

고추의 가능성 품종육성 연구 현황과 전망 (AGI 고활성 잎전용 고추 품종 개발 중심으로)

2021년 10월 14일 (목)

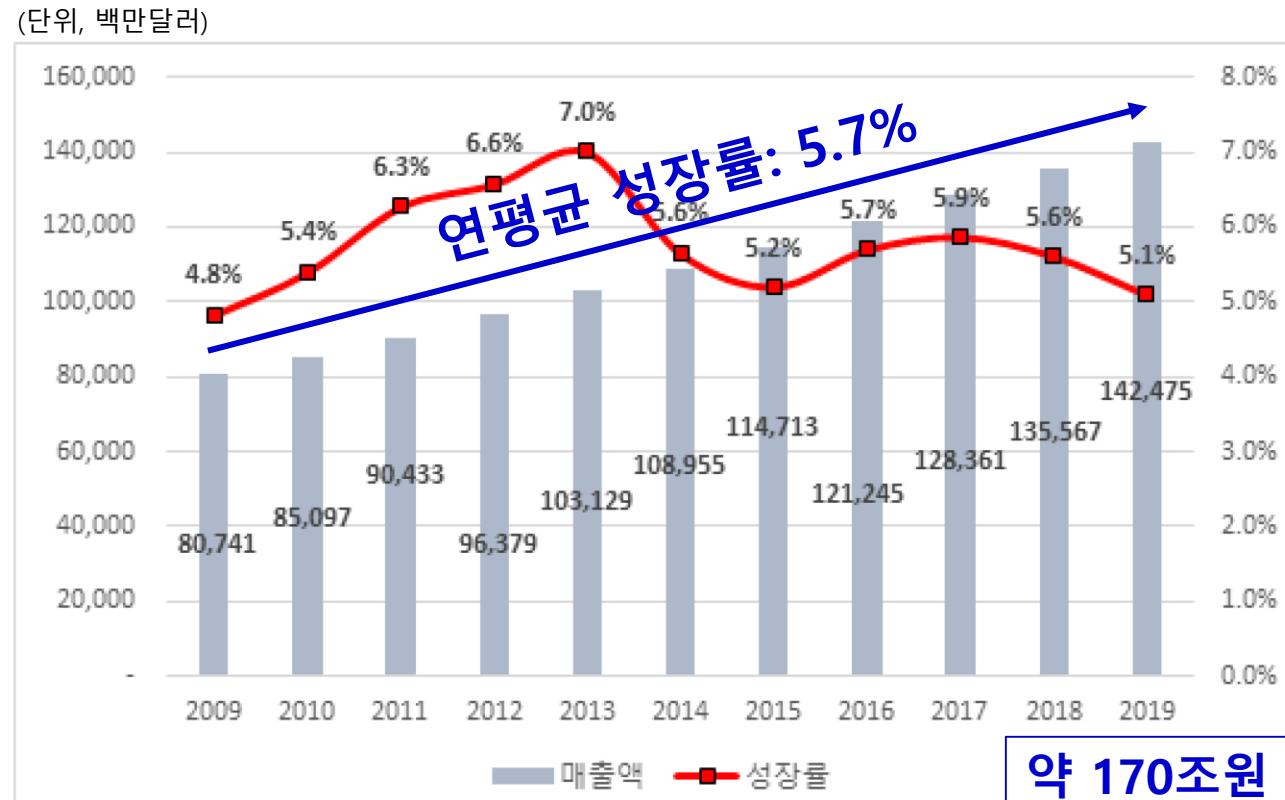
이준대^{1*}, 박도이¹, 사무엘 틸라훈², 양은영², 조명철², 윤재복³

¹전북대학교, ²국립원예특작과학원, ³(주)고추와육종

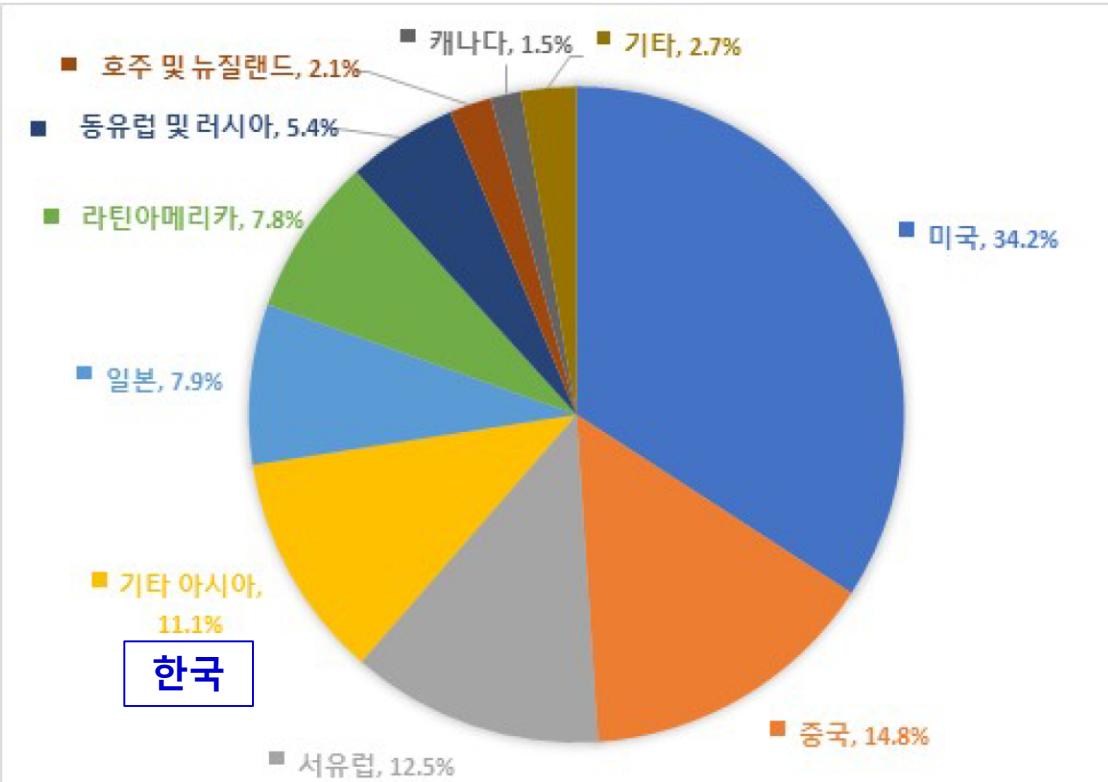
*E-mail: ajfall@jbnu.ac.kr

건강기능 보충제(supplement) 세계 시장 현황

<세계 보충제 시장 매출액 및 성장률, 2009-2019>



<2019년 국가별 보충제 시장점유율>

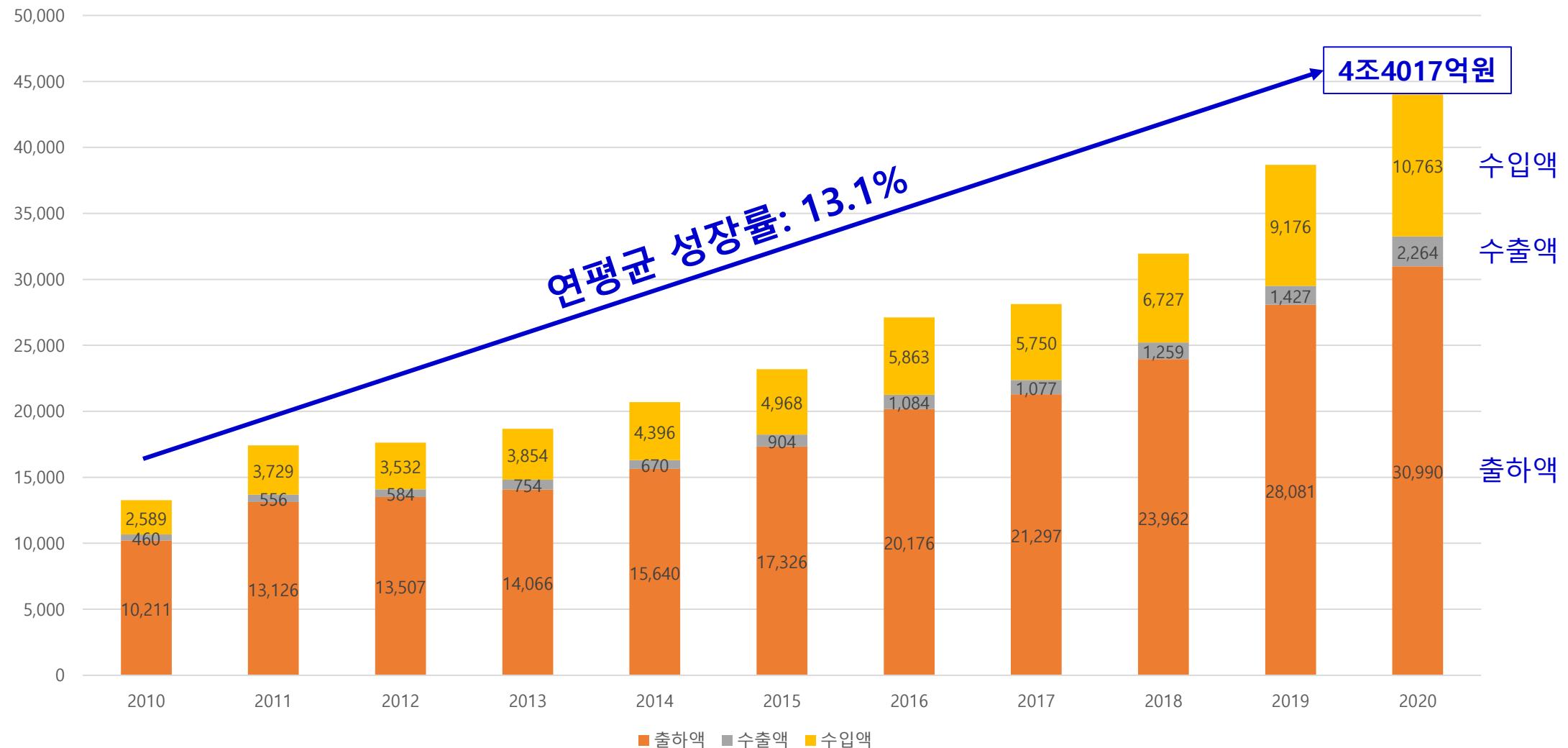


출처 : New Hope Network - Global Supplement Business Report (2018, 2019, 2020)

국내 건강기능식품 현황

(단위, 억원)

연도별 건강기능식품 국내 시장규모



식품의약품안전처 (2021) 2020 식품 등의 생산실적

2020년 기능성별 매출 현황 및 원재료

기능성	2020년		고시형 원료	개별인정형 원료
	매출액(억원)	비율(%)		
면역 기능 개선	12,509	13.3	상황버섯추출물, 클로렐라, 인삼, 홍삼, 알콕시글리세롤 함유 상어간유, 알로에겔	구아바잎추출물 등 복합물, 다래추출물, 피카오프레토 분말 등 복합물, 소엽추출물, 표고버섯균사체, 해모립당귀등흔합추출물, L-글루타민, 금사상황버섯, 청국장균배양제풀(풀리감마글루탐산칼륨), 동충하초주성추출물, 효모베타글루칸, 인삼다당체추출물, 바이오게르마늄효모, Enterococcus faecalis 가열처리건조분말, 피엘에이지
혈행 개선	12,363	13.2	EPA 및 DHA 함유 유지, 강마리놀렌산 함유 유지, 영지버섯 자실체 추출물, 홍삼, 은행잎 추출물	피크노제놀·프랑스해안송껍질추출물, PME-88 메론추출물, HK나토배양물, 나토균배양분말, 카카오분말, L-아르기닌
기억력 개선	12,126	12.9	EPA 및 DHA 함유 유지, 홍삼, 은행잎 추출물	피브로인호소가수분해물, 웨지추출분말, 당귀등추출복합물, 비파암추출물, 구기자추출물, 천마등복합추출물(HX106), 녹차추출물/테아닌복합물, 인삼가시오갈피 등 혼합추출물, 테아닌등 복합 추출물, 유산균발효 달시마추출물
항산화	11,585	12.4	코엔자임Q10, 도마토추출물, 녹차추출물, 홍삼, 클로렐라, 업록소 함유 식물, 스피루리나, 프로폴리스추출물, 스쿠알렌	포도종자추출물, 피크노제놀·프랑스해안송껍질추출물, PME-88 메론추출물, 비즈왁스알코올, 대나무잎추출물, 복분자추출물, 유비퀴놀
피로 개선	11,569	12.3	인삼, 홍삼, 매실추출물, 홍경천추출물	헛개나무과병추출분말, 밤효생성아미노산 복합물
갱년기 여성 건강	11,002	11.7	회화나무열매추출물, 홍삼	백수오 등 복합추출물, 석류농축액, 석류추출물, 피크노제놀·프랑스해안송껍질추출물, 오미자 추출물
장 건강	7,950	8.5	프락토올리고당, 구아검/구아검가수분해물, 라피노스, 알로에 젤, 난소화성말토덱스트린, 이눌린/치커리추출물, 차전자피식이섬유, 폴리덱스트로스, 알로에겔, 프로바이오틱스	프로바이오틱스(드시모네), 이소밀토울리고당, 대두울리고당, 액상프락토울리고당, 커피만노울리고당분말, 락추로스 파우더, 자일로울리고당, 밀전분유래난소화성말토덱스트린, 갈락토울리고당, 무화과페이스트
눈 건강	2,540	2.7	EPA 및 DHA 함유 유지, 마리골드꽃추출물, 밸베리 추출물, 헤마토코쿠스 추출물	루테인지아잔틴복합추출물, 루테인지아잔틴복합추출물20%, 지아잔틴추출물, 들쭉열매추출물
혈중 중성지방 개선	1,631	1.7	난소화성말토덱스트린, EPA 및 DHA 함유 유지	식물성유지 디글리세라이드, 정제오징어유, 글로빈 가수분해물, 대나무잎추출물
체지방 감소	1,482	1.6	녹차추출물, 공액리놀레산, 가르시니아캄보지아 추출물, 키토산/키토울리고당	식물성유지 디글리세라이드, 보이차추출물, 레몬 범 추출물 혼합분말, 대두베아추출물등복합물, 그린마테추출물, 키토산, 락토페린(유유정제단백질), 미역 등 복합추출물(잔티젠), 콜레우스 포스콜리 추출물, Lactobacillus gasseri BN17, 서목태(쥐눈이콩)펩타이드 복합물, 밤효식초식류복합물, 와일드망고 종자추출물, 그린커피빈추출물, 뜬사과주출물 애플페논, 마테열수추출물, L-카르니틴 타르트레이트, 핑거루트추출분말, 핑거루트추출분말(판두라틴), 둘외잎주정추출분말, 히비스커스등복합추출물, 그린커피빈주정추출물
피부 건강	1,418	1.5	포스파티딜세린, NAG(엔에이지, N-아세틸글루코사민, N-Acetylglucosamine), 업록소 함유 식물, 소나무껍질추출물등 복합물, 홍삼, 사상자, 산수유복합추출물, 핑거루트추출분말, 핑거루트추출분말(판두라틴), 프로바이오틱스HY7714, 쌀겨추출물, 지초추출분말, AP 콜라겐 효소분해 펩타이드, 저분자콜라겐펩타이드, 옥수수베아추출물, 풍보리 밤효복합물, 밀배유추출물, 석류농축액	
간 건강	1,288	1.4	밀크씨슬(카르두스 마리아누스) 추출물	표고버섯균사체추출물, 표고버섯균사체, 복분자추출분말, 유산균발효다시마추출물, 도라지추출물, 유산균발효마늘추출물, 밤효울금, 브로콜리스프라우트분말, 곰피추출물, 헛개나무과병추출분말
칼슘 흡수 촉진	1,100	1.2	프락토울리고당, 폴리감마글루탐산	-
혈중 콜레스테롤 개선	1,032	1.1	스피루리나, 녹차추출물, 클로렐라, 강마리놀렌산 함유 유지, 레시틴, 구아검/구아검가수분해물, 귀리식이섬유, 이눌린/치커리추출물, 차전자피식이섬유, 키토산/키토울리고당, 홍국, 마늘	풀리코사놀-사탕수수 왁스알코올, 사탕수수왁스알코올, 식물스타놀에스테르, 보이차추출물, 보리베타글루칸추출물, 창녕양파추출액, 씨풀리놀 감태주정추출물, 적포도발효농축액, 대나무잎추출물, 알로에복합추출물, 알로에추출물
관절/뼈 건강	966	1	NAG(엔에이지, N-아세틸글루코사민, N-Acetylglucosamine), 글루코사민, 대두이소플라본, 엠에스엠(MSM,Methylsulfonylmethane,디메틸설플),유코다당·단백	초록입홍합추출오일, 초록입홍합추출오일복합물, N-아세틸글루코사민, 로즈힙분말, 차조기등복합추출물, 지방산복합물 FAC(Fatty Acid Complex), 호프추출물, 비즈왁스알코올, 전침삼추출물 등 복합물, 강황추출물, 보스웰리아 추출물, CMO 함유 FAC, 까마귀쪽나무열매주정추출물, 참당귀 추출분말, 닭가슴연골분말, 가시오가피속지황복합추출물, 유단백추출물, 흑후모배양액분말
운동수행 능력 향상	844	0.9	크레이atin	헛개나무과병추출분말, 막가젤라틴화분말, 동충하초 밤효 추출물
어린이 키성장 개선	461	0.5-		황기추출물 등 복합물(HT042)
혈당 조절	353	0.4	난소화성말토덱스트린, 바나바잎 추출물, 구아바잎 추출물, 달맞이꽃종자 추출물, 구아검/구아검가수분해물, 귀리식이섬유, 이눌린/치커리추출물, 대두식이섬유, 밀식이섬유, 옥수수거식이섬유, 호로파종자식이섬유	솔잎증류농축액, 콩발효추출물, 알부민, nopal추출물, 동경건조누에분말, 지각상엽 추출 혼합물, 서목태(쥐눈이콩) 펩타이드 복합물, 인삼가수분해 농축액, 타가토스, 히드록시페로필메틸셀룰로오스, 상암추출물, L-arabinose, 마주정추출물, 실크단백질 효소가수분해물, 피니톨, 홍경천 등 복합추출물, 계피추출분말, 세리포리아람세라균사체배양물
구강건강	352	0.4	프로폴리스추출물	-
전립선 건강	299	0.3	쏘팔메토열매추출물	-
혈압 조절	249	0.3	코엔자임Q10	정어리펩타이드, 풀리코사놀-사탕수수왁스알코올, 가쯔오부시울리고펩타이드, 카제인가수분해물, 올리브잎추출물, L-글루타민산 유래 GABA 함유 분말, 해태울리고펩타이드, 연어 펩타이드, 서목태(쥐눈이콩)펩타이드 복합물, 나토균배양분말, 포도씨효소분해추출물
월경 전 불편감 개선	155	0.2	감마리놀렌산 함유 유지	-
질내 유익균 증식, 유해균 억제	98	0.1-		UREX프로바이오틱스, 리스펙타(Respecta) 프로바이오틱스
위 건강/지방 소화	88	0.1-		매스틱 검, 비즈왁스알코올, 스페인감초추출물, 아티초크추출물
긴장 완화	76	0.1	테아닌, 유단백가수분해물	유단백가수분해물(락티옹), 아쉬아간다 추출물, 둘외잎추출물
인지기능 향상	71	0.1	포스파티딜세린	참당귀뿌리추출물, 참당귀 추출분말, Lactobacillus helveticus 밤효물, 도라지추출물(DRJ-AD)
수면건강	63	0.1-		감태추출물, 미강주정추출물
과민피부상태 개선	40	0-		Lactobacillus sakei Probio65, 과채유래유산균(L.plantarum CJLP133), 프로바이오틱스ATP
지구력증진	35	0-	옥타코사놀 함유 유지	-
갱년기 납성 건강	29	0-		MR-10밀들레등복합추출물, 옥나무 추출분말, 마카젤라틴화분말
요로 건강	10	0-		파크랜크랜베리추출분말, 크랜베리 추출물
배뇨 기능 개선	9	0-		호박씨추출물 등 복합물
치아 건강	2	0-		자일리톨
정자 운동성 개선	1	0-		마카젤라틴화분말

고추 과실에 있는 생리활성 물질 및 그 기능성

Bioactive compound (생물활성 화합물)	Representative compound (대표적 화합물)	Content (mg·kg ⁻¹ dry weight)	Function for human health (사람 건강에 대한 기능성)	
Capsaicinoids (캡사이시노이드)	Capsaicin	158.4~8175	Antioxidant (항산화), anticarcinogenic (항암), anti-inflammatory (항염증), thermogenic (발열, 항비만)	
	Dihydrocapsaicin	351~4273		
	Nordihydrocapsaicin	66~340		
Capsinoids (캡시노이드)	Capsiate, dihydrocapsiate	-	다이어트 효과(발열, 항비만)	
Phenolic compounds (페놀 화합물)	Phenolic acids (vanillic, caffeic, ferulic, p-coumaric, p-hydroxybenzoic acids)	-	Ferulic acid (antiradical, 항산화), vanillic acid (flavor intensifier, 향강화제), quercetin (anticarcinogenic, 항암), antimicrobial (항균), antioxidant (항산화), strengthening immune system (면역력 강화)	
	Flavonoids (glycosides and aglycones of myricetin, quercetin, luteolin, apigenin, kaempferol)	-		
Carotenoids (카로티노이드)	Red	Capsanthin	592~125000	Prevention of certain types of cancer (항암), gastric ulcers (위궤양), cardiovascular disease (심혈관 질환), age-related macular degeneration (AMD, 황반 변성), cataracts (백내장), strengthening immune system (면역력 강화), antioxidant (항산화), capsanthin (항비만, 항염증), α -carotene & β -carotene (reduce the risk of type 2 diabetes, 당뇨 예방),
		Capsorubin	460000	
	Orange	β -carotene	4541~191000	
		Zeaxanthin	1291~108000	
	Yellow	Violaxanthin	9.4~1119	
		Lutein	59.2~483000	
Vitamin C (비타민C)	L-ascorbic acid	210~327290	Antioxidant (항산화), preventing scurvy (괴혈병), DNA mutation (돌연변이), chronic human diseases (만성질환), stimulating immune system (면역시스템 활성화)	
Vitamin E (비타민E)	α -tocopherol, γ -tocopherol	1740~303660	Antioxidant (항산화), preventing about 80 diseases, preventing neurodegenerative diseases (신경퇴행성 질환)	

Trends in Food Science & Technology (2020) 99:229-243

국내 고추 기능성 연구 및 품종 개발

연도	과제명, 논문명, 또는 기사제목	연구개발 기관	기능성	관련 물질
2002	고추가루를 이용한 기능성 소화불량 의 치료	성균관대학교	위 건강/지방 소화 (소화불량치료)	캡사이신
2007	고추의 생리활성물질을 이용한 졸음방지 용 기능성식품 개발	한국국제대학교	졸음각성효과, 총치억제효과	캡사이신
2008	혈당강하 기능성 '당조고추' 개발	국립원예특작과학원, 강원대학교, 제일씨드바이오	혈당조절(고AGI활성)	-
2009	유기 및 관행재배 고추의 생리활성성분 분석 및 기능성 평가	전남대학교	항산화 효과	비타민C, 캡사이시노이드 및 총 폐놀성 화합물
2009	고추 기능성 품종 '원기1호' 육성	국립원예특작과학원	혈당조절(고AGI활성)	-
2010	재배 방식에 따른 고추의 항산화 및 암세포 증식억제 활성 변화	충북대학교	암세포 증식억제 활성	비타민C, 캡사이시노이드 및 총 폐놀성 화합물
2012	고추 에탄올 추출물의 항산화 효과 및 생리활성에 관한 연구	고려대학교	항산화 효과	폴리페놀, 카로티노이드, 비타민C
2012	비만성 염증-대사질환 제어 를 위한 기능성 식품성분의 활용 가능성	울산대학교	지방조직 염증억제효과	캡사이신
2013	고추 함유 캡시노이드 섭취하면 체지방 감소 효과	홋카이도대학	체지방감소(다이어트 효과)	캡시노이드(캡시에이트)
2014	분자육종기술을 활용한 캡시노이드 고함유 품종의 육성	서울대학교	체지방감소(다이어트 효과)	캡시노이드(캡시에이트)
2014	신품종 고추의 색상과 생리활성 성분 연구	서울대학교	항산화 효과	카로티노이드, 비타민C, 폴리페놀, 플라보노이드
2015	항당뇨 활성을 지닌 '당조고추' 개발	제일씨드바이오	혈당조절(고AGI활성)	-
2016	영양고추시험장, 고추 기능성 물질로 6차산업화 가공품 연구 개발	영양고추시험장	-	-
2016	대사체학을 이용한 고추 기능성 물질 탐색 및 이차대사과정 조절 기작 연구	인천대학교	-	-
2016	품종별 고추(꽃고추, 홍고추 및 홍피망)의 총폴리페놀, 총플라보노이드 함량 및 항산화 활성 비교	한국원자력연구원, 공주대학교	항산화 효과	폴리페놀, 플라보노이드
2016	아시아종묘 신품종 '미인풋고추' 출시	아시아종묘	혈당조절(고AGI활성)	-
2017	아시아종묘 개발 '미인풋고추' 당뇨효과 입증	아시아종묘, 세종대학교	혈당조절(고AGI활성)	-
2017	국산 기능성 채소 '당조고추' 일본서 효능 입증	제일씨드바이오	혈당조절(고AGI활성)	루테올린
2018	세계최초 기능성 ' 다이어트고추 ' (보라색 고추 식감 좋고 맵지않아 인기 폭발)	제일씨드바이오	체지방감소(다이어트 효과)	-
2019	네덜란드 와게닝겐 농대 당조고추 기능성 검증	제일씨드바이오	혈당조절(고AGI활성)	루테올린
2020	국내에서 소비되는 풋고추의 기능성 영양성분 함량 및 항산화 효과	경성대학교	항산화 효과	폴리페놀, 카로티노이드, 비타민C
2020	혈당정상수치에 도움이 되는 '열매 없는 고춧잎' 살리초 개발	고추와육종	혈당조절(고AGI활성)	AGI
2021	팜한농-원주농협은행, 기능성 고추 생산,유통 협업 ' 캡시에이트고추 '	팜한농	체지방감소(다이어트 효과)	캡시노이드(캡시에이트)
2021	아시아종묘 가지고고추- 안토시아닌 풍부한 아시아종묘 가지고고추 '미인보라' '드셔보라'	아시아종묘	항산화 효과	안토시아닌

국내 기능성 고추 품종

정성당조절 기능성 혼합



‘당조고추’ ‘당조마일드고추’
(제일씨드바이오)



‘미인풋고추’
(아시아종묘)



‘살리초’
(고추와육종)



‘원기1호’ ‘원기2호’
(국립원예특작과학원)



‘미인보라’ ‘드셔보라’
(아시아종묘)

정성 다이어트 기능성

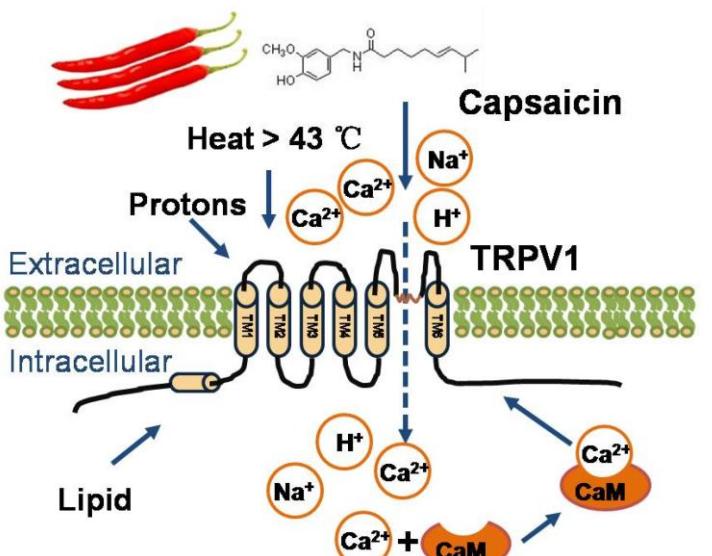
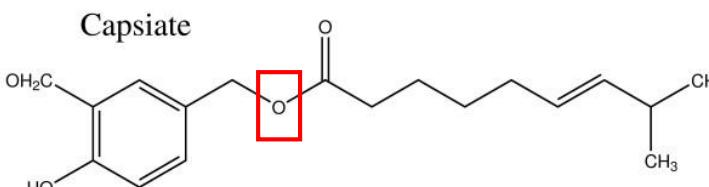
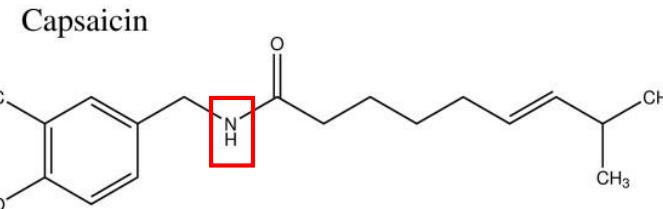


‘다이어트 고추’
(제일씨드바이오)



‘캡시에이트고추’
(팜한농)

캡사이신(신미) vs. 캡시에이트(무신미)



Nutrients (2016) 8:174

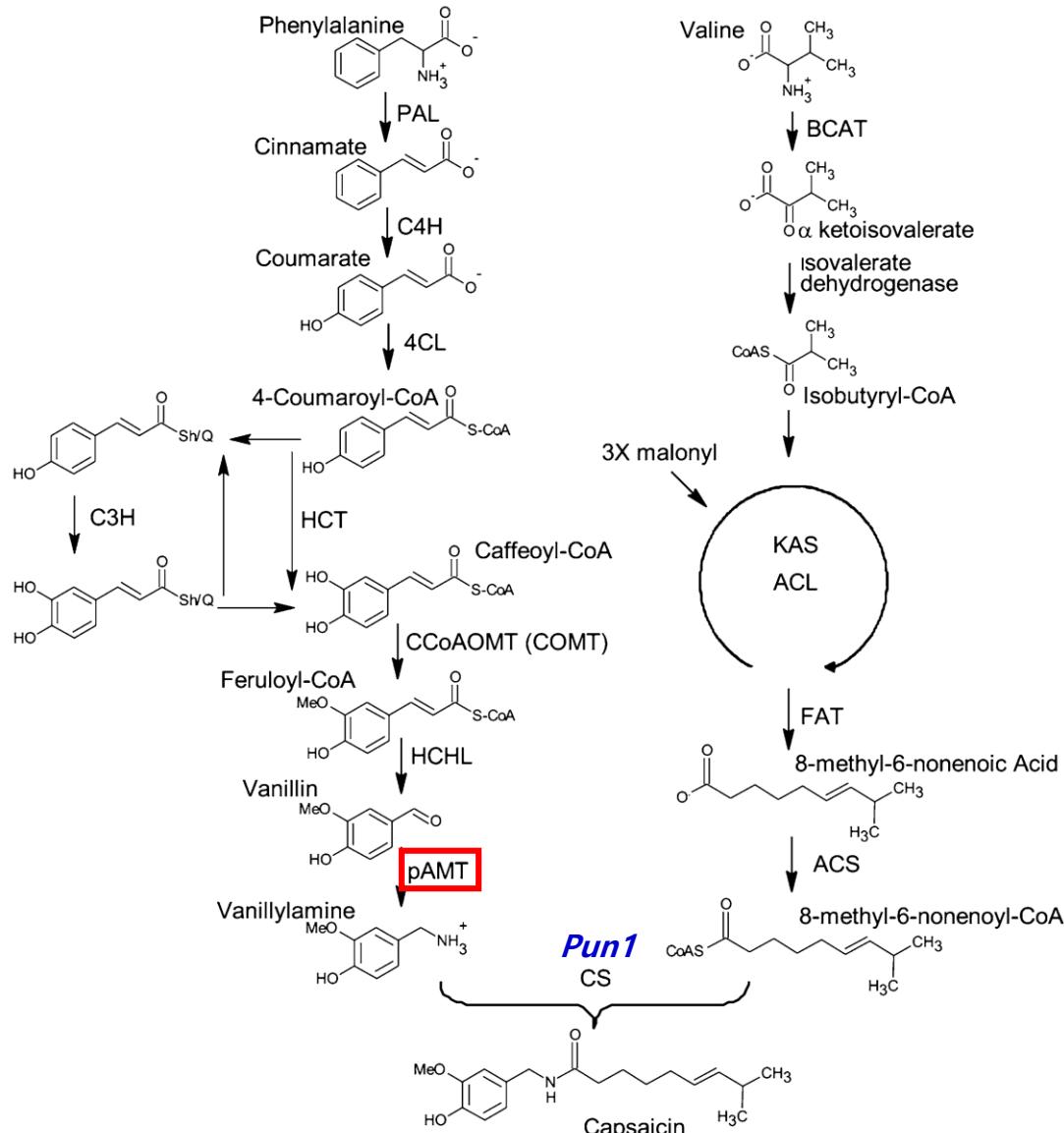
❖ 캡사이신(capsaicin)의 건강 기능성 (Nutrients (2016) 8:174)

- 체지방조절(다이어트 효과): 기능성 농식품자원 정보서비스(CAS no. 404-86-4)
- 심폐 기능 강화
- 진통 효과
- 스트레스 해소 효과
- 암 발생 억제
- 위염 및 고혈압에 효과

❖ 캡시에이트(capsiate)의 건강 기능성 (Crit. Rev. Food Sci. Nutr. (2021) 1-25)

- 체지방조절(다이어트 효과): 기능성 농식품자원 정보서비스(CAS no. 205687-01-0)

캡사이신 및 캡시에이트 생합성 과정



❖ 캡시에이트 생합성

- *pAMT* 유전자의 기능 상실에 의해 나타남

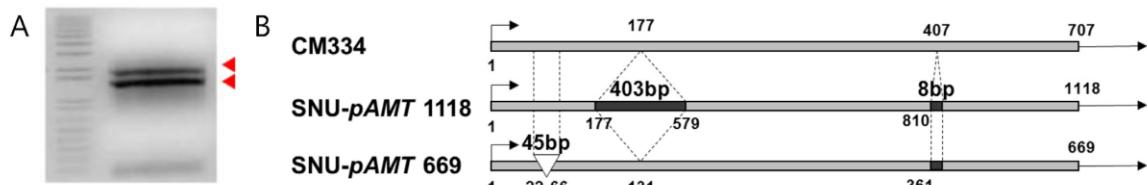


Fig. 3. Two types of loss-of-function *pAMT* in SNU11-001. (A) Two types of *pAMT* transcript were detected in SNU11-001. (B) The longer transcript contains a 403 bp insertion between the third and the fourth exons and another 8 bp insertion but smaller transcript has 45 bp deletion and 8 bp insertion.

Plant Breed. Biotech. (2015) 3:119–128

- *Pun1* 유전자의 기능 상실은 캡사이신 뿐만 아니라 캡시에이트의 생합성을 억제함

Table 1 Capsaicinoid and capsinoid contents (μg/g dry weight of placenta) in parents and RIL population

Population	<i>Pun1</i> genotype	No. of plants	Detected:not detected	CAP (μg/gDW)	DICAP (μg/gDW)	CST (μg/gDW)	DCT (μg/gDW)
SR211	<i>Pun1/Pun1</i>	4	1:0	19,093 ± 218	15,062 ± 134	742 ± 70	100 ± 70
SR213	<i>pun1/pun1</i>	5	0:1	ND	ND	ND	ND
	Total	113	1:1 ($\chi^2 = 0.01^*$)	9,270 ± 753	6,531 ± 663	63 ± 9	ND
F6 RIL population	<i>Pun1/Pun1</i>	57		17,147 ± 1,317	14,753 ± 1,204	147 ± 19	62 ± 7
	<i>pun1/pun1</i>	56		ND	ND	ND	ND

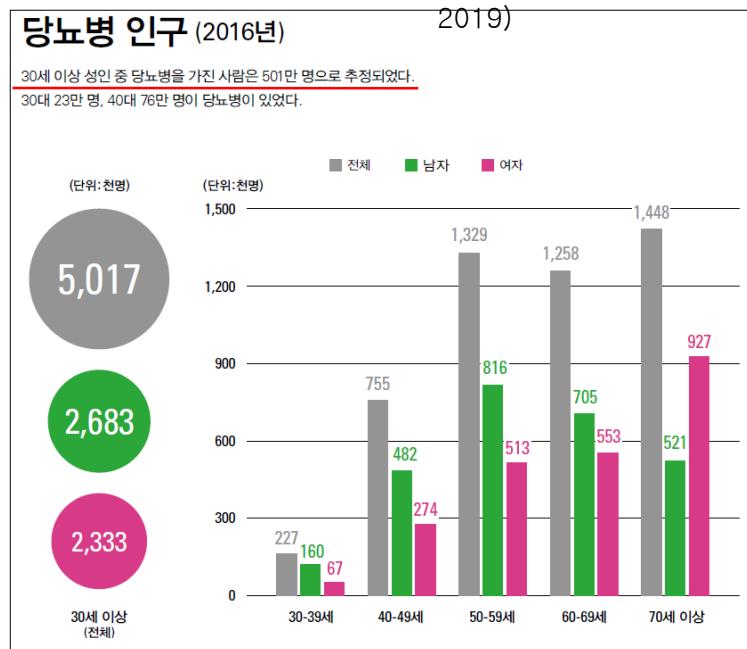
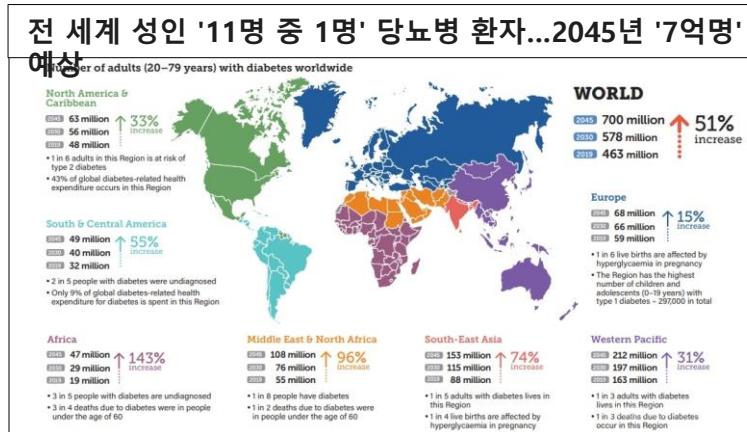
ND not detected, gDW g dry weight of placenta, CAP capsaicin content, DICAP dihydrocapsaicin content, CST capsiate content, DCT dihydrocapsiate content

* Not significant

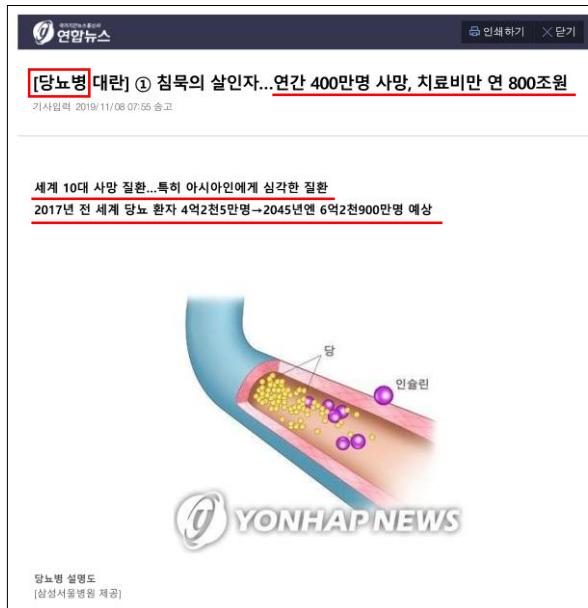
Mol. Breed. (2013) 31:537–548

당뇨병(diabetes mellitus)

❖ 당뇨병 환자수



(Diabetes Fact Sheet in Korea, 2018)



국내 당뇨 환자 500만명, 고위험군 1천만명 육박

국내 30세 이상 성인 7명 중 1명은 당뇨병을 앓고 있는 것으로 나타났습니다.
대한당뇨병학회는 지난 2016년부터 3년간 국민건강영양조사를 토대로 30세 이상 성인의 당뇨병 유병률과 관리 실태를 분석해 이같이 밝혔습니다.
2018년 기준 30세 이상 성인의 당뇨병 유병률은 13.8%로, 이를 인구로 환산하면 494만 명의 당뇨 환자가 있는 것으로 조사됐습니다.
당뇨병 전 단계인 공복혈당장애의 유병률은 26.9%로 나타나 당뇨병 고위험군 수는 948 만명으로 추정됐습니다.
또 당뇨병 환자의 53%는 비만, 61%는 고혈압을 갖고 있는 것으로 나타났습니다.

연합뉴스 TV 기사문의 및 제보 : 카톡/라인 jebo23
<저작권자(c) 연합뉴스, 무단 전재-재배포 금지> 2020/10/15 17:44 송고

(연합뉴스, 2020)

❖ 당뇨병 합병증

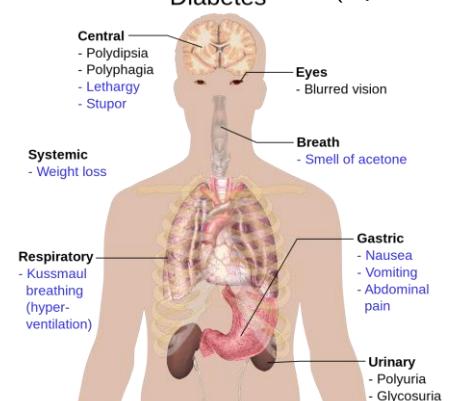
• 급성합병증

- ✓ 고혈당성 혼수
- ✓ 케톤산혈증
- ✓ 저혈당

• 만성합병증

- ✓ 심혈관 질환 동맥경화증
- ✓ 고혈압
- ✓ 뇌혈관 경색증
- ✓ 신장질환 당뇨병성 신증
- ✓ 안질환 당뇨병성 망막증
- ✓ 당뇨병성 망막증
- ✓ 피부질환 농피증
- ✓ 습진
- ✓ 당뇨병선 가려움증
- ✓ 고저
- ✓ 구강질환

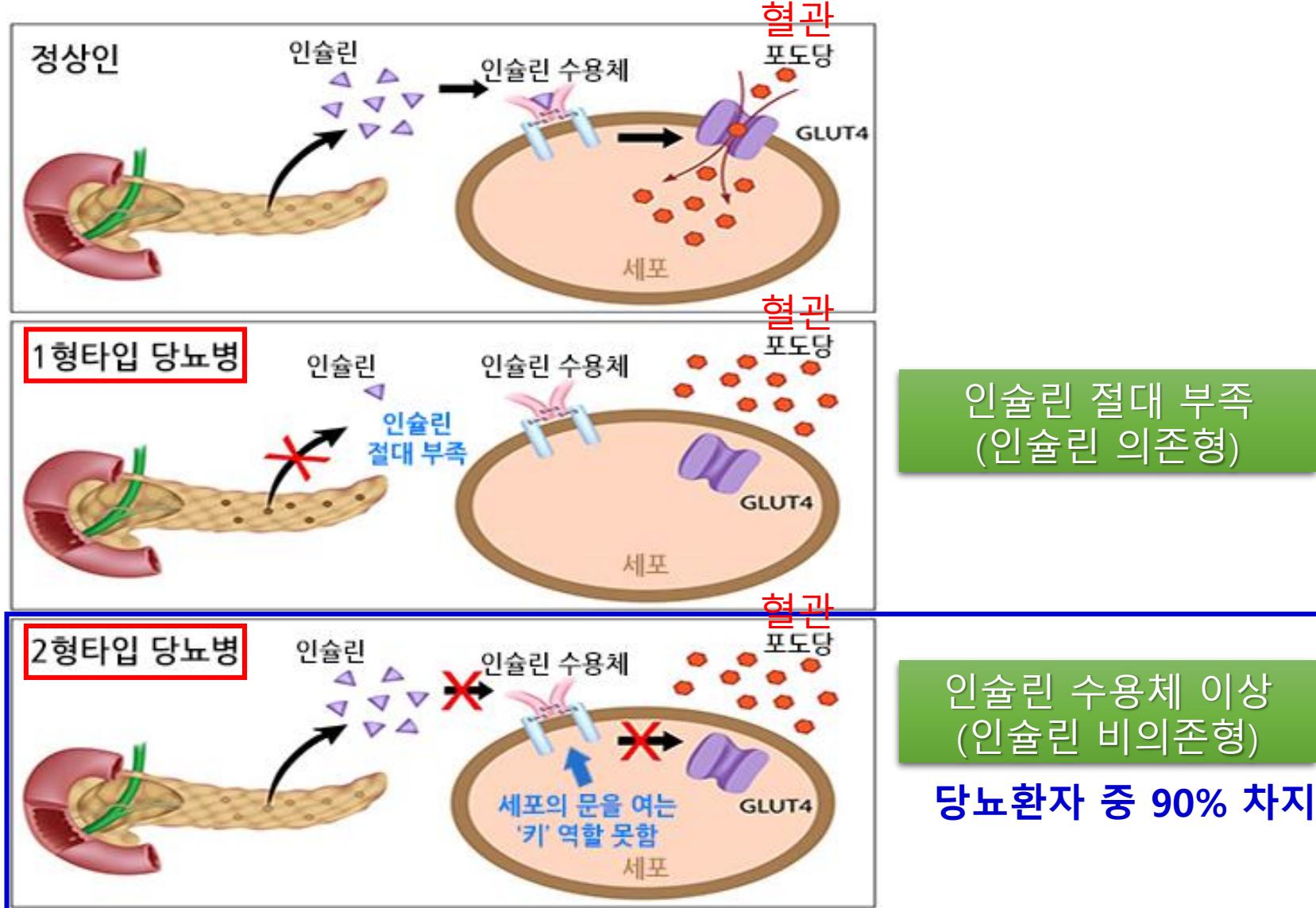
(대한당뇨병학회, 2021)



(International Diabetes Federation)

당뇨병(diabetes mellitus)

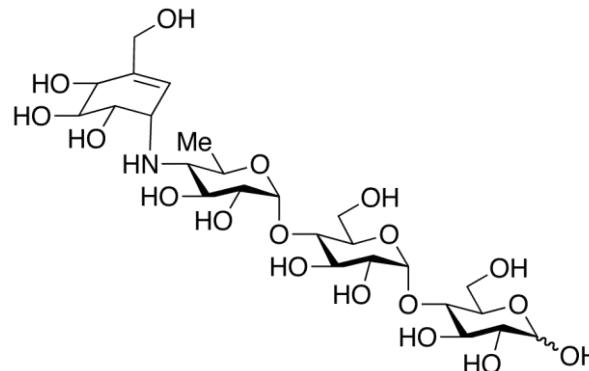
❖ 당뇨병 종류



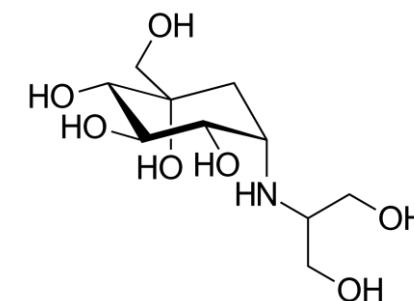
당뇨병(diabetes mellitus)

❖ 2형 타입 당뇨병 치료제: 경구용 혈당강하제(α -glucosidase inhibitor, AGI)

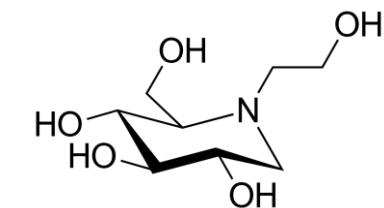
아카보즈(Acarbose)



보글리보스(Voglibose)



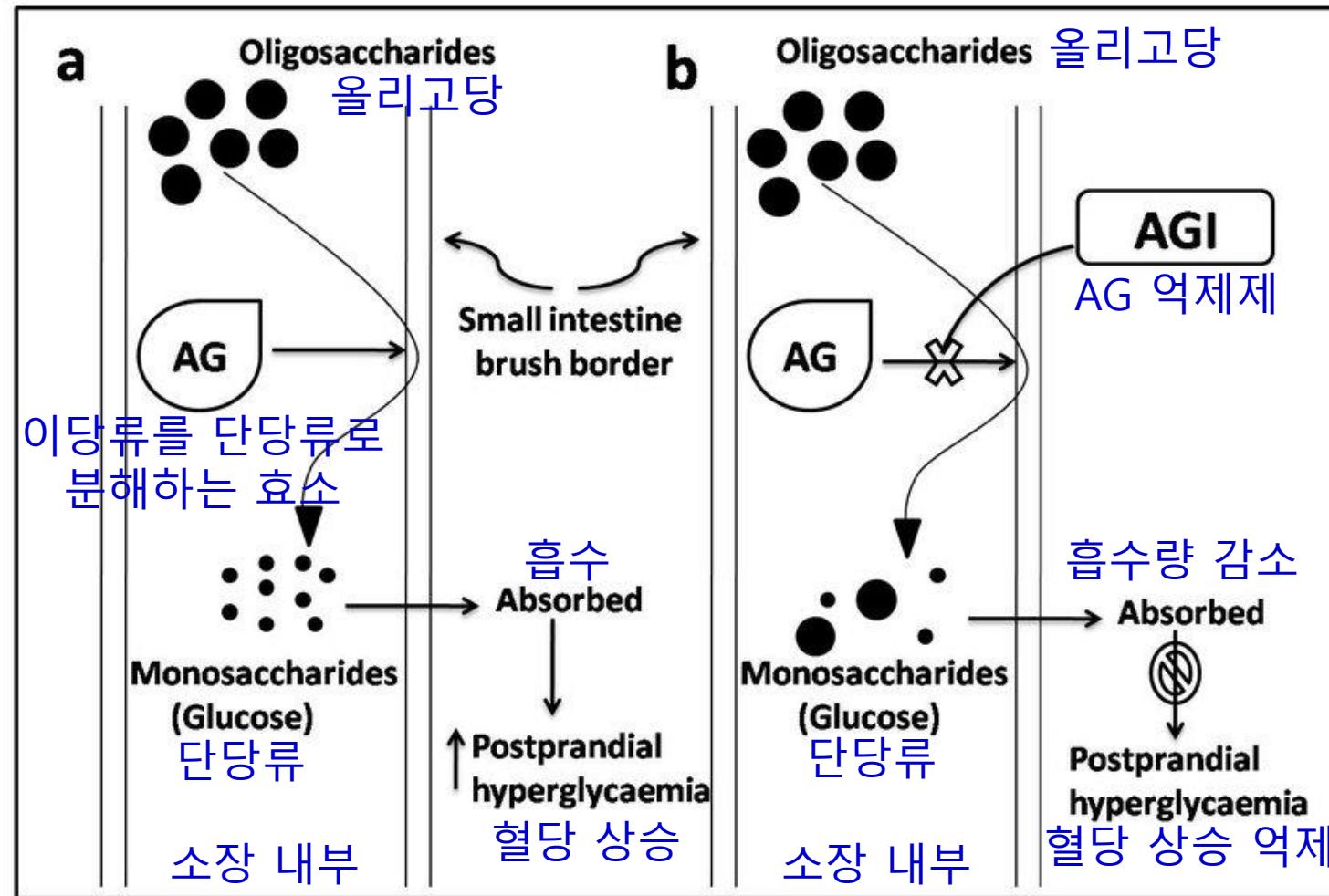
미그리톨(Miglitol)



- ✓ 치료제로 사용되는 미생물 유래 경구용 혈당강하제의 경우, 혈액상의 문제, 간과 신장에 무리를 주는 등의 부작용을 초래한다(Westphal and Palumbo 2003).

알파-글루코시데이즈 저해제(α -glucosidase inhibitor, AGI)

❖ AGI 작용 기작



Eur. J. Nutr. (2015) 54:863-880

α -glucosidase 효소 활성 저해

탄수화물(이당류)
분해 억제

당질(단당류) 흡수 감소

식후 고혈당 방지

알파-글루코시데이즈 저해제(α -glucosidase inhibitor, AGI)

❖ 약용식물 유래 천연 AGIs (Food Science and Human Wellness (2014) 3:136-174)

- A total of **411 phytochemicals** were reported to have AGI activity.
 - ✓ **Terpenoids:** 61 compounds
 - ✓ **Alkaloids:** 37 compounds
 - ✓ **Quinones:** 49 compounds
 - ✓ **Flavonoids:** 103 compounds
 - ✓ **Phenols:** 37 compounds
 - ✓ **Phenylpropanoids:** 73 compounds
 - ✓ **Sterides:** 8 compounds
 - ✓ **Other compounds:** 43 compounds

Table. A list of plants with high AGI activity among 1400 species in Korea.

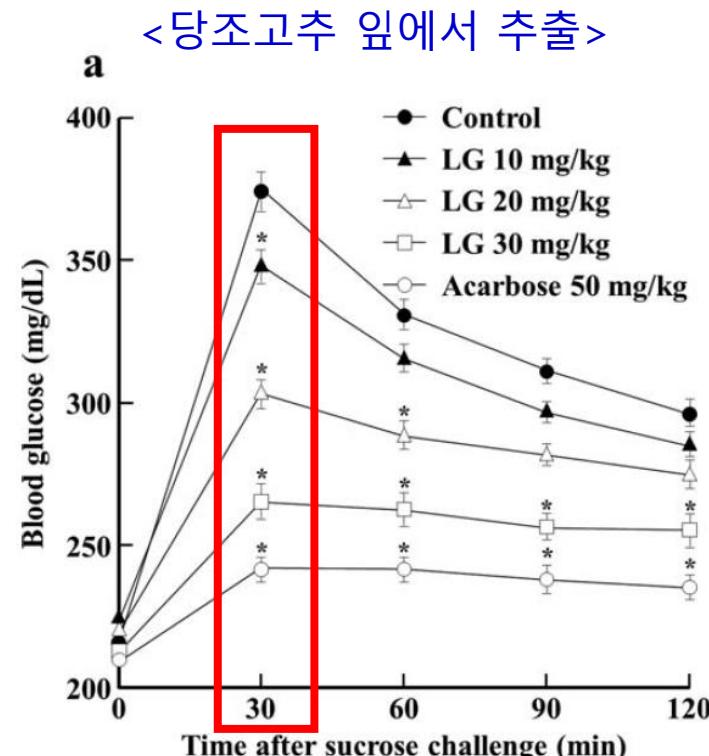
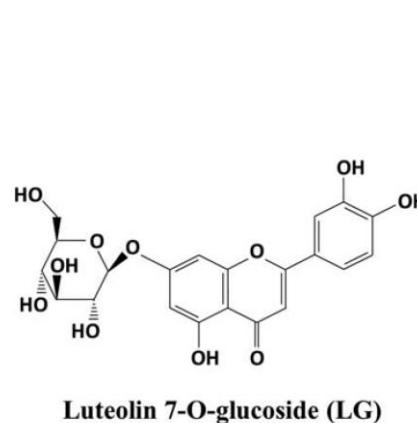
Species	Organ	Inhibition (%)
<i>Morus alba</i> (뽕나무)	root bark	90.02 ± 6.64
	leaf	82.40 ± 6.70
	stem	82.78 ± 5.61
<i>Fraxini Cortex</i> (무진피)	bark	64.04 ± 4.32
<i>Capsicum annuum</i> (고추)	leaf	60.67 ± 4.18
	fruit	6.52 ± 1.20
<i>Polygonum cuspidatum</i> (호장근)	root	52.29 ± 5.06
<i>Areca catechu</i> (빈랑)	seed	48.66 ± 1.29
<i>Eugenia caryophyllata</i> (정향)	fruit	47.42 ± 3.96
<i>Sinapis alba</i> (백겨자)	seed	41.25 ± 3.12
<i>Polygonum cuspidatum</i> (적하수오)	stem	40.69 ± 5.08 강원대학교 (2008)
<i>Carpesium abrotanoides</i> (학술)	stem	36.22 ± 2.13

❖ 식물 유래 천연 AGIs (Plants (2020) 9:2)

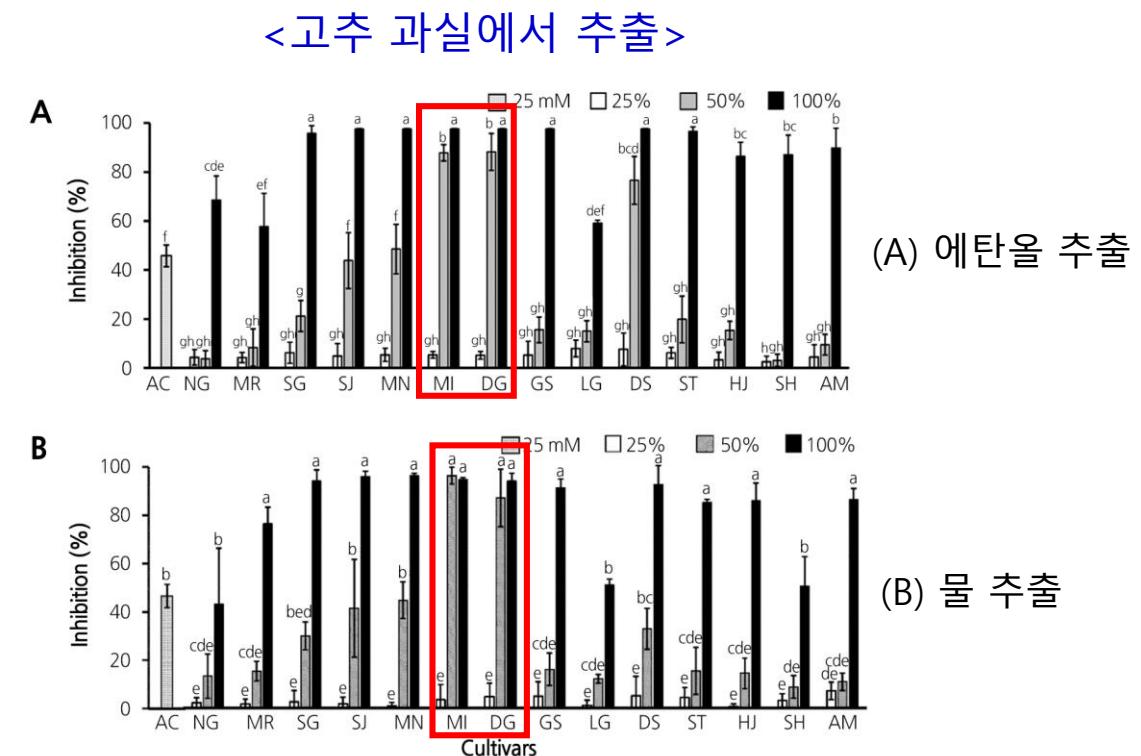
- Alkaloids:** vasicine (*Ahatoda vasica* Nees), piperumbellactam B & piperumbellactam C (*Piper umbellatum*)
- Flavonoids:** quercetin, luteolin, cyanidin, baicalein, quercitrin (*Malus x domestica* Borkh., 사과 껍질), isoquercetin (*Abelmoschus esculentus*, 오크라), cyanidin-diglucoside & pelargonidin-3 rutinoside (raspberries, 산딸기), epicatechin-(4β,8)-epicatechin gallate & epicatechingallate (*Rodiola crenulata*, 흥경천)
- Terpenes:** 22α-hydroxychiisanoside (*Acanthopanax senticosus*, 가시오갈피), 7β-acetoxy-6β-hydroxyroleanone (*Plectranthus madagascariensis* Pers.), spicatanol (*Hedychium spicatum* Ham. Ex Smith), lupeol (*Musa* sp. var. Nanjangud rasa bale, 바나나 꽃)
- Phenols:** *p*-hydroxycinnamic acid & protocatechuic acid (*Zea mays* L., 옥수수), Trans-*N*-(*p*-coumaroyl)tyramine (*Ipomoea batatas*, 고구마 잎), 2,4-dimethoxy-6,7-dihydroxyphenanthrene (*Dioscorea opposita* Thunb, Indian yam, 막), ferulic acid (*Triticum aestivum* L., 밀), ellagic acid (raspberries, 산딸기), umbelliferone (*Hedychium spicatum* Ham. Ex Smith)
- Iminosugars:** *N*-(9'-methoxynonyl)-1-deoxynojirimycin, *N*-(6'-4''-azido-2''-mitrophenylamino)hexyl-1-deoxynojirimycin

고추의 AGI 활성 연구

- ❖ Evaluation of pepper (*Capsicum annuum*) for management of diabetes and hypertension (J. Food Biochem. (2007) 31:370-385)
- ❖ *In vitro* inhibitory potential against key enzymes relevant for hyperglycemia and hypertension of red pepper (*Capsicum annuum L.*) including pericarp, placenta, and stalk (J. Food Biochem. (2014) 38:300-306)
- ❖ *In vitro* and *in vivo* α -glucosidase and α -amylase inhibitory effects of the water extract of leaves of pepper (*Capsicum annuum L.* cv. Dangjo, 당조고추) and the active constituent luteolin 7-O-glucoside (J. Food Biochem. (2016) 40:696-703)
- ❖ Alpha-glucosidase inhibitory activity in different pepper cultivars (미인풋고추, 따고또따고) (Hort. Sci. Technol. (2018) 36:444-450)



(J. Food Biochem. (2016) 40:696-703)



(Hort. Sci. Technol. (2018) 36:444-450)

고춧잎 추출물에서 AGI 활성 관련 물질 탐색

Targeted metabolite analysis using UPLC-DAD-QToF-MS

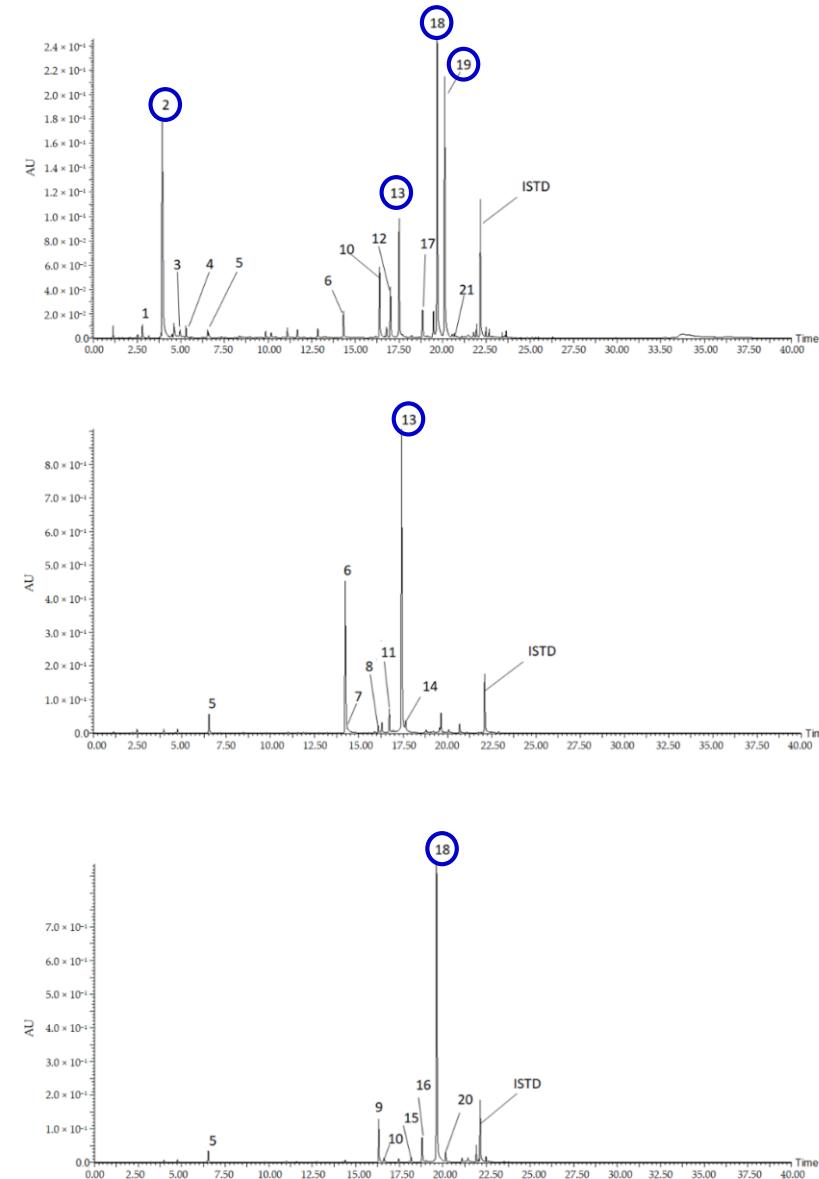
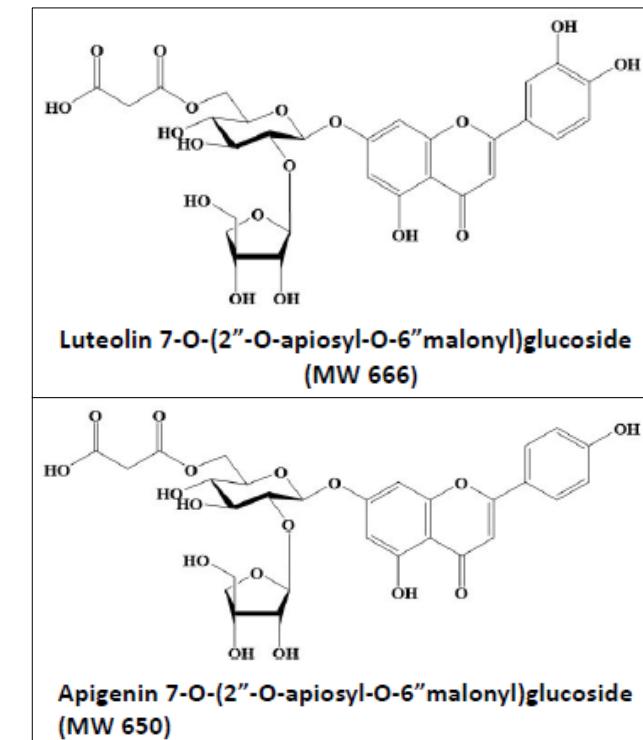


Figure. Representative chromatograms of the **21 detected compounds** from pepper leaves extract.

- (1) N-cis caffeoyl putrescine
- (2) **N-trans caffeoyl putrescine**
- (3) feruloyl putrescine
- (4) coumaroyl putrescine
- (5) 5 caffeoylquinic acid (5CQA)
- (6) luteolin 7-O-(2''-O-apiosyl)glucoside
- (7) luteolin 7-O-glucoside
- (8) luteolin-O-(apiosyl malonyl)hexoside
- (9) apigenin 7-O-(2''-O-apiosyl)glucoside
- (10) apigenin 7-O-glucoside
- (11) luteolin-O-(apiosylmalonyl)
- (12) chrysoeriol-O-(apiosyl)hexoside
- (13) **luteolin 7-O-(2''-O-apiosyl-6''-O-malonyl)glucoside**
- (14) luteolin-O-(malonyl)hexoside
- (15) apigenin-O-(apiosyl malonyl)hexoside
- (16) apigenin-O-(apiosyl malonyl)hexoside
- (17) chrysoeriol-O-(apiosyl malonyl)hexoside
- (18) **apigenin 7-O-(2''-O-apiosyl-6''-O-malonyl)glucoside**
- (19) **chrysoeriol-O-(O-apiosylmalonyl)hexoside**
- (20) apigenin-O-(malonyl)hexoside
- (21) chrysoeriol-O-(malonyl)hexoside



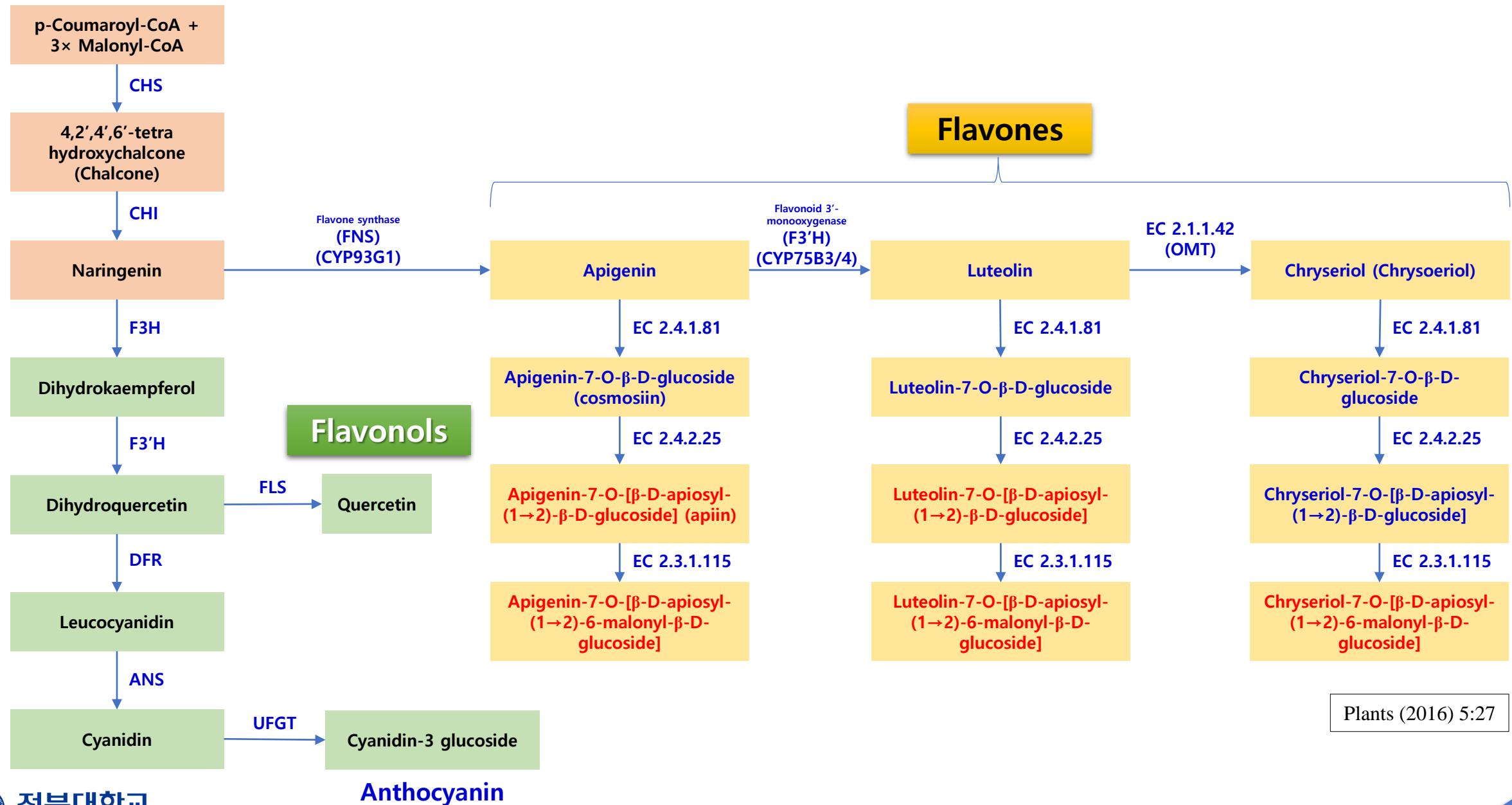
고춧잎 추출물에서 AGI 활성 관련 물질 탐색



(mg/100g dry weight)

고춧잎	대분류 (Classes)	소분류 (Sub-classes)	개별성분 (Individual components)	함량(Contents)
				고춧잎
플라바노류(Flavanones)	Flavones	Apigenin	apigenin 7-O-glucoside (cosmosiin)	5.9
-			apigenin 7-O-(2"-O-apiosyl)glucoside (apiin)	79.3
플라바놀류(Flavanols)			apigenin 7-O-(2"-O-apiosyl-6"-O-malonyl)glucoside (6"-O-malonylapiin)	69.8
플라본류(Flavones)		Luteolin	Total apigenin contents	155.0
2960.1			luteolin 7-O-(6"-O-malonyl)glucoside	96.7
플라보놀류(Flavonols)			luteolin 7-O-(2"-O-apiosyl)glucoside	1472.6
66.0		Chrysoeriol	luteolin 7-O-(2"-O-apiosyl-6"-O-malonyl)galactoside	60.2
이소플라본류(Isoflavones)			luteolin 7-O-(2"-O-apiosyl-6"-O-malonyl)glucoside	1136.3
-			Total luteolin contents	2765.8
총플라보노이드(Total flavonoids)		Quercetin	chrysoeriol 7-O-glucoside (thermoposide)	3.9
3026.1			chrysoeriol 7-O-(2"-O-apiosyl)glucoside	17.8
			chrysoeriol 7-O-(2"-O-apiosyl-6"-O-malonyl)glucoside	17.6
			Total chrysoeriol contents	39.3
			quercetin 3-O-rhamnoside (quercitrin)	66.0
			Total quercetin contents	66.0
			국립농업과학원 (2016) 플라보노이드 Data Base 1.0	

플라보노이드 생합성 과정



고춧잎 추출물에서 탐색된 물질의 AGI 활성 분석

Table 1. Inhibitory activity of flavonoid against yeast α -glucosidase.

Flavonoid	Inhibition ^{a,b} (%)	IC ₅₀ (μ M) ^{a,c}		Flavonoid	Inhibition ^{a,b} (%)	IC ₅₀ (μ M) ^{a,c}	
		This work ^a	Reported value			This work ^a	Reported value
Flavonol							
Myricetin	94	5	4 ^e	Isoflavone	89 (67) ^d	14	
Quercetin	91	7	8 ^e , <24 ^f	Daidzein	93 (78) ^d	7	8 ^g
Kaempferol	82 (64) ^d	12	20 ^e	Genistein			
Fisetin	88	13	8 ^e	Flavan-3-ol			
Luteolin	92	21		Catechin	45	>200	
Apigenin	43 (43) ^d	>200		Epicatechin	24	>200	
Baicalein	5	>200		Epigallocatechin	71	75	
Flavone							
Naringenin	73 (25) ^d	75	50 ^e	Epigallocatechin gallate	89	2	
Hesperetin	61	150		Anthocyanidin			
				Cyanidin	99	4	

J. Nutr. Sci. Vitaminol. (2006) 52:149-153

Table 2. α -Glucosidase inhibitory activities of pure standard compounds and leave extracts of selected pepper genotypes.

Pepper Extract ^a				
Genotypes	IC ₅₀ (mg/mL)	Standard Compounds ^b	Inhibition% (250 μ M)	IC ₅₀ (μ M)
A24	0.34 ± 0.04	Caffeoyl-Putrescine	61.36 ± 1.37	145
A29	0.5 ± 0.035	Acarbose	57.06 ± 1.8	197
G38	0.122 ± 0.004	Apigenin-7-O glucoside	30.68 ± 5.35	>300
G21	2.5 ± 0.22	Luteolin-7-O glucoside	37.65 ± 3.08	>300
ACARBOSE	0.19 ± 0.034	Apiin	13.25 ± 0.3 ^d	ND
		Luteolin-7-O-(2'' apiosyl)glucoside	29.9 ± 4.02 ^d	ND
		Luteolin	97.84 ± 0.56 ^c	7.6
		Apigenin	56.14 ± 2.37 ^c	81

^a Inhibition was conducted according to Y. C. Kim, Choi, Lee, and Lee, 2018 (enzyme concentration 0.1 U/mL, 3 mM pNPG). ^b Inhibition was conducted according to (Yao, Cheng, Wang, Wang, and Ren, 2011 (enzyme concentration 0.025 U/mL, 3 mM pNPG). ^c Inhibition obtained at 82 μ M concentration. ^d Inhibition obtained at 500 μ M concentration. ND = not determined.

Metabolites (2021) 11:649

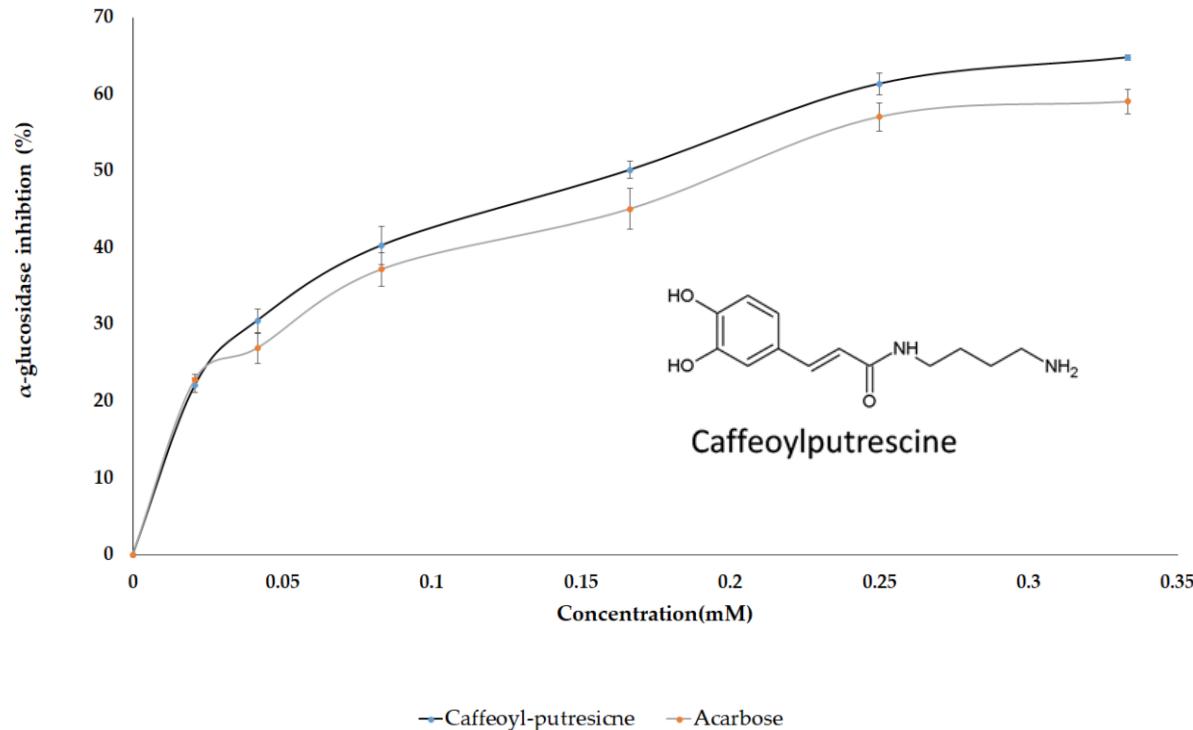
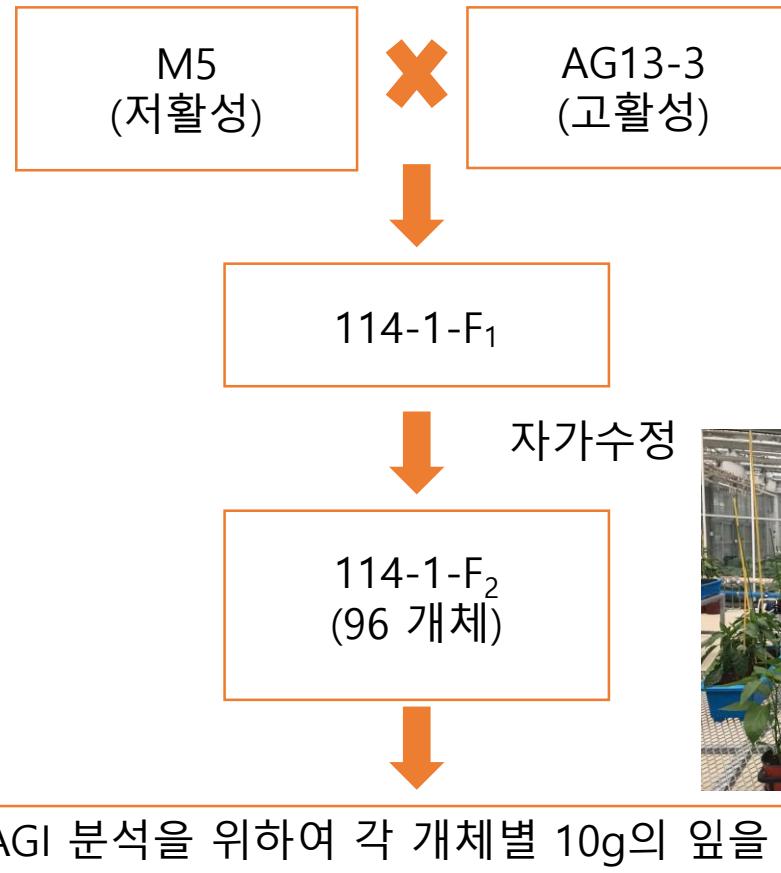


Figure 8. Dose-dependent inhibition of α -glucosidase enzyme using the caffeoyl-putrescine and acarbose.

Metabolites (2021) 11:649

고추 잎에서 AGI 활성 관련 QTL 탐색

❖ 식물재료



❖ AGI 분석 샘플 채취

- 파종 후 3개월 식물체 잎 샘플링
- 파종 후 6개월 식물체 잎 샘플링
- 파종 후 9개월 식물체 잎&과실 샘플링

❖ 고춧잎 추출물 준비



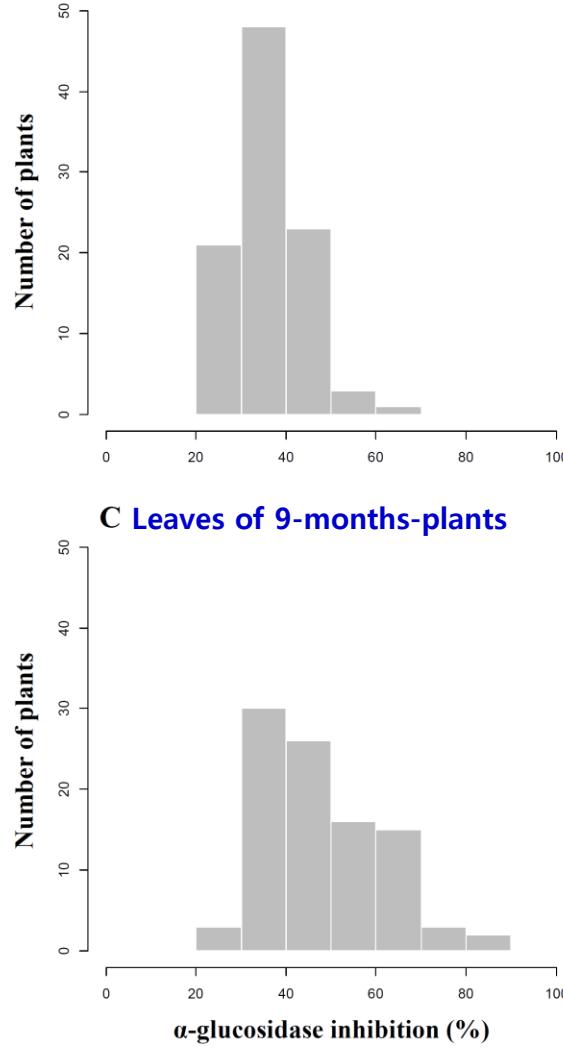
$$\text{Inhibition rate (\%)} = [(\text{Abs}_{\text{control}} - \text{Abs}_{\text{blank}}) - (\text{Abs}_{\text{sample}} - \text{Abs}_{\text{samplecontrol}})] / (\text{Abs}_{\text{control}} - \text{Abs}_{\text{blank}}) \times 100$$

	Sample extract (50ul)	α -glucosidase (200ul)	pNPG (400ul)	Additional Sodium phosphate buffer (950ul)	Sodium carbonate (4.35ml)
Abs _{control}	X	O	O	X	O
Abs _{sample}	O	O	O	X	O
Abs _{sample control}	O	X	X	O	O
Abs _{blank}	X	X	O	X	O

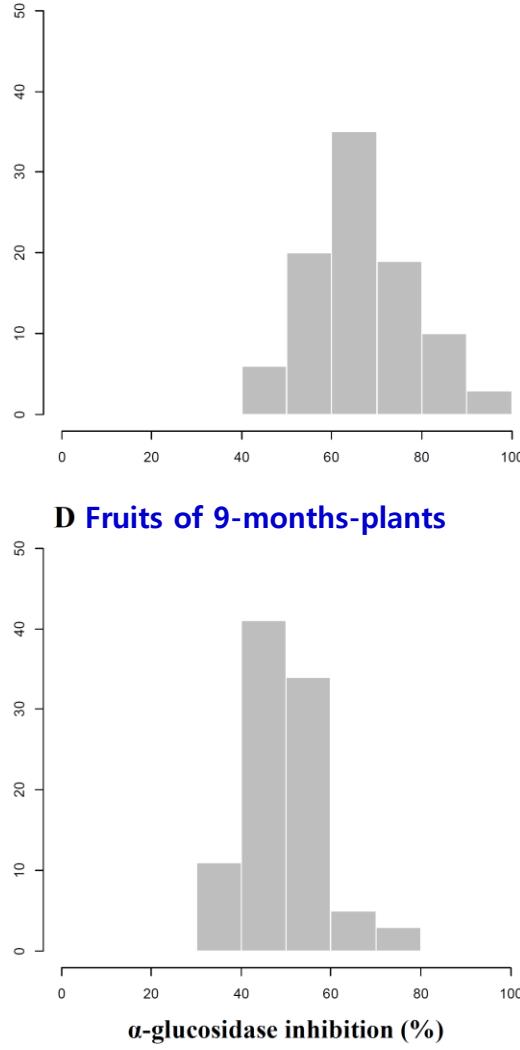
고추 잎에서 AGI 활성 관련 QTL 탐색

❖ F₂ 분리집단의 개체별 잎 추출물의 AGI 활성 분석 및 비교

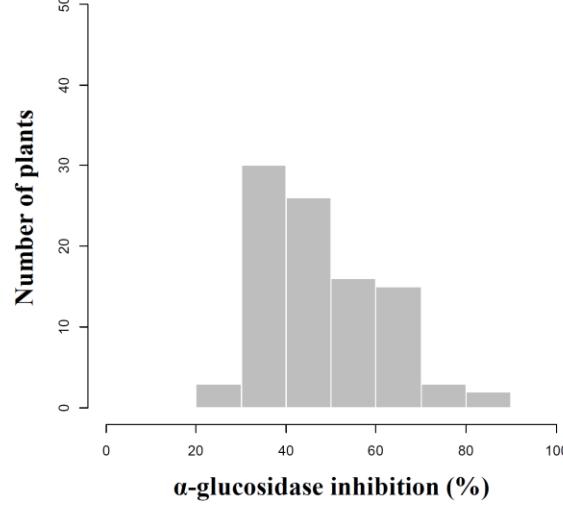
A Leaves of 3-months-plants



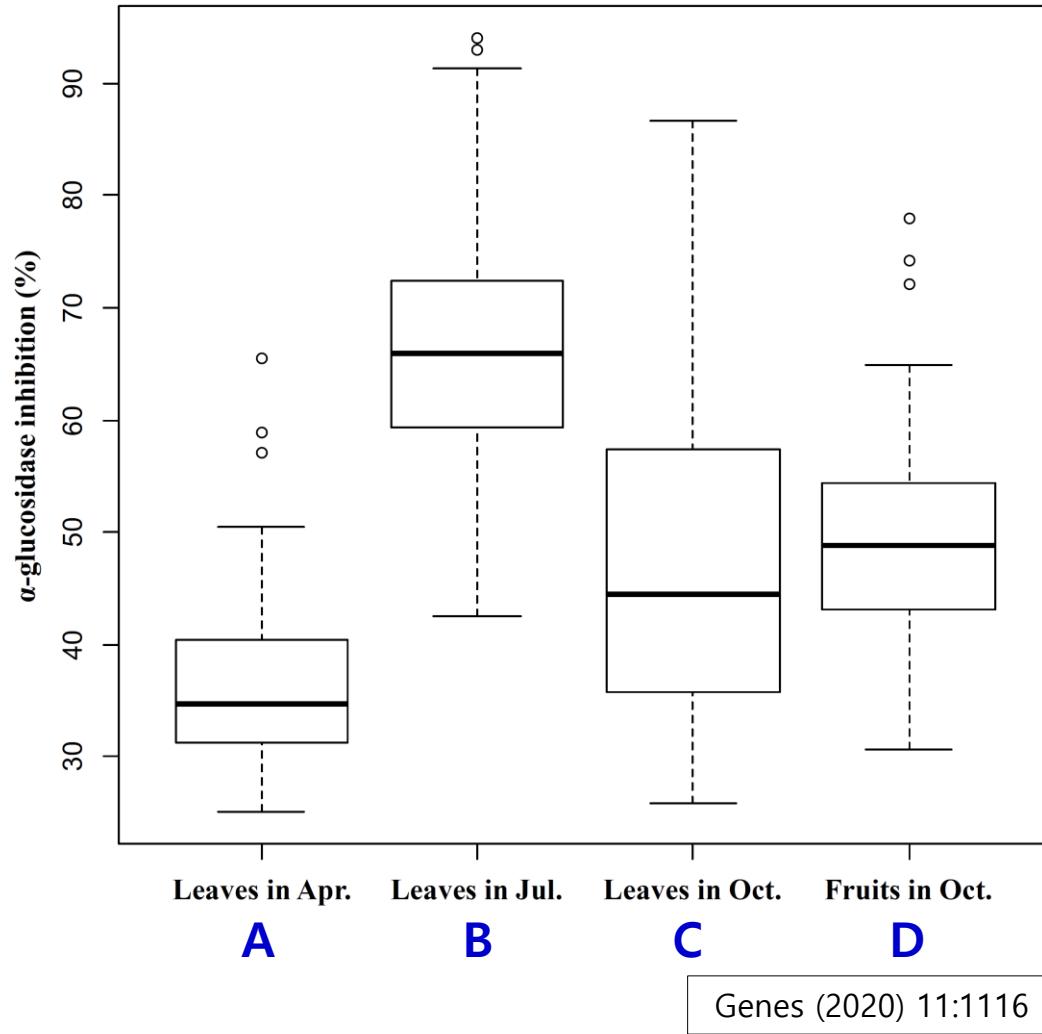
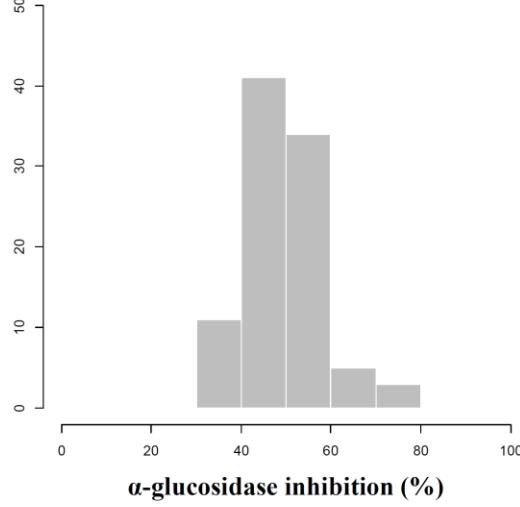
B Leaves of 6-months-plants



C Leaves of 9-months-plants



D Fruits of 9-months-plants



Genes (2020) 11:1116

Genes (2020) 11:1116

고추 앞에서 AGI 활성 관련 QTL 탐색

❖ GBS 분석을 이용한 유전자지도 작성

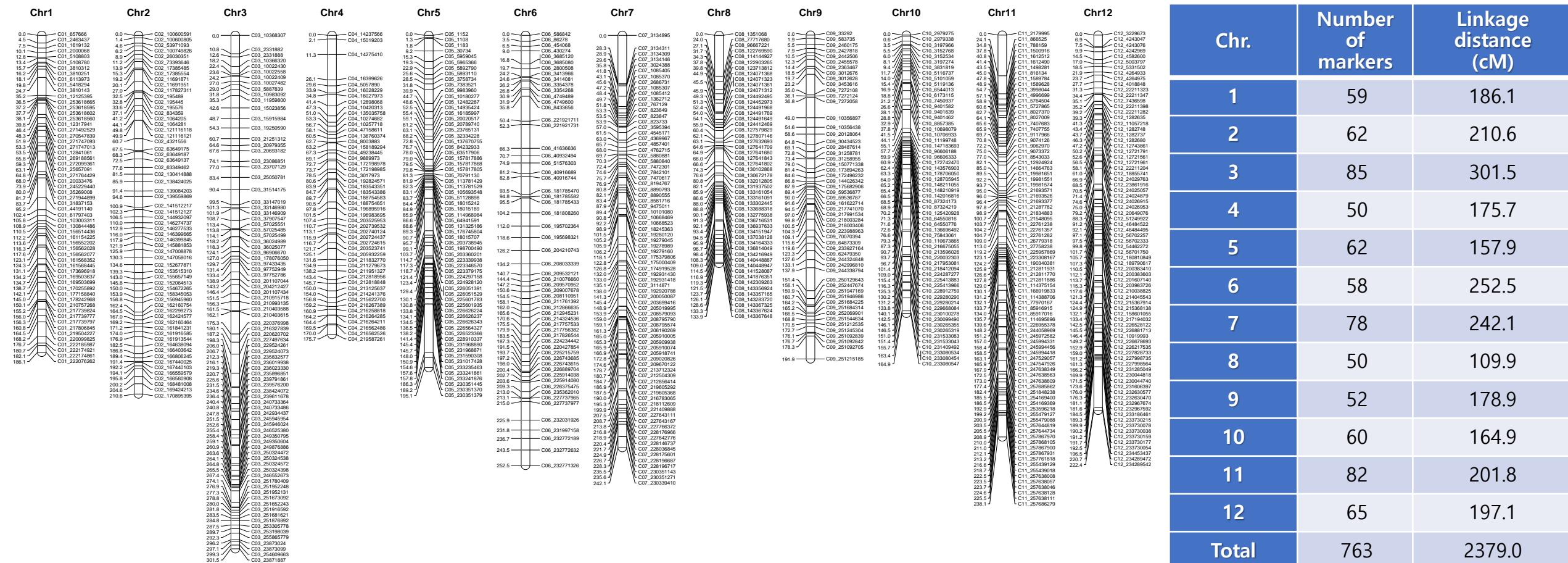


Fig. Genetic linkage maps constructed by GBS analysis using an F_2 population of M5 x AG13-3. Bar left number, genetic position (cM); Bar right number, names of SNP markers.

Genes (2020) 11:1116

고추 잎에서 AGI 활성 관련 QTL 탐색

❖ AGI 활성 관련 QTL 탐색

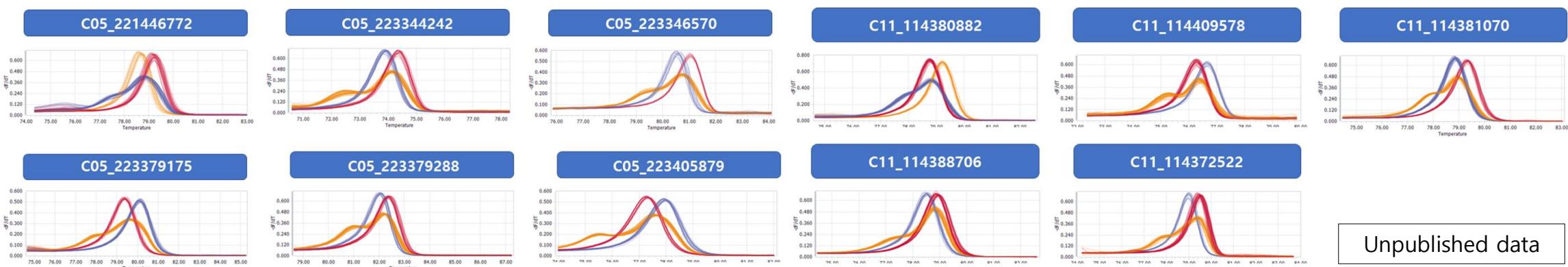
Table 1. Detailed information of QTLs controlling α -glucosidase inhibitory activity in pepper leaves and fruits.

Sample Type and Collection Time	QTL	Marker Interval of QTL Region	QTL Peak Position (cM)	Additive Effect	Dominance Effect	R ² ^a (%)	LOD ^b Score	LOD ^c Threshold
Leaves in April	<i>qAGI1.1</i>	C01_222185987-C01_222174921	179.72	-3.67	3.34	6.22	3.20	3.18
	<i>qAGI11.1</i>	C11_114388706-C11_77970167	107.16	-2.97	-2.27	12.96	3.30	3.18
Leaves in July	<i>qAGI5.1</i>	C05_203360201-C05_223379175	114.70	-4.87	-4.06	15.57	5.65	3.34
Leaves in October	<i>qAGI9.1</i>	C09_70070394-C09_64873309	109.15	-6.72	0.63	8.05	4.05	3.34
	<i>qAGI12.1</i>	C12_203983726-C12_214045543	118.08	-5.84	-0.34	8.54	3.72	3.34
Fruits in October	<i>qAGI5.2</i>	C05_231017428-C05_233235463	150.92	-4.75	-4.44	6.34	3.93	3.85
	<i>qAGI12.2</i>	C12_226881713-C12_226678693	148.02	-1.25	-6.07	6.78	4.13	3.85

^a R², proportion of variance explained by QTL at the test site. ^b LOD, logarithm of the odds. ^c LOD threshold was determined by 1000-permutation tests.

❖ 탐색된 QTL 연관 HRM 문자표지 개발

Genes (2020) 11:1116



Unpublished data

AGI 고활성 고춧잎 추출물의 항당뇨 유효성 평가 (전임상 시험)

❖ 실험재료

▶ 시험군.

Group	n	실험동물	AGI-29 투여량	PBI-1 투여량	acarbose
Lean Control(NOR) 정상 대조군	4	C57BL/KsJ Hetero (m+/db)	-	-	-
Diabetic Control(CON) 당뇨 대조군	5	C57BL/KsJ-db/db	-	-	-
원예원 AGI-29 (원기2호) 원예원 AGI-29 (원기2호)	5	C57BL/KsJ-db/db	150mg/kg	-	-
원예원 AGI-29 (원기2호) 고추와육종 PBI-1 (살리초)	5	C57BL/KsJ-db/db	300mg/kg	-	-
고추와육종 PBI-1 (살리초) Positive Control(PC) Acarbose	5	C57BL/KsJ-db/db	-	150mg/kg	-
Positive Control(PC) Acarbose	4	C57BL/KsJ-db/db	-	-	50mg/kg

(주)비트원, unpublished data

❖ 실험방법

❖ 항당뇨 분석

- 공복혈당(fasting plasma glucose)
- 복강내당부하(IPGTT)
- Total AUC(area under the curve)
- 당화혈색소(HbA1c)
- 혈장 인슐린 농도(plasma insulin levels)
- C-peptide

❖ 인슐린 저항성 분석

- HOMA-IR(insulin resistance)
- QUICKI

❖ 혈중지질 분석

- 중성지질(triglyceride)
- 총콜레스테롤(TC)
- 고밀도지단백질(HDL)
- 저밀도지단백질(LDL)

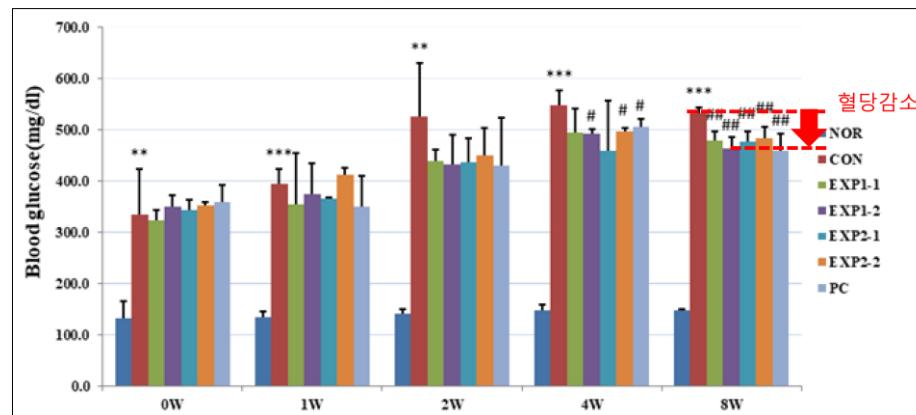
❖ 간기능 개선 분석

- AST(aspartate aminotransferase)
- ALT(alanine aminotransferase)

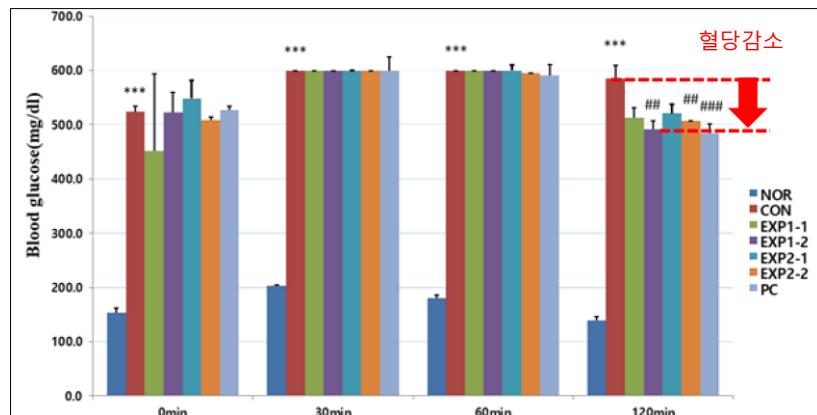
AGI 고활성 고춧잎 추출물의 항당뇨 유효성 평가 (전임상 시험)

❖ 항당뇨 분석

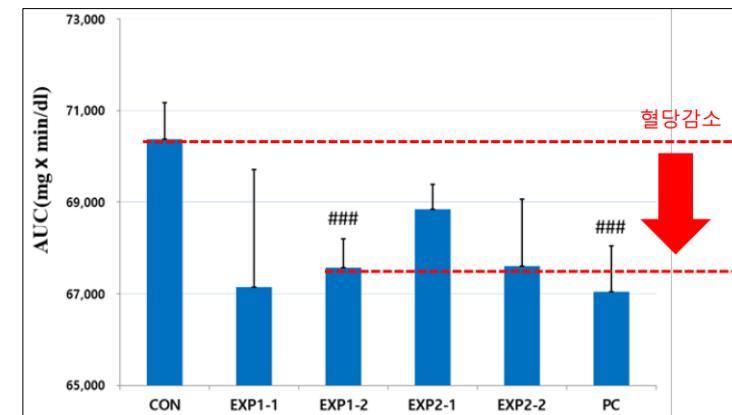
공복혈당



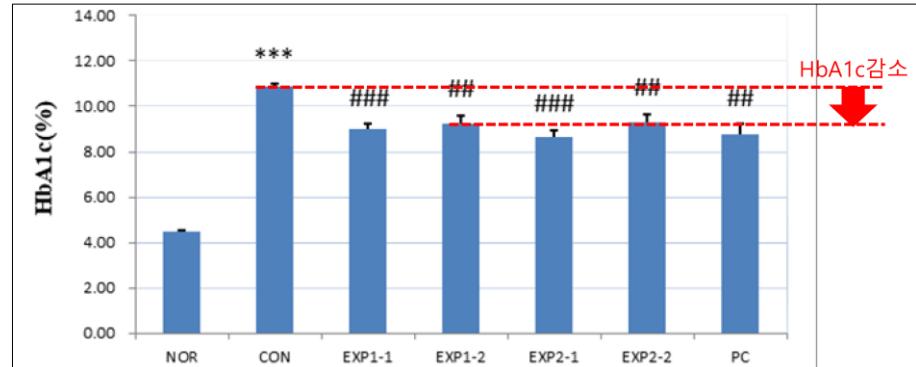
복강내당부하(IPGTT)



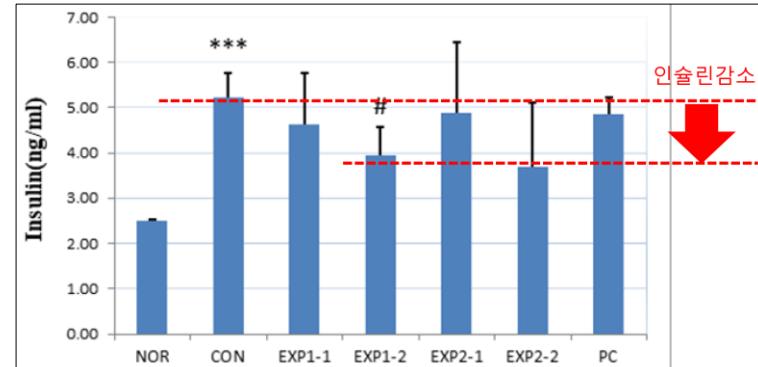
Total AUC



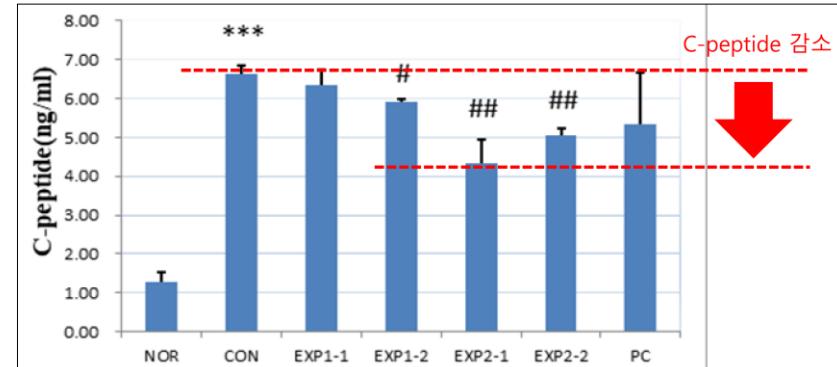
당화혈색소



혈장 인슐린 농도



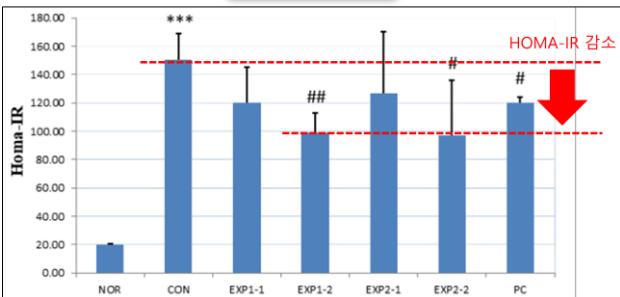
C-peptide



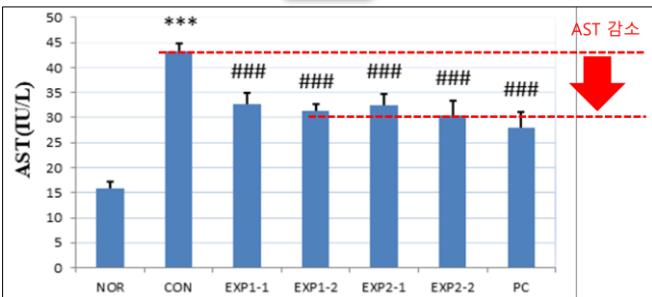
AGI 고활성 고춧잎 추출물의 항당뇨 유효성 평가 (전임상 시험)

❖ 인슐린 저항성 분석

HOMA-IR

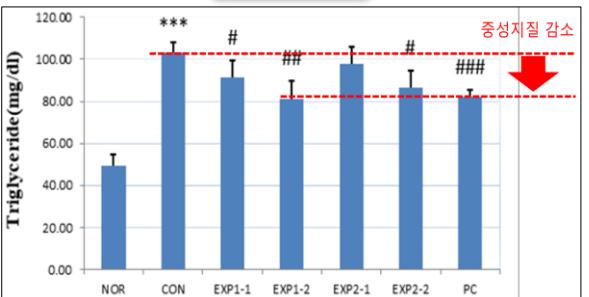


AST

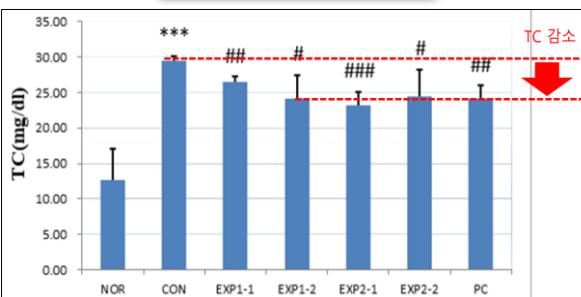


❖ 혈중지질 분석

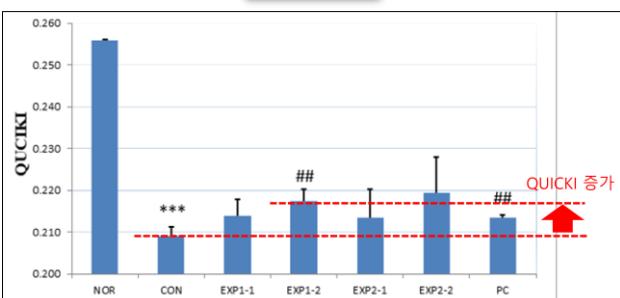
중성지질



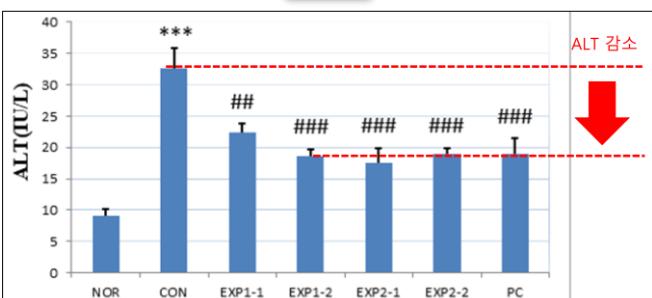
총 콜레스테롤(TC)



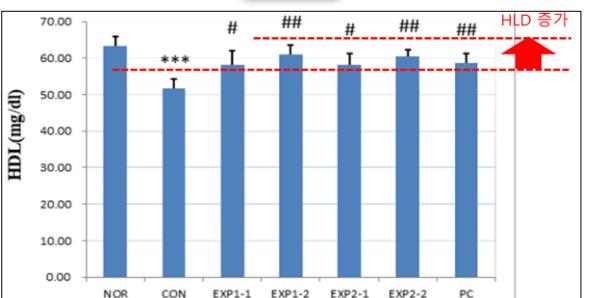
QUICKI



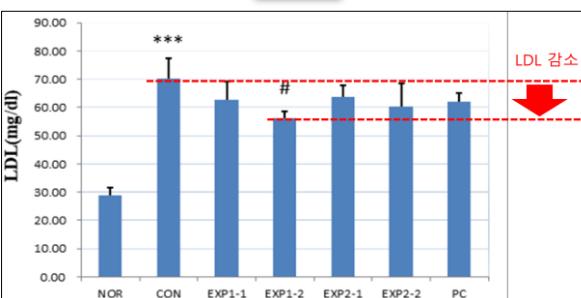
ALT



HDL



LDL



- ❖ AGI 고활성 잎전용 고추 추출물을 당뇨모델 db/db mice에 8주간 섭취한 결과, 투여초기에는 항당뇨 활성이 두드러지지 않았지만 8주간 투여에 의해 아래와 같은 개선을 확인함.
 - ✓ 체중의 증가를 완화시킴.
 - ✓ 아카보스(Acarbose)와 유사 수준의 혈당강하 효과를 확인함.
 - ✓ 당뇨개선 및 혈중 지질대사 이상을 개선하는 효과를 확인함.
- ❖ AGI 고활성 잎전용 고추가 당뇨 질환 예방 및 비만 치료에 효과적인 우수 식품 소재로 개발될 수 있음을 시사함.

AGI 고활성 잎전용 고추 품종 개발

❖ 국립원예특작과학원

계통명	AG Inhibition (%)	엽장 (cm)	엽폭 (cm)	초장 (cm)	주간 길이 (cm)	경경 (mm)	비고
AGI 29	74.8±8.3	16.0±0.3	6.9±0.1	97.7±1.2	21.7±1.5	17.4±1.7	신규 육성 계통
AGI 23	74.6±1.2	16.6±0.6	7.0±0.0	107.0±5.1	27.7±1.3	18.9±2.2	고활성×고활성 조합 약배양 유래 DH계통
AGI 22	68.0±4.8	17.6±1.0	6.3±0.6	100.7±2.3	28.7±3.2	19.0±3.8	고활성×고활성 조합 약배양 유래 DH계통



'원기2호'

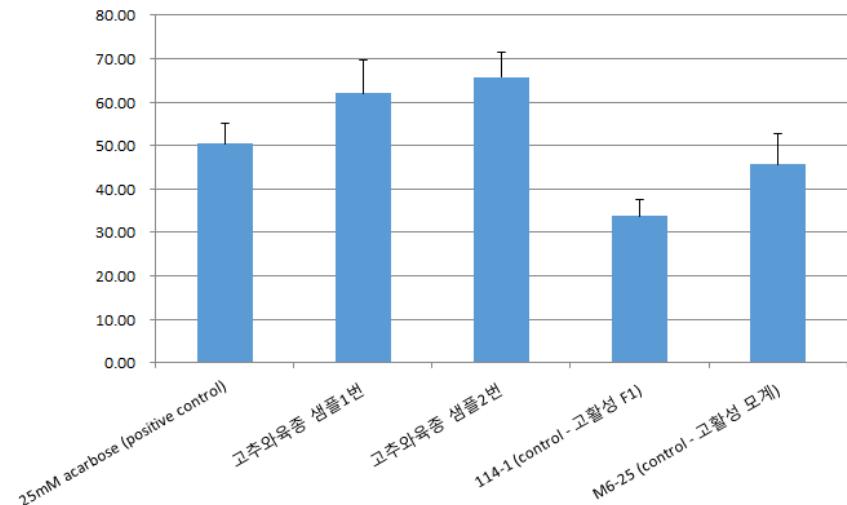


AGI 22



AGI 23

❖ (주)고추와육종



'살리초'



기존 복합내병성 세포질웅성불임(CMS)
계통과 회복유전자가 없는 유지친(*rf/rf*)
계통간 교잡을 통하여 열매가 열리지 않는
AGI 고활성 잎-줄기 전용고추를 '살리초'
로 품종보호 출원함

고추 기능성 품종 개발 전망

- ❖ 지난 10년 동안 세계 및 국내 건강기능성 식품(보충제) 시장 규모가 꾸준히 증가하는 추세임.
 - 세계 시장: 연평균 성장률 5.7%
 - 국내 시장: 연평균 성장률 13.1%
- ❖ 고추 과실 및 잎에는 다양한 기능성 식물화합물을 함유하고 있어 기능성 식품 개발 가능성이 있음.
 - 캡사이시노이드(capsaicinoids), 캡시노이드(capsinoids)
 - 카로티노이드(carotenoids)
 - 플라보노이드(flavonoids)
 - 다양한 페놀화합물(phenols)
 - 비타민C(ascorbic acid) & 비타민E(α -tocopherol, γ -tocopherol)
- ❖ 현재 몇 가지 기능성 고추 품종이 개발되어 있으나 앞으로 더욱 많은 기능성 품종이 개발될 것으로 기대됨.
 - AGI 고활성(혈당 조절 기능) 고추 품종: '당조고추', '당조마일드고추', '미인풋고추', '원기1호', '원기2호', '살리초' 등
 - 캡시에이트 고함량(체지방 조절 기능) 고추 품종: '캡시에이트고추', '다이어트고추' 등
 - 안토시아닌 고함량(항산화 기능) 고추(일명 가지고고추) 품종: '미인보라', '드셔보라' 등
 - 다양한 과색에 따라 서로 다른 종류의 카로티노이드가 다량 함유되어 있어 이를 기능성 고추로 개발할 수 있음.
- ❖ 기능성 고추의 개발은 고추 종자산업 뿐만 아니라 이를 생산하는 농민, 이를 원료로 하는 건강기능성 식품산업 등 모든 산업을 함께 발전시킬 수 있을 것으로 기대함.

Acknowledgements

❖ 전북대학교

- 박도이 (박사과정)

❖ 국립원예특작과학원

- 조명철 연구관
- 양은영 박사
- 사무엘 틸라훈 (박사과정)

❖ (주)고추와육종

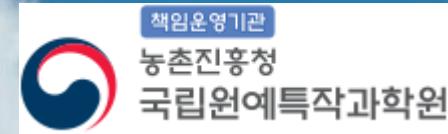
- 윤재복 박사
- 도재왕 이사
- 홍순철 과장

❖ (주)비트원

- 권중기 교수 (전북대)



전북대학교
JEONBUK NATIONAL UNIVERSITY



농촌진흥청



차세대바이오그린21 사업



식물분자육종사업단
PMBC Plant Molecular Breeding Center

전북대학교

A close-up photograph of several green and red chili peppers arranged in a cluster. The green peppers are long and slender, while one red pepper is visible among them. The background is a plain, light color.

감사합니다