아제조공정 최적화 과정을 아래에 제시하였다.

- 가) 보리를 정선하여 제맥 준비를 한다.
- 나) 수침탱크에 약15℃의 물로 보리가 잠기도록 1차 수침공정을 진행한다. 이때, 정선과정에서 남은 겨 껍질 등 불순물을 수면위에서 제거한다.
- 다) 1차 수침이 끝나면 배수 후에 1차 건침을 20시간 진행한다. 탱크 내부 온도는 약 15℃를 유지하면서 수분율을 유지한다.(냉풍기 가동 및 10시간 간격으로 약15℃의 물을 15초 동안 분사한다.)
- 라) 1차 건침 종료 후 2차 수침을 1차 수침 때와 동일하게 4시간 진행한다. (수온 약15℃)
- 마) 2차 수침 종료 후 2차 건침을 20시간 동안 진행한다. 탱크 내부 온도는 약15℃를 유지하면서 수분율을 유지한다.(냉풍기 가동 및 10시간 간격으로 약15℃의 물을 15초 동안 분사한다.)
- 바) 3차 수침은 보리의 수분율에 따라 2~3시간을 진행한다. (수온 약15℃)
- 사) 3차 수침이 종료되면 발아공정을 진행한다. 냉풍기 가동 및 10시간 간격으로 약15℃의 물을 15초 동안 분사한다. 수분율은 42~45%를 유지한다.
- 아) 발아공정은 외부 온도나 환경요건에 따라서 3~6일 진행하도록 한다.
- 자) 수분함량 약 40~45%의 맥아를 200℃ 건조(kilning)를 5시간을 시작한다
- 차) 건조된 맥아 수분량이 5% 미만이면, 240℃에서 로스팅 공정을 시작한다
- 카) 로스팅 시간은 100min 으로 한다.

위와 동일한 과정을 거쳐 국산보리로 로스팅맥아를 생산하여 수입Carafa type2 맥아와 품질을 비교하였을 때, 큰 차이가 없음을 확인하였으므로 roasted맥아 생산 공정을 아래와 같이 표준화 하였다.

Table 1-2 맥아제조공정 표준화 결과

Roasted Malt 생산 공정	건조온도 (℃)	건조시간 (kilning time)	로스팅온도 (℃)	건조시간 (kilning time)
	200℃	5 h	240℃	100min

2) Roasted맥아 제조공정 매뉴얼

표준화 과정을 거쳐 완성된 국내산 보리를 활용한 roasted맥아 제조공정도를 작성하였다.

로스팅맥아 제조공정 매뉴얼

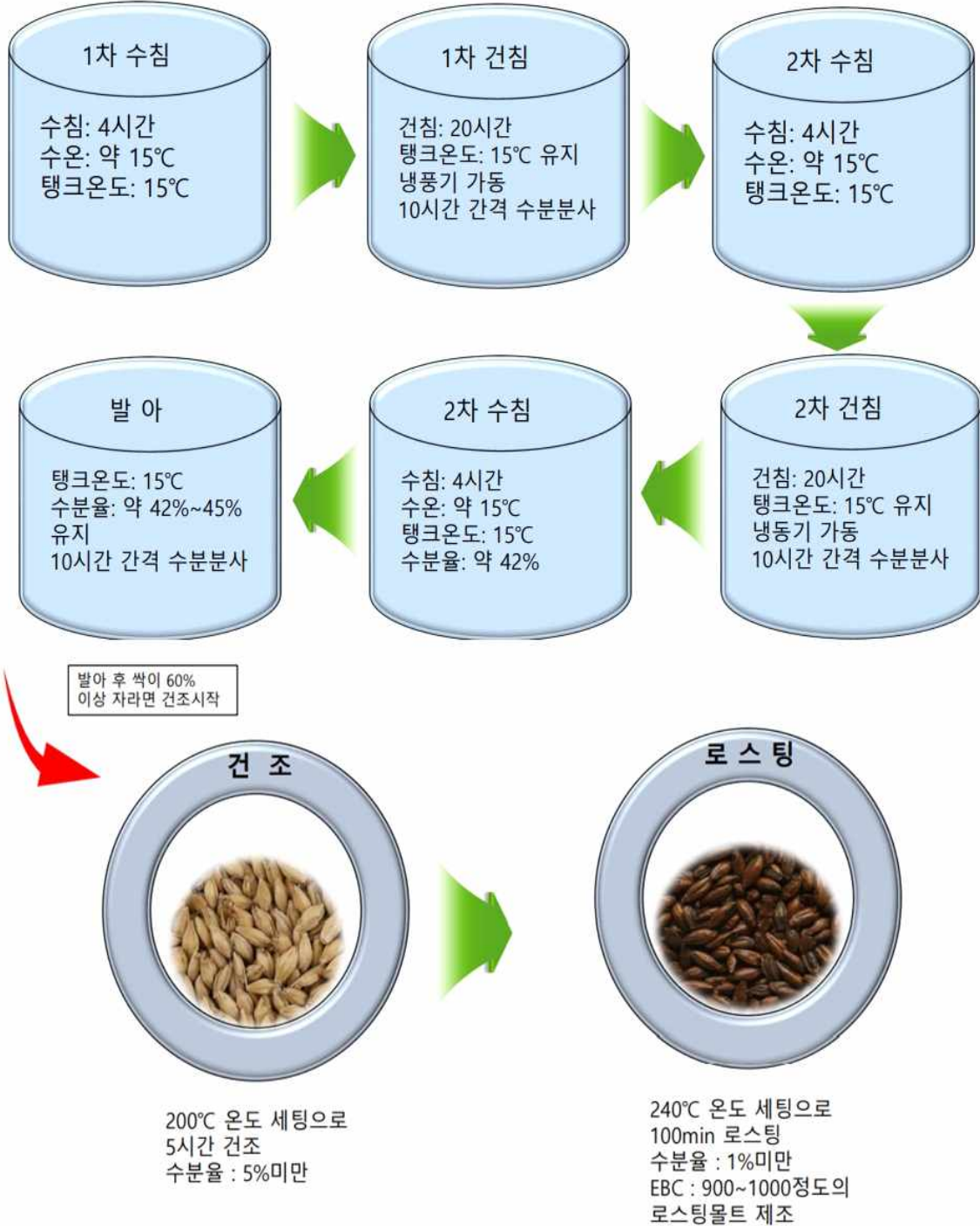


Figure 1-4. 로스팅맥아 제조공정 매뉴얼

가. 로스팅맥아를 활용한 수제맥주 제조공정 현장최적화

협동 2, 협동 3과 협업하여 국내산 roasted맥아와 젖산균을 이용하여 수제맥주 제조공정을 현장 최적화하였다.



당화조



여과조



캔 충전기

Figure 1-5. 로스팅맥아 캔맥주가공시설

로스팅맥아를 이용한 수제맥주 생산 공정에 대한 수차례의 현장최적화 실험과정을 일지(Fig. 1-6)에 기록하였다. 로스팅맥아를 이용한 수제맥주 생산 공정에 국내산 roasted맥아, 수입산(Carafa type2)맥아 그리고 젖산균 starter (*Pediococcus acidilactici* HW01)를 사용하여 현장최적화한 내용(당화 온도, 여과시간, 수율 등)을 Table 1-3에 나타내었다.

젖산균 starter culture는 양조용수 전체 용량 대비 1/30에 균수가 10^8 cfu/ml 이 되도록 조정한다음 30℃에서 배양 후 맥아와 같이 투입하였다. 젖산균을 첨가한 맥아의 경우 가장 낮은 pH를 보였으며, 맥즙 내의 환원당과 아미노산, 작은 펩타이드 성분이 가장 높게 나와 맥주의 품질을 높일 수 있다고 판단하였다. 위 변수 등을 고려하여 로스팅맥아를 이용한 수제맥주 생산 공정 표준화를 하였다.

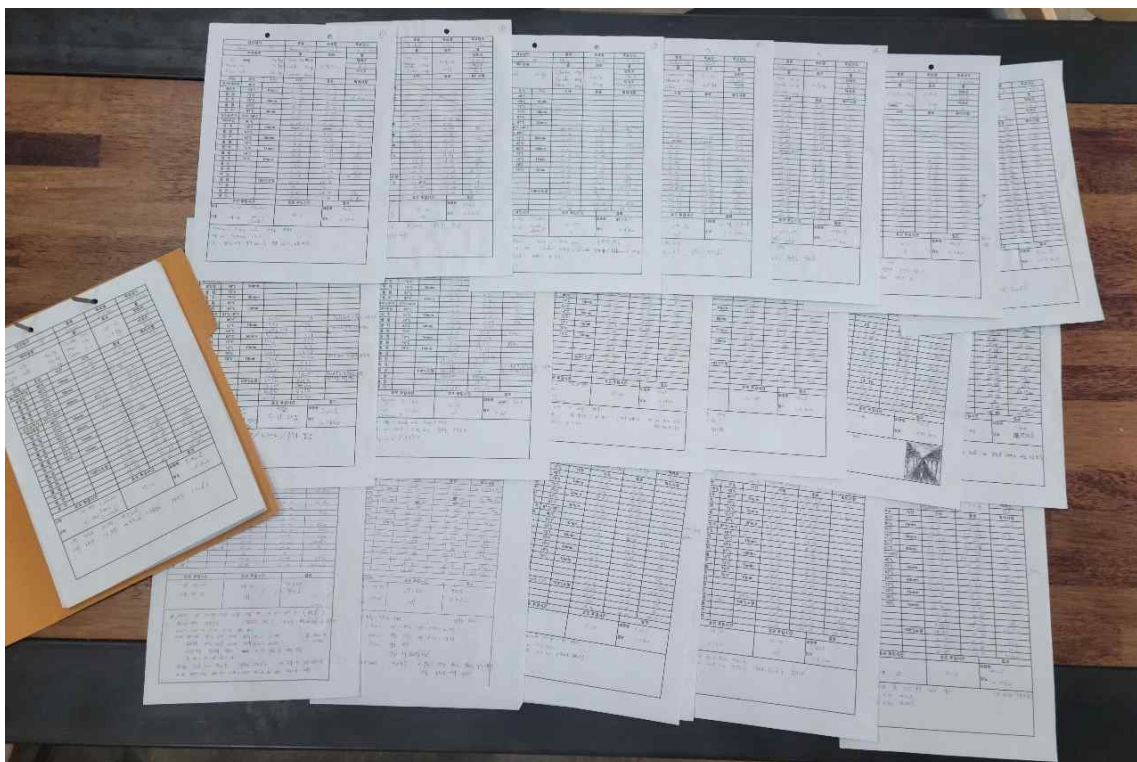


Figure 1-6. 현장 일지 사진

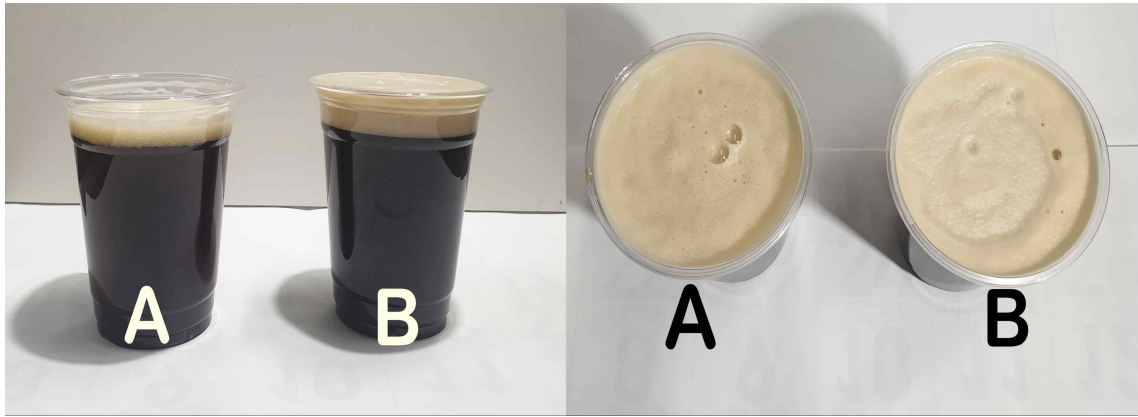


Figure 1-7. 젖산균 적용 후 맥주 거품입자 비교사진
 (A : 국내산 맥아 (광맥) + 수입산 Carafa type2 맥아 ,
 B : 국내산 맥아 (광맥) + roasted맥아 (광맥) + 젖산균 처리)

젖산균을 처리하여 제조한 최종 맥주거품의 포집도는 매우 곱고 균일하여 프리미엄 맥주 거품을 만들 수 있었다. 맥주 품질 평가에 있어서 거품유지력(안정성)은 육안으로 평가할 수 있는 부분에서 가장 큰 비중을 차지한다. Figure 1-7에서 젖산균을 처리한 맥주 (B)는 젖산균 처리를 하지 않고 제조한 A에 비해 높은 거품 유지력을 확인할 수 있다. 젖산균을 처리하여 제조한 최종 맥주의 품질은 거품유지력(안정성) 뿐만 아니라, 맥주의 쓴맛 (BU, Bitterness unit)과 맥주의 알코올 도수 (Alcohol content)에서 또한 높아짐을 확인할 수 있었으며, 맥주의 품질 저하에 영향을 미치는 디아세틸 (Diacetyl)의 값은 낮아짐을 확인할 수 있었다.

Table 1-3 수제맥주제조공정 현장최적화

로스팅맥아 맥주제조공정 현장최적화				
생산시작일자	재료명	제품종류	당화온도 (°C)	수율
2021.06.16	광맥맥아+ 로스팅맥아(10%)	Dunkel	62±1	84%
2021.06.23	광맥맥아+ carafa type2	Dunkel	62±1	86%
2021.07.07	광맥맥아+ 로스팅맥아(10%) (젖산균추가)	Dunkel	62±1	85%
2021.07.14	수입산 pilsner 맥아+ 로스팅맥아(10%)	Dunkel	62±1	87%
2021.07.28	수입산 pilsner 맥아+ carafa type2	Dunkel	62±1	86%
2021.08.10	광맥맥아+ 로스팅맥아 (젖산균추가)	Dunkel	62±1	85%
2021.08.17	광맥맥아+ 로스팅맥아(10%)	Dunkel	62±1	83%
2021.08.24	광맥맥아+ 로스팅맥아(10%) (젖산균추가)	Pilsner	62±1	85%

2021.09.08	광맥맥아+ carafa type2	Dunkel	62±1	85%
2021.09.29	광맥맥아+ carafa type2	Dunkel	62±1	87%
2021.10.06	광맥맥아+ 로스팅맥아(7%)	Dunkel	62±1	84%
2021.10.08	광맥맥아+ 로스팅맥아(3.5%)	Dunkel	62±1	84%
2021.10.13	광맥맥아+ 로스팅맥아(10%)	Dunkel	62±1	85%
2021.10.15	광맥맥아+ 로스팅맥아(10%)	Dunkel	62±1	84%
2021.10.27	광맥맥아+ 로스팅맥아(10%)	Dunkel	62±1	84%

나. Roasted맥아 수제맥주 제조공정 표준화 및 매뉴얼 작성

1) Roasted맥아 수제맥주 제조공정 표준화

현장최적화 실험을 통해 얻은 국내산 로스팅맥아를 활용한 수제맥주제조공정 최적화 조건 및 과정을 아래에 제시하였다.

- 가) 광맥맥아를 분쇄한다. 180kg ~ 220kg (평균적으로 최종 목표량의 25% 정도)
- 나) 로스팅맥아를 분쇄한다. 20~30kg(광맥맥아(base malt) 사용량의 10%)
- 다) 당화조에 800L의 물을 준비한 후 온도를 30℃로 유지. 양조용수 대비 1/30에 10⁸cfu/ml 가 되도록 젖산균을 넣고 배양한다.
- 라) 당화조에 Malt 젖산균 접종. 60분간 정치시킨다. 정치 후 62℃로 당화를 시켜준다.
- 마) 72℃ 로 승온 시켜 준 후 72℃ 상태에서 계속 교반시켜주며 15분간 정치한다.(정치가 끝난 후 히터 off)
- 바) 살균이 되어 250L의 물이 담겨있는 여과조 망의 윗부분으로 당화조의 맥즙을 옮겨준다. (여과조 내부의 여과층 생성을 위하여 교반기를 회전시켜주며 이송한다.)
- 사) 맥즙 이송이 완료되면 교반기를 정지시킨 후 25분 정도 정치시켜준다.
- 아) 여과망 아래쪽에 있던 흐린 맥즙을 여과조 윗부분으로 순환시켜준다.
- 자) 사이드글라스를 통하여 맥즙이 맑아진 것을 확인하면 미리 청소해둔 당화/자비조로 이송하고 (맥아 껍질부분이 넘어 가지 않도록 주의한다) 펌프의 RPM을 점차적으로 상승시키며 여과가 끝날 때까지 유지해 준다.
- 차) 여과가 끝나기 전 히터봉이 맥즙에 충분히 잠길 때부터 히터를 가동시켜 100℃까지 승온한다.
- 카) 100℃에 도달하면 60분간 끓여주며 Hop를 투입한 후 히터를 끄고 교반을 정지한 후 25분간 정치한다.
- 타) 맑은 맥즙을 열교환기를 통해 발효/숙성조로 이송한다. (열교환기를 통과하는 시점에서의 온도가 30℃ 이하를 유지하도록 한다)
- 파) 맥즙 이송이 약 75% 정도 진행되었을 때 30분간 배양해두었던 효모를 넣어 주도록 한다.
- 하) DUNKEL맥주 발효온도 (14℃~16℃) 온도 설정한다
- 거) 36시간 이 지난 후 열려있던 압력 밸브를 닫아준다.
- 너) 압력 밸브는 압력센서 부근에 연결해주어 1.0~1.2bar로 설정한다.
- 더) 12~14일 발효시킨다.
- 러) 발효가 더 이상 일어나지 않을 경우 온도를 4℃이하로 낮춘 후 맥주종류나 효모종류에 따라 3~7일 이상 숙성시킨다.

위와 동일한 과정을 거쳐 수입산 맥아인 carafa type2 를 사용하여 제조한 맥주와 국내산 로스팅맥

아로 제조한 수제맥주의 품질을 비교하였을 때, 큰 차이가 없음을 확인하였다. 이를 통해 국내산 로스팅맥아가 수입산 로스팅맥아를 대체할 가능성을 확인할 수 있다.

Table 1-4 수제맥주제조공정 표준화 결과

젖산균 적용방법	30℃에서 젖산균 배양 후 담금 진행
젖산균 적용결과	젖산균을 처리하여 제조한 국내산 roasted맥아 맥주는 수입산 Carafa type2로 제조한 맥주에 비해 거품 안정성, 쓴맛, 알코올 함량이 높았으며, 맥주의 품질 저하에 영향을 미치는 디아세틸의 함량이 낮았음. 따라서 젖산균을 첨가하여 맥주를 만드는 공정이 맥주 품질의 향상에 긍정적으로 작용된다고 판단.

2) 수제맥주 제조공정 매뉴얼

표준화 과정을 거쳐 완성된 국내산 보리를 활용한 수제맥주제조공정도를 협동기관과 논의하여 최종 작성하였다.



Figure 1-8. 2021년 Roasted맥아 흑맥주 평가

ROASTED 맥아 제조공정설명서

국산기본(base)맥아+ Roasted맥아 (10%)

맥아종류(광맥 200~250kg)

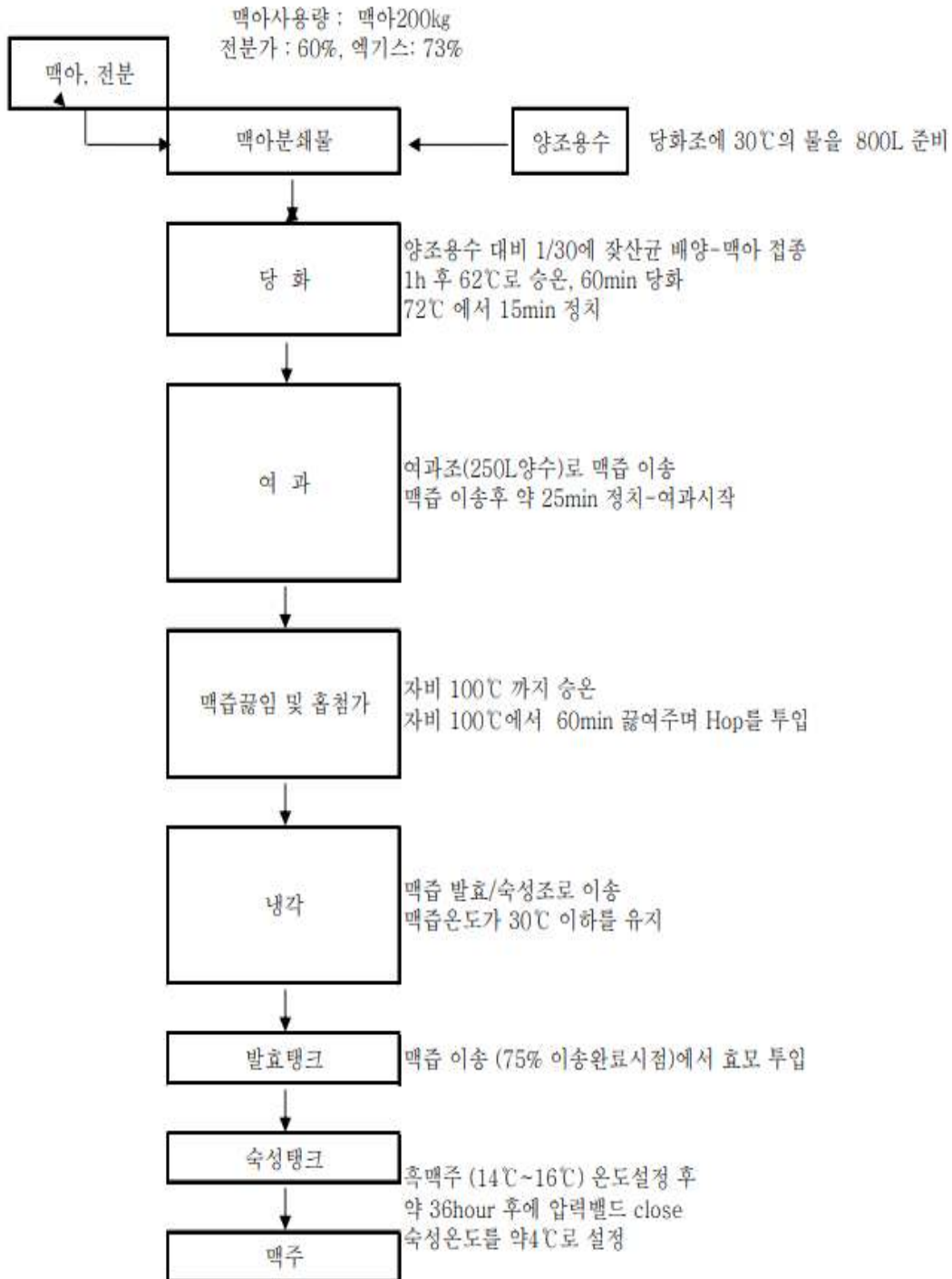


Figure 1-9. Roasted 맥아 맥주제조공정 매뉴얼

[협동 1 : 국내산 맥주보리를 활용한 Roasted 맥아개발연구]

1. 실험 재료

보리의 선택 기준에 따라서 맥아 및 맥주의 품질 특성이 달라지기 때문에 맥아제조의 기본 원료인 보리를 선정하는 것이 중요하다. 기존 연구인 “신개념 지역특산 국산일반보리 프리미엄 맥주를 위한 제조기술 개발”에서 2조맥 보리와 6조맥 보리를 이용하여 천립중, 발율, 단백질의 함량 등 품질 특성을 비교하였다. 이에 의하면 천립중은 추출 수율과 비례하며 발아율은 맥아의 품질 및 맥즙 여과시간에 영향을 미친다. 또한 단백질 함량이 높으면 탄수화물의 함량이 낮아서 혼탁 등 문제를 일으킨다. 그러므로 그 중 결과가 가장 좋았던 2조맥 맥주보리인 ‘광맥’을 주재료로 선정하였다. 또한 지난 2년간의 실험을 통하여 국내산 보리인 흑호, 호품, 광맥 중 광맥이 가장 맥주 맥아를 제조하기 위해 적합한 것을 확인할 수 있었기 때문에 3차년도는 ‘광맥’을 이용하여 실험을 진행하였다. 수입산 맥아로는 국내에서 수입산 맥아로 많이 사용되며 주관기관에서 기존에 이용하였던 ‘carafa type 2’를 선정하였다. 선정된 재료들은 건조 조건에서 온도의 변화를 각기 다르게 하여 맥아의 품질 특성이 어떻게 변화하는지 관찰하였다. 품질적인 특징의 차이를 확인하기 위해 각각의 Lab 색도, EBC 색도, 당도, MRP(Mailard reaction product), HSS-GC-MS를 이용한 향기 성분의 정량 및 정성분석을 하였다. 위의 실험들은 맥아의 향미적인 특성이 어떠한 변화가 일어나는지 확인 할 수 있는 실험이다.

2. 실험 방법

가) 맥아 제조

맥아를 제조하기 위해서는 기본적으로 침맥(Steeping)-발아(Germination)-배조(Kilning) 과정을 거치게 된다.



Fig. 2-1. Roasted 맥아의 제조과정

보리는 2조맥 보리와 6조맥 보리가 있다. 2조맥 보리는 보리 이삭에 보리알이 두 줄로 나란히 달려, 낱알의 크기가 일반 보리에 비해 크며 단백질 함량이 적고, 전분질 함량이 높아 맥주 양조에 적합한 보리이다. 6조맥 보리는 보리 이삭에 보리알이 6열로 달린 보리로, 단백질 함량이 높고 주로 식용으로 사용하는 보리이다. 세부적으로는 맥주보리, 겉보리, 쌀보리가 있다. 맥주 보리가 겉보리 및 쌀보리에 비해 품질 특성이 우수하다는 사실을 알 수 있다. 또한 같은 계열의 맥주 보리 중 2조맥 보리가 6조맥 보리에 비해서 품질특성이 우수하다. 또한 맥아의 제맥 적성을 평가하기 위해 천립중, 발아세, 발아율, 수감수성, 침맥시간, 신장도, 효소역가 측정 방법을 이용하여 제맥의 적성

평가를 실시 한 결과, 이 역시 2조맥 보리가 우수하다는 사실을 알 수 있었다. 그러므로 증명된 사실들을 토대로 실험 재료로 쓰일 보리는 2조맥 맥주 보리인 ‘광맥’을 사용하였다. 또한 수입산과 비교하기 위하여 수입산 맥아 ‘carafa type 2’를 사용했다. 위의 보리들은 과거부터 주로 이러한 보리들을 계속해서 다루고 판매를 진행하였던 주관기관인 (주) 파머스 맥주로부터 공여 받아 사용하였다. (주) 파머스 맥주는 맥주를 만드는 기본 공장 기기를 보유하고 과거 농림부와 함께한 과제를 바탕으로 공장에서 맥아를 만들어 판매까지 하는 기업으로 재료에 대한 신뢰도는 매우 높은 기업이다.

나) 색도 측정

색도는 두 가지 방법으로 측정하였다. 색도를 측정 할 때 일반적으로 많이 사용하는 Hunter Lab를 측정하는 방법과 맥주의 색도 단위인 EBC를 측정하는 방법을 사용하였다.

① Lab

Lab 색채 원리로 UDL colormeter NE4000(Nippon Denshoku, Japan) 색도계를 이용하여 측정하였다. ‘광맥’ 시료에 대하여 색도계에서 나온 L, a, b, E 값을 측정하였다.

② EBC

EBC는 전처리 완료된 ‘광맥’ 시료를 9x6 well에 넣은 다음 430nm로 흡광도를 측정하여 다음과 같은 식을 이용하여 구하였다.

$$EBC \text{ units} = 25 \times A_{430} \times F$$

(25 = 증배 계수 A_{430} = 430 nm에서 측정한 흡광도 값 F = 희석 배수)

다) 당도 측정

당도는 Master refractometer(ATAGO, Japan) Brix 당도계를 이용하여 측정하였다.

라) MRP 측정

MRP(Maillard reaction product)의 양은 Epoch spectrophotometer(Biotek, USA)로 Maillard reaction 과정에서 생성되는 갈변물질을 측정하는 데 적합한 측정범위인 420nm 조건에서 흡광도의 값으로 측정하였다.

마) 향기성분 분석

향기성분 분석은 GC-MS-HSS 86.50(Agilent Technologies, USA)로 3종류 맥아에 관하여 정성 분석 및 정량 분석을 진행하였다. 맥아를 powder의 형태로 만들어 특수하게 제작된 50ml 유리 vial에 0.7g을 담아 Headspace Autosampler를 이용하여 맥아의 분석을 실시하였다.

Analysis device	HSS-GC-MS		
Column	HP-5MS (0.25 μ m, 30m \times 0.25 mm)		
Injection volume	맥아 0.7g(powder), IS 10 μ l(130ppm)		
Split	splitless		
Flow rate	0.8 mL/min		
Column Temp.	Rate($^{\circ}$ C/min)	Temp.	Holding time(min)
		40	5
	1	70	3
	20	250	3
HSS oven Temp.	165 $^{\circ}$ C		
HSS Incubation time	30 min		

* Headspace-GC-MS method

분석 Headspace GC기기는 Agilent technologies 7820A 장비를 이용하였으며 Column으로는 HP-5MS-UI column(0.25 μ m, 30m \times 0.25 mm) 을 사용하였다. Flow rate는 0.8mL/min으로 설정

정하였다. Column온도는 40 °C에서 5분간 기다렸다가 70°C까지 1°C/min으로 온도를 올린 다음 3분간 기다렸다. 250 °C까지 20°C/min으로 설정하고 3분간 기다렸다. Headspace oven 온도는 165 °C로 설정하였다. Gas는 Helium 기체를 사용하였다.

정량분석을 위해 내부표준물질(Internal standard)로 Dichlorobenzene을 선정하였으며 용매로는 Dichloromethane을 사용하였다.

3. 주요 연구결과

가) Roasted 맥아 제조

맥아의 제조과정은 침맥은 15°C에서 wet steeping과 dry steeping을 3회 반복하여 실시하였으며, germination은 16°C에서 총 5일간 보리를 발아시킨 후 제근을 실시하였다. 그 후 배조(Klining)과정에서 건조 온도에 따라 제조되는 맥아의 색깔 및 품질을 결정지을 수 있는지 확인하기 위하여 ‘광맥’을 추가로 건조온도를 변화시켰다.

건조 온도 조건은 210 °C, 220 °C, 230 °C, 240 °C, 250 °C로 추가 건조한 것으로 나뉘었다. 건조는 맥아의 수분 함량이 6%미만이 될 때까지 진행을 하였다. 이후 제조된 맥아는 Drum mill (Malt Drum Mill, Jeil Industry Co.,Korea)을 이용하여 1 mm의 간극으로 분쇄하였다.

나) Roasted 맥아의 수분함량 측정

roasted 맥아는 수분 함량이 5 % 미만이 될 때까지 서로 다른 온도에서 로스팅하여 가공했다. 열의 다른 온도는 맥아의 풍미, 색 및 항산화 력에 영향을 미친다. 주어진 열 조건은 210 °C, 220 °C, 230 °C, 240 °C, 250 °C로 roasted 맥아를 실험실 규모에서 제조한다. 광맥맥아의 수분 함량 변화는 Fig 2-1~3과 같다. 맥아 공정의 시간과 온도가 증가하면 수분 함량이 감소하는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 맥아의 수분 함량이 6 % 미만이 될 때까지 수분 함량 실험을 진행 하였다. 일반적으로 온도가 240 °C이상으로 상승하면 수분 함량이 크게 감소한다. 이것은 Table 2-16.에서 볼 수 있다.

Table. 2-1. Changes in moisture content during the malt roasting phase at different kilning temperatures. (Gwangmaek)

Time(m)	210°C	220°C	230°C	240°C	250°C
0	41.38	41.38	41.38	41.38	41.38
10	35.76	33.77	32.24	30.64	29.91
20	20.89	18.97	18.47	11.71	11.13
30	10.88	10.04	8.67	6.01	6.23
40	5.71	5.89	5.53	4.62	4.49
50	4.52	3.88	3.72	2.89	3.01

다) Roasted 맥아의 당도, MRP 측정

Table 2-2.을 보면 가열 온도와 시간에 따른 수분함량, 당도와 MRP를 보여준다. 당도에 있어서는 240 °C 광맥과 ‘carafa type 2’의 당도가 매우 비슷했다.

가열 온도에 따라 형성된 MRP는 맥아 추출물을 이용하여 측정하였다. 예상대로 높은 온도의 가열 과정이 있을수록 MRP 함량을 증가시켰으나 250 °C 광맥에서는 감소되었다. Roasted 맥아 생산 중 더 높은 킬닝 온도는 색에 영향을 미치는 MRP의 증가를 확실히 보여주었고 이는 색도를 측정할 때 어느 정도 비례하는 결과를 보여준다. Roasted 맥아 생산 과정에서 열처리, 환원당과 아미노 화합물 사이의 반응이 발생한다. 이러한 화합물은 LMW MRP라고 불리며 또한 이러한 화합물은 중합 및 가교 결합을 통해 생산할 수 있다, 이 반응은 맥아의 색에 영향을 줄 수 있다.

Table 2-2. Development of roasted malt characteristics from different heating temperature (Gwangmaek)a

	Temperature (°C)	time (min)	Moisture Content(%)	Sugar (° Bx)	MRP (absorbance at 420nm)
Carafa type 2			6.21	15.93±0.19	3.11±0.00
	210	50	4.52	6.73±0.56	3.186±0.00
	220	50	3.88	7.13±0.21	3.426±0.00
Gwangmaek	230	50	3.72	7.40±0.36	3.351±0.00
	240	50	2.89	8.37±0.31	3.321±0.00
	250	50	3.01	7.77±0.29	3.301±0.00

a) This included the toasting temperature, wort sugar content measured in brix. The results are expressed as means ± standard deviation of three measurements.

라) Roasted 맥아 색도 측정

색상 측정은 Roasted 맥아 제조 과정에서 매우 중요한 요소다. Roasted 맥아를 제조하기 위해 열을 210 °C에서 250 °C로 변화시켰으며, 이 색도 변화는 EBC Unit과 CIE Lab 방식을 이용하여 측정되었다. 열의 변화는 맥아의 색을 결정하는 데 중요하다. 온도가 210°C에서 250°C로 상승함에 따라 EBC unit이 증가하는 것을 볼 수 있다. 이것은 Table 2-3.에서 볼 수 있다. 밝기, 빨간색과 녹색, 노란색과 파란색을 구분하는 CIE Lab 매개 변수는 단 하나의 파장만 측정하는 EBC 장치보다 더 정확한 정보를 제공한다. 각 품종에서 밝기를 나타내는 L이 모든 품종에서 동일하게 감소한다. 또한 빨간색을 나타내는 a의 값은 점차 증가하지만 250°C 이상에서는 감소하는 경향을 보인다. 매우 높은 온도의 열이 가해지면 a의 색도는 일정하지 않은 경향이 있다. 이는 HMW MRP가 형성될 때 발생하는 현상으로 a에 영향을 주는 LMW MRP가 HMW MRP로 되는 과정 중에 나타날 수 있는 특징이다. 이 실험은 최대 250°C에서 진행되었으며 HMW MRP의 생성으로 색도에 영향을 주는 화학적 성분들의 양이 감소했다는 것을 의미한다. 호품의 경우 지속적인 증가를 하는 것으로 보인다. 노란색 값 b는 온도가 상승함에 따라 모든 품종에서 감소하는 경향을 보인다.

Table 2-3. Chromaticity measurement in roasted malt from Carafa type 2(German) and Gwangmaek (Korea)a

	Temperature (°C)	time (min)	EBC	Lab		
				L	a	b
Carafa type 2			1330.00 ±70.98	5.09± 0.04	20.01± 0.005	18.16± 0.08
	210	60	153.40± 9.75	31.27± 0.90	30.60± 0.49	53.47± 1.65
	220	60	332.63± 7.89	22.09± 1.35	34.89± 1.27	73.28± 1.59
Gwangmae k	230	60	526.80± 8.12	12.92± 1.14	37.24± 0.80	50.93± 0.70
	240	60	973.00± 13.08	10.21± 0.21	32.54± 1.08	21.53± 0.43
	250	60	906.50± 31.82	7.83± 0.39	24.06± 1.94	15.38± 0.58

a) This included the toasting temperature, at which kind of barley used. The results are expressed as means ± standard deviation of three measurements.

마) Roasted 맥아 향기 성분 정성, 정량 분석

Table 2-4은 Headspace GC-MS를 이용한 HP-5MS 칼럼에서 동정이된 Roasted 맥아의 향기 성분을 동정한 결과 ‘광맥’ 검출된 향기 성분의 정성 분석 데이터 결과를 확인 할 수 있다. 국내산 맥아에서 주를 이루고 있는 향기 성분은 2-methyl butanal, 3-methyl butanal, hexanal, 2-furan-carboxaldehyde, Benzaldehyde, 5-methyl-2-furancarboxaldehyde, 2-pentyl-furan 등을 확인 할 수 있다. 총 16가지 성분이 동정이 되었다.

각각의 향기 성분은 boiling point가 다르다. 때문에 고온에서 로스팅을 하는 것은 화학적 반응을 활발하게 일으키기도 하지만 향기 성분의 보존에 큰 영향력을 끼치게된다. 특히 고온에서 생산을 할 수 있는 Roasted malt의 특성상 비교적 boiling point가 낮은 향기 성분의 경우 210℃에서보다 250℃에서 적게 검출 되는 것을 확인 할 수 있다. 그 예로 2-methyl butanal, 3-methyl butanal, hexanal,는 각각 끓는 점이 112℃, 102℃, 129℃이다. 비교적 낮은 온도인 210℃에서 250℃보다 함량이 많은 것을 Table 2-4에서 확인 할 수 있다. 또한 240℃와 250℃에서 처리되는 로스팅 맥아에서는 pyrazine과 propanonic acid가 동정이 되었는데 이는 실제로 보관 과정 중에서도 코를 찌르는 듯한 날카로운 향의 원인으로 추측된다. 두 성분은 기존의 낮은 온도에서 열처리를 할 때는 분석되지 않았던 매우 고온에서 발생하였다. 맥아의 mailard reaction과 caramelization을 통해 생성되는 다양한 화학물질은 생성 되는 양에 대비 하여 온도가 높을 때 휘발해버리는 특성이 생기기 때문에 향기성분의 보존이 어려운 것으로 추측된다. 그 결과로 대부분의 고온으로 올라갈수록 전체적인 향기 성분의 정량이 비례적으로 증가하는 것이 아니라 증가하다 감소하는 경향을 보인다. 대표적으로 3-methyl butanal과 2-methyl butanal의 경우 로스팅 온도가 올라감에 따라 점차적으로 농도가 증가하지만 240℃와 250℃에서는 농도가 감소하는 것을 확인 할 수 있다. Hexanal과 2-Furanmethanol의 경우 끓는점이 각각 112℃와 102℃이다. 그러므로 240℃와 250℃에서 로스팅이 되는 과정 중 생성이 되는 화학 물질이 비교적 높은 고온에서 농도가 휘발을 하여 감소하는 것으로 추측된다. 비교군으로 사용된 Carafa Type2의 경우에도 고온에서 처리가 되었기 때문에 3-methyl butanal과 2-methyl butanal가 매우 낮음을 확인 할 수 있다. 기존 1차년도와 2차년도에 실험을 진행 하였던 카라멜 맥아와 기본 맥아를 이용한 향기 성분 분석 데이터와 비교시 가장 큰 차이점으로 이전 실험에서는 malty, cocoa flavor로서 농도가 항상 가장 높았던 3-methyl butanal과 2-methyl butanal의 함량이 가장 높았던 반면 Roasted malt의 경우 반대로 240℃와 250℃에서 성분의 농도가 낮아졌다는 것이다. 심지어 Carafa Type2의 경우 % of Total에서 3-methyl butanal과 2-methyl butanal의 함량이 크게 떨어지고 Hexanal과 2-Furanmethanol의 향기 성분의 비중이 매우 높았다.

Table 2-4. Volatile compounds identified in roasted malt

- 1) Kovats retention index on HP-5ms in NIST database.
- 2) Identification methods: MA = Comparison with mass spectrum (MS) in Wiley Library;
KI = Kovats Retention Index obtained from standard or literature values on HP-5ms; CO = Co-injection with authentic chemicals.

건조온도를 210℃에서 250℃로 올렸을 때 ‘광맥’에서 탄 향기성분(Roasted flavor)을 내는 1-(2-furanyl)-Ethanone, 3,4-dihydro-2H-Pyran 성분이 검출되었다. 또한 Rancid향을 내는 Nonanal의 향기 성분의 농도는 점차 증가하다 감소하는 것을 확인 할수 있으며 propanoic acid의 경우 240℃와 250℃에서 검출이 되었다. 또한 pyrazine은 Heterocyclic compound로 Roasted 향미로서 구운 고기나 태운 커피의 향미 성분으로 높은 함량에서는 코를 찌르는 날카로운 향으로서 고온에서 Roast한 맥아에서 검출이 되었다. 이러한 맥아를 맥주 제조용 맥아로 사용할 경우 탄 맛

과 함께 쓴 맛이 심해질 것으로 예상되므로 250℃는 맥아 제조에 적합하지 않다고 본다.

Table 2-5. Concentration(mg/kg) of volatile compound in roasted malt from Carafa (German) and Gwangmaek (Korea).

No.	Compounds	RI	RI(Ref.) ¹	Identification ²
3-methyl bu	1 3-methyl butanal		648	649 MS,KI
2-methyl bu	2 2-methyl butanal		657	661 MS,KI
Pyrazine	3 Pyrazine		669	672 MS,KI
Propanoic a	4 Propanoic acid		686	693 MS,KI
2,3-pentane	5 2,3-pentanedione		698	700 MS,KI
Disulfide, di	6 dimethyl disulfide	▶	758	756 MS,KI
Hexanal	7 hexanal		798	800 MS,KI,Co
Pyrazine, m	8 methyl pyrazine		821	826 MS,KI
furfural	9 furfural		849	848 MS,KI,Co
2-Furanmet	10 2-furanmethanol		862	864 MS,KI
Ethanone, 1	11 Ethanone, 1-(2-furanyl)-	▶	923	918 MS,KI
Benzaldehy	12 Benzaldehyde		964	966 MS,KI,Co
5-methyl fu	13 5-methyl 2-furancarboxaldehyde		966	969 MS,KI
Furan, 2-pe	14 2-pentyl-furan		975	978 MS,KI
Nonanal	15 nonanal		1084	1089 MS,KI
2-Nonenal	16 2-Nonenal, (E)-		1166	1171 MS,KI

	Carafa type 2		210		220	
	% of total	Con. (mg/kg)	% of total	Con. (mg/kg)	% of total	Con. (mg/kg)
3-methyl butanal	13.04 ± 0.70	1.48 ± 0.08	40.51 ± 2.17	3.91 ± 0.21	42.71 ± 2.29	4.81 ± 0.26
2-methyl butanal	4.83 ± 0.40	0.55 ± 0.03	17.12 ± 0.92	1.65 ± 0.09	14.86 ± 0.8	1.67 ± 0.09
Pyrazine	2.13 ± 0.11	0.24 ± 0.01	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
Propanoic acid	1.42 ± 0.08	0.16 ± 0.01	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
2,3-pentanedione	N.D.	N.D.	5.07 ± 0.27	0.49 ± 0.03	4.41 ± 0.24	0.50 ± 0.03
Disulfide, dimethyl	N.D.	N.D.	1.97 ± 0.11	0.19 ± 0.01	4.78 ± 0.26	0.54 ± 0.03
Hexanal	29.96 ± 0.00	3.39 ± 0.18	1.00 ± 0.05	0.10 ± 0.01	1.37 ± 0.07	0.15 ± 0.01
Pyrazine, methyl-	N.D.	N.D.	0.24 ± 0.01	0.02 ± 0	0.21 ± 0.01	0.02 ± 0
furfural	25.44 ± 1.37	2.88 ± 0.15	13.70 ± 0.74	1.32 ± 0.07	9.42 ± 0.51	1.06 ± 0.06
2-Furanmethanol	N.D.	N.D.	2.24 ± 0.12	0.22 ± 0.01	2.73 ± 0.15	0.31 ± 0.02
Ethanone, 1-(2-furanyl)-	N.D.	N.D.	0.18 ± 0.01	0.02 ± 0	0.16 ± 0.01	0.02 ± 0
Benzaldehyde	3.57 ± 0.19	0.40 ± 0.02	2.71 ± 0.15	0.26 ± 0.01	4.63 ± 0.25	0.52 ± 0.03
5-methyl furfural	11.17 ±	1.27 ± 0.07	11.20 ± 0.6	1.08 ± 0.06	2.31 ± 0.12	0.26 ± 0.01
Furan, 2-pentyl-	8.45 ± 0.45	0.96 ± 0.05	3.27 ± 0.18	0.32 ± 0.02	10.14 ± 0.54	1.14 ± 0.06
Nonanal	N.D.	N.D.	0.79 ± 0.04	0.08 ± 0	2.25 ± 0.12	0.25 ± 0.01
2-Nonenal, (E)-	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

광맥에서 동정된 향기성분 중 농도가 가장 높은 3-methyl butanal은 210℃에서 건조 처리를 했을 때 농도가 250℃에서 건조 했을 때 보다 약 35% 감소하였다. hexanal은 약 230% 증가하는 것을 230℃에서 확인 할 수 있는 반면 250℃에서는 40% 감소하였다. 이는 hexanal의 끓는 점이 약 129℃인점을 가만하면 250℃의 건조 환경은 hexanal의 휘발을 충분히 이를 환경이므로 가능할수 있는 결과라고 예상된다. 이처럼 다양한 성분들이 광맥에서 정성 분석되었지만 정량적으로 점차 증가하다 감소하는 결과를 확인 할 수 있다.

건조처리를 하였을 때 온도가 240℃와 250℃로 올라가면서 새로운 향기성분이 동정되었다. 이들은 모두 탄 향을 가지고 있는 성분들이 동정되었다. 또한 ‘광맥’에서 건조처리를 했을 때 좋은 향인 sweet, cocoa, honey 향을 가지는 성분이 추가로 동정됨을 확인할 수 있었다. 대표적으로 ‘광맥’에서 동정되는 furfural이나 2,3-pentanedione은 대표적인 sweet 향이 나는 성분이다. 건조온도가 올라가게 되면 풍미를 증진시키는 향기성분의 농도는 감소하고 좋지 않은 향 성분이 추가로 동정됨을 알 수 있었다. 따라서 ‘광맥’에서는 건조온도를 230℃ 설정하는 것이 풍미 증진 측면에서 좋은 조건임을 알 수 있었다.

아몬드 향과 카라멜 향 성분인 5-Methylfurfural의 경우 온도가 올라감에 따라 광맥에서 감소되어 검출되었다. Nonanal은 산패취를 내는 향기 성분으로 210℃에서 검출이 되었고 230℃에서 가장 많이 검출되었지만 240℃와 250℃에서 감소하는 경향을 보였다. 이는 로스팅되며 화합물이 생기기조차 하지만 다른 성분들처럼 Nonanal의 끓는점이 195℃이기 때문에 250℃에서는 이미 휘발이 되었을 것으로 추측된다.

결론적으로 향기성분의 국내산 맥아와 수입산 맥아보다 정성적인 향기 성분의 차이가 컸다. 국내산 맥아는 다양한 향기성분이 검출 할 수 있었다. 그러나 수입맥아의 경우 향기성분 중 hexanal과 furfural의 정량적 비율이 기타 성분들에 비하여 높았다. 국내산 맥아는 2차년도 실험에서와 같이 다양한 향기 성분이 함유되어 있지만 그 향기 성분들이 독특한 향을 내는 성분들이 아니고 묵직하고 earthy, nutty한 향이 많이 검출 되었다. 반면 수입맥아에서는 Hexanal같이 밝은 향기 성분의 (Green, woody, vegetative, apple, grassy, citrus and orange with a fresh) 비율이 전체 성분에서 높은 비율을 차지하였다. 또한 수입을 하는 동안 휘발 성분이 날아갔을 것을 예상함에도 불구하고 뛰어나게 높았다. 국내산 맥아를 고온에서 가열하였을 때 수입산 맥아와 마찬가지로 pyrazine과 propionic acid가 검출됨을 확인 할 수 있었다. 이는 non-enzymatic browning reaction의 화학적 결과물로 고온에서만 검출되었다. 색도, 당도, MRP 등 다양한 실험을 진행하였고 향기 성분을 제외한 나머지 실험에서는 국산 Roasted 맥아와 수입산 Roasted 맥아의 특징들이 비슷함에도 불구하고 향기 성분의 정성적인 측면과 정량적인 측면에서 크게 다른 점을 보였다. 국내산 맥아를 이용하여 맥주를 제조 할 때 수입산 맥아와는 다르게 무겁고 진한 향기적인 특징을 보일 수 있는 맥주가 개발될 것으로 기대된다. 보리가 자라온 환경과 품종적인 특징이 다르기 때문에 이러한 결과가 도출되었을 것으로 예상된다. 로스팅 몰트의 경우 고온에서 처리하기 때문에 향기 성분이 가공과정에서 다량 손실된다. 기존에 1차년도와 2차년도 때와 같은 방식으로 powder형태로 Headspace autosampler를 이용한 GC-MS 기술로 향기성분을 측정하였다. 빠르고 다양한 향기 성분의 측정이 가능했다. 그러나 로스팅 몰트의 가공 과정이 200℃ 이상에서 이루어진다는 특징과 Autosampler를 이용한다는 점에서 휘발성 물질의 측정이 다른 전처리를 통한 실험보다 정확도의 측면에서 데이터로 결과가 부족할 수 있을 것으로 추측된다.

라. 결론 및 고찰

Hunter Lab 색도에서 ‘광맥’은 명도를 나타내는 L값의 감소량이 크다는 사실을 알 수 있었다. 이는 색깔이 급격하게 진해진다는 것으로 맥아에 들어있는 폴리페놀, 환원당이 단백질과 반응하면서 Melanoidin의 함량이 높아진 것과 관계가 있을 것으로 추측된다. 이는 EBC색도와 비슷한 결과를 보였다는 점에서 재증명 되었다. 당도는 국내산 맥아에서 같은 건조온도 조건의 값이 유의적으로 높게 나와 품질적인 측면에서 준수하다는 사실을 확인하였다. 또한 MRP value 또한 높은 건조 온도 조건에서 높게 나왔다. 주어진 데이터를 결과로 보았을 때 국내산 맥아인 ‘광맥’이 색도, MRP, 향기 분석 측면에서 로스팅 맥아로서 사용될 수 있을 것으로 추측된다. 그러나 물리적인 특성으로 구별해야 하는 맥아의 단단하기와 영양학적 특징을 통해 로스팅 맥아의 적합성이 맞는지 다양한 실험이 진행 되어야 할 것으로 예상된다. ‘광맥’을 실제 맥주 제조 공정에서 표준화시켜 사용하면 품질적인 측면에서 준수할 것으로 예상된다.

너무 높은 온도에서 로스팅이된 맥아에서는 부정적 향미의 특성을 보이는 성분들(pyrazine, nonanal, propionic acid 등)이 검출되기 때문에 230~240℃의 적절한 온도를 공장 규모의 실험에서 진행이 되어야 할 것으로 확인된다.

수입 과정에서 수입산 보리는 신선도가 떨어지는 반면 신선도가 높은 국내산 보리는 수제 맥주를 제조하기 위해 더 우수하다. 향미 성분의 정성, 정량적인 측정을 통하여 국내산 보리를 이용한 로스팅 맥아는 준수하다는 사실을 알 수 있다.

색도, 당도, MRP 및 향기성분 분석 결과를 바탕으로, 국내산 맥아인 '광맥'이 뛰어난 것을 확인하였다. 좋은 풍미를 내는 성분과 좋지 않은 향기 성분이 함께 증가하는 경향이 보였고 성분의 종류에서 비교적 고온(240~250℃)에서는 더 차이가 있었다. 직접 맥주를 제조 한다면 기존의 연구인 '신개념 지역 특산 국산일반보리 프리미엄 맥주를 위한 제조기술 개발'에서 언급 되었듯 맥주를 제조하기 위해서 효소 역가와 단백질 함량의 부분에서 '광맥'이 뛰어났기 때문에 국내산 보리 중에서 '광맥'이 뛰어난 것으로 예상된다. 그러나 영양학적, 물리적 측면에서 로스팅 맥아가 효율적으로 사용될 수 있는지는 공장 규모에서 생산을 해보아야 정확히 알 수 있을 것으로 예상된다. 그 이유는 고온으로 올라갈수록 맥아의 경도와 강도가 많이 약해지는 것을 확인 할 수 있었기 때문이다. 온도 조건은 건조를 시켜 온도를 올렸을 때가 향기성분이 더 많이 검출됨을 확인할 수 있었으나 240℃ 이상에서는 좋지 않은 향미 성분 또한 있었다. 특정 온도를 넘어서게 되면 오히려 좋지 않은 향기성분이 다수 동정됨을 실험결과를 통해 확인할 수 있었기 때문에 공장 규모에서 생산된 로스팅 맥아와 기본 맥아의 비율을 적절히 하여 맥주를 생산 한다면 국내산 보리 특징적인 맥주 제품을 생산 할 수 있을 것으로 예상된다. 이를 통해 이번 연구에서 처리한 온도조건은 240℃가 가장 적합하고 그로 인한 향미 성분 결과는 '광맥'이 우수한 것으로 확인되었다. 수제맥주 적용을 위해 주관기관과 협동3과 협업하여 현장 맥아제조시설로 맥아를 제조함에 있어서 협동3의 현장적용결과를 반영하여 수제맥주를 제조하였다.

[협동 2 : 기본맥아와 Roasted맥아를 이용한 당화, 발효 조건 최적화]

1. 기본 광맥과 roasted 맥아를 이용한 맥주의 당화 적성 분석

가. 요약

기본 광맥과 roasted 광맥을 섞고 starter (*Pediococcus acidilactici* HW01)를 첨가했을 때의 당화 적성을 기본 광맥에 carafa type 2 맥아를 섞은 것을 control 1, 기본 광맥에 roasted 광맥을 섞었지만, 젖산균을 첨가하지 않은 것을 control 2로 하여 평가하였다. pH, free amino nitrogen, reducing sugar 등의 항목을 측정하였으며, 실험 결과 젖산균 starter를 처리한 기본 광맥과 roasted 광맥을 섞은 Gwangmaek roasted 2의 wort quality가 pH, reducing sugar 면에서 좋다고 판단되었기 때문에, 젖산균을 처리하여 당화 시킨 wort가 맥주 제조에 적합하다고 생각된다.

나. 재료 및 방법

1) 재료

기본 광맥과 roasted 맥아를 섞어 당화시킨 wort의 분석 및 품질평가에서는 당화를 위하여 당화조, 주름진 여과지 No. 597 1/2 (Whatman, Germany)와 삼각플라스크가 사용되었다. Starter culture로 *Pediococcus acidilactici* HW01를 사용하였다. 소모품으로는 blue pipet tip, petri dish, 메스실린더 등이 사용되었다. 각 분석항목 별 필요한 재료 및 기구들은 실험방법과 함께 아래에 기술하였다.

2) 당화 과정

당화 과정은 starter culture 준비, 당화공정, 냉각 및 여과의 순서로 진행되었으며 방법은 아래와 같다.

가) starter culture 준비

Pilsner type 맥아에서 분리되어, 박테리오신을 생성하지만 맥주를 spoil 하지 않는 젖산균인

Pediococcus acidilactici HW01이 starter로 사용되었다. *P. acidilactici*를 MRS broth에 접종하여 30°C에서 24시간 배양하였으며, 원심분리 (19,461 xg, 10 min, 4°C)를 거친 후 10 ml의 증류수로 세척, 재현탁하였다. 각 starter culture 10 ml에 포함된 균 수는 약 10⁸ CFU/ml이 되도록 조정하였다.

나) 당화과정

기본 광맥 48.25g과 roasted 맥아 1.75g(전체 맥아 무게의 3.5% w/w)을 섞어 50g을 맞춘 후 각 50g을 200 ml의 45°C 증류수에 넣고 당화조로 옮긴 뒤 45°C에서 30분간 셰이킹하며 당화시킨다. 다음으로 분당 1°C 씩 상승시켜 75°C 까지 온도를 올린 뒤, 75°C로 미리 데운 증류수 100 ml를 추가하여 1시간 더 당화시킨다. 젖산균 starter를 접종한 sample의 경우에는 혼합된 맥아 50g을 190 ml의 30°C 증류수에 넣고, 10 ml의 starter를 추가로 넣었으며 30°C의 배양기에서 1시간 동안 젖산균을 배양하였고, 기타 당화 과정은 동일하게 수행하였다.

젖산균 starter를 포함하지 않는 carafa type 2 맥아가 포함된 혼합 맥아를 carafa type 2, 국산 roasted 광맥이 포함된 혼합 맥아를 Gwangmaek roasted 1로 표기했으며 젖산균 starter를 처리하여 당화시킨 국산 roasted 광맥이 포함된 혼합 맥아를 Gwangmaek roasted 2 로 표기하였다.

Table 3-1. mashing 방법

단계	1	2	3
온도 (°C)	45	45 - 75	75
시간 (min)	30	30	60

다) 냉각 및 여과

당화를 완료한 후, wort는 10~15분 이내에 상온으로 냉각하고, 온도계를 제거한 후 비이커에 증류수를 부어 450.0 ± 0.05g 으로 무게를 맞춘다. 이를 여과하기 전에 유리막대로 한번 저어주고, 전체 내용물을 지름 20 cm의 깔때기와 주름진 여과지를 이용하여 여과한다. 첫 번째 맥아즙 100 ml을 다시 부어서 여과하며 여과지 위의 잔유물이 갈라지기 시작하면 여과를 종료한다. 여과가 느리게 진행될 때는 2시간 이후에 여과를 종료한다. 거친 맥아의 경우 200 ± 2 ml의 맥아즙을 정확히 추출한다. 여과 시간은 100 ml의 맥아즙을 다시 여과하였을 때 1시간 이내에 여과가 종료되면 빠른 것이고, 더 오래 걸리면 느린 것이다.

Mashing 후 cooling을 하고, 여과지 No. 597 1/2 (Whatman, Germany)에 맥즙을 여과하면 hop을 첨가하지 않은 상태의 맥즙 (wort)이 얻어진다. 맥즙 분석 항목은 pH, free amino nitrogen (FAN), reducing sugar (RS), color, filtration time 이며 ASBC 방법에 준하여 측정한다. 또한 wort에 남아 있는 미생물이 있는지 미생물 분석 (aerobic bacteria, lactic acid bacteria) 또한 실시한다. 모든 실험은 carafa type 2 맥아를 혼합하여 제조한 wort를 control 1, 젖산균을 첨가하지 않은 roasted 광맥을 혼합하여 제조한 wort를 control 2로 비교하여 실험한다.

3) Wort 분석항목 및 분석법

실험 항목은 pH, color, free amino nitrogen (FAN), reducing sugar (RS), filtration time과 미생물 분석 (aerobic bacteria, lactic acid bacteria)이며, 항목에 대한 실험방법은 다음과 같다.

가) pH 측정

제조된 맥즙 10 ml을 취하여 pH meter (ORION 3 STAR, Thermo, Singapore)를 사용하여 3반복 측정하며, carafa type 2 맥아를 혼합하여 만든 맥즙과 roasted 광맥을 혼합하여 만든 맥즙의 pH를 비교하였다.

나) Color 측정

Colorimeter (CR-300, Minolita Co., Ltd., Osaka, Japan)을 이용하여 맥즙의 색도를 L, a, b 값으

로 측정하였다. L 값 lightness (명도)를 나타내며 1부터 100까지 표시되며, 100에 가까울수록 흰색에 가까움을 의미한다. a 값의 경우 green-red 값을 나타내며, 양수의 값을 가지면 빨간색, 음수의 값을 가지면 초록색에 가까움을 의미하며, 절대 값이 증가할수록 그 색의 강도는 높아진다. b 값의 경우 yellow-blue 값을 나타내며, 양수의 값을 가지면 노란색, 음수의 값을 가지면 파란색에 가까움을 의미하며, 절대 값이 증가할수록 그 색의 강도는 높아진다.

다) Free amino nitrogen (FAN) 함량 측정

① Ninhydrin color reagent 제조법

증류수 100 ml 기준 10.0 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, 6.0 g KH_2PO_4 , 0.5 g 1,2,3-indantrione- H_2O , 0.3g fructose를 100 ml의 증류수와 섞어 제조한다.

② Dilution solution 제조법

KIO_3 2.0 g과 증류수 600 ml를 400 ml의 ethyl alcohol에 섞어서 제조한다. 제조된 dilution solution은 냉장보관해서 사용한다.

③ Glycine standard solution 제조법

Stock solution으로 제조한 뒤 사용 시에 working solution을 만들어서 사용한다. Stock solution은 107.2 mg glycine- H_2O 을 100 ml 증류수로 희석해서 냉장보관 한다. Working solution은 stock solution을 증류수에 100배 희석해서 사용한다.

④ 실험방법

50배 희석된 sample 2.0 ml, 증류수(blank) 2.0 ml, working solution 2.0 ml을 각 test tube에 넣는다. 1.0 ml ninhydrin color reagent를 첨가하고, 증발을 막기 위해서 마개를 씌운다. 16분 동안 끓는 물에서 가열하고, 20분 동안 20°C로 cooling한 다음 dilution solution을 각각 5.0 ml 씩 넣고 vortexing 하여 완벽하게 섞는다. 증류수로 auto-zero를 잡고, spectrophotometer (UVmini-1240, Shinmadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 570 nm에서 흡광도를 측정한다. 3반복하여 측정된 흡광도의 평균에서 평균 blank 흡광도 값을 뺀다. 그 식은 다음과 같다.

$$\text{FAN (mg/l)} = \text{net A of test solution} \times 2 \times \text{dilution} / \text{net A of standard solution}$$

(net A = Mean of sample absorbance - average blank absorbance)

라) Reducing sugar (RS) 함량 측정

① DNS reagent 제조법

3,5-dinitrosalicylic acid 5 g, NaOH 5 g을 40 ml의 증류수에 녹인 후 rochell salt (potassium sodium tartarate) 100 g, phenol 1 g, Na_2CO_3 0.25 g을 넣고 증류수를 가하여 500 ml로 mess up 한다.

② 실험방법

환원당의 양은 DNS법을 기준으로 하여 측정하였다. 환원당을 함유하고 있는 시료는 50배 희석하여 사용하였으며, 희석된 시료 1 ml와 DNS 시약 3 ml을 끓는 물에서 5분간 반응시킨 후 상온에서 5분간 식혀 spectrophotometer (UVmini-1240, Shinmadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도 값은 적절히 희석한 glucose 용액을 이용하여 작성한 standard curve에 대입하여 환원당량으로 산출한 뒤 희석배수를 곱하였다.

마) Filtration time 측정

ASBC법에 따라 여과지 No. 597 1/2 (Whatman, Germany)에 맥즙 여과를 시작한 후 100 ml의 맥즙이 여과되면 다시 나머지 맥즙과 섞어 여과시켜 여과지 위 잔여물이 갈라지기까지의 시간을 측정하였다.

바) 미생물 분석

대상미생물군은 aerobic bacteria와 lactic acid bacteria이다. Hop을 넣지 않은 상태의 맥즙 1.0 ml를 시료로 하여, plate count agar (PCA agar)와 MRS agar에 각각 희석하여 plate counting 한

다.

다. 결과 및 고찰

1) mashing 후 맥즙 분석 및 품질 평가

Table 3-2. carafa type 2 맥아와 roasted 광맥의 wort 분석 결과

분석항목	carafa type 2	Gwangmaek roasted 1	Gwangmaek roasted 2
pH	5.69±0.02 ^a	5.66±0.03 ^a	5.38±0.02 ^b
Free amino nitrogen (mg/L)	120.15±5.37 ^b	116.75±5.07 ^b	129.60±1.16 ^a
Reducing sugar (mg/mL)	32.78±0.19 ^b	32.97±0.07 ^b	37.80±0.71 ^a
Filtration time (min)	54.87±2.38 ^a	54.97±3.09 ^a	50.60±2.65 ^a
Color	L value	24.77±0.23 ^a	24.81±0.24 ^a
	a value	7.63±0.26 ^a	7.71±0.10 ^a
	b value	12.70±0.46 ^a	12.43±0.32 ^a
Bacteria	Aerobic bacteria (cfu/mL)	<10	<10
	Lactic acid bacteria (cfu/mL)	<10	<10

n=3, p<0.05. a와 b는 각각의 분석항목 당, 세 가지 roasted 집단 간의 유의성을 나타내기 위해 표기하였다.

Wort의 분석 결과는 Table 3-2에 표기하였다. pH의 경우 젖산균을 첨가하여 당화시킨 sample인 Gwangmaek roasted 2가 젖산균을 첨가하지 않은 나머지 sample carafa type 2, Gwangmaek roasted 1에 비해 낮은 값을 보였다. 젖산균이 생성해내는 유기산에 의해 맥즙의 pH가 낮아진 것을 의미하며, 당화 과정과 발효 과정에서 맥주 유해균의 오염을 억제하고, 맥아 효소의 최적 활성 범위인 5.3~5.5 pH에 속하게 해 당화 적성을 증가시킬 수 있을 것이라 추측된다.

Free amino nitrogen (FAN)의 경우 모든 광맥 sample에서 wort의 기준치인 100mg/L 이상이 나왔다. 젖산균을 첨가한 Gwangmaek roasted 1 sample이 다른 sample에 비해 FAN 이 유의적으로 높은 값을 보였는데, 이는 젖산균에 wort의 pH가 낮아지며 β-glucan에서 peptide 성분들을 유리시키는 효소인 β-glucanase의 최적 pH에 가까워졌기 때문으로 사료된다.

Reducing sugar (RS) 또한 젖산균 처리를 하지 않은 carafa type 2, Gwangmaek roasted 1에 비해 젖산균을 처리 한 Gwangmaek roasted 2의 RS content 유의적으로 증가한 것을 확인할 수 있었다. 이는 마찬가지로 전분을 가수분해하는 당화 효소 α-amylase의 최적 pH에 가까워져 맥즙의 환원 당량을 증가시켰기 때문으로 사료된다. RS content는 맥주 발효용 효모가 알코올 발효 시 사용하기 때문에 발효 전 초기 RS 함량이 높을수록 이후의 발효가 적절히 일어날 것이라고 예측할 수 있으며, 따라서 젖산균 처리를 하지 않은 carafa type 2, Gwangmaek roasted 1에 비해 젖산균 처리를 한 Gwangmaek roasted 2의 당화 적성이 더 좋은 것이라 추측할 수 있다.

Filtration time은 모든 sample이 유의적인 차이를 보이지 않았지만 젖산균을 처리한 Gwangmaek roasted 2가 다른 sample에 비해 4분 정도 빨랐음을 확인할 수 있다 이는 보리의 endosperm을 둘러싸고 있는 세포벽을 구성하는 물질인 β-glucan을 분해하여 wort의 viscosity를 감소시키는 β-glucanase 효소의 최적 pH에 가까워졌기 때문으로 사료된다.

Color 부분에서는 control인 carafa type 2와 광맥 맥아를 당화시킨 wort sample 간 큰 차이가 없었다.

미생물 분석의 경우에는 모든 wort sample 모두 aerobic bacteria를 측정하는 plate count agar에서는 10 이하의 cfu/mL로 나타났으며, lactic acid bacteria를 측정한 MRS agar 또한 10 이하의 cfu/mL로 나타났다. 이는 젖산균 starter를 당화 과정에서 첨가하여도 mashing, wort boiling 과정에서 가해지는 열에 의해 균이 사멸하기 때문이다.

전체적인 당화 적성 분석 결과, carafa type 2 와 Gwangmaek roasted 1의 wort quality가 상응한 값을 보였다. 따라서 실제 맥주 공정에서 외국산 roasted 맥아를 국산 roasted 맥아로 대체하여 사용 가능하다고 생각된다. 또한 Gwangmaek roasted 1에 비해 젖산균을 첨가한 Gwangmaek roasted 2의 wort quality가 pH, FAN, reducing sugar 면에서 더욱 우수한 값을 보였다. 따라서 실제 맥주 공정에서 젖산균을 처리하여 만든 wort로 맥주를 만들 가치가 있다고 생각된다.

2. 기본 광맥과 roasted 맥아를 이용한 맥주의 발효 적성 분석

가. 요약

기본 광맥과 roasted 광맥을 섞고 starter (*Pediococcus acidilactici* HW01)를 첨가했을 때의 발효 적성을 기본 광맥에 carafa type 2 맥아를 섞은 것을 control 1, 기본 광맥에 roasted 광맥을 섞었지만, 젖산균을 첨가하지 않은 것을 control 2로 하여 평가하였다. pH, free amino nitrogen, reducing sugar, 알코올 함량, diacetyl 함량 등의 항목을 측정하였으며, 실험 결과 젖산균 starter를 처리한 기본 광맥과 roasted 광맥을 섞은 Gwangmaek roasted 2의 sample이 pH, reducing sugar, foam stability, 알코올 함량, diacetyl 함량 면에서 좋다고 판단되었기 때문에, 젖산균 starter를 처리하여 발효시킨 sample이 맥주 제조에 적합하다고 생각된다.

나. 재료 및 방법

1) 재료

기본 광맥과 roasted 맥아를 섞어 당화시킨 wort의 발효 적성 분석에서는 홉으로 Czech Saaz hops (AA 3-4.5%), 맥주 발효용 효모로 fermentis Saflager W-34/7을 사용하였다. 전 발효를 위해 공기 차단기 (air lock)와 삼각 플라스크를 사용하였으며, 후 발효를 위해 flip-top amber bottle을 사용하였다. 소모품으로는 blue pipet tip, petri dish, 메스실린더 등이 사용되었다. 각 분석항목 별 필요한 재료 및 기구들은 실험방법과 함께 아래에 기술하였다.

2) 기본 광맥과 roasted 맥아를 이용하여 제조한 맥주의 발효 분석

사용된 홉은 Saaz(AA 3-4.5%)이며, 효모는 fermentis 맥주 발효용 효모 Saflager W-34/70을 사용하였다. 당화시킨 맥즙에 hop을 (1L 당 6g) 1/2, 1/4, 1/4로 3회 나누어 넣으며, 각각 10분, 5분, 5분씩 끓여주었다. 이후 맥즙의 온도를 20℃까지 급속 냉각시키고, 홉을 가라앉혀 상등액만 조심히 취하여 사용하였다. 그 후 알코올 도수 예측 및 당화의 정도를 파악하기 위한 초기 비중을 측정하였다. 여기에 수화시킨 효모의 pitching rate을 계산하여 1.0×10^7 cells/ml가 되도록 주입한 뒤, 공기 차단기 (air lock)를 설치하여 전 발효는 20℃에서 4일간, 후 발효는 15℃에서 7일간 실시하였다.

3) 전 발효 및 후 발효 분석항목 및 분석법

전 발효 분석은 4일간 매일 총 4회 실시하였으며, 후 발효 분석은 7일간 매일 총 7회 실시하였다. 모든 실험은 당화 적성 분석 실험과 마찬가지로 carafa type 2, Gwangmaek roasted 1, Gwangmaek roasted 2의 맥즙을 이용하여 발효한 맥주로 비교분석하였다.

가) Specific gravity (SG) 측정

Specific gravity는 hydrometer (200-DK-6, Daekwang, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였으며 그 방법은 다음과 같다. 100 ml의 여과된 wort를 100 ml의 메스실린더에 거품이 생기지 않도록 조심히 붓고, 메스실린더에 담긴 sample의 오목한 부분의 가운데가 위치한 hydrometer의 눈금을 읽었다. 비중의 변화는 당화 후의 맥즙의 original gravity (OG), 전 발효 종료 후 specific gravity (SG), 후 발효 종료 후 final gravity (FG)를 측정하였다.

나) Yeast viability

효모의 생육 변화는 ASBC 방법을 기준으로 하였다. 효모 생육수를 측정하기 위해 methylene blue 염색법을 이용하였고, haemocytometer를 사용하여 측정하였다. 전 발효 4일 및 후 발효 7일, 총 11일 동안의 생육 변화 양상을 확인하였다.

다) Free amino nitrogen (FAN) 함량

Wort 분석과 같은 방법으로 발효 중인 맥주의 free amino nitrogen 함량을 분석하여, carafa type 2 맥즙으로 제조한 맥주와 젖산균을 첨가하지 않은 Gwangmaek roasted 1 맥즙으로 제조한 맥주, 젖산균을 첨가한 Gwangmaek roasted 2 맥즙으로 제조한 맥주의 free amino nitrogen을 비교하였다.

라) Reducing sugar (RS) 함량

환원당의 양은 wort 분석과 같은 방법으로 발효 중인 맥주의 reducing sugar 함량을 분석하여, carafa type 2 맥즙으로 제조한 맥주와 젖산균을 첨가하지 않은 Gwangmaek roasted 1 맥즙으로 제조한 맥주, 젖산균을 첨가한 Gwangmaek roasted 2 맥즙으로 제조한 맥주의 reducing sugar를 비교하였다.

4) 최종 맥주의 분석 항목 및 분석법

후 발효 단계가 완료된 carafa type 2 맥즙으로 제조한 맥주와 젖산균을 첨가하지 않은 Gwangmaek roasted 1 맥즙으로 제조한 맥주, 젖산균을 첨가한 Gwangmaek roasted 2 맥즙으로 제조한 맥주의 color, pH, Foam stability 등의 측정을 통하여 최종 맥주의 quality 측정을 하였다. 분석항목과 분석법은 다음과 같다.

가) Color

Wort 분석과 같은 방법으로 후 발효가 끝난 맥주의 color를 분석하여, carafa type 2 맥즙으로 제조한 맥주와 젖산균을 첨가하지 않은 Gwangmaek roasted 1 맥즙으로 제조한 맥주, 젖산균을 첨가한 Gwangmaek roasted 2 맥즙으로 제조한 맥주의 color를 비교하였다.

나) pH 측정

후 발효가 끝난 맥주를 pH meter (ORION 3 STAR, Thermo, Singapore)를 사용하여 3반복 측정하여, carafa type 2 맥즙으로 제조한 맥주와 젖산균을 첨가하지 않은 Gwangmaek roasted 1 맥즙으로 제조한 맥주, 젖산균을 첨가한 Gwangmaek roasted 2 맥즙으로 제조한 맥주의 pH를 비교하였다.

다) Foam stability

맥주의 거품 안정성의 경우 ASBC에 제시된 방법을 이용하여, carafa type 2 맥즙으로 제조한 맥주와 젖산균을 첨가하지 않은 Gwangmaek roasted 1 맥즙으로 제조한 맥주, 젖산균을 첨가한 Gwangmaek roasted 2 맥즙으로 제조한 맥주의 거품 안정성을 비교하였다. 하부에 cock이 있는 유리 칼럼을 사용하여 시료 50 ml를 붓고, 30초 후에 거품 이외의 하층액을 제거하였다. 그 후 230초 간 거품이 꺼지는 시간으로 깨진 거품의 양(b)과 남은 거품의 양(c)을 측정하여 거품 안정성(sigma)을 측정하였다. 거품 안정성을 산출하는 식은 아래와 같다.

$$\Sigma = \frac{230}{2.303 \log \left[\frac{b+c}{c} \right]}$$

라) Turbidity 측정

맥주의 탁도 (turbidity)는 spectrophotometer (UVmini-1240, Shinmadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 측정하였다. 700 nm에서의 흡광도가 430 nm에서 측정한 흡광도 보다 ≤ 0.039 배라면 탁도가 “없음(none)”으로, 아니라면 “있음(exist)”으로 결정하였다. carafa type 2 맥즙으로 제조한 맥주와 젖산균을 첨가하지 않은 Gwangmaek roasted 1 맥즙으로 제조한 맥주, 젖산균을 첨가한 Gwangmaek roasted 2 맥즙으로 제조한 맥주의 turbidity를 비교하여 분석하였다.

마) Bitterness 측정

맥주의 쓴맛 (bitterness)은 spectrophotometer (UVmini-1240, Shinmadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 측정하였다. 거품이 제거된 20℃의 맥주 sample을 원심분리 튜브에 20 ml 취한 후 0.5 ml의 6N HCl와 20 ml의 iso-octane을 가하고, 20℃의 shaking incubator에서 250 rpm, 15분 동안 shaking한다. 그 다음 원심분리 (4,491 xg, 3 min)한 후, 상등액인 iso-octane을 취하여 275 nm에서 흡광도를 측정한다. Auto-zero는 pure iso-octane으로 하며 bitterness를 계산하는 식은 다음과 같다.

$$\text{Bitterness} = 50 \times A \text{ (Absorbance)}$$

바) 알코올 함량 측정

알코올 함량은 알코올 증류장치를 이용하여 측정하였다. 맥주 증류시킨 후 얻은 알코올을 vinometer (211-DK-12, Daekwang, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였으며, 이를 주정분 온도 환산표를 통해 알코올 함량을 환산하였다. carafa type 2 맥즙으로 제조한 맥주와 젖산을 첨가하지 않은 Gwangmaek roasted 1 맥즙으로 제조한 맥주, 젖산균을 첨가한 Gwangmaek roasted 2 맥즙으로 제조한 맥주의 알코올 함량을 비교하였다.

사) Diacetyl 함량 측정

Diacetyl 함량 측정은 spectrophotometer (UVmini-1240, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용한 비색법으로 측정하였다.

① Creatine을 포함한 potassium hydroxide (40%) 용액 제조

40 g의 KOH를 증류수에 녹여 100 ml의

KOH 용액을 제조한 후 0.3 g의 creatine을 가하여 녹을 때까지 섞는다. 만든 용액은 5℃에서 보관하며 3일 이상 보관하지 않는다.

② Alpha-naphthol reagent 제조

5 g의 α-naphthol을 99% isopropyl alcohol에 녹여 100 ml의 α-naphthol 용액으로 만든다.

③ 실험 방법

100 ml의 맥주 sample을 증류시켜 50 ml의 증류액을 얻은 후 5 ml의 증류수를 가한다. 이를 부피 플라스크에 5 ml 취한 뒤 1 ml의 α-naphthol 용액과 0.5 ml의 creatine을 포함한 KOH 용액을 가하고, 60초간 섞는다. 그 다음 530 nm에서 흡광도를 측정하고 standard curve에 대입하여 diacetyl 함량을 계산한다.

다. 결과 및 고찰

1) carafa type 2 roasted 맥아와 roasted 광맥을 이용하여 제조한 맥주의 발효 분석

가) 비중 측정

비중은 순수한 물의 밀도에 대한 용액의 밀도를 뜻하며, 순수한 물의 밀도는 1.000 이다. 맥주 발효 중 mashing 과정에서 malt에 물을 주입한 후 끓이면, malt가 보유한 당이 물에 용출되어 비중이 상승한다. 이렇게 얻은 wort를 발효시키면 효모가 다시 용출된 당을 분해하여 알코올로 발효하기 때문에 비중이 감소하게 된다. 일반적으로 최종 맥주 제품의 비중은 1.010 정도이며, mashing 후 발효에 적절한 wort의 비중은 약 1.030 정도이다. 이번 실험에서는 carafa type 2와 젖산균을 첨가하지 않은 Gwangmaek roasted 1, 젖산균을 첨가한 Gwangmaek roasted 2를 당화시켜 얻은 맥즙의 original gravity (OG), 전 발효 종료 후 발효액의 specific gravity (SG), 그리고 후 발효까지 완료된 최종 맥주의 final gravity (FG)를 측정하였다. 그 결과는 다음과 같다.

Table 3-3. carafa type 2 와 Gwangmaek roasted 맥주의 비중

	OG	SG	FG
--	----	----	----

carafa type 2	1.025 ± 0.001 ^b	1.011 ± 0.001 ^a	1.009 ± 0.001 ^a
Gwangmaek roasted 1	1.025 ± 0.001 ^b	1.011 ± 0.001 ^a	1.009 ± 0.001 ^a
Gwangmaek roasted 2	1.029 ± 0.001 ^a	1.013 ± 0.001 ^a	1.010 ± 0.000 ^a

n=3, p<0.05. a와 b는 각각의 분석항목 당, 세 가지 roasted 집단 간의 유의성을 나타내기 위해 표기하였다.

맥아를 당화시켜 얻은 wort의 original gravity의 경우 젖산균을 처리한 sample Gwangmaek roasted 2가 젖산균을 처리하지 않은 sample Gwangmaek roasted 1에 비해 높은 값을 보였다. 그 이유는 젖산균에 의해 pH의 저하로 α-amylase의 최적 pH에 가까워져 효소 활성이 더욱 증대되어 reducing sugar의 함량이 증가되었기 때문이다.

발효가 진행됨에 따라 효모는 혐기적 조건에서 맥즙의 영양분을 이용하여 알코올이나 탄산가스 등을 생성하게 되며 따라서 비중은 감소하게 된다. Table 3-3에서 각 sample의 초기 비중에 비해 specific gravity와 final gravity가 점차 낮아진 것을 볼 수 있다.

나) Yeast viability 측정

발효 기간 중 yeast viability 변화는 다음 그림과 같다.

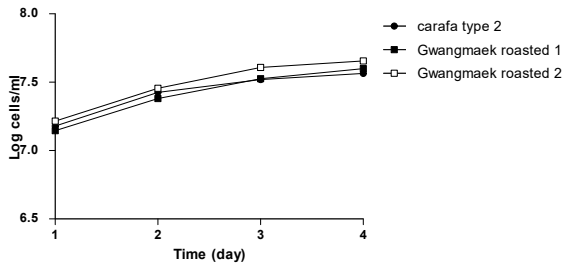


Fig. 3-1. 전 발효 기간 중의 yeast viability

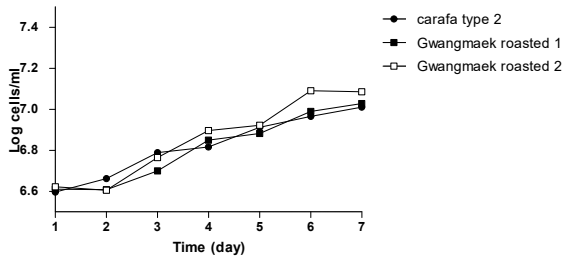


Fig. 3-2. 후 발효 기간 중의 yeast viability

발효기간 중 yeast viability는 위의 fig. 3-1과 fig. 3-2에 나타내었다. yeast는 혐기적 조건에서 wort에 있는 maltose와 maltotriose 등과 같은 단당류, 이당류 및 삼당류를 에탄올로 환원시켜 맥주를 발효시킨다. wort의 peptides는 yeast가 building block을 형성하는데 사용되어 yeast의 cell mass를 증가시킨다. 그 결과 yeast에 의한 알코올 발효가 진행되며 yeast의 양이 증가할수록 발효가 수월하게 진행된다. 효모는 초기 cell number를 동일하게 맞춰 접종하였으며, 전 발효 기간 중 yeast viability는 점차 증가하였다. 후 발효를 시키기 위해 가라앉은 효모는 남겨두고 상층액만 갈색 페트 병에 병입을 진행하였는데, 이 과정에서 yeast cell의 손실이 발생하여 그 수가 약 log 6.6 cells/ml 까지 급격히 감소하였다. 병입 후 후 발효 기간 동안 남아있는 단당류나 peptide의 영향으로 yeast viability가 다소 증가하였으나 대체로 log 6.6-log 7.0 cells/ml로 유지되는 경향을 보였다.

다) Free amino nitrogen 함량

Free amino nitrogen (FAN) 함량은 맥주 양조에서 wort나 맥주에 용해되어 있는 small peptide나 amino acid의 함량을 의미한다. 맥주 발효용 효모는 wort에 포함된 FAN을 이용하여 증식하며, 알코올 발효를 한다. FAN 함량이 지나치게 많으면 fusel alcohol과 같이 맥주에 좋지 않은 향을 부여할

수 있고, haze를 발생시켜 맥주를 탁하게 만들 수 있어 적당량 존재하는 것이 중요하다. 발효 기간 중 FAN 함량 변화는 다음과 같다.

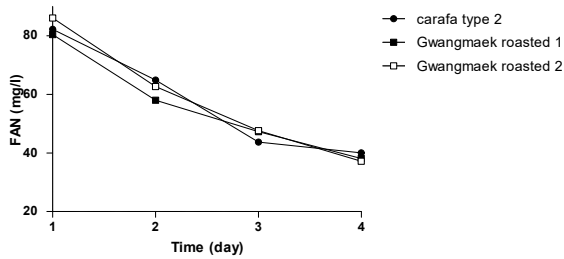


Fig. 3-3. 전 발효 기간 중의 FAN content

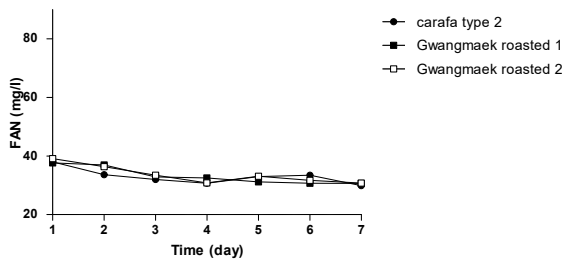


Fig. 3-4. 후 발효 기간 중의 FAN content

전 발효 기간 동안의 FAN content는 yeast의 소비로 인하여 급격하게 감소하였고 (Fig. 3-3.), 후 발효 초기에 완전히 감소하는 추세를 보였다 (Fig. 3-4.). 이후 후 발효 4일 부터는 모든 sample의 FAN content가 약 30mg/l로 유지되는 양상을 보였는데, 이는 yeast가 tripeptides보다 큰 peptides는 사용할 수 없기 때문이라고 사료된다.

라) Reducing sugar 함량

Reducing sugar (환원당)의 측정으로 wort에 포함되어 있는 당류의 양과 이의 발효 중 변화를 간접적으로 알 수 있다. 이번 실험에서는 glucose를 standard로 하여 standard curve를 작성하였으며, 실험 결과는 다음 그림과 같다.

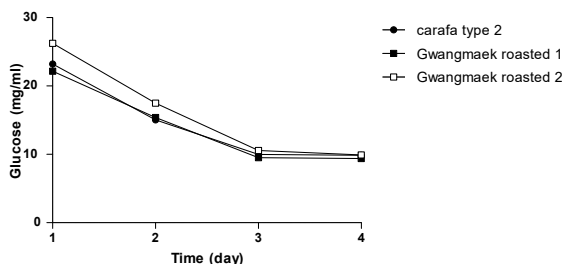


Fig. 3-5. 전 발효 기간 중의 RS content

전 발효 기간에는 wort에 존재하는 환원당이 yeast의 발효를 통해 알코올로 전환되기 때문에 RS content가 급격하게 줄어들었다(Fig. 3-5.). 후 발효 기간에는 모든 sample의 RS content가 약

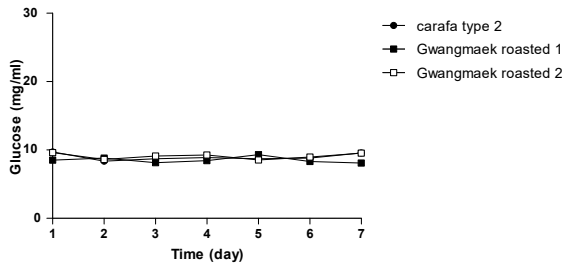


Fig. 3-6. 후 발효 기간 중의 RS content 9mg/ml 정도로 유지되었다.

마) Color 측정

색도 측정은 colorimeter를 이용하였으며 SCI 값을 결과 값으로 채택하였다. L value, a value, b value를 측정하였으며, 색도의 실험 결과는 다음과 같다.

Table 3-4. 전 발효를 마친 맥주의 color 분석 결과

	L value	a value	b value
carafa type 2	22.05 ± 0.29 ^a	5.16 ± 0.44 ^{ab}	6.46 ± 0.11 ^a
Gwangmaek roasted 1	22.12 ± 0.40 ^a	4.60 ± 0.13 ^b	6.50 ± 0.14 ^a
Gwangmaek roasted 2	22.29 ± 0.47 ^a	5.22 ± 0.21 ^a	6.82 ± 0.75 ^a

n=3, p<0.05. a와 b는 각각의 분석항목 당, 세 가지 roasted 집단 간의 유의성을 나타내기 위해 표기하였다.

전 발효를 마친 맥주의 color 분석 결과는 Gwangmaek roasted 1 sample과 Gwangmaek roasted 2 sample에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 두 가지 Gwangmaek roasted sample의 color에 유의적인 차이가 없는 것으로 보아 전 발효 기간 중 젖산균 처리로 인한 맥주의 color 변화는 일어나지 않는 것으로 생각된다.

Table 3-5. 후 발효를 마친 최종 맥주의 color 분석 결과

	L value	a value	b value
carafa type 2	22.05 ± 0.28 ^b	4.30 ± 0.37 ^a	5.51 ± 0.51 ^a
Gwangmaek roasted 1	22.37 ± 0.31 ^{ab}	3.92 ± 0.24 ^a	5.71 ± 0.84 ^a
Gwangmaek roasted 2	23.17 ± 0.64 ^a	4.11 ± 0.21 ^a	5.61 ± 0.06 ^a

n=3, p<0.05. a와 b는 각각의 분석항목 당, 세 가지 roasted 집단 간의 유의성을 나타내기 위해 표기하였다.

후 발효를 마친 맥주의 color 분석 결과 또한 Gwangmaek roasted 1 sample과 Gwangmaek roasted 2 sample에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. 두 가지 Gwangmaek roasted sample의 color에 유의적인 차이가 없는 것으로 보아 후 발효까지 마친 후에도 젖산균 처리로 인한 맥주의 color 변화는 일어나지 않는 것으로 생각된다.

바) pH, foam stability, turbidity, bitterness, 알코올 함량, diacetyl 함량 측정

Table 3-6. 맥주의 pH, foam stability, turbidity, bitterness, 알코올 함량, diacetyl 분석 결과

	pH	Foam stability	Turbidity	Bitterness (BU)	Alcohol content (%)	Diacetyl (mg/L)
carafa type 2	4.79 ± 0.05 ^a	259.31 ± 3.29 ^b	Exist	10.83 ± 0.45 ^b	2.53 ± 0.06 ^b	0.39 ± 0.01 ^a
Gwangmaek roasted 1	4.71 ± 0.07 ^{ab}	254.62 ± 8.88 ^b	Exist	10.68 ± 0.23 ^b	2.50 ± 0.10 ^b	0.39 ± 0.02 ^a
Gwangmaek roasted 2	4.62 ± 0.25 ^b	272.18 ± 4.43 ^a	Exist	12.05 ± 0.71 ^a	2.83 ± 0.06 ^a	0.32 ± 0.01 ^b

n=3, p<0.05. a와 b는 각각의 분석항목 당, 세 가지 roasted 집단 간의 유의성을 나타내기 위해 표기하였다.

최종 맥주의 분석 결과는 Table 3-6에 표기하였다. pH의 경우 젖산균 starter를 접종하여 당화, 발효시킨 맥주 sample Gwangmaek roasted 2가 sample Gwangmaek roasted 1에 비해 다소 낮은 값을 보였으나 유의적인 차이를 나타내진 않았다.

Foam stability의 경우 젖산균 starter를 처리하지 않은 carafa type 2로 제조한 맥주와 Gwangamaek roasted 1로 제조한 맥주가 비슷한 값을 보였으며 이 두 sample에 비해 젖산균 starter를 처리한 Gwangamaek roasted 2로 제조한 맥주의 sample이 유의하게 높은 값을 보였다.

Turbidity는 맥주의 발효과정 중 yeast의 성장 및 단백질, 폴리페놀의 존재 등을 통해 발생하며 맥주의 발효 유무를 확인할 수 있는 척도 중 하나이다. Sample의 흡광도 값을 비교한 결과, 모든 sample이 Turbid 한 것을 확인하였다.

Bitterness는 주로 hop에서 나오는 유도체인 iso- α acid 함량에 따라 나타난다. Bitterness 측정 결과 모든 맥주 sample의 측정값이 표준범위인 10-40 BU에 속하였다.

Alcohol content는 모든 sample이 2%를 넘어 맥주의 표준 Alcohol content를 만족시켰다. 젖산균 starter를 처리하지 않은 carafa type 2로 제조한 맥주와 Gwangamaek roasted 1로 제조한 맥주가 비슷한 값을 보였으며 이 두 sample에 비해 젖산균 starter를 처리한 Gwangamaek roasted 2로 제조한 맥주의 alcohol content는 2.83%로 젖산균 starter를 첨가하지 않은 맥주에 비해 높은 값을 보였다. 이는 당화 시 낮은 pH로 인한 효소의 활성 증대로 wort에 충분한 양의 발효성 당이 생성되었기 때문으로 보인다.

Diacetyl content는 젖산균 starter를 처리하지 않은 carafa type 2로 제조한 맥주와 Gwangamaek roasted 1로 제조한 맥주가 비슷한 값을 보였으며 이 두 sample에 비해 젖산균 starter를 처리한 Gwangamaek roasted 2의 값이 더 낮게 측정되었다. Diacetyl content는 diacetyl rest가 적절히 이루어지지 않았거나, 젖산균 등에 의한 오염이 일어났을 경우, maillard compounds로 인해 증가하게 된다. Diacetyl은 맥주에 buttery flavor를 내는 물질로, 맥주 품질에 좋지 않은 영향을 준다. 젖산균 starter를 접종하여 당화, 발효시킨 맥주는 당화 시 유기산의 생성으로 낮은 pH를 유지하였고, bacteriocin 등 항균성 물질의 생성함으로 인해 맥주 변패균의 성장을 효과적으로 억제한 것으로 보인다.

1차 년도 실험 결과에 비해 3차 년도 실험 결과에서 specific gravity, yeast viability, alcohol content가 다소 낮음을 확인할 수 있었다. 이는 specialized malt를 만들기 위해 base malt를 태우는 과정에서 malt 내부에서 maillard 반응이 일어나 reducing suger 값이 줄고, maillard compounds에 의해 yeast viability에 영향을 끼쳤기 때문으로 사료된다.

전체적인 발효 적성 분석 결과, carafa type 2와 Gwangmaek roasted 1의 맥주 quality가 상응한 값을 보였다. 따라서 실제 맥주 공정에서 외국산 roasted 맥아를 국산 roasted 맥아로 대체하여 사용 가능하다고 생각된다. 또한 Gwangmaek roasted 1에 비해 젖산균을 첨가한 Gwangmaek roasted 2의 맥주 quality가 pH, FAN, reducing sugar, foam stability, 알코올 함량, diacetyl 함량 면에서 더욱 우수한 값을 보였다. 따라서 실제 맥주 공정에서 젖산균을 처리하여 맥주를 만들 가치가 있다고 생각된다.

[협동 3 : Roasted맥아제조공정 현장적용 및 산업화]

1. 현장 조건에 따른 roasted 맥아 제조공정변수 모니터링

가. 실험 재료

1) 보리

국내산 맥아 '광맥'을 사용하여 (주)파머스 맥주에서 현장 적용하여 roasted 맥아를 생산하였다. 대조군으로 수입산 맥아인 Weyermann의 'carafa type 2'를 사용하여 실험에 적용하였다.

나. 실험 방법

1) 기본조건

맥아의 제조과정은 침맥은 15℃에서 wet steeping과 dry steeping을 3회 반복하여 실시하였으며, germination은 16℃에서 총 5일간 보리를 발아시킨 후 수분활성도를 6% 미만으로 떨어뜨리기 위해 200℃에서 5시간 kilning 과정을 거친다. 이후 240℃에서 30분, 60분, 80분, 100분, 120분 동안 각각 건조하여 차이를 확인하였다. 제조된 맥아는 Drum mill (Malt Drum Mill, Jeil Industry Co.,Korea)을 이용하여 1 mm의 간극으로 분쇄하였다. 실험실에서 생산한 roasted 맥아와 현장에서 건조 시간에 따라 생산한 roasted 맥아를 비교 분석하였다. 모든 실험은 3회 반복을 통하여 측정되었으며, 협동 1의 roasted 맥아는 roasted malt in lab-scale(LSM), 협동 3의 현장 적용한 roasted malt in Plant scale(PSM)으로 나타내었다.

2) 수분 측정

kilning 과정에서의 맥아의 수분함량 변화를 확인하기 위하여 수분분석기 (MB120, OHAUS)를 이용해 측정하였다. 수분측정기에 시료 3.5 g을 올려두고 160℃에서 5분간 시료 내 수분을 분석하였다.

3) 색도 측정

협동 1의 색도 측정 방법과 동일한 조건으로 아래와 같이 실험을 진행하였다.

가) Lab

Lab 색채 원리로 Nippon Denshoku color meter Ne 4000(Japan) 색도계를 이용하여 측정하였다. 색도계에서 나온 L, a, b, E 값을 측정하였다.

나) EBC

EBC는 전처리 완료된 시료를 큐벳에 넣은 다음 spectrophotometer를 사용하여 430nm로 흡광도를 측정하여 다음과 같은 식을 이용하여 구하였다.

$$\text{EBC units} = 25 \times A_{430} \times F$$

(25 = 증배 계수 A_{430} = 430 nm에서 측정한 흡광도 값 F = 희석 배수)

4) 당도 측정

협동 1의 당도 측정 방법과 동일한 조건으로 아래와 같이 실험을 진행하였다.

당도는 ATAGO Master refractometer(Japan) Brix 당도계를 이용하여 측정하였다.

5) MRP 측정

협동 1의 MRP 측정 방법과 동일한 조건으로 아래와 같이 실험을 진행하였다.

MRP(Maillard reaction product)의 양은 Maillard reaction 과정에서 생성되는 갈변물질을 측정하는 데 적합한 측정범위인 420nm 조건에서 흡광도의 값으로 측정하였다.

6) 향기성분 분석

협동 1의 향기성분 분석 방법과 동일한 조건으로 아래와 같이 실험을 진행하였다.

향기성분 분석은 GC-MS-HSS 86.50(Agilent Technologies, USA)로 현장에서 건조시간에 따라 제조한 맥아에 관하여 정성 분석 및 정량 분석을 진행하였다. 맥아를 powder의 형태로 만들어 0.7g의 분쇄된 맥아를 특수하게 제작된 50ml 유리 vial에 담아 Headspace Autosampler를 이용하여 맥아의 분석을 실시하였다. 분석 Headspace GC기기는 Agilent technologies 7820A 장비를 이용하였으며 Column으로는 HP-5MS-UI column (0.25 μ m, 30m \times 0.25 mm) 을 사용하였고 splitless로 설정하였다. Flow rate는 0.8mL/min으로 constant flow로 설정하였다. Column온도

는 40℃에서 5분간 기다렸다가 70℃까지 1℃/min으로 온도를 올린 다음 3분간 기다렸다. 250℃까지 20℃/min으로 설정하고 3분간 기다렸다. Headspace oven 온도는 165℃로 설정하였다. Gas는 Helium 기체를 사용하였다. 정량분석을 위해 내부표준물질(Internal standard)로 Dichlorobenzene을 선정하였으며 용매로는 Dichloromethane을 사용하였다.

Table 4-1. Headspace-GC-MS 분석 조건

Analysis device	HSS-GC-MS		
Column	HP-5MS-UI(0.25μm, 30m×0.25 mm)		
Injection volume	맥아 0.7g(powder), IS 10μl(130ppm)		
Split	splitless		
Flow rate	0.8 mL/min		
Column Temp.	Rate(°C/min)	Temp.	Holding time(min)
		40	5
	1	70	3
	20	250	3
HSS oven Temp.	165℃		
HSS Incubation time	30 min		

다. 주요 연구결과

1) 제맥

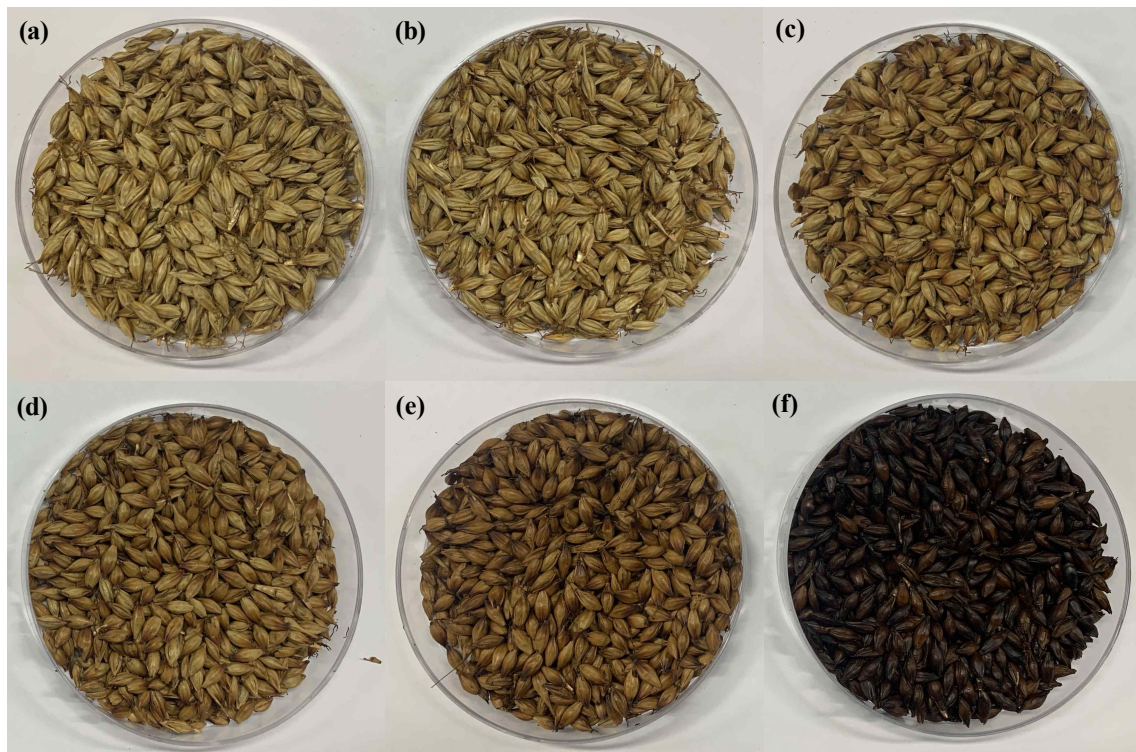


Figure 4-1. 건조 시간에 따른 맥아 사진

a : Plant scale malt (200℃, 5 h), b : Plant scale malt (240℃, 30 min)
c : Plant scale malt (240℃, 60 min) d : Plant scale malt (240℃, 80 min)
e : Plant scale malt (240℃, 100 min) f : Plant scale malt (240℃, 120 min)

협동 3에서 plant scale에서 시간에 따라 제조한 roasted 맥아를 figure 4-1에 나타내었다. plant

scale에서 생산한 맥아 중 240°C, 120 min roasted 맥아가 가장 어두운 색상이었으며, 육안으로 보았을 때 roasted malt와 가장 비슷한 색상이 나타났다. 협동 1에서 제작한 lab scale 맥아와 plant scale에서 생산한 맥아의 차이를 알아보기 위하여 현장 맥아제조기기를 활용하여 생산한 맥아를 수분 측정, 색도, 당도, MRP, 향기 성분 분석을 분석하고 실험실 규모에서 제조한 맥아와 Plant scale에서 제조한 맥아를 비교하였다.

2) 수분 분석

Table 4-2. plant scale roasted 맥아의 수분 측정 결과

Time	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h
% moisture content	42.53 ± 0.243	20.83 ± 0.332	9.87 ± 0.090	6.54 ± 0.085	3.97 ± 0.147

Mean ± SD

건조 시간에 따른 plant scale에서 생산한 맥아의 수분 분석 결과를 table 4-2에 나타내었다. 농림축산식품부에서 발행한 맥주 개론에 의하면 맥아의 수분 함량은 6% 이하여야 하는데, kilning 과정 속에서 수분 함량 기준에 부합하는지 확인하기 위하여 시간별 PSM의 수분 함량을 측정하였다. 5시간부터는 6% 이하의 수분 함량을 나타내었고, 따라서 5시간 동안 kilning을 진행한 후 roasting을 시작하였다.

3) 색도

가) Lab 색도 측정

Table 4-3. Lab scale, Plant scale roasted malt와 control인 carafa type 2의 색도 측정 결과

* LSM : 실험실 규모에서 생산한 roasted 맥아, PSM : 현장 적용하여 생산한 roasted 맥아(K : Kilning, R : Roasting)

Sample	Hunter color value			
	E	L	a	b
carafa type 2	27.50 ± 0.09	5.09 ± 0.04	20.01 ± 0.01	18.16 ± 0.08
LSM	40.33 ± 0.89	10.21 ± 0.90	32.54 ± 0.49	21.53 ± 1.65
PSM 200°C(K), 5hours	93.25 ± 0.03	87.63 ± 0.03	0.68 ± 0.01	31.87 ± 0.01
PSM 240°C(R), 30 min	56.58 ± 0.04	43.41 ± 0.03	17.35 ± 0.03	31.87 ± 0.01
PSM 240°C(R), 60 min	32.61 ± 0.04	15.66 ± 0.04	25.17 ± 0.04	13.58 ± 0.14
PSM 240°C(R), 80 min	29.66 ± 0.06	2.94 ± 0.05	27.2 ± 0.05	11.45 ± 0.08
PSM 240°C(R), 100 min	30.06 ± 0.07	2.38 ± 0.00	28.70 ± 0.10	8.63 ± 0.41
PSM 240°C(R), 120 min	28.63 ± 0.16	5.95 ± 0.14	25.2 ± 0.18	12.21 ± 0.12

Mean ± SD

협동 1의 roasted 맥아 색도 데이터와 협동 3의 Plant scale에서 제조한 roasted 맥아의 색도 데이터를 비교한 결과를 table 4-3에 나타내었다. 각각 건조시간에 따른 plant scale에서 건조한 맥아를 나타내었다. 건조 시간이 커짐에 따라 L 값이 감소하다가 100분을 기점으로 다시 증가하였으며, a는 100분까지 증가하다가 이후부터 감소하는 결과를 보여주었다. 맥아를 100분 건조하였을 때 lab scale에서 생산한 맥아와의 결과와 비슷한 결과를 보였다. 이는 수입산 roasted 맥아인 carafa type

2를 대조군으로 Lab scale에서 제조한 LSM을 plant scale에서 동일한 온도로 120분 건조해야 비슷한 결과를 보이는 것을 확인할 수 있다. a 값이 높아짐은 maillard reaction product의 양과 비례하며 증가하게 되는데 이는 향기성분의 분석 결과를 보며 확인할 수 있다. 하지만 80분부터는 대조군인 carafa type 2보다 낮은 L 값이 나왔고 비슷한 수치를 보이기 때문에 추가적인 실험의 결과를 토대로 기준 값을 정해야 한다.

나) EBC 색도 측정

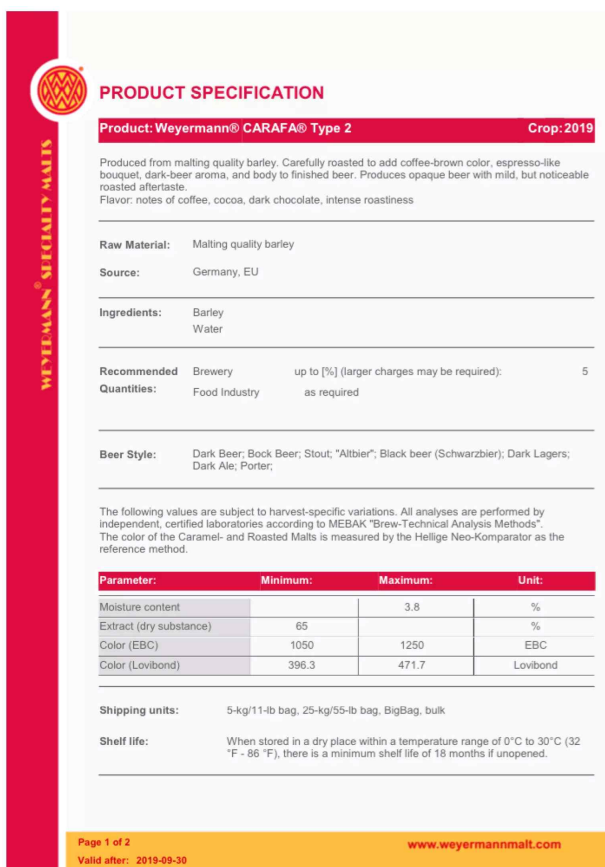


Figure 4-2. Weyermann carafa type 2 맥아 specification (www.weyermannmalt.com)

Table 4-4. Lab scale, Plant scale roasted 맥아와 control인 carafa type 2 맥아의 EBC 측정 결과
 * LSM : 실험실 규모에서 생산한 roasted 맥아, PSM : 현장 적용하여 생산한 roasted 맥아(K : Kilning, R : Roasting)

Sample	EBC
carafa type 2	1330.00 ± 70.98
LSM	973.00 ± 13.08
PSM (K), 5h	14.55 ± 0.00
PSM (R), 30min	62.12 ± 0.02
PSM (R), 60min	480.15 ± 0.22
PSM (R), 80min	919.13 ± 20.27
PSM (R), 100min	987.33 ± 8.01
PSM (R), 120min	819.6 ± 0.21

Mean ± SD

협동 1의 roasted 맥아 색도 데이터와 협동 3의 Plant scale에서 제조한 roasted 맥아의 EBC 색도 데이터를 비교한 결과를 table 4-4에 나타내었다. 각각 건조시간에 따른 plant scale에서 건조한 맥아를 PSM (K) 5h, PSM (R) 30min, PSM 60min, PSM 80min, PSM 100min, PSM 120min로 나타내었다. 여기서 K는 kilning으로 수분함량이 최종적으로 6% 미만으로 떨어진 시간이고, R은 이후 로스팅한 시간을 나타낸 것이다. 대조군으로 사용한 수입산 맥아인 carafa type 2의 EBC 색도는 1050-1250사이이며, figure 4-2에 나타내었다. 실제로 측정시 carafa type 2의 색도는 1330.00 ± 70.98 로 측정되었다. Lab scale에서 생산한 맥아의 EBC 결과는 수입산 맥아의 EBC 색도의 범위보다 조금 못미치는 구간에 있는 것을 확인하였다. 협동 1의 조건을 현장에 적용하여 건조시간에 따른 Plant scale에서 생산한 맥아를 측정하였을 때, 100분 건조한 맥아가 가장 높은 값으로 987.33 ± 8.01 의 결과가 나타났다. 하지만 이를 기점으로 EBC 값이 떨어짐을 확인 할 수 있다. 100분 건조하였을 때 LSM와 비슷한 결과가 나왔고, 이는 이후에 있을 각 구간별 flavor compound의 차이에서 확인 할 수 있듯이 120분에서는 성분이 타서 사라지는 것을 알 수 있다. 이를 통해 LSM을 plant scale에서 동일한 온도로 100분동안 건조했을 때 비슷한 결과를 보이는 것을 확인할 수 있다.

4) 당도

Table 4-5. Lab scale, Plant scale roasted 맥아와 control인 carafa type 2 맥아의 당도 측정 결과

* LSM : 실험실 규모에서 생산한 roasted 맥아, PSM : 현장 적용하여 생산한 roasted 맥아(K : Kilning, R : Roasting)

Sample	Brix value
carafa type 2	15.93 ± 0.19
LSM	8.37 ± 0.31
PSM (K), 5h	6.13 ± 0.09
PSM (R), 30min	9.2 ± 0.00
PSM (R), 60min	9.07 ± 0.09
PSM (R), 80min	9.00 ± 0.16
PSM (R), 100min	8.87 ± 0.09
PSM (R), 120min	7.87 ± 0.09

Mean \pm SD

협동 1의 roasted 맥아와 협동 3의 Plant scale에서 제조한 roasted 맥아의 당도 데이터를 비교한 결과를 table 4-5에 나타내었다. plant scale에서 제조한 맥아는 kilning 이후 roasting을 하였을 때의 당도의 차이가 거의 없음을 보여주었다. 이는 lab scale에서 제조한 맥아와 비슷한 값이 나타났지만 carafa type 2의 결과와 차이를 보였다.

5) MRP

Table 4-6. Lab scale, Plant scale roasted malt와 control인 carafa type 2 맥아의 MRP 측정 결과

* LSM : 실험실 규모에서 생산한 roasted 맥아, PSM : 현장 적용하여 생산한 roasted 맥아(K : Kilning, R : Roasting)

Sample	MRP value
carafa type 2	5.232 ± 0.02
LSM	5.952 ± 0.02
PSM (K), 5h	0.667 ± 0.00
PSM (R), 30min	2.60 ± 0.00
PSM (R), 60min	3.05 ± 0.01
PSM (R), 80min	3.09 ± 0.02
PSM (R), 100min	3.00 ± 0.00
PSM (R), 120min	2.49 ± 0.01

Mean ± SD

협동 1의 roasted 맥아 색도 데이터와 협동 3의 Plant scale에서 제조한 roasted 맥아의 EBC 색도 데이터를 비교한 결과를 table 4-6에 나타내었다. plant scale에서 제조한 맥아는 로스팅 30분 이후 Maillard reaction Product의 차이가 미미하였음을 보여주었다. 이는 당도에서 차이가 거의 없음을 나타내는 결과와 비교하였을 때 비슷한 해석을 할 수 있다. plant scale에서 100분동안 건조한 맥아는 lab scale에서 생산한 맥아보다 미묘하게 부족하고, carafa type 2의 MRP 결과와 비슷한 값을 보여주는 것을 확인하였다.

6) 향기성분 분석

Table 4-7. Lab scale, Plant scale roasted 맥아와 control인 carafa type 2 맥아의 향기성분 측정 결과

* LSM : 실험실 규모에서 생산한 caramel 맥아, PSM : 현장 적용하여 생산한 caramel 맥아

Compounds	Carafa type 2	LSM	PSM (K), 5h	PSM (R), 30min	PSM (R), 60min	PSM (R), 80min	PSM (R), 100min	PSM (R), 120min
3-methyl-Butanal	1.48 ± 0.08	3.94 ± 0.05	1.02 ± 0.02	2.34 ± 0.09	4.55 ± 0.25	8.87 ± 0.33	3.34 ± 0.01	nd
2-methyl-Butanal	0.55 ± 0.03	1.42 ± 0.11	0.34 ± 0.01	1.32 ± 0.01	2.27 ± 0.01	2.93 ± 0.74	0.89 ± 0.02	nd
Pyrazine	0.24 ± 0.01	0.07 ± 0.03	nd	nd	nd	nd	0.1 ± 0.11	nd
Propanoic acid	0.16 ± 0.01	0.06 ± 0.01	nd	nd	nd	nd	0.09 ± 0.08	nd
2,3-pentanedione	nd	0.71 ± 0.08	0.11 ± 0.05	0.42 ± 0.01	0.55 ± 0.12	0.67 ± 0.6	0.82 ± 0.23	nd
Disulfide, dimethyl	nd	0.55 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.09 ± 0.02	0.22 ± 0.2	0.34 ± 0.11	0.67 ± 0.12	nd
Butanal	nd	0	0.09 ± 0.07	0.13 ± 0.12	0.19 ± 0.35	0.21 ± 0.13	0.03 ± 0.54	nd
Pentanal	nd	0	0.07 ± 0	0.15 ± 0.06	0.16 ± 0.01	0.19 ± 0.02	0.05 ± 0.06	nd
2,3-Pentanedione	nd	0	0.23 ± 0.33	0.44 ± 0.08	0.32 ± 0.11	0.18 ± 0.01	0.11 ± 0.26	nd
Hexanal	3.39 ± 0.18	0.09 ± 0.21	0.06 ± 0.41	0.09 ± 0.54	0.13 ± 0.03	0.18 ± 0.01	0.09 ± 0.01	0.08 ± 0.14
2-furan-carboxaldehyde	2.79 ± 0.09	0.24 ± 0.06	0.04 ± 0.13	0.48 ± 0.22	0.91 ± 0.09	1.11	0.42 ± 0.02	0.13 ± 0.52
Furfural	2.88 ± 0.15	0.07 ± 0.03	0.04 ± 0.26	nd	nd	nd	nd	nd
1-(2-furyl)-Ethanol	nd	0.16 ± 0.03	nd	0.03 ± 0.07	0.09 ± 0.01	0.23 ± 0.92	0.19 ± 0.01	nd
3,4-dihydro-2H-Pyran	nd	0.31 ± 0.25	nd	nd	nd	nd	0.42 ± 0.03	nd
Benzaldehyde	0.40 ± 0.02	0.35 ± 0.51	nd	0.16 ± 0.14	0.22 ± 0.02	0.31 ± 0.7	0.46 ± 0.09	nd
5-methyl-2-Furan carboxaldehyde	1.34 ± 0.18	0.87 ± 0.22	0.46 ± 0.01	0.55 ± 0.16	0.87 ± 0.17	1.05 ± 0.07	1.02 ± 0.11	nd
5-methyl furfural	1.27 ± 0.07	0.28 ± 0.08	nd	nd	nd	0.12 ± 0.22	0.35 ± 0.33	nd
2-pentyl-Furan	0.96 ± 0.05	0.23 ± 0.05	1.23 ± 0.02	1.11 ± 0.02	0.97 ± 0.11	0.34 ± 0.31	0.28 ± 0.19	nd
Nonanal	nd	0.20 ± 0.08	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Mean ± SD

Grainy, varnish 향을 내는 3-methyl butanal은 건조시간 80min까지 검출량이 증가했다가 100min에서 감소하며 PSM 100min이 LSM의 결과와 상응하는 것으로 나타났다. 2-methyl butanal의 경우도 PSM 80min까지 검출량이 증가했다가 100min에서 감소하였다. Sweetcorn, celery 향을 나타내는 caramel 향기를 내는 Furfural은 PSM에선 kiln 5h에서만 검출되었으며 LSM보다 검출량이 적고 carafa type2에 비해서는 검출량이 더욱 낮은 결과값을 나타내었다. 2-Pentyl-furan은 butter, earthy 향을 내는 성분이며, PSM 건조시간에 따라서 검출량이 감소하며 PSM 100min은 LSM의 결과값과 상응하는 결과를 보여준다. 반면에 Dimethyl disulfide는 carafa type 2에선 검출되지 않고 LSM, PSM에선 모두 검출되었으며 건조시간 증가에 따라 검출량이 높아졌으며 LSM에 비해 PSM 100min에서 더 높은 결과값을 보였다. 또한 malty 향기를 나타내는 butanal은 carafa type 2에서 검출되지 않았으며, PSM 100min에서 LSM보다 높은 검출량을 보여주었다.

라. 결론 및 고찰

협동 1의 조건을 plant-scale에 현장적용 하였을 때, lab-scale에서보다 더 긴 시간이 필요하였다. 이는 dry oven에서 소량으로 roasting하여 짧은 시간 내에 cold point에서 원하는 온도에 도달하는 협동 1과는 다르게 공장에서 실제로 roasting할 때 이용하고 있는 drum roaster machine은 더 큰 용량으로 roasting을 진행하기 때문에 cold point에 원하는 온도로 도달하는데에 더욱 긴 시간이 걸리기 때문이다. 또한 건조에 사용하는 기기에 따른 열손실률 차이로 인해 발생한 부분이라고 예상되었으

며, 현장에서는 240 °C에서 건조 시간을 늘려 맥아를 생산하였다. 건조 시간대별로 맥아에 대한 실험을 진행하여 lab scale에서 생산한 맥아와 수입산 맥아인 carafa type 2와 비교 분석하였다. Lab 색도 값에서는 plant scale에서 100분 건조 처리한 것이 LSM와 carafa type 2에 준하는 결과를 보여주었으며, EBC 색도 또한 carafa type 2라고 지칭할 수 있는 범주에 포함되는 결과를 나타내었다. 당도에서는 수입산 맥아에 비해서는 낮은 결과 값을 보였다. 이를 개선하기 위해서는 공정 단계에서 최대한의 당도를 얻어낼 수 있는 스킴을 얻기 위해 추가적인 비교실험을 진행해야 된다.

2. 현장 조건에 따른 roasted 맥아 당화, 발효조건 변수 모니터링

가. 실험 재료

1) roasted malt를 당화시킨 wort 분석 및 품질평가에서는 당화를 위하여 주름진 여과지 No. 597 1/2 (Whatman, Germany)와 삼각플라스크가 사용되었다. 소모품으로는 blue pipet tip, petri dish, 메스실린더 등이 사용되었다. 각 분석항목 별 필요한 재료 및 기구들은 실험방법과 함께 아래에 기술하였다.

나. 실험 방법

1) 당화 후 맥아 분석

당화 실험 방법은 협동 2에서 제시한 순서와 동일하게 진행되었으며 방법은 아래와 같다.

가) 당화 공정

수입산 roasted malt를 이용하여 당화, 발효한 맥아를 carafa type 2, 당화, 발효 공정에 아무 것도 처리하지 않은 맥아를 Gwangmaek' 1, 젖산균을 적용하여 당화, 발효한 맥아를 Gwangmaek' 2로 표기하였다.

맥아분쇄물을 당화조로 옮긴 후 62°C에서 60~90분, 72°C에서 15분간 당화를 진행하여 당화를 완료한다. 젖산균 처리시 맥아분쇄물을 당화조로 옮긴 후 양조용수 대비 1/30에 10⁸cfu/ml 가 되도록 젖산균을 넣고 30°C에서 1시간동안 배양한다. 그리고 순서에 따라 동일한 과정을 행한다.

당화를 완료한 맥아분쇄물을 여과조로 옮겨 해당 맥아의 분쇄도를 최적으로 맞추고 milling한다. milling을 완료한 맥아분쇄물을 당화자비조로 옮겨 hop을 첨가하여 끓인 후, 부유물 또는 hop의 찌꺼기 등이 남아있는 것을 더 방지하기 위해서 침전조로 맥아분쇄물을 옮겨 침전조 내에서 회전을 주어 부유물 등을 비중으로 인해 가라앉게 만든다. 이후 당화가 완료된 맥아분쇄물을 발효탱크로 옮겨 효모를 첨가하여 발효탱크에서 발효시킨 후 효모를 제거한 뒤 숙성탱크로 옮겨 일정기간 숙성시킨다.

나) 냉각 및 여과

협동 2의 Cooling and filtration 측정 방법과 동일한 조건으로 아래와 같이 실험을 진행하였다.

Mashing 후 cooling을 하고, 여과지 No. 597 1/2 (Whatman, Germany)에 맥즙을 여과하면 hop을 첨가하지 않은 상태의 맥즙 (wort)이 얻어진다. pH, free amino nitrogen (FAN), reducing sugar (RS), color이며 ASBC 방법에 준하여 측정한다.

다) Wort 분석항목 및 분석법

협동 2의 측정 방법과 동일한 조건으로 아래와 같이 실험을 진행하였다.

실험 항목은 pH, color, free amino nitrogen (FAN), reducing sugar (RS)이며, 항목에 대한 실험 방법은 협동 2와 동일하며, 아래에 간단하게 기술하였다.

① pH 측정

제조된 맥즙 10 ml을 취하여 pH meter (ORION 3 STAR, Thermo, Singapore)를 사용하여 3반복

측정하며, Pilsner type 맥아를 이용하여 만든 맥즙과 광맥 맥아를 이용하여 만든 맥즙의 pH를 비교하였다.

② Color 측정

Colorimeter (CR-300, Minolita Co., Ltd., Osaka, Japan)을 이용하여 맥즙의 색도를 L, a, b 값으로 측정하였다.

③ Free amino nitrogen (FAN) 함량 측정

100배 희석된 sample 1.0 ml, 증류수(blank) 1.0 ml, standard solution 1.0 ml을 각 test tube에 넣는다. 3.0 ml ninhydrin color reagent를 첨가하고, 증발을 막기 위해서 마개를 씌운다. 16분 동안 끓는 물에서 가열하고, 20분 동안 20℃로 cooling한 다음 dilution solution을 각각 5.0 ml 씩 넣고 vortexing 하여 완벽하게 섞는다. 증류수로 auto-zero를 잡고, spectrophotometer (UVmini-1240, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 570 nm에서 흡광도를 측정한다. 3반복하여 측정된 흡광도의 평균에서 평균 blank 흡광도 값을 뺀다. 그 식은 다음과 같다.

$$\text{FAN (mg/l)} = \text{net A of test solution} \times 2 \times \text{dilution} / \text{net A of standard solution}$$

(net A = Mean of sample absorbance - average blank absorbance)

④ Reducing sugar (RS) 함량 측정

환원당의 양은 DNS법을 기준으로 하여 측정하였다. 환원당을 함유하고 있는 시료는 50배 희석하여 사용하였으며, 희석된 시료 1 ml와 DNS 시약 3 ml을 끓는 물에서 5분간 반응시킨 후 상온에서 5분간 식혀 spectrophotometer (UVmini-1240, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도 값은 적절히 희석한 glucose 용액을 이용하여 작성한 standard curve에 대입하여 환원당량으로 산출한 뒤 희석배수를 곱하였다.

2) 최종 맥주의 분석 항목 및 분석법

협동 2의 측정 방법과 동일한 조건으로 아래와 같이 실험을 진행하였다. 발효 공정 단계가 완료된 맥즙으로 제조한 맥주의 특성을 분석하였다.

가) Color

Wort 분석과 같은 방법으로 후 발효가 끝난 맥주의 color를 분석하여, 수입산 roasted 맥아로 제조한 맥주와 주관기관에서 실제 현장에서 사용하는 발효 단계가 적용된 맥즙으로 만든 맥주의 color 결과 값을 비교하였다.

나) pH 측정

후 발효가 끝난 맥주를 pH meter (ORION 3 STAR, Thermo, Singapore)를 사용하여 3반복 측정하여, 주관기관에서 실제 현장에서 사용하는 발효 단계가 적용된 맥즙으로 만든 맥주의 pH 결과 값과 협동 2에서 실험한 pH 결과 값을 비교하였다.

다) Free amino nitrogen (FAN) 함량 측정

100배 희석된 sample 1.0 ml, 증류수(blank) 1.0 ml, standard solution 1.0 ml을 각 test tube에 넣는다. 3.0 ml ninhydrin color reagent를 첨가하고, 증발을 막기 위해서 마개를 씌운다. 16분 동안 끓는 물에서 가열하고, 20분 동안 20℃로 cooling한 다음 dilution solution을 각각 5.0 ml 씩 넣고 vortexing 하여 완벽하게 섞는다. 증류수로 auto-zero를 잡고, spectrophotometer (UVmini-1240, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 570 nm에서 흡광도를 측정한다. 3반복하여 측정된 흡광도의 평균에서 평균 blank 흡광도 값을 뺀다. 그 식은 다음과 같다.

$$\text{FAN (mg/l)} = \text{net A of test solution} \times 2 \times \text{dilution} / \text{net A of standard solution}$$

(net A = Mean of sample absorbance - average blank absorbance)

라) Reducing sugar (RS) 함량 측정

환원당의 양은 DNS법을 기준으로 하여 측정하였다. 환원당을 함유하고 있는 시료는 50배 희석하여 사용하였으며, 희석된 시료 1 ml와 DNS 시약 3 ml을 끓는 물에서 5분간 반응시킨 후 상온에서 5분간 식혀 spectrophotometer (UVmini-1240, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도 값은 적절히 희석한 glucose 용액을 이용하여 작성한 standard curve에 대입하여 환원당량으로 산출한 뒤 희석배수를 곱하였다.

다. 주요 연구결과

1) 당화 후 맥아 분석

Table 4-8. carafa type2 맥아와 광맥의 wort 분석 결과

분석항목	Carafa type 2	Gwangmaek' 1	Gwangmaek' 2
pH	5.67 ± 0.04	5.62 ± 0.03	5.32 ± 0.02
Free amino nitrogen (mg/L)	120.14 ± 4.49	113.96 ± 4.92	130.24 ± 1.73
Reducing sugar (mg/mL)	34.02 ± 1.57	33.15 ± 1.76	38.05 ± 1.12
Color	L value	21.88 ± 0.22	23.92 ± 0.86
	a value	7.18 ± 0.34	7.24 ± 0.10
	b value	11.89 ± 0.44	12.18 ± 0.24

Wort의 분석 결과는 Table 4-7에 표기하였다. Gwangmaek' 1의 pH가 Gwangmaek' 2에 비하여 결과값이 높았으며, carafa type2의 pH 결과보다 낮은 값을 보였다. 이것은 Gwangmaek' 2에 젖산균을 추가함으로써 pH가 유의적으로 감소한 것으로, Gwangmaek' 1와 Gwangmaek' 2가 당화 및 발효 과정에서 잡균의 오염이 방지되고, malt 내부의 효소 최적 pH에 맞춰져 효소의 활성을 증가시킬 수 있을 것이라 추측된다.

Free amino nitrogen (FAN)와 Reducing sugar (RS)의 경우 carafa type2와 Gwangmaek' 1에 비해 Gwangmaek' 2의 값이 더 높은 결과값을 나타내었다. 젖산균을 더 추가하여 처리한 Gwangmaek' 2의 pH가 효소 최적 pH에 맞춰졌기 때문에 효모가 자라는데 사용하는 영양분인 FAN과 RS의 결과값이 더 높은 긍정적인 결과를 보일 수 있었다.

색도 측정은 colorimeter를 이용하였으며 SCI 값을 결과 값으로 채택하였다. L value, a value, b value를 측정하였으며, 색도의 실험 결과는 Table 4-7에 표기하였다. carafa type2, Gwangmaek' 1, Gwangmaek' 2 모두 비슷한 결과값을 나타내었다.

2) 최종 맥주의 분석

Table 4-9. 최종 맥주의 분석 결과

분석항목	Carafa type 2	Gwangmaek' 1	Gwangmaek' 2
pH	4.88 ± 0.06	4.83 ± 0.04	4.71 ± 0.09
Free amino nitrogen (mg/L)	29.87 ± 0.98	30.51 ± 1.12	31.28 ± 0.85
Reducing sugar (mg/mL)	10.17 ± 0.45	10.14 ± 1.87	11.22 ± 0.96

	L value	21.17 ± 0.28	22.92 ± 0.72	23.11 ± 0.25
Color	a value	4.95 ± 0.22	4.17 ± 0.34	4.23 ± 0.21
	b value	6.27 ± 0.16	6.18 ± 0.41	6.21 ± 0.09

최종 맥주의 분석 결과는 Table 4-9에 표기하였다. pH의 경우 carafa type2에 비해 Gwangmaek' 2의 pH가 낮은 것을 확인하였다. 또한 Gwangmaek' 1에 비해 Gwangmaek' 2의 pH가 낮은 값을 보였으나 큰 차이는 없었다.

Free amino nitrogen (FAN)와 Reducing sugar (RS)의 경우 wort 분석 결과와 동일하게 수입산 맥아에 비해 Gwangmaek' 1의 값이 더 높게 나타났다. FAN과 RS 모두 Gwangmaek' 1에 비해 젖산균을 추가하여 처리한 Gwangmaek' 2이 높은 값을 나타냈으나, 차이는 미미하며 모두 비슷한 값에 머물렀다.

색도 측정은 colorimeter를 이용하였으며 SCI 값을 결과 값으로 채택하였다. L value, a value, b value를 측정하였으며, 색도의 실험 결과는 Table 4-8에 표기하였다. carafa type2, Gwangmaek' 1, Gwangmaek' 2 모두 비슷한 결과값을 나타내었다.

라. 결론 및 고찰

Carafa type2에 비해 Gwangmaek' 2의 pH에 대한 결과가 낮음을 확인하였다. 색도는 Gwangmaek' 1, Gwangmaek' 2 모두 carafa type2의 색도와 비슷했음을 확인했다. RS 값은 wort에서 Gwangmaek' 2가 carafa type2에 비해 높은 값을 보였고 맥주에서는 Gwangmaek' 1, Gwangmaek' 2, carafa type2의 결과값에 큰 차이가 없었다. FAN 값은 wort의 경우 Gwangmaek' 2이 carafa type2에 비해 높은 값을 보였으나, 맥주에서는 RS와 마찬가지로 Gwangmaek' 1, Gwangmaek' 2, carafa type2의 결과값 간에 차이가 미미했음을 확인하였다. 또한 국내산 roasted malt를 이용하여 당화, 발효 공정을 거친 최종 맥주의 FAN 및 RS 값을 통해 수입산 맥아를 사용하여 제조한 최종 맥주 대비 비슷한 품질임을 확인하였다. 이를 통해 수입산 맥아를 대체한 국내산 맥아를 사용한 수제 맥주가 국내산 보리의 소비 및 농한기 농가수입 증대에 기여할 수 있을 것으로 보인다. 또한 나아가 국내 보리 농업의 자생력 강화와 제조업 활성화를 통한 일자리 창출 및 지역 경제 활성화에도 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

[협동 4 : 수제맥주 제조용 침전조 개발 및 품질평가기술 개발]

- 수제맥주 제조용 침전장치 개발

1 새로운 침전 장치의 제작 및 가동

1) 장치 제작

맥주 whirlpool 및 침전 공정의 효율의 향상을 위하여 새로운 장치를 고안하였다. 장치는 크게 자동 제어 시스템 구성 및 whirlpool내 새로운 장치의 개발로 나눌 수 있다. 즉, 전체 시스템은 Figure 4-15

와 같이 whirlpool 및 그 내부의 다섯 높이에서 분사할 수 있는 노즐, 각 노즐에 대한 solenoid 밸브, 각 solenoid를 제어할 수 있는 relay boards, 맥즙을 공급하는 펌프 및 그 inverter, 상기 장치를 자동 제어할 수 있는 제어부(컴퓨터, 그 프로그램, 데이터 수집 및 제어 kit (LabView 사))로 구성하였다.

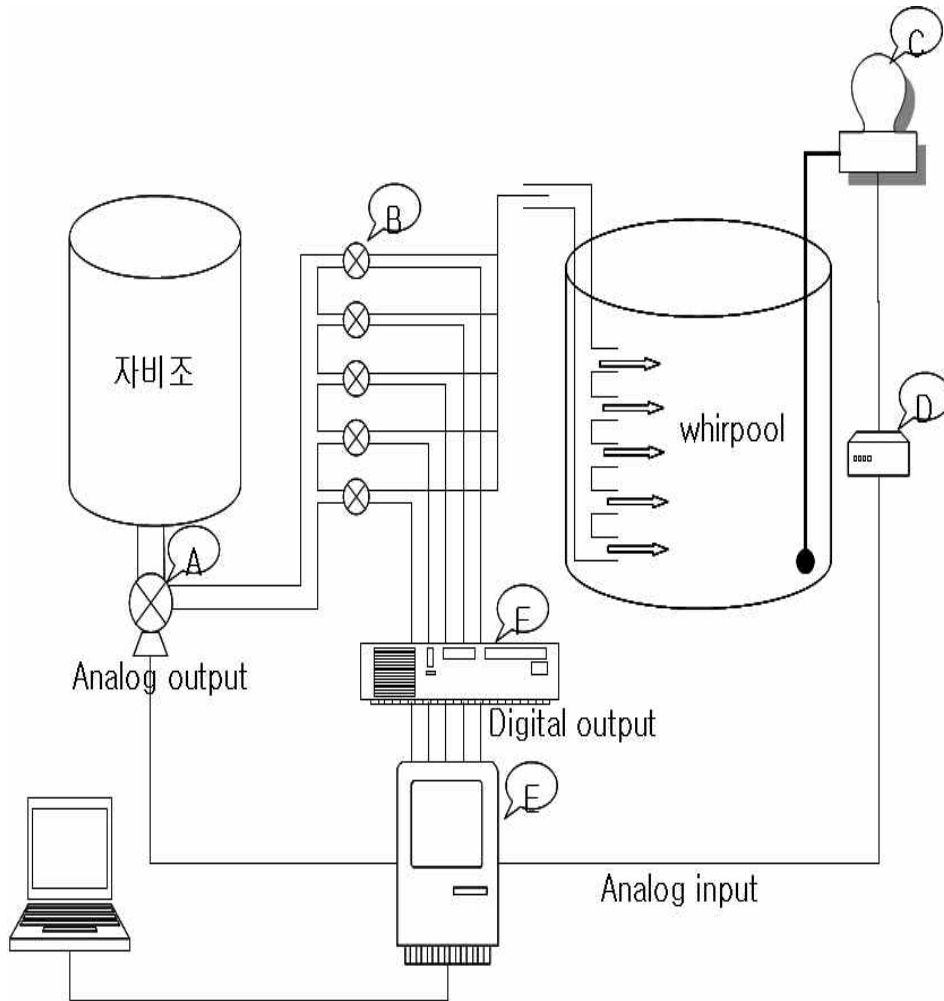


Figure 4-15. 새로이 고안된 whirlpool 시스템의 모식도

Whirlpool 내 새로운 장치는 Figure 4-16과 같다. 즉, whirlpool내 유입구의 높이를 조절하기 위하여 whirlpool 바닥으로부터 5 cm 간격으로 유입구를 제작하였다. 그 구체적인 제원은 다음과 같다.

장치	부품	제원
Whirlpool 조	직경 높이 바닥의 경사 배출구	44cm 30 cm 10도 2 곳: 바닥 최하단에 1 곳 바닥에서 8 cm 높이에 1곳
유입구	개수 유입구 직경 유입구의 위치 유입구 출구의 방향	5개 1.3 cm Whirlpool 바닥으로부터 순서 대로 5 cm 높이 간격으로 위치 Whirlpool 조의 동심원 방향
수위계	Type 센서의 whirlpool내 위치	압력식 바닥과 접촉하게 놓음 센서의 연결줄은 유체 흐름을 최대한 방해치 않도록 내벽에 밀착시킴

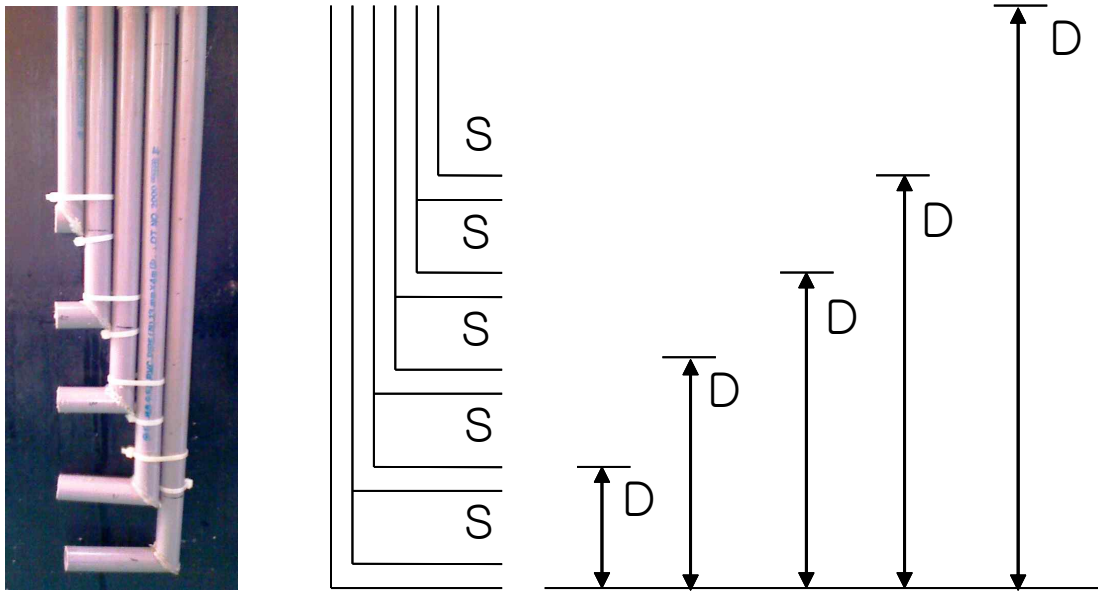


Figure 4-16. 새로이 고안된 whirlpool 내 배출 노즐 장치

2) 가동

새로이 제작된 whirl 장치의 가동 순서는 다음과 같았다.

- 맥즙의 whirlpool내로의 유입을 펌프(rotary gear 정량펌프, 동해펌프)에 연결된 inverter를 조절하여 13.42 l/s, 14.20 l/s, 18.12 l/s의 여러 조건으로 공급한다.
- 동시에 컴퓨터에 의한 자동공급장치를 가동하여 유입구의 개폐를 조절한다.
- 최종 whirlpool의 상부 밸브를 열고 맥즙(wort 상태)을 배출하고 더 이상의 배출이 없음을 확인하고

다음 단계로 최하부 밸브를 열고 최종 맥즙을 회수한다.

이 때 사용된 컴퓨터 자동공급장치의 가동에 대한 프로그램의 내용은 Figure 4-17과 같다.

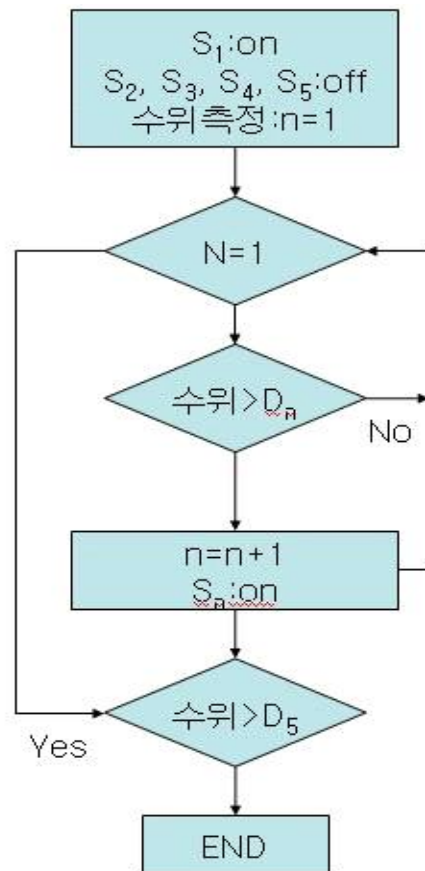


Figure 4-17. 자동공급제어 프로그램의 알고리즘

또한 상기 자동장치에 의한 유입구 개폐의 경우의 수는 다음과 같다.

Cases	유입구의 개폐	작동
1	S_1, S_2, S_3, S_4, S_5	전 과정에 단순히 하나의 유입구만 열어 놓음
2	$S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow S_4 \rightarrow S_5$	수위계에 의하여 각 노즐위치에 맥즙이 바닥으로부터 채워지면서 도달했을 때 해당되는 유입구가 열림과 동시에 전에 열렸던 유입구는 자동으로 닫힘
3	$S_1 \rightarrow S_1 \& S_2 \rightarrow S_1 \& S_2 \& S_3 \rightarrow S_1 \& S_2 \& S_3 \& S_4 \rightarrow S_1 \& S_2 \& S_3 \& S_4 \& S_5$	수위계에 의하여 각 노즐위치에 맥즙이 바닥으로부터 채워지면서 도달했을 때 해당되는 유입구가 순차적으로 열림

3) 맥즙의 원심분리

맥즙을 원심분리기(한일과학산업(주), COMBI-514R, KOREA)의 원심분리관 (50 ml)에 40 ml 씩 넣고 6000 g, 8000 g, 12000g의 여러 조건에서 원심분리를 하였다

4) 맥아즙의 turbidity 측정

여과 장치의 효과를 분석하기 위하여 얻어진 여과액의 청정도인 turbidity를 측정하여 나타내었다. 여과시킨 맥즙의 탁도(turbidity)를 spectrophotometer(OPTIZEN, 2ROUV MECASYS, KOREA)를 사용하여 590 nm에서의 흡광도를 측정하여 표시하였다.

5) Whirlpool내 침전도 측정

Whirlpool에 침전되고 남은 찌꺼기의 타원체의 장축과 단축의 길이를 측정하였다.

2. 침전공정의 실험

1) Whirlpool의 챔버 직경/높이와 침전도 관계 분석

Case 3의 경우 Figure 4-18과 같이 4가지 whirlpool의 챔버 높이를 설정하여 가동하였을 경우 5 cm의 경우에는 whirlpool의 효과를 거의 볼수 없는 형태의 퍼짐크기를 볼 수 있다. 점차 whirlpool의 챔버 높이가 높아 질수록 퍼짐크기도 줄어드는 경향을 나타냈다.

그 이유는 whirlpool의 챔버 높이가 whirlpool의 회전력에 영향을 주는 것으로 사료되며 챔버의 높이가 낮으면 회전력이나 회전하는 시간이 줄어드는 이유로 고형분이 회전하지 못하고 넓게 퍼지는 형태로 형성되며 챔버의 높이가 높아지게 되면 회전력이나 회전하는 시간이 증가하여 더 많은 고형분의 회전으로 고형분이 퍼지는 정도가 좁아지는 것으로 나타났다.

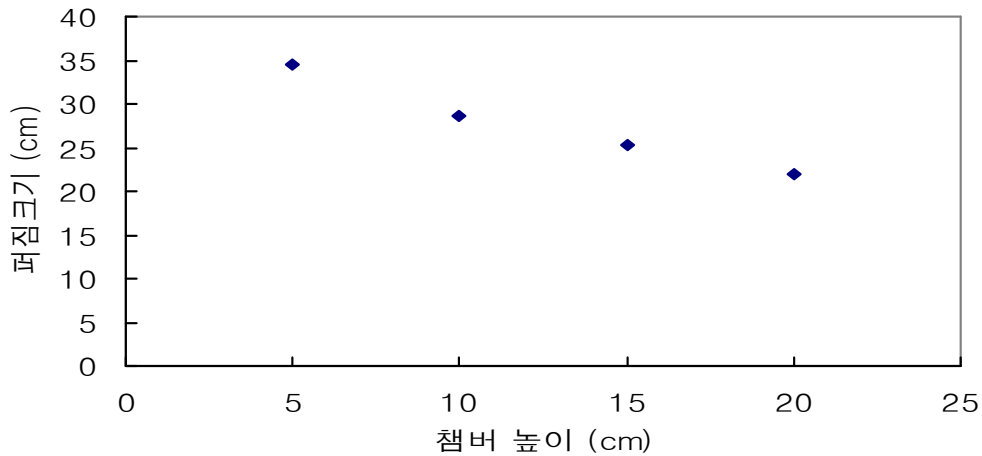


Figure 4-18. Whirlpool의 챔버 직경/높이에 따른 침전도 (침전물 퍼짐크기)

2) Whirlpool의 투입구의 위치 및 투입속도와 침전도 관계 분석

Case 1의 경우 Figure 4-19 - 4-22와 같이 4가지 높이에 위치한 투입구 중 하나만 열고 가동했을 경우 S_1 이 가장 침전에 효과적인 것으로 나타났고 S_2, S_3, S_4 의 순으로 나타났다. 그 이유를 S_2 의 경우를 예를 들어 설명하면, 그 수면이 그 투입구의 위치에 도달되기 전까지는 액체의 회전이 없이 벽을 타고 흐르는 과정에 해당하기 때문에 투입구가 가장 바닥에 위치하는 S_1 의 경우보다 액체 회전 효과가 작기 때문에 침전도가 낮아지는 것으로 해석할 수 있다. 이와 같은 원리로서 S_3, S_4 의 경우는 더 침전도가 악화됨을 이해할 수 있다. 한편, 보통 현장에서 사용되는 whirlpool의 구조를 보면 일반적으로 S_3 의 위치에 단일 투입구가 있는데 이로부터 본 고안 장치를 적용한다면 기존의 장치 성능의 개선에 큰 효과가 있을 것으로 기대된다.

Case 2의 경우 액체의 투입을 S_1 을 열고 시작한 후 그 수면이 S_2 에 도달하면 S_2 를 열고 동시에 S_1 을 닫고, 계속해서 그 수면이 S_3 에 도달하면 상기와 같은 방식으로 순차적으로 투입구를 열어 액체를 공급하는 조건을 의미한다. 그 결과 Figure 4-23과 같이 액체 회전이 효과적으로 되어 침전력이 향상되었다. 더 상세하게는 case 1의 최적 조건이 S_1 과 비교할 때 case 2의 경우에는 S_2 에 수면이 도달하면 S_1 이 닫히게 되어 회전의 근원이 바닥과 더 멀어지게 되어 회전에 대한 저항이 감소되며, 또한 case 1에서 예상할 수 있는 지속적인 S_1 에서의 액체 공급에 따른 바닥에 형성된 침전물의 구조를 완화할 수 있는 부작용이 case 2에서는 배제됨으로 결과적으로 case 2가 case 1보다 그 성능이 우수함을 알 수 있다.

Case 3의 경우 액체의 투입을 S_1 을 열고 시작한 후 그 수면이 S_2 에 도달하면 S_2 를 열고 case 3와 달리 S_1 도 계속해서 열어 놓고, 계속해서 그 수면이 S_3 에 도달하면 상기와 같은 방식으로 순차적으로 투입구를 점차 모두 열어 액체를 공급하는 조건을 의미한다. 그 효과는 case 1의 S_1 경우와 case 2의 중간 정도로 나타났다. Case 3 또한 case 2의 효과를 기대할 수 있지만 하나의 펌프를 사용하여 액체를 공급하기 때문에 투입구가 하나가 아닌 여러개가 동시에 열릴 경우 그 유속이 감소하여 회전효과가 낮아지기 때문으로 해석할 수 있다. 이에 부응하여 펌프 공급 속도 증가에 의한 침전도 향상 효과는 case 1 및 case 2보다 더 급증한 것으로 나타났다.

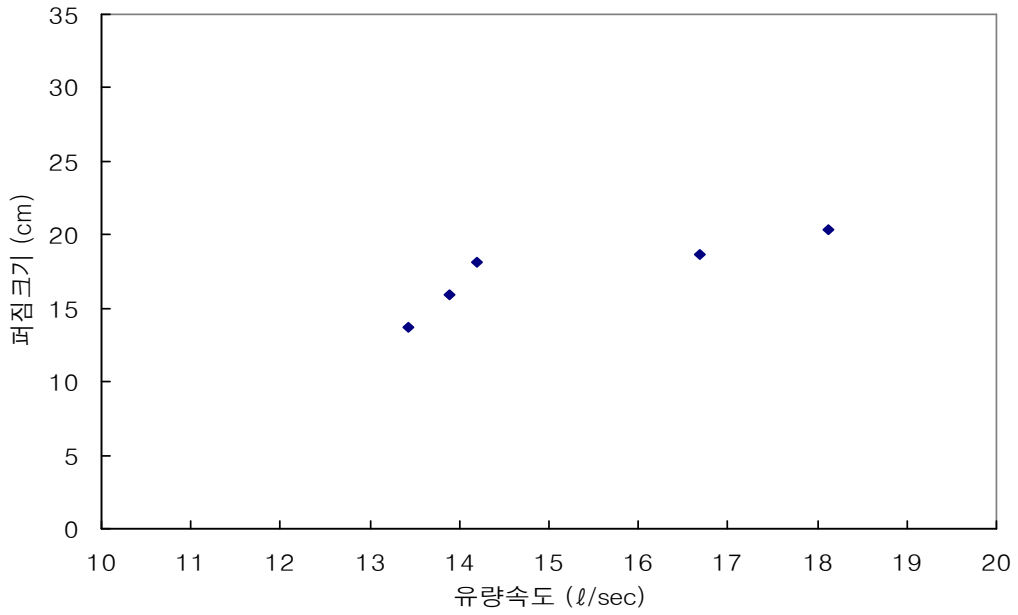


Figure 4-19. Case 1의 투입위치 S₁의 조건과 투입속도에 따른 퍼짐크기

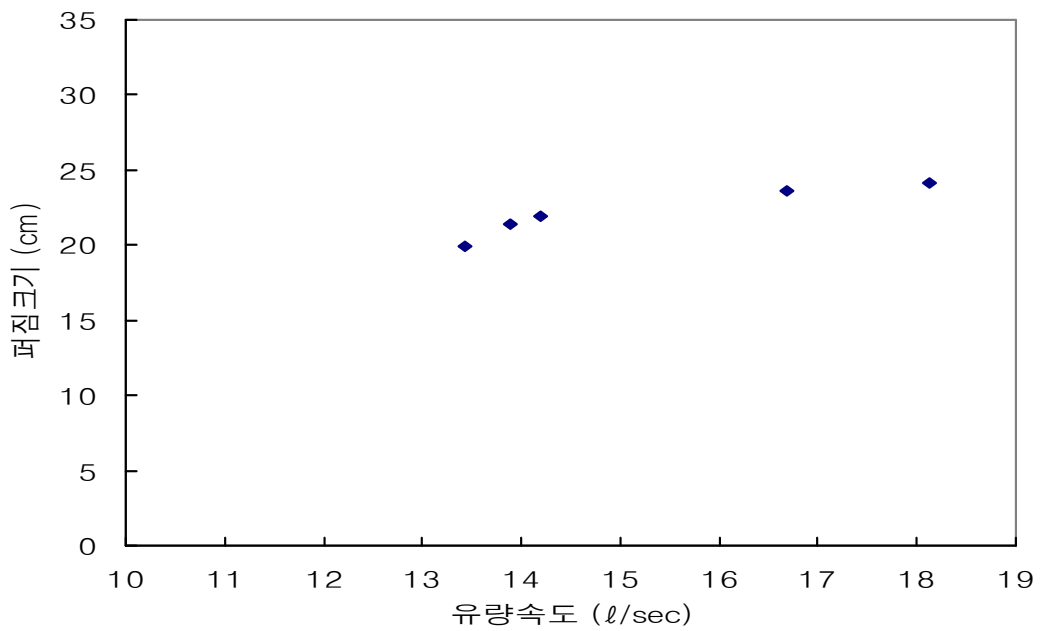


Figure 4-20. Case 1의 투입위치 S₂의 조건과 투입속도에 따른 퍼짐크기

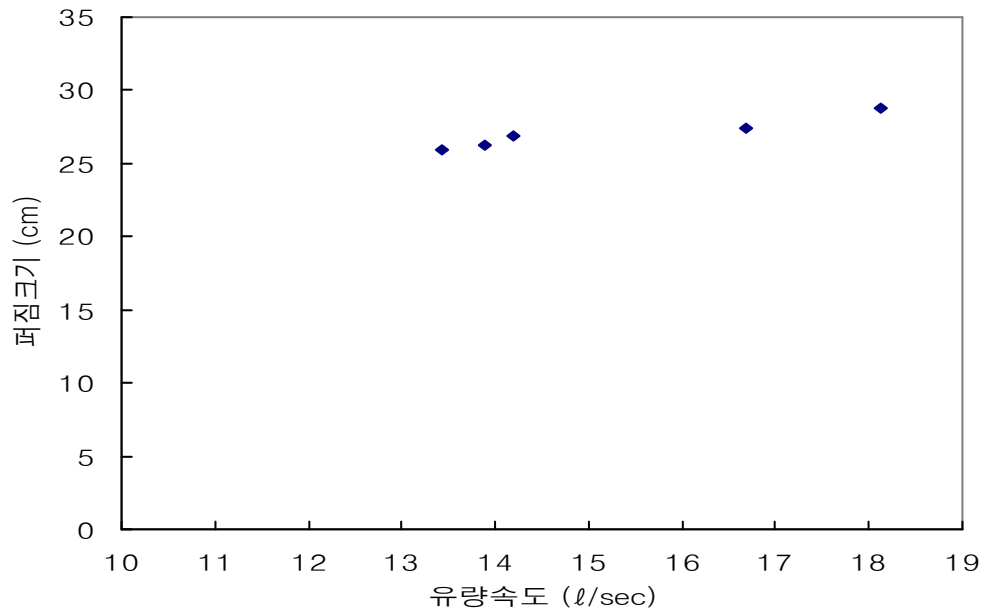


Figure 4-21. Case 1의 투입위치 S₃의 조건과 투입속도에 따른 퍼짐크기

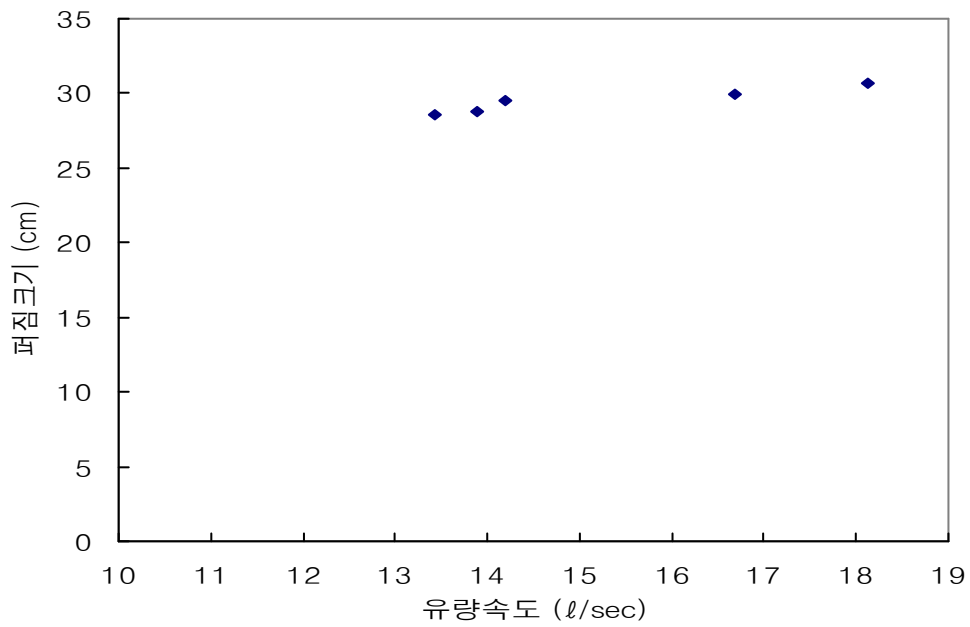


Figure 4-22. Case 1의 투입위치 S₄의 조건과 투입속도에 따른 퍼짐크기

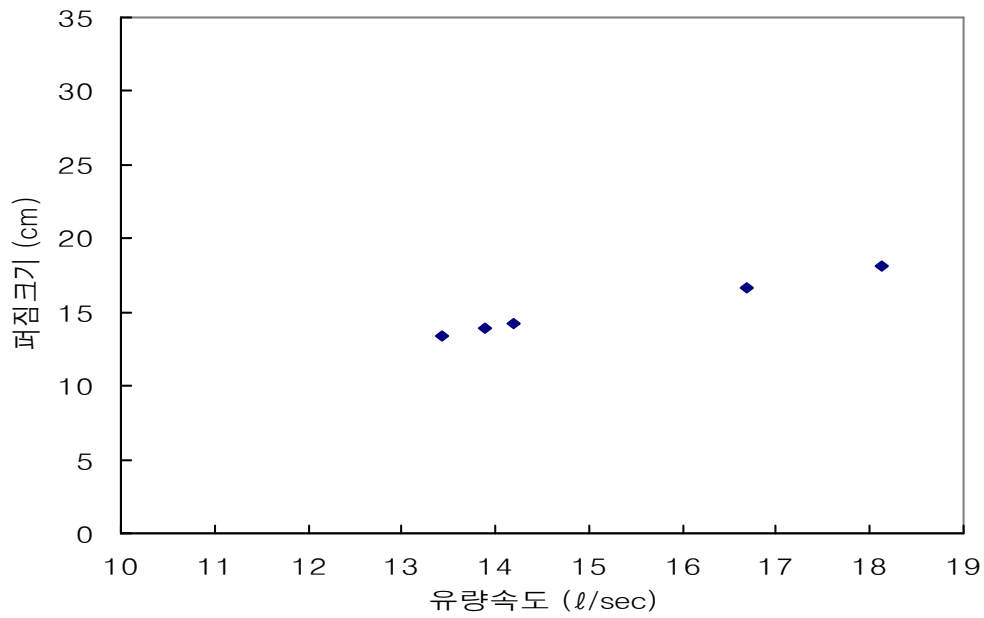


Figure 4-23. Case 2의 투입속도에 따른 퍼짐크기

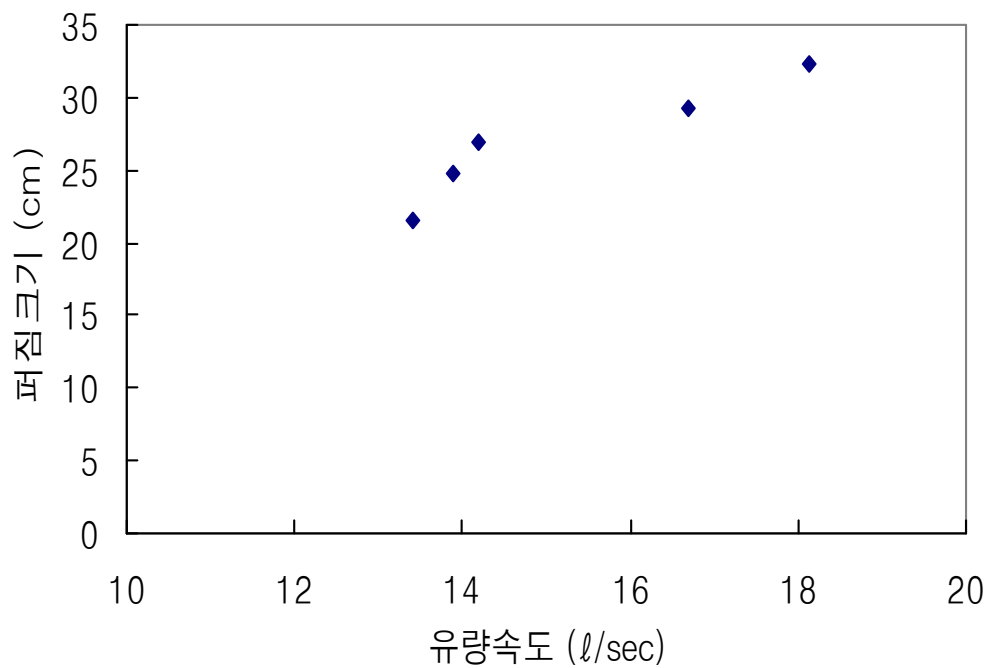


Figure 4-24. Case 3의 투입속도에 따른 퍼짐크기

- R 맥아로 제조된 맥주의 품질관리

1. 실험 재료

1) 시료

협동4의 품질관리기술 개발 시료는 주관기관인 (주)파머스맥주 현장에서 제조한 시료를 제공받아 본

실험에 사용하였다. 각 시료는 A-1(국내산맥아(기본+ 로스팅맥아)), A-2(국내산맥아(기본+ 로스팅맥아) 효소 및 젖산균 처리)), A-3(국내산 기본 맥아+ 수입산 초콜렛 맥아))의 명칭과 제한된 실험실 조건에서 실험을 진행하였다.

2. 실험 방법

1) 알코올 함량 측정

알코올 함량은 알코올 증류 장치를 이용하여 알코올을 증류시킨 후 주정계(211-DK-12, DeaKwang, Seoul, Korea)를 이용하여 비중의 변화를 보았으며, 이를 주정분 온도 환산표를 통해 알코올 함량을 환산하여 예측하였다.

2) 쓴맛 측정

맥주의 쓴맛에 대한 측정의 경우 ASBC에 제시된 방법을 이용하여 사용하였다. 맥주를 거품의 손실이 없도록 가스를 제거하여 20℃로 조절하고 10 mL를 원심분관에 취한 후 6N 염산 0.5 mL, iso-octane 20mL를 가하여 밀봉한 다음 진탕하였다(250 rpm, 15min). 3000 rpm에서 3분간 원심분리 후 iso-octane 층을 취해 순수한 iso-octane을 대조로 275nm에서 흡광도(A)를 측정하였다. 이를 각 품종별 맥주의 최종 제품 측정값을 비교하여 분석하였다.

$$\text{Bitterness} = 50 \times A$$

3) 거품 안정성 측정

맥주의 거품 안정성에 대한 측정의 경우 ASBC에 제시된 방법을 이용하여 실험하였다. 하부에 cock이 있는 유리 칼럼 높이 직경을 사용하였다. 시료 50 mL를 붓고 30초 후에 거품 이외의 하층액을 제거한 후 cock을 다시 막았다. 그 후 230초간 거품이 꺼지는 시간을 허용하여 깨진 거품의 양(b)과 남은 거품 양(c)을 측정하여 다음과 같은 식으로 거품 안정성(sigma)을 산출하였다. 이를 각 품종별로 거품 안정성을 측정, 비교하여 분석하였다.

$$\sigma = \frac{230}{2.303 \log \left[\frac{b+c}{c} \right]}$$

4) 색도 측정

색도계(CR-300, Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan)를 사용하였으며, Hunter L(lightness), a(redness), b(yellowness)의 값을 측정하여 이에 대한 변화 양상을 각 품종별 비교를 통해 분석하였다.

5) 탁도 측정

Spectrophotometer(UVmini-1240, Shimadzu, Kyoto, Japan)를 이용하여 700 nm에서의 흡광도가 430 nm에서 측정된 흡광도 보다 ≤ 0.039 배라면 탁도가 “없음” 으로, 아니라면 “있음” 으로 결정하여 각 품종별 맥주의 차이를 알아보았다.

6) 관능평가 진행

맥아의 종류를 달리하여 제조한 맥주의 관능평가의 패널 요원은 우석대학교 외식산업조리학과 대학생 및 대학원생 30명을 선발하였다. 공통평가항목은 Oily mouth coat, Gritty mouth coat, Density, Stickiness, Alcoholic, Bitterness, Astringency, Foam volume, Bubble size, Viscosity, Total CO₂, Duration aftertaste를 5점 척도로 평가하였다.

각 시료별 기호도 평가의 항목은 Total CO₂, Density, Alcoholic, Bitterness, Duration aftertaste, Foam volume를 5점 척도로 평가하였다. 점수의 기준점도와 평가항목에 대하여 안내하였으며, 실험

에 사용한 시료는 난수표에 의한 세 자리 숫자가 기록된 수로 표시하고 동일한 모양의 일회용 종이컵을 제공하여 진행하였다.

3. 주요 연구결과

1) 알코올 함량

품질 관리 항목에 따라 기존 (주)파머스맥주에서 생산하는 맥아 3종을 이용하여 제조한 맥주에 대해 측정된 알코올 함량은 다음 표 <Table 4-13>과 같다.

Table 4-13. 맥아 종류에 따른 맥주의 알코올

Sample	A-1	A-2	A-3
Alcohol (%)	4.5	4.5	4.5

2) 쓴맛

맥아 종류에 따른 맥주 3종의 Bitterness는 다음 표 <Table 4-14>와 같다. 쓴맛은 Hop의 유도체인 iso- α acid 함량에 따라 나타나며, 표준범위 기준은 10-40 BU에 속한다. 쓴맛 측정 결과 젯산균 로스팅 광맥(A-2) 시료가 17.80BU로 가장 높은 값을 보였으며, Carafa(수입) 시료(A-3)가 15.60BU로 가장 낮은 값을 나타내었으나 모든 시료가 표준범위인 10-40 BU에 속하였다.

Table 4-14. 맥아 종류에 따른 맥주의 쓴맛

Sample	A-1	A-2	A-3
Bitterness	16.40 \pm 1.88	17.80 \pm 1.60	15.60 \pm 1.41

3) 거품 안전성

맥주 품질 특성에 있어 기초적이면서 중요한 항목으로 iso- α acid와 malt로부터 연관된 많은 protein 및 polypeptide에 의해 생성된다. 맥아 종류에 따른 맥주 4종의 거품 안전성은 다음 표 <Table 4-15>와 같다. 거품 안전성은 수치가 증가할수록 거품 안전성이 좋은 결과로 나타난다. 젯사균 로스팅 광맥 시료(A-2)가 가장 높은 값을 나타내었으며, 수입산 Carafa 맥아를 혼합한 시료(A-3)가 가장 낮은 값을 나타내었다.

Table 4-15. 맥아 종류에 따른 맥주의 거품안전성

Sample	A-1	A-2	A-3
Form stability(Σ)	233.37 \pm 1.18	248.08 \pm 16.11	213.64 \pm 35.36

4) 색도

맥아 종류에 따른 맥주 3종의 색도는 다음 표 <Table 4-16>과 같다. 색도는 맥주의 발효기간에 영향을 받는 속성으로 발효기간 길수록 a(redness)와 b(yellowness)의 색이 진해지는 경향을 보인다. 수입산 Carafa 맥아를 혼합한 시료(A-3)가 L값 86.03으로 가장 낮은 값을 나타내었으며, b값은 A-3시료가 가장 높은 값을 보였으나 L값의 영향으로 가장 어두운 색으로 보였다.

Table 4-16. 맥아 종류에 따른 맥주의 색도

Sample	A-1	A-2	A-3
L	87.27±0.05	88.57±0.06	86.03±0.48
a	-0.50±0.01	-0.90±0.03	0.15±0.04
b	32.84±0.12	26.20±0.13	36.31±0.25

5) 탁도

맥주의 발효 유무의 척도로 사용되는 탁도는 맥주 발효과정 중 효모의 성장 및 단백질, polyphenol의 존재 등을 통해 발생한다. 또한 탁도가 발생됨에 따라 맥주의 발효 진행이 잘 되었음을 볼 수있다. 맥아 종류에 따른 맥주 4종의 탁도는 다음 표 <Table 4-17>과 같이 모든 시료에서 탁도를 갖는 것으로 나타났다.

Table 4-17. 맥아 종류에 따른 맥주의 탁도

Sample	A-1	A-2	A-3	A-4
Turbidity	Exist	Exist	Exist	Exist

6) 관능평가

<Table 4-18>은 소비자가 맥주를 섭취할 때 중요하게 생각하는 선택속성을 5점 척도로 제시한 표이다. Oily mouth coat, Astringency 2가지 속성이 3점대 이상으로 높은 기호도를 나타냈으며, Foam volume, Bubble size, Duration aftertaste 3가지 속성은 2점 초반대에서 1점 후반대로 낮은 값을 나타내었다.

Table 4-18. 맥주 선택속성에 따른 소비자 기호도 평가

Sensory attributes	Value
Oily mouth coat	3.17±0.91
Gritty mouth coat	2.83±1.02
Density	2.63±0.81
Stickiness	3.27±0.83
Alcoholic	2.63±0.93
Bitterness	2.87±1.04
Astringency	3.07±0.87
Foam volume	2.33±1.03
Bubble size	2.33±0.96
Viscosity	2.90±0.84
Total CO ₂	2.67±0.80
Duration aftertaste	1.90±0.92

<Table 4-19>는 맥아 종류에 따른 맥주 3종의 기호도 평가이다. Total CO₂속성은 전 시료 모두 3점 초반대로 비슷한 경향을 보였으며, Density도 전 시료 모두 3점 초반대로 비슷한 경향을 보였다. Alcoholic, Bitterness, Duration aftertaste, Duration aftertaste 4개 속성 모두 3점 초반대로 비슷한 경향을 보였다.

Table 4-19. 맥아 종류를 달리하여 제조한 맥주의 소비자 기호도 평가

Sample	A-1	A-2	A-3
Total CO ₂	3.23±0.77	3.20±0.61	3.50±0.90
Density	3.37±0.62	3.30±0.75	3.30±0.65
Alcoholic	3.30±0.88	3.23±0.82	3.23±1.01
Bitterness	3.07±0.94	3.07±0.94	3.47±1.11
Duration aftertaste	3.63±0.62	3.10±0.80	3.30±0.99
Foam volume	3.43±0.86	3.03±0.77	3.23±0.68

3. 연구개발성과 및 목표 달성 정도

3-1. 연구수행 결과

(1) 정성적 연구개발성과

가. 최종목표

- 국내산 맥주보리를 활용한 수제맥주 제조용 맥아(base malt, specialty malt) 제조 기술 개발 및 개발된 맥아소재를 사용한 100% 국산 보리 활용 수제맥주(craft beer) 개발

나. 세부목표

- 국내산 맥주보리를 활용한 수입 대체 액상, 분말형 맥아(base malt, caramel malt, roasted malt) 제조 기술 개발 및 수제맥주용 맥아 소재화
- 기본맥아와 특수맥아를 이용한 당화, 발효조건의 최적화 기술 개발
- 현재 활용되는 기존 양조장비에 대한 개선 및 최적화 연구 및 품질관리기술 개발
- 연구결과의 현장최적화
- 경쟁력을 확보할 수 있는 개발된 맥아소재 적용 맥주의 상용화를 위한 제조 공정 개발 및 맥주 시제품 개발

다. 연차별 개발목표 및 내용

<1차년도>

○ 연구개발 목표

- 주관연구기관((주)파머스맥주) : 기본맥아 양산공정 표준화
- 협동연구기관(동국대학교/협동1) : 국내산 맥주보리를 활용한 기본맥아개발연구
 - 기본맥아 제품: 색도 14-16 (EBC%)이상, Free amino nitrogen 100mg/L이상, Maillard reaction products 200ug/kg이상
- 협동연구기관(동국대학교/협동2) : 기본맥아를 이용한 당화, 발효조건 최적화
 - 효소를 이용한 당화, 발효 공정기술: pH (<6), filtration time (<37 min), alcohol (>3%), bitterness (>17 BU), foam stability (>237), FAN (100mg/L)
- 협동연구기관(동국대학교/협동3) : 기본맥아제조공정 현장적용 및 산업화
- 협동연구기관(우석대학교/협동4) : 수제맥주 제조용 당화조 개발 및 품질관리지표설정
 - 열효율 증진: 열전달 속도 (U) 총괄전열계수 10% 이상, 소모 열량 (Q) 에너지 소모량 10% 이하, 열효율 10% 이상
 - 품질관리 지표 설정: 알코올 함량 (v/v) 4% 이상, 거품 안정성 Σ 80 이상, Bitterness 흡광도 7.0 이상

○ 개발 내용 및 범위

- 주관연구기관((주)파머스맥주) :
 - 기본맥아 제조공정 현장최적화 및 표준화
- 기본맥아를 활용한 수제맥주 제조 공정 현장최적화 및 표준화
 - 협동연구기관(동국대학교/협동1) :
 - 국내산 보리를 활용한 기본맥아 개발
 - 개발된 기본맥아와 수입맥아의 풍미, 색도, 당도 및 맥주 품질요소 비교평가
 - 수제맥주 적용 후 개선
 - 협동연구기관(동국대학교/협동2) :
 - 효소를 이용한 당화 공정 개발 및 맥즙 평가
 - 발효조건 최적화 및 수입맥아대비 양조품질 평가
 - 협동연구기관(동국대학교/협동3) :
 - 현장 조건에 따른 기본맥아제조공정변수 모니터링
 - 현장 조건에 따른 기본맥아 당화, 발효조건 변수 모니터링
 - 협동연구기관(우석대학교/협동4) :
 - 열효율을 높인 수제맥주 제조용 당화조의 개발
 - 기본맥아 맥주와 특수맥아 맥주의 품질 비교평가

<2차년도>

○ 연구개발 목표

- 주관연구기관((주)파머스맥주) : caramel맥아 양산공정 표준화
 - 협동연구기관(동국대학교/협동1) : 국내산 맥주보리를 활용한 caramel맥아개발연구
 - 협동연구기관(동국대학교/협동2) : 기본맥아와 caramel맥아를 이용한 당화, 발효조건 최적화
 - 협동연구기관(동국대학교/협동3) : caramel맥아 제조공정 현장적용 및 산업화
 - 협동연구기관(우석대학교/협동4) : 수제맥주 제조용 여과장치 개발 및 품질관리기술 개발
-

- 여과 성능 개선: 탁도 (ABS) 0.85 이하, 점도 (η) 4.80 이하, 여과 속도 (ml/min) 2.0 이하
- Caramel 맥아 제조 맥주 품질: 거품 안정성 Σ 80 이상, Bitterness 흡광도 7.0 이상, 색도 (L값) -10 이하

○ 개발 내용 및 범위

- 주관연구기관((주)파머스맥주) :
 - caramel맥아 제조공정 현장최적화 및 표준화
 - caramel맥아를 활용한 수제맥주 제조 공정 현장최적화 및 표준화
- 협동연구기관(동국대학교/협동1) :
 - 국내산 보리를 활용한 caramel맥아 개발
 - 개발된 caramel맥아와 수입맥아의 풍미, 색도, 당도 및 맥주 품질요소 비교평가
 - 수제맥주 적용 후 개선
- 협동연구기관(동국대학교/협동2) :
 - 효소를 이용한 당화 공정 개발 및 맥즙 평가
 - 발효조건 최적화 및 수입맥아대비 양조품질 평가
- 협동연구기관(동국대학교/협동3) :
 - 현장 조건에 따른 caramel맥아제조공정변수 모니터링
 - 현장 조건에 따른 caramel맥아 당화, 발효조건 변수 모니터링
- 협동연구기관(우석대학교/협동4) :
 - 교반 능력이 향상된 수제맥주 제조용 여과장치의 개발
 - 개발된 맥아로 제조된 맥주의 품질관리기술 개발

<3차년도>

○ 연구개발 목표

- 주관연구기관((주)파머스맥주) : roasted맥아 양산공정 표준화
- 협동연구기관(동국대학교/협동1) : 국내산 맥주보리를 활용한 roasted 맥아개발 연구
- 협동연구기관(동국대학교/협동2) : 기본맥아와 roasted맥아를 이용한 당화, 발효조건 최적화
- 협동연구기관(동국대학교/협동3) : roasted맥아 제조공정 현장적용 및 산업화
- 협동연구기관(우석대학교/협동4) : 수제맥주 제조용 침전조 개발 및 품질관리기술 개발
 - 침전 능력 개선: 침전도의 힘(Force) 원심력 이용, 투입 속도 (L/sec) 13.0 이상, 침전 속도 (ml/min) 15.0 이상
 - Roasted 맥아 제조 맥주 품질: 거품 안정성 Σ 80 이상, Bitterness 흡광도 7.0 이상, 색도 (L값) -20 이하

○ 개발 내용 및 범위

- 주관연구기관((주)파머스맥주) :
 - roasted맥아 제조공정 현장최적화 및 표준화
 - roasted맥아를 활용한 수제맥주 제조 공정 현장최적화 및 표준화
- 협동연구기관(동국대학교/협동1) :
 - 국내산 보리를 활용한 roasted맥아 개발
 - 개발된 roasted맥아와 수입맥아의 풍미, 색도, 당도 및 맥주 품질요소 비교평가
 - 수제맥주 적용 후 개선

- 협동연구기관(동국대학교/협동2) :
 - 효소를 이용한 당화 공정 개발 및 맥즙 평가
 - 발효조건 최적화 및 수입맥아대비 양조품질 평가
- 협동연구기관(동국대학교/협동3) :
 - 현장 조건에 따른 roasted맥아제조공정변수 모니터링
 - 현장 조건에 따른 roasted맥아 당화, 발효조건 변수 모니터링
- 협동연구기관(우석대학교/협동4) :
 - 침전 효율이 증대된 수제맥주 제조용 침전조의 개발
 - 특수맥아 맥주 품질관리기술 개발

구분	연도	세부연구개발 목표	가중치	주요제조기술 및 성능치
1차 년도	2019	기본맥아 양산공정 표준화	30 %	- 기본맥아 제조공정 현장최적화 - 기본맥아 활용 수제맥주 제조공정 최적화
		국내산 맥주보리를 활용한 기본맥아 개발	10 %	- 국내산 보리를 활용한 수입맥아 대체 가능 수제맥주제조용 base 맥아 제조 기술개발 · 주요성능치: 색도 14-16 (EBC%)이상, Free amino nitrogen 100mg/L이상, Maillard reaction products 200ug/kg이상
		기본맥아를 이용한 당화, 발효 조건 최적화	20 %	- 효소를 이용한 당화, 발효 공정 기술개발 · 주요성능치: pH (<6), filtration time (<37 min), alcohol (>3%), bitterness (>17 BU), foam stability (>237), FAN (100mg/L) - 수입맥아대비 맥즙, 양조특성평가
		열효율을 높인 수제맥주 제조용 당화조의 개발	10 %	- 열전달 속도 및 소모 열량의 계산과 비교를 통한 열효율 10% 이상 증진
		일반 맥아 맥주와 특수 맥아 맥주의 품질 비교평가	10 %	- 품질관리 지표 설정 및 분석방법의 확립 여부
		기본맥아제조공정 현장최적화	20 %	- 현장 조건에 따른 공정변수 모니터링
2차 년도	2020	caramel 맥아 양산공정 표준화	30 %	- caramel 맥아 제조공정 현장최적화 - caramel 맥아 활용 수제맥주 제조공정 최적화
		국내산 맥주보리를 활용한 caramel 맥아개발	10 %	- 국내산 보리를 활용한 수입맥아 대체 가능 caramel맥아 제조기술개발
		caramel 맥아를 이용한 당화, 발효 조건 최적화	20 %	- 효소를 이용한 당화, 발효 공정기술 개발 - 수입맥아대비 맥즙, 양조특성평가
		교반 능력이 향상된 수제맥주 제조용 여과장치의 개발	10 %	- 여과속도의 계산 및 실험 측정을 통한 여과속도 2.0 ml/min 이상
		새로운 몰트로 제조된 맥주의 품질관리기술 개발	10 %	- Caramel 맥아 제조 맥주의 거품 안정성 Σ 80 이상 및 색도 L -10 이하
		caramel 맥아제조공정 현장최적화	20 %	- 현장 조건에 따른 공정변수 모니터링

3차 년도	2021	roasted 맥아 양산공정 표준화	30 %	- roasted 맥아 제조공정 현장최적화 - roasted 맥아 활용 수제맥주 제조공정 최적화
		국내산 맥주보리를 활용한 roasted 맥아개발	10 %	- 국내산 보리를 활용한 수입맥아 대체 가능 roasted맥아 제조기술개발
		roasted 맥아를 이용한 당화, 발효 조건 최적화	20 %	- 효소를 이용한 당화, 발효 공정 기술개발 - 수입맥아대비 맥즙, 양조특성평가
		침전 효율이 증대된 수제맥주 제조용 침전조의 개발	10 %	- 맥아즙의 whirlpool형 침전조 투입을 통한 침전속도 15 cm/min 이상
		특수 맥아 맥주 품질관리기술 개발	10 %	- Roasted 맥아 제조 맥주의 거품 안정성 Σ 80 이상 및 색도 L -20 이하
		roasted 맥아제조공정 현장최적화	20 %	- 현장 조건에 따른 공정변수 모니터링
최종 평가		경쟁력을 확보할 수 있는 개발 소재 적용 맥주의 상용화를 위한 제조 공정 개발	30 %	- 개발맥아 및 맥주시제품 양산 공정의 표준화 및 상품화
		국내산 보리를 활용한 수입 대체 액상 분말형 맥아제조 기술 개발	10 %	- 국내산 보리를 활용한 기본맥아, 특수 맥아 제조기술 개발 여부
		일반맥아와 특수맥아를 이용한 당화, 발효조건의 최적화	20 %	- 당화, 발효 조건 최적화 여부
		새로운 양조 장비의 개발 및 최적화	10 %	- 기존 양조 장비 대비 새로운 시설을 통한 맥주 제조의 능력향상 여부
		새로운 몰트 및 특수 맥아로 제조된 맥주의 품질관리 기술 개발	10 %	- 특수 맥아로 제조된 맥주의 품질관리 기술 개발 여부
		현장최적화 및 산업화	20 %	- 맥아 제조, 수제맥주 제조공정 조건 확립과 현장최적화 완성

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

성과 목표	연구기반지표																			
	지식 재산권 ¹⁾			기술 실시 (이전) ²⁾		사업화 ³⁾					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용-홍 보		기 타 (타 연 구 활 용 등)	
	특 허 출 원	특 허 등 록	품 종 등 록	건 수	기 술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		기 술 인 증	논문				학 술 발 표	정 책 활 용		홍 보 전 시
													SC I	비 SC I						
단위	건	건	건	건	백만 원	건	백만원	백만 원	명	백만 원	건	건	건	건	명	건	건			
가중치	5	5		5	5	20	10	10	20					10		10				
최종목표		2				2	6,000	300	2		5			5		6				
1차									2			1		0		1				
2차											2	1		1		2				
3차											1			4		4				
소 계						3			2		3	2		5		7				

< 정량적 연구개발성과표(예시) >

(단위 : 건, 천원)

성과지표명	연도		1단계	n단계	계	가중치 (%)
			(YYYY~YYYY)	(YYYY~YYYY)		
전담기관 등록·기탁 지표 ¹⁾		목표(단계별)				
		실적(누적)				
		목표(단계별)				
		실적(누적)				
연구개발과제 특성 반영 지표 ²⁾		목표(단계별)				
		실적(누적)				
		목표(단계별)				
		실적(누적)				
계						

- * 1) 전담기관 등록·기탁 지표: 논문[에스시아이 Expanded(SCIE), 비SCIE, 평균Impact Factor(IF)], 특허, 보고서원문, 연구시설·장비, 기술요약정보, 저작권(소프트웨어, 서적 등), 생명자원(생명정보, 생물자원), 표준화(국내, 국제), 화합물, 신제품 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).

< 연구개발성과 성능지표(예시) >

평가 항목 (주요성능 ¹⁾)	단위	전체 항목에서 차지하는 비중 ²⁾ (%)	세계 최고		연구개발 전 국내 성능수준	연구개발 목표치		목표설정 근거
			보유국/보유기관	성능수준	성능수준	1단계 (YYYY~YYYY)	n단계 (YYYY~YYYY)	
1								
2								

- * 1) 정밀도, 인장강도, 내충격성, 작동전압, 응답시간 등 기술적 성능판단기준이 되는 것을 의미합니다.
- * 2) 비중은 각 구성성능 사양의 최종목표에 대한 상대적 중요도를 말하며 합계는 100%이어야 합니다.

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²))
(22쪽 중 7쪽)]

(3) 세부 정량적 연구개발성과

[과학적 성과]

논문(국내외 전문 학술지) 게재

번호	논문명	학술지명	주저자명	호	국명	발행기관	SCIE 여부 (SCIE/비SCIE)	게재일	등록번호 (ISSN)	기여율
1	Biological acidification and beer quality: addition of lactic acid bacteria isolated from malt	Journal of the Institute of Brewing & Distilling	Eun-Ji Choi, Wang June Kim	126	국외	Institute of Brewing & Distilling	SCI	2020.3.25	https://doi.org/10.1002/jib.601	
2	Plants of the Genus Terminalia: An Insight on Its Biological Potentials, Pre-Clinical and Clinical Studies	Frontiers in Pharmacology	Do-Yeong Kim, Gitishree Das, Jayanta Kumar Patra	11	국외	Frontiers Media S.A.	SCI	2020.10.08	https://doi.org/10.3389/fphar.2020.561248	
3	Fermentation properties of beer produced from Korean two-row barley (Gwangmaek) malt supplemented with Korean red ginseng extracts and Bokbunja (Rubus coreanus Miquel) juice	한국식품과학회지	Park, Ji-Won, Kim, Ji Hyeon, Kwon, Young-An, Kim, Wang June	51	국내	한국식품과학회	비SCI	19.12.31	https://doi.org/10.9721/KJFST.2019.51.6.596	
4	Rapid detection of beer-spoilage lactic acid bacteria: Modified hop-gradient agar with ethanol method	한국식품과학회지	Hong, Limseok, Kim, Ji Hyeon, Kim, Wang June	52	국내	한국식품과학회	비SCI	20.06.30	https://doi.org/10.9721/KJFST.2020.52.3.296	
5	Malt and wort bio-acidification by Pediococcus acidilactici HW01 as starter culture	Food Control	Do-Yeong Kim, Jinseon Kim, Ji Hyeon Kim, Wang June Kim	120	국외	ScienceDirect	SCI	21.02.01	https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107560	

국내 및 국제 학술회의 발표

번호	회의 명칭	발표자	발표 일시	장소	국명
1	한국식품과학회	오송민	2020.07.02.	김대중컨벤션센터	한국
2	한국식품과학회	조수엽	2021.07.09.	DCC대전컨벤션센터	한국
3	한국식품과학회	구재모	2021.07.07.	DCC대전컨벤션센터	한국
4	한국식품과학회	임경직	2021.07.08.	DCC대전컨벤션센터	한국
5	한국식품과학회	임경직	2021.07.08.	DCC대전컨벤션센터	한국

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, 신품종, 프로그램)

번호	지식재산권 등 명칭 (건별 각각 기재)	국명	출원				등록			기여율	활용 여부
			출원인	출원일	출원 번호	등록 번호	등록인	등록일	등록 번호		

○ 지식재산권 활용 유형

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

번호	제품화	방어	전용실시	통상실시	무상실시	매매/양도	상호실시	담보대출	투자	기타

저작권(소프트웨어, 서적 등)

번호	저작권명	창작일	저작자명	등록일	등록 번호	저작권자명	기여율

신기술 지정

번호	명칭	출원일	고시일	보호 기간	지정 번호

기술 및 제품 인증

번호	인증 분야	인증 기관	인증 내용		인증 획득일	국가명
			인증명	인증 번호		

□ 표준화

○ 국내표준

번호	인증구분 ¹⁾	인증여부 ²⁾	표준명	표준인증기구명	제안주체	표준종류 ³⁾	제안/인증일자

- * 1) 한국산업규격(KS) 표준, 단체규격 등에서 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 2) 제안 또는 인증 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 3) 신규 또는 개정 중 해당하는 사항을 기재합니다.

○ 국제표준

번호	표준화단계구분 ¹⁾	표준명	표준기구명 ²⁾	표준분과명	의장단 활동여부	표준특허 추진여부	표준개발 방식 ³⁾	제안자	표준화 번호	제안일자

- * 1) 국제표준 단계 중 신규 작업항목 제안(NP), 국제표준초안(WD), 위원회안(CD), 국제표준안(DIS), 최종국제표준안(FDIS), 국제표준(IS) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 2) 국제표준화기구(ISO), 국제전기기술위원회(IEC), 공동기술위원회1(JTC1) 중 해당하는 사항을 기재합니다.
- * 3) 국제표준(IS), 기술시방서(TS), 기술보고서(TR), 공개활용규격(PAS), 기타 중 해당하는 사항을 기재합니다.

[경제적 성과]

□ 시제품 제작

번호	시제품명	출시/제작일	제작 업체명	설치 장소	이용 분야	사업화 소요 기간	인증기관 (해당 시)	인증일 (해당 시)

□ 기술 실시(이전)

번호	기술 이전 유형	기술 실시 계약명	기술 실시 대상 기관	기술 실시 발생일	기술료 (해당 연도 발생액)	누적 징수 현황

- * 내부 자금, 신용 대출, 담보 대출, 투자 유치, 기타 등

□ 사업화 투자실적

번호	추가 연구개발 투자	설비 투자	기타 투자	합계	투자 자금 성격*

□ 사업화 현황

번호	사업화 방식 ¹⁾	사업화 형태 ²⁾	지역 ³⁾	사업화명	내용	업체명	매출액		매출 발생 연도	기술 수명
							국내 (천원)	국외 (달러)		
주관	자기실시	신제품 개발	국내	한옥마을 에일	캔맥주	(주)파머스 맥주			2021	
	자기실시	기존제품 개선	국내	전주쌀맥주	캔맥주	(주)파머스 맥주	41,000		2020	
	자기실시	기존제품 개선	국내	전주밀맥주	캔맥주	(주)파머스 맥주			2020	

- * 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 수치 개선 효과

성과		주관			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	5년			
	소요예산(천원)				
	예상 매출규모(천원)	현재까지	3년 후	5년 후	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년 후	5년 후
		국내	1%미만		
국외					
향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획		국내산 보리를 맥아로 가공 국산원료 캔맥주 점차적 증가 한옥마을에일, 파머스에일(흑맥주)			
무역 수치 개선 효과(천원)	수입대체(내수)	현재	3년 후	5년 후	
	수출		700,000~		

□ 고용 창출

순번	사업화명	사업화 업체	고용창출 인원(명)			합계
			2019년	2020년	2021년	
주관	국내산 보리활용수제맥주 제조용 맥아 제조기술 개발 및 산업화	(주_파머스맥주	2	2	2	2
합계			2	2	2	2

□ 고용 효과

구분		고용 효과(명)	
고용 효과	개발 전	연구인력	0
		생산인력	3
	개발 후	연구인력	2
		생산인력	3

□ 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

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

(22쪽 중 10쪽)

□ 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)	명칭	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	협동 2	2019			1			1					3	
2	협동 2	2020		1			1	1						
3	협동 4	2020			1		1					1		
4	협동 1	2021		2		2		2						
5	협동 3	2021		1			1	1						
6	협동 4	2021			1	1						1		
7														

□ 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

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)
(22쪽 중 11쪽)]

[인프라 성과]

□ 연구시설·장비

구축기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	개발여부 (○/×)	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록여부	연구시설·장비 종합정보시스템* 등록번호	구축일자 (YY.MM.DD)	구축비용 (천원)	비고 (설치 장소)

* 「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)

<참고 1> 연구성과 실적 증빙자료 예시

성과유형	첨부자료 예시
연구논문	논문 사본(저자, 초록, 사사표기)을 확인할 수 있는 부분 포함, 연구개발과제별 중복 첨부 불가)
지식재산권	산업재산권 등록증(또는 출원서) 사본(발명인, 발명의 명칭, 연구개발과제 출처 포함)
제품개발(시제품)	제품개발사진 등 시제품 개발 관련 증빙자료
기술이전	기술이전 계약서, 기술실시 계약서, 기술료 입금 내역서 등
사업화 (상품출시, 공정개발)	사업화된 제품사진, 매출액 증빙서류(세금계산서, 납품계약서 등 매출 확인가능 내부 회계자료) 등
품목허가	미국 식품의약국(FDA) / 식품의약품안전처(MFDS) 허가서
임상시험실시	임상시험계획(IND) 승인서

<참고 2> 국가연구개발혁신법 시행령 제33조제4항 및 별표 4에 따른 연구개발성과의 등록·기탁 대상과 범위

구분	대상	등록 및 기탁 범위
등록	논문	국내외 학술단체에서 발간하는 학술(대회)지에 수록된 학술 논문(전자원문 포함)
	특허	국내외에 출원 또는 등록된 특허정보
	보고서원문	연구개발 연차보고서, 단계보고서 및 최종보고서의 원문
	연구시설·장비	국가연구개발사업을 통하여 취득한 3천만 원 이상 (부가가치세, 부대비용 포함) 연구시설·장비 또는 공동활용이 가능한 모든 연구시설·장비
	기술요약정보	연차보고, 단계보고 및 최종보고가 완료된 연구개발성과의 기술을 요약한 정보
	생명자원 중 생명정보	서열·발현정보 등 유전체정보, 서열·구조·상호작용 등 단백질체정보, 유전자(DNA)칩·단백질칩 등 발현체 정보 및 그 밖의 생명정보
	소프트웨어	창작된 소프트웨어 및 등록에 필요한 관련 정보
기탁	표준	「국가표준기본법」 제3조에 따른 국가표준, 국제표준으로 채택된 공식 표준정보[소관 기술위원회를 포함한 공식 국제표준화기구(ISO, IEC, ITU)가 공인한 단체 또는 사실표준화기구에서 채택한 표준정보를 포함한다]
	생명자원 중 생물자원	세균, 곰팡이, 바이러스 등 미생물자원, 인간 또는 동물의 세포·수정란 등 동물자원, 식물세포·종자 등 식물자원, DNA, RNA, 플라스미드 등 유전체자원 및 그 밖의 생물자원
	화합물	합성 또는 천연물에서 추출한 유기화합물 및 관련 정보
	신품종	생물자원 중 국내외에 출원 또는 등록된 농업용 신품종 및 관련 정보

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

(22쪽 중 12쪽)

3-2. 목표 달성 수준

구분 (연도)	세부과제명	세부연구목표	연구개발 수행내용	달성도 (%)
1차 년도 (2019)	기본맥아 양산공정 표준화 (주관기관)	가. 기본맥아 제조공정 현장 최적화 및 표준화	1) 기본맥아 제맥공정의 생산 최적화 완료 2) 양산 표준화 매뉴얼 작성완료	100
		나. 기본맥아를 활용한 수제맥주 제조 공정 현장 최적화 및 표준화	1) 기본맥아 맥주제조공정의 현장 최적화 2) 맥주제조공정의 표준화 매뉴얼 작성 완료	100
	국내산 맥주보리를 활용한 기본맥아개발 연구 (협동 1)	가. 국내산 보리를 활용한 기본맥아 개발	1) 침지, 발아, 건조를 필요로 한 맥아 제조 과정 중 건조 과정에서 열처리의 변화를 주어 기본 맥아를 개발 함	100
		나. 개발된 기본맥아와 수입맥아의 풍미, 색도, 당도 비교평가	1) 온도별로 제조한 기본 맥아를 색도계로 측정 2) 제조된 기본 맥아를 당도계로 측정 3) 제조된 기본 맥아의 MRP의 흡광도를 측정 4) HS-GC-MS를 이용하여 제조된 기본 맥아의 향기 성분 정성과 정량 분석	100
	다. 수제맥주 적용 후 개선	1) 주관기관과 협동 3과 협업하여 현장 적용 후 맥아제조공정을 수정보완함	100	
기본맥아를 이용한 당화, 발효 조건 최적화 (협동 2)	가. 효소를 이용한 당화 공정 개발 및 맥즙 평가	1) 당화공정 중 맥즙 품질 모니터링 및 여과성능 분석에 따른 당화공정 개선 2) 당화효소 α-amylase, glucoamylase 와 여과증진효소 β-glucanase 및 젖산균 스타터 사용에 따른 맥즙의	100	

			물리화학적 분석 수행	
		나. 발효조건 최적화 및 수입맥아대비 양조품질 평가	1) 발효 중 free amino nitrogen 함량, reducing sugar 함량과 yeast viability 분석 수행 2) 발효 후 specific gravity, pH, turbidity, diacetyl 함량, alcohol 함량, bitterness, foam stability 분석 수행	100
	기본맥아제조 공정 현장적용 및 산업화 (협동 3)	가. 현장 조건에 따른 기본맥아 제조공정변수 모니터링	1) 현장에서 실제 맥아 공정 확인 2) 협동 1에서 도출한 맥아 개발 조건을 현장에 실제 적용하여 맥아 생산 후 협동 1의 실험과 동일하게 진행하여 협동 1의 실험결과와 비교분석	100
		나. 현장 조건에 따른 기본맥아 당화, 발효조건 변수 모니터링	1) 현장에서 실제 당화, 발효 공정 확인 2) 현장 당화 공정에서 α-amylase만 적용한 당화, 발효 조건과 협동 2에서 실험한 당화, 발효 조건 비교 분석	100
수제맥주 제조용 당화조 개발 및 품질관리지표 설정 (협동 4)	가. 열효율을 높인 수제맥주 제조용 당화조의 개발	1) 열효율을 증가시키기 위한 히터봉의 제조 2) 히터봉이 장착된 당화조의 개발	100	
	나. 기본맥아 맥주와 특수맥아 맥주의 품질 비교 평가	1) 품질관리 지표 설정 2) 기본맥아 맥주의 품질 평가	100	
2차년도 (2020)	Caramel맥아 양산공정 표준화 (주관기관)	가. Caramel맥아 제조공정 현장최적화 및 표준화	1) Caramel맥아 제맥공정의 생산 최적화 완료 2) 양산 표준화 매뉴얼 작성완료	100
		나. Caramel맥아를 활용한 수제맥주 제조 공정 현장최적화 및 표준화	1) Caramel맥아 맥주제조공정의 현장 최적화 2) 맥주제조공정의 표준화 매뉴얼 작성 완료	100
	국내산 맥주보리를 활용한 caramel맥아 개발연구 (협동 1)	가. 국내산 보리를 활용한 caramel맥아 개발	1) 침지, 발아, 건조를 필요로 한 맥아 제조 과정 중 건조 과정에서 열처리의 변화를 주어 카라멜 맥아를 개발 함	100
		나. 개발된 caramel맥아와 수입맥아의 풍미, 색도, 당도 비교평가	1) 온도별로 제조한 카라멜 맥아를 색도계로 측정 2) 제조된 카라멜 맥아를 당도계로 측정 3) 제조된 카라멜 맥아의 MRP의 흡광도를 측정 4) HS-GC-MS를 이용하여 제조된 카라멜 맥아의 향기 성분 정성과 정량 분석	100
		다. 수제맥주 적용 후 개선	1) 주관기관과 협동 3과 협업하여 현장 적용 후 맥아 제조 공정을 수정보완함	100
	기본 맥아와 Caramel맥아를 이용한 당화, 발효 조건 최적화 (협동 2)	가. 효소를 이용한 당화 공정 개발 및 맥즙 평가	1) 당화공정 중 맥즙 품질 모니터링에 따른 당화공정 개선 2) 당화효소 α-amylase 및 젖산균 스타터 사용에 따른 맥즙의 물리화학적 분석 수행	100
		나. 발효조건 최적화 및 수입맥아대비 양조품질 평가	1) 발효 중 free amino nitrogen 함량, reducing sugar 함량과 yeast viability 분석 수행	100

			2) 발효 후 specific gravity, pH, turbidity, diacetyl 함량, alcohol 함량, bitterness, foam stability 분석 수행		
Caramel맥아 제조공정 현장적용 및 산업화 (협동 3)	가. 현장 조건에 따른 caramel맥아제조공정변수 모니터링		1) 현장에서 실제 맥아 공정 확인 2) 협동 1에서 도출한 맥아 개발 조건을 현장에 실제 적용하여 맥아 생산 후 협동 1의 실험과 동일하게 진행하여 협동 1의 실험결과와 비교분석	100	
	나. 현장 조건에 따른 caramel맥아 당화, 발효 조건 변수 모니터링		1) 현장에서 실제 당화, 발효 공정 확인 2) 현장 당화, 발효 공정에서 α-amylase 만 적용한 caramel 맥아, α-amylase와 젖산균 적용 caramel 맥아, 아무것도 적용하지 않은 caramel 맥아, 수입산 caramel 맥아 비교분석	100	
수제맥주 제조용 여과장치 개발 및 품질관리기술 개발 (협동 4)	가. 교반 능력이 향상된 수제맥주 제조용 여과장치의 개발		1) 교반날의 모양 및 구조 설계 2) 교반판의 구조 개선	100	
	나. 개발된 맥아로 제조된 맥주의 품질관리기술 개발		1) Caramel 맥아로 제조된 맥주의 품질 관리 2) Caramel 맥아로 제조된 맥주의 품질 평가	100	
3차 년도 (2021)	roasted맥아 양산공정 표준화 (주관기관)	가. roasted맥아 제조공정 현장최적화 및 표준화	1) roasted맥아 제맥공정의 생산 최적화 완료 2) 양산 표준화 매뉴얼 작성완료	100	
		나. roasted맥아를 활용한 수제맥주 제조 공정 현장최적화 및 표준화	1) roasted맥아 맥주제조공정의 현장 최적화 2) 맥주제조공정의 표준화 매뉴얼 작성 완료	100	
	국내산 맥주보리를 활용한 roasted 맥아개발연구 (협동 1)	가. 국내산 보리를 활용한 roasted맥아 개발		1) 침지, 발아, 건조를 필요로 한 맥아 제조 과정 중 건조 과정에서 열처리의 변화를 주어 roasted 맥아를 개발 함	100
		나. 개발된 roasted 맥아와 수입맥아의 풍미, 색도, 당도 비교평가		1) 온도별로 제조한 roasted 맥아를 색도계로 측정 2) 제조된 roasted 맥아를 당도계로 측정 3) 제조된 roasted 맥아의 MRP의 흡광도를 측정 4) HS-GC-MS를 이용하여 제조된 roasted 맥아의 향기 성분 정성과 정량 분석	100
		다. 수제맥주 적용 후 개선		1) 주관기관과 협동 3과 협업하여 현장 적용 후 맥아 제조 공정을 수정 보완함	100
	기본 맥아와 roasted 맥아를 이용한 당화, 발효 조건	가. 효소를 이용한 당화 공정 개발 및 맥즙 평가		1) 당화공정 중 맥즙 품질 모니터링에 따른 당화공정 개선 2) 당화효소 α-amylase 및 젖산균 스타터 사용에 따른 맥즙의 물리화학적 분석 수행	100

	최적화 (협동 2)	나. 발효조건 최적화 및 수입맥아대비 양조품질 평가	1) 발효 중 free amino nitrogen 함량, reducing sugar 함량과 yeast viability 분석 수행 2) 발효 후 specific gravity, pH, turbidity, diacetyl함량, alcohol 함량, bitterness, foam stability 분석 수행	100
	roasted 맥 아 제조공 정 현장적 용 및 산 업화 (협동 3)	가. 현장 조건에 따른 roasted 맥아제조공정 변수 모니터링	1) 현장에서 실제 맥아 공정 확인 2) 협동 1에서 도출한 맥아 개발 조건을 현장에 실제 적용하여 맥아 생산 후 협 동 1의 실험과 동일하게 진행하여 협동 1의 실험결과와 비교분석	100
나. 현장 조건에 따른 roasted 맥아 당화, 발 효조건 변수 모니터링		1) 현장에서 실제 당화, 발효 공정 확인 2) 현장 당화, 발효 공정에서 α-amylase 만 적용한 caramel 맥아, α-amylase와 젖산균 적용 caramel 맥아, 아무것도 적용하지 않은 roasted 맥아, 수입산 roasted 맥아 비교분석	100	
수제맥주 제조 용 침전조 개 발 및 품질평 가기술 개발 (협동 4)	가. 침전 효율이 증대된 수제맥주 제조용 침전조 의 개발	1) 침전조 크기에 따른 침전도 관계 분석 2) 투입구 위치와 투입 속도에 따른 침전 도 관계 분석	100	
	나. 특수맥아 맥주 품질평 가기술 개발	1) Roasted 맥아를 이용해 제조된 맥주 의 품질평가 항목 및 기준 2) Roasted 맥아를 이용해 제조된 맥주 의 관능평가를 통한 기호도 조사	100	

4. 목표 미달 시 원인분석(해당 시 작성합니다)

1) 목표 미달 원인(사유) 자체분석 내용

2) 자체 보완활동

3) 연구개발 과정의 성실성

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 중질지(80g/m²)]

(22쪽 중 13쪽)

5. 연구개발성과의 관련 분야에 대한 기여 정도

1) 논문분석 측면

- 기존 논문은 기본 맥아의 제조 공정에 초점이 맞추어져 있고 보리를 이용한 양조특성보다 쌀, 고구마 등을 첨가한 저맥아 맥주의 양조품질특성을 분석한 연구가 많아 본 연구과제를 통해 국내산 맥주보리를 이용한 기본맥아, 특수맥아를 개발하여 100% 국내산 보리를 활용한 수제맥주의 제맥, 양조특성을 연구하여 표준하였다.

2) 제품 및 시장분석 측면

- 주류시장의 최근 트렌드는 건강, 고급, 편의성이며 젊은 수요층에서 저알코올의 고급 음료를 선호하고 수입맥주의 증가폭이 점차 확대되고 있다. 따라서 국내산 보리를 활용한 맥아를 원료하여 제조한 고품격 수제맥주를 개발과 기능성을 부여하는 방향으로 소비자의 관심을 유도하였다
 - 국산보리를 이용하여 제조한 국산맥아 수제맥주 제조기술의 개발을 차별화된 지역맥주 사업화에 활용하여 지역경제에 활성화를 일으킨다. 추후 전국적인 franchise 사업으로 확대하고 품질인증제를 통한 고급화와 상품화로 한식의 세계화 및 한류의 열풍과 더불어 해외시장으로의 수출을 계획하고 있다.
-

6. 연구개발성과의 관리 및 활용 계획

- 참여기관인 동국대학교, 우석대학교로부터 맥아생산기술 및 수제맥주 생산기술을 이전 받아 상품화할 예정이며, 국내산 보리를 활용한 수제맥주 제품을 생산하는데 활용 (제품화 한옥마을에일 캔맥주 - 전국 GS편의점, GS슈퍼 유통, 수출 계획중)
 - 본 연구를 통해 개발된 기술은 중소규모의 맥아, 맥주제조회사에 기술이전하여 다양한 맛과 고품질의 맥아소재와 맥주 생산이 가능
 - 국내산 보리 맥아를 활용한 수제맥주 생산을 기반으로 주변관광지, 지역축제, 지역행사 등을 연계하여 점차 수도권으로 거점 확대 가능
 - 국내 식량소비구조의 변화로 인한 지속적인 보리소비 감소에 대비하여 국내 농업보호 측면에서 안정적인 국산보리원맥 수급과 국내산 보리의 생산기반 유지 대책 마련에 활용
 - 증가추세에 있는 수제맥주, 지역 특화맥주 산업의 활성화와 함께 맥주보리 재배부터 수제맥주 제조용 맥아 생산, 맥주 생산의 관리 및 품질증진을 위한 산업화 기초자료로 활용이 가능
 - 수제맥주 축제(서울, 대구, 각지역 맥주축제)등을 참여하여 국산맥아 수제맥주의 1차 소비자 접근성을 높이며, 수제맥주 행사에서 국산맥아의 브랜드 인지도를 높일 계획
 - 본 연구 결과는 국내 육성 품종의 맥주보리 원맥 및 맥아 특성을 파악하여 현재 맥주시장에서 필요로 하는 수제맥주제조용 맥아 산업의 기반구축과 활성화에 기여할 수 있음
 - 국내산 보리 원맥과 맥아 특성에 맞는 맥아 생산 기술, 양조기술 개발에 대한 기초자료를 제공하여 수입산과 차별화된 원맥, 맥아, 맥주의 산업화 기초자료활용에 이용 가능
 - 국내산 맥아와 수제맥주의 품질 증진을 위해서는 지역별 적정 품종의 맥주보리를 대단위로 재배하며, 원맥 생산에서부터 수확까지, 맥아 생산부터 맥주 생산까지 일관된 시스템구축이 요구되는데 본 연구 결과를 통해 안정적인 품질의 원맥, 맥아, 맥주 생산체계 구축이 가능
-

< 연구개발성과 활용계획표(예시) >

구분(정량 및 정성적 성과 항목)		연구개발 종료 후 5년 이내
국외논문	SCIE	매년 목표치
	비SCIE	
	계	
국내논문	SCIE	
	비SCIE	
	계	
특허출원	국내	
	국외	
	계	
특허등록	국내	
	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		

< 별첨 자료 >

중앙행정기관 요구사항	별첨 자료
1.	1) 자체평가의견서
	2) 연구성과 활용계획서
2.	1)
	2)

210mm×297mm[(백상지(80g/m²) 또는 종질지(80g/m²)]

자체평가의견서

1. 과제현황

		과제번호		319049-3	
사업구분					
연구분야				과제구분	단위
사업명	맞춤형혁신식품 및 천연안심소재기술개발사업				주관
총괄과제	기재하지 않음			총괄책임자	기재하지 않음
과제명	국내산 보리 활용 수제맥주 제조용 맥아 제조기술 개발 및 산업화			과제유형	(기초,응용,개발)
연구개발기관	(주)파머스맥주			연구책임자	이 용선
연구기간 연구개발비 (천원)	연차	기간	정부	민간	계
	1차년도		265,000	66,300	331,300
	2차년도		379,000	94,800	473,800
	3차년도		397,500	99,400	496,900
	4차년도				
	5차년도				
	계		1,041,500	260,500	1,302,000
참여기업					
상대국	상대국연구개발기관				

※ 총 연구기간이 5차년도 이상인 경우 셀을 추가하여 작성 요망

2. 평가일 :

3. 평가자(연구책임자) :

소속	직위	성명
(주)파머스맥주	대표	이 용선

4. 평가자(연구책임자) 확인 :

본인은 평가대상 과제에 대한 연구결과에 대하여 객관적으로 기술하였으며, 공정하게 평가하였음을 확약하며, 본 자료가 전문가 및 전문기관 평가 시에 기초자료로 활용되기를 바랍니다.

확약	
----	--

I. 연구개발실적

※ 다음 각 평가항목에 따라 자체평가한 등급 및 실적을 간략하게 기술(200자 이내)

1. 연구개발결과의 우수성/창의성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

- 우수
 - 국내산 보리를 활용한 수제맥주 제조용 맥아 제조기술 개발을 통해 캔맥주 제품화하였음
 - 표준화된 캔맥주 제품을 출시하여 시중에 성공적 판매중

2. 연구개발결과의 파급효과

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

- 우수
 - 국내산 보리를 활용한 캔맥주 출시, 전국 편의점 및 대형마트에 지속적인 공급 유지
 - 각종 유통채널에서 국내산 원료를 활용한 제품에 적극적 유치를 보임

3. 연구개발결과에 대한 활용가능성

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

- 보통
 - 국내산 보리를 활용한 수제맥주 제조용 맥아 제조기술을 통해 국내산 맥아 생산 공급
 - Roasted맥아 생산을 통한 스페셜몰트에 대한 수요 충족
 - Roasted맥아를 통한 흑맥주 제품에 대한 수요 충족

4. 연구개발 수행노력의 성실도

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

- 보통
 - 국내산 보리를 활용한 수제맥주 제조용 맥아 제조기술을 통해 제품화를 시중 유통채널에 지속적으로 시도함

5. 공개발표된 연구개발성과(논문, 지적소유권, 발표회 개최 등)

■ 등급 : 우수, 보통, 미흡, 극히불량)

- 미흡
 - 논문 , 발표회 참여를 통해 연구과제를 성실히 수행함
 - 특허 출원을 위해 노력하였지만 등록되지 않음

II. 연구목표 달성도

세부연구목표 (연구계획서상의 목표)	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
<ul style="list-style-type: none"> 경쟁력을 확보할 수 있는 개발 소재적용 맥주의 상용화를 위한 제조 공정 개발 - 개발맥아 및 맥주시제품 양산 공정의 표준화 및 상품화 	30	30	<ul style="list-style-type: none"> 기본맥아, 칼라맥아, 로스팅맥아 제조공정 표준화 기본맥아를 사용한 캔맥주 제품화
<ul style="list-style-type: none"> 국내산 보리를 활용한 수입 대체 액상분말형 맥아제조 기술 개발 -국내산 보리를 활용한 기본맥아, 특수맥아 제조기술 개발 여부 	10	10	<ul style="list-style-type: none"> 기본맥아, 특수맥아 제조공정 표준화 액상형 맥아제조 기술 개발 -주세법에 맞지 않음
<ul style="list-style-type: none"> 일반맥아와 특수맥아를 이용한 당화, 발효조건 최적화 -당화, 발효 조건 최적화 여부 	20	20	<ul style="list-style-type: none"> 최적화 조건 표준화 함
<ul style="list-style-type: none"> 새로운 양조 장비의 개발 및 최적화 - 기존 양조 장비 대비 새로운 시설을 통한 맥주 제조의 능력향상 여부 	10	10	<ul style="list-style-type: none"> 개발 및 최적화 기술을 통해 양조기술 향상에 노력함
<ul style="list-style-type: none"> 새로운 몰트 및 특수 맥아로 제조된 맥주의 품질관리 기술 개발 - 특수 맥아로 제조된 맥주의 품질관리 기술 개발 여부 	10	10	<ul style="list-style-type: none"> 특수맥아(칼라몰트, 로스팅몰트)를 사용한 시제품 개발하여 품질평가 함
<ul style="list-style-type: none"> 현장최적화 및 산업화 - 맥아 제조, 수제맥주 제조공정 조건 확립과 현장최적화 완성 	20	20	<ul style="list-style-type: none"> 맥아 제조, 수제맥주 제조공정 조건 현장 최적화 완성
합계	100점	100점	

III. 종합의견

1. 연구개발결과에 대한 종합의견

• 국내산 보리를 이용한 base malt, caramel malt, roasted malt 개발 양산공정의 표준화를 하였으며, 이를 이용한 수제맥주를 제품화하여 성공적으로 사업화를 이어가고 있다. 제품 생산 및 유통라인의 체계적 구축을 통해 연구개발내용을 사업화에 활용하는데 노력하겠다.

2. 평가시 고려할 사항 또는 요구사항

3. 연구결과의 활용방안 및 향후조치에 대한 의견

- 산업화 측면에서 다양하고 차별화된 수제맥주를 생산하는 기반기술의 보급 및 확대를 통해 향후 고품질의 국내산 보리활용 수제맥주의 해외 수출에 따른 외화 획득에 노력
- 국내 식량소비구조의 변화로 인한 지속적인 보리소비 감소에 대비하여 국내 농업보호 측면에서 안정적인 국산보리원맥 수급과 국내산 보리의 생산기반 유지 대책 마련에 활용
- 증가추세에 있는 수제맥주, 지역 특화맥주 산업의 활성화와 함께 맥주보리 재배부터 수제맥주 제조용 맥아 생산, 맥주 생산의 관리 및 품질증진을 위한 산업화 기초자료로 활용
- 국내산 보리 원맥과 맥아 특성에 맞는 맥아 생산 기술, 양조기술 개발에 대한 기초자료를 제공하여 수입산과 차별화된 원맥, 맥아, 맥주의 산업화 기초자료활용
- 국내산 맥아와 수제맥주의 품질 증진을 위해서는 지역별 적정 품종의 맥주보리를 대단위로 재배하며, 원맥 생산에서부터 수확까지, 맥아 생산부터 맥주 생산까지 일관된 시스템구축이 요구되는데 본 연구 결과를 통해 안정적인 품질의 원맥, 맥아, 맥주 생산체계 구축

IV. 보안성 검토

1. 연구책임자의 의견

국내산 맥주보리 활용한 수제맥주 제조용 맥아제조기술 개발, 당화, 발효공정에 효소이용 기술개발, 수제맥주 제조용 장치기술 개발, 특수맥아소재를 활용한 맥주 품질개선기술개발 등의 목표내용에 맞는 실험수행을 성실하게 수행 하였다. 이 연구내용을 기반으로 사업화 제품을 출시하였으며, 추가적으로 특수맥아에 대한 사업화 관심도 및 활용 가능성이 증가였다.

2. 연구개발기관 자체의 검토결과

국내산 보리 활용 수제맥주 제조용 맥아 제조기술 개발 및 산업화에 맞는 성실한 실험 수행을 하였으며, 당초 목표에 부합한 실험결과로 마무리 하였다.

연구성과 활용계획서

1. 연구과제 개요

사업추진형태	<input type="checkbox"/> 자유응모과제 <input type="checkbox"/> 지정공모과제		분 야	
연구과제명	국내산 보리 활용 수제맥주 제조용 맥아 제조기술 개발 및 산업화			
주관연구개발기관	(주) 파머스 맥주		주관연구책임자	이용선
연구개발비	정부지원 연구개발비	기관부담연구개발비	기타	총연구개발비
	1,041,500	(현물)234,000 + (현금)26,200		1,302,000
연구개발기간	2019. 05. 20 - 2021. 12. 31 (2년 8개월)			
주요활용유형	<input type="checkbox"/> 산업체이전 <input type="checkbox"/> 교육 및 지도 <input type="checkbox"/> 정책자료 <input type="checkbox"/> 기타() <input type="checkbox"/> 미활용 (사유:)			

2. 연구목표 대비 결과

당초목표	당초연구목표 대비 연구결과
①국내산 맥주보리를 활용한 수제맥주제조용 맥아 제조기술개발	-주요성능치: 색도 14-16 (EBC%)이상, Free amino nitrogen 100mg/L이상, Maillard reaction products 200ug/kg이상
②당화, 발효공정에 효소이용기술개발	-주요성능치: pH (<6), filtration time (<37 min), alcohol (>3%), bitterness (>17 BU), foam stability (>237), FAN (100mg/L)
③수제맥주 제조용 장치 개발	-수제맥주 제조용 당화조 개발(1차년도) : 열전달 속도 및 소모 열량의 계산과 비교를 통한 열효율 10% 이상 증진 -교반 능력이 향상된 수제맥주 제조용 여과장치의 개발(2차년도): 여과속도의 계산 및 실험 측정을 통한 여과속도 2.0 ml/min 이상
④개발 특수맥아소재를 활용한 맥주의 품질개선기술개발	-Caramel 맥아 제조 맥주의 거품 안정성 Σ 80 이상 및 색도 L -10 이하 -Roasted 맥아 제조 맥주의 거품 안정성 Σ 80 이상 및 색도 L -20 이하

* 결과에 대한 의견 첨부 가능

3. 연구목표 대비 성과

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표											연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용· 홍보		기타 (타연구 활용(명))
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T 평 가 제 도	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논 문		학 술 발 표			정 책 활 용	홍 보 전 시	
												S C I	비 S C I	논 문 평 가 I F						
단위	건	건	건	건	건	건	백만원	백만원	백만원	명	백만원	건	건	건	명	건	건			
가중치	5	5			5	5	20	10	10	20				10		10				
최종 목표	2	2			2	12	2	6,000	300	2		5		6		6				
1차 년도	목표									1		1		2		2				
1차 년도	실적									2		0	1	0		0				
2차 년도	목표	1								1		2		2		2				
2차 년도	실적	0					2			0		2	1	1		1				
3차 년도	목표	1	2			2	6	2				2		2		2				
3차 년도	실적											1		3		3				
달성률 (%)																				

[별첨 2]

(22쪽 중 21쪽)

4. 핵심기술

구분	핵심기술명
①	
②	
③	

5. 연구결과별 기술적 수준

구분	핵심기술 수준					기술의 활용유형(복수표기 가능)				
	세계 최초	국내 최초	외국기술 복제	외국기술 소화·흡수	외국기술 개선·개발	특허 출원	산업체이전 (상품화)	현장애로 해결	정책 자료	기타
①의 기술										
②의 기술										
③의 기술										
·										
·										

* 각 해당란에 v 표시

6. 각 연구결과별 구체적 활용계획

핵심기술명	핵심기술별 연구결과활용계획 및 기대효과
①의 기술	
②의 기술	
③의 기술	

7. 연구종료 후 성과창출 계획

(단위 : 건수, 백만원, 명)

성과 목표	사업화지표											연구기반지표								
	지식 재산권				기술 실시 (이전)		사업화					기술 인증	학술성과			교육 지도	인력 양성	정책 활용·홍보		기타 (타연구 활용비)
	특허 출원	특허 등록	품종 등록	S M A R T P R O T E C T I O N	건 수	기술 료	제 품 화	매 출 액	수 출 액	고 용 창 출	투 자 유 치		논 문 S C I	논 문 비 S C I	논 문 평 균 I F			학 술 발 표	정 책 활 용	
												건				백 만 원	건			백 만 원
단위	건	건	건	건	건	백 만 원	건	백 만 원	백 만 원	명	백 만 원	건	건	건	명	건	건			
가중치	5	5			5	5	20	10	10	20				10	10					
최종목표		2			2	12	2	6,000	300	2		5		6	6					
연구기간내 달성실적												3	2	5	5					
연구종료후 성과창출 계획																				

[별첨 2]

(22쪽 중 22쪽)

8. 연구결과의 기술이전조건(산업체이전 및 상품화연구결과에 한함)

핵심기술명 ¹⁾			
이전형태	<input type="checkbox"/> 무상 <input type="checkbox"/> 유상	기술료 예정액	천원
이전방식 ²⁾	<input type="checkbox"/> 소유권이전 <input type="checkbox"/> 전용실시권 <input type="checkbox"/> 통상실시권 <input type="checkbox"/> 협의결정 <input type="checkbox"/> 기타()		
이전소요기간		실용화에상시기 ³⁾	
기술이전시 선행조건 ⁴⁾			

- 1) 핵심기술이 2개 이상일 경우에는 각 핵심기술별로 위의 표를 별도로 작성
- 2) 전용실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 다른 1인에게 독점적으로 허락한 권리
통상실시 : 특허권자가 그 발명에 대해 기간·장소 및 내용을 제한하여 제3자에게 중복적으로 허락한 권리
- 3) 실용화에상시기 : 상품화인 경우 상품의 최초 출시 시기, 공정개선인 경우 공정개선 완료시기 등
- 4) 기술 이전 시 선행조건 : 기술실시계약을 체결하기 위한 제반 사전협의사항(기술지도, 설비 및 장비 등 기술이전 전에 실시기업에서 갖추어야 할 조건을 기재)

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 맞춤형혁신식품 및 천연안심소재기술개발사업의 연구 보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 맞춤형혁신식품 및 천연안심소재기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.