

전략체계	혁신 - 3 - 1		수행시기	전반기 (완결)	
기술분야코드	V1	기술유형코드	S02	작목구분코드	FR-03-FR35
과제종류	기관고유		과제번호	LP004098	
과제명	자색옥수수 산업화				
과제책임자	성명		직급	소속기관 및 부서	
	이기연		농업연구사	농업환경연구과	
연구기간	2022 ~ 2023		참여연구기관	-	
세부과제명			부서	세부책임자	연구기간
1) 자색옥수수 품질관리 및 산업화			농업환경연구과	이기연	'20~'23
키워드					

## ABSTRACT

Purple Corn Saekso 1 functional corn variety developed to utilize the anthocyanin pigment accumulated in corn, and was registered as a variety in 2011. The characteristic of pigment No. 1 variety is that the grains are yellow, the bracts and cob surrounding the grains are dark purple, and a high amount of anthocyanin pigment is accumulated in these areas. Currently, corn bracts are not registered as a food ingredient in Korea, so their use as a food ingredient is not possible. Therefore, in order to use purple corn bracts and cobs as food raw materials, a large-scale manufacturing process for the extract was established, and safety was proven through toxicity testing, and it was approved as a temporary food raw material by the Ministry of Food and Drug Safety(No. 2017-5). It was converted to a notified raw material in June. In this study, we explored the suitability of purple corn extract to expand its use as a general food ingredient and promoted related commercialization. Currently, the application for a temporary food ingredient for bract extract alone has been completed, and the goal is to register it in the first half of 2024. In addition, research on the functionality of purple corn extract is being conducted through external joint projects, and bio-related companies in the Gangwon region are pursuing human application tests for purple corn to improve eye health and prostate. Due to the expansion of purple corn extract into general foods and health functional food materials, the establishment of a raw material production complex and quality control of raw materials are required. In this study, pilot cultivation was conducted at a contract farming farm to secure purple corn raw materials, and research was conducted on quality differences depending on cultivation methods and appropriate quality control after harvest.

## 1

### 연구목표

자색옥수수 색소 1호는 옥수수에 집적되는 안토시아닌 색소를 활용하고자 개발된 기능성 옥수수 품종으로 2011년 품종 등록되었다. 색소 1호 품종의 특징은 알곡은 노란색, 알곡을 감싸고 있는 포엽과 속대는 짙은 보라색으로 이 부위에 안토시아닌 색소가 고함량으로 집적되는 특징이 있다. 현재 국내에서 옥수수 포엽은 식품원료로 등록이 되어있지 않기 때문에 옥수수 포엽의 식품원료 사용이 불가한 실정이다. 따라서, 자색옥수수 포엽과 속대를 식품원료로 사용하고자 추출물의 대용량 제조공정을 확립하였으며 독성시험 수행을 통하여 안전성을 입증하고 식품의약품안전처의 한시적식품원료로 승인받았으며(제2017-5호) 2022년 6월 고시형 원료로 전환되었다. 본 연구에서는 자색옥수수 추출물의 일반식품원료 사용 확대를 위한 적성탐색과 관련 사업화 추진을 수행하였다. 현재 포엽 단독 추출물에 대한 한시적식품원료 신청이 완료되었으며 2024년 상반기 등재를 목표로 하고 있다. 또한, 외부 공동과제 등을 통하여 자색옥수수 추출물의 기능성 연구가 진행되고 있으며 강원 지역 내 바이오 관련 기업에서 자색옥수수 눈건강과 전립선 개선 인체적용시험을 추진하고 있다. 자색옥수수 추출물의 일반 식품 확대와 건강기능식품 소재로의 확대에 인한 원료 생산 단지 구축 및 원재료의 품질관리 등이 요구된다. 본 연구에서 자색옥수수 원료 확보를 위하여 계약 재배 농가에서 시범재배를 진행하였으며, 재배 방법에 따른 품질차이와 수확 후 적정 품질관리 연구를 수행하였다.

## 2

### 재료 및 방법

#### <제1세부과제 : 자색옥수수 품질관리 및 사업화>

##### (시험 1) 자색옥수수 품질관리

자색옥수수 원료 생산 및 품질관리를 위하여 홍천과 횡성, 춘천 지역 농가를 대상으로 계약재배를 진행하고 원료를 수매하였다. 파종품종은 색소 5호, 파종시기는 4월 중순, 파종기로 직파하였으며 수확시기: 8월 9일~13일 사이였다. 옥수수 재배 포장 200m 이내 찰옥수수 재배 농가 배제 후, 최적의 색소함량을 위한 재배법 검정을 위해 일부 재배에서는 옥수수 수술을 제거하는 제웅처리를 하였다. 농가에서 수확 후 건조한 다음 알곡이 있는 속대는 탈곡하여 납품하는 것을 원칙으로 하여 수매하였으며 수매가는 건조원료 1kg 당 18,000원이었다.

수확 후 건조된 포엽과 속대는 산업용 대용량 흡습제를 동봉하여 상온 암소에 압축 저장하였으며 건조 대상 시료 저장관리를 위하여 원료 저장시설 살균 및 해충 제거 작업을 수행하였다. 건조 포엽과 속대 시료의 안토시아닌 함량 분석을 통하여 품질관리를 수행하였다.

##### (시험 2) 자색옥수수 사업화 지원

본 연구는 자색옥수수 추출물의 사용처 및 사업화 확대를 위하여 수행되었으며 향후 기술이전을 위하여 추출물과 자색옥수수를 활용한 상품개발용 특허기술을 개발하였다. 옥수수 알곡 색소 2호, 4호, 황옥을 활용하여 침지방법 및 볶음온도를 설정하고 안토시아닌 함유된 액상차 공정을 개발하였다. 공정별로 침출된 액의 안토시아닌 함량과 총폴리페놀 및 플라보노이드 함량을 분석하고 항산화활성을 검정하였다.

### 3 결과 및 고찰

#### <제1세부과제 : 자색옥수수 품질관리 및 사업화>

##### (시험 1) 자색옥수수 품질관리

2022년 홍천에서 재배된 원료의 안토시아닌 함량을 분석하고 전년도 생산 시료와 비교하였다. 속대의 안토시아닌 함량은 제웅 유무 및 탈곡정도에 따라 함량에 차이를 보였다. 또한, 알곡이 맷힌 속대의 탈곡방법에 따른 색소 함량을 비교한 결과, 기계탈곡 시 속대의 안토시아닌이 손탈곡 속대에 비하여 크게 손실되는 것으로 확인되었다. 포엽·속대 추출물의 안정적 색소함량 유지를 위하여 제웅 재배를 고려할 필요가 있다고 판단된다.

표 1. 자색옥수수 포엽 및 속대 건조 시료 안토시아닌 함량

색소 5호	2021년		2022년	
	포엽	속대	포엽	속대
총안토시아닌	6.11±0.12	2.28±0.15	6.14±0.21	0.98±0.04
C3G	0.47±0.01	0.15±0.01	0.53±0.02	0.10±0.01



【제웅】

【무제웅】

그림 1. 제웅 속대와 무제웅 속대의 수



【제웅】



【무제웅: 기계탈곡】



【무제웅: 손탈곡】

그림 2. 수확 후 건조한 속대

표 2. 자색옥수수 속대의 제웅 및 탈곡 방법에 따른 안토시아닌 함량

시료구분	총안토시아닌	
		%
제웅	2.47±0.19	0.19±0.01
무제웅	기계탈곡	0.30±0.10
	손탈곡	0.87±0.10



【6월 22일】



【8월 3일】



【미숙한 이삭】



【수확대상 시료상태】

그림 3. 자색옥수수 재배현황 사진

추출물의 유통기한 동안 변화를 측정하였다. 대상시료는 20년 7월 생산 포엽·속대 추출물(유통기한 22년 7월)이며 측정항목은 안토시아닌 함량, 미생물, 수분함량 등이었다. 분석결과, 미생물 불검출, 수분함량은 2.9~3.2%로 유지되는 것으로 확인되었다. 추출물 시료 보관상태는 은박 PP소재 밀봉, 상온 조건이었다.

표 3. 유통기한 동안 추출물 색소 함량 변화

시료구분	총안토시아닌	
	%	
생산 시	20.22±0.16	1.69±0.05
유통기한 경과 후	17.70±0.12	1.61±0.02

건조 포엽 및 속대의 보관 기간 동안의 변화를 확인하였다. 건조시료는 비닐 지퍼백 포장하여 저장고 보관하였으며 수분 함량 1.5~2.5% 이내이었다. 2021년 생산 시료 대상 안토시아닌 및 곰팡이 독소 분석(총아플라톡신, 오크라톡신 A, 푸모니신 B1 및 B2, 제랄레논) 결과, 불검출이었으며 보관 1년간 색소함량이 유지되는 것으로 확인되었다.

표 4. 품종별 건조 포엽 및 속대의 색소함량 비교

시료구분	2021.11.		2022.10.		
	총안토시아닌	C3G	총안토시아닌	C3G	
	%				
색소5호	포엽	4.90±0.19	0.42±0.01	4.71±0.11	0.48±0.03
	속대	2.47±0.19	0.19±0.01	0.11±0.02	0.18±0.01

2023년 황성과 춘천에서 재배된 원료의 안토시아닌 함량을 분석하고 재배 시기별 생육상태를 점검하고 포엽의 색소가 최대로 집적되는 시점에 수확을 진행하였다. 시료 수확 후 포엽, 속대 품질평가를 위하여 생산 원료 전체 및 고품분의 안토시아닌 및 C3G 함량 분석하였다. 지역별 시료 간 속대의 안토시아닌 함량 차이가 컸으며 속대의 분쇄 정도 및 제웅 여부 등에 따른 시료 간 함량 차이가 발생하였다.

표 5. 자색옥수수 재배 현황

재배지	면적(평)	파종일	정식일	수술제거	수확
황성군 청일면	2,100	4.25.	5.11.	7.4.~	8.8.~
춘천시 신북읍	200	5.9.	5.25.	7.12.~	8.14.~



그림 4. 재배지 점검 및 생육현황

표 6. 2023년 생산 원료 고품분 및 추출물 안토시아닌 함량 비교

지역	부위	건체			고형분		
		수분	총안토시아닌	C3G	함량	총안토시아닌	C3G
			%			%	
홍천 ('22)	포엽	6.49	5.27±0.63	0.49±0.03	0.86±0.01	19.81±0.14	2.07±0.01
	속대	5.61	1.60±0.03	0.24±0.01	0.81±0.03	3.04±0.09	0.06±0.01
	포엽+속대	-	3.19±0.36	0.33±0.04	0.83±0.01	8.25±0.09	0.47±0.02
춘천 ('23)	포엽	6.35	6.62±0.34	0.48±0.03	1.04±0.01	14.97±0.08	1.22±0.01
	속대	4.97	1.31±0.08	0.18±0.01	0.63±0.03	4.35±0.17	0.17±0.01
	포엽+속대	-	3.10±0.13	0.25±0.01	0.86±0.01	10.28±0.12	0.71±0.02
횡성 ('23)	포엽	5.66	5.51±0.21	0.44±0.01	0.89±0.01	19.13±0.11	1.82±0.03
	속대	5.90	1.87±0.18	0.23±0.02	0.99±0.01	4.06±0.06	0.50±0.01
	포엽+속대	-	3.66±0.38	0.33±0.05	1.06±0.01	6.89±0.13	0.34±0.01

자색옥수수 수확 후 냉장(4℃), 냉동(-20℃) 보관하여 건조한 시료의 품질을 분석하였다. 춘천(23) 재배 시료를 대상으로 수확 후 포엽 분리한 다음 즉시 냉풍 제습 건조한 시료와 색소 함량 비교하였다. 시료 입고 후 포엽 미분리 이삭 냉장 보관(4주) → 포엽 분리 → 냉장 및 냉동 보관(4주) → 총안토시아닌 및 C3G 분석 결과, 즉시 건조 시료에 비하여 수확 후 냉장 또는 냉동 보관 후 건조한 시료의 총안토시아닌 및 C3G의 함량이 낮은 것으로 확인되었다. 자색옥수수 냉장 저장 시 포엽 분리 여부에 따른 색소 함량을 분석하였다. 포엽 분리/미분리 시료 냉장 보관(4℃) 후 냉풍제습 건조하여 안토시아닌 함량 비교하였다. 냉장 보관 후 건조한 시료의 경우 포엽 분리 시료에 비하여 미분리 시료의 색소 함량이 높은 것으로 확인되었다. 포엽 시료의 경우 농진청 공동연구과제(자색옥수수 포엽 식품소재화 및 적성탐색)와 동시에 수행되었으며 포엽 데이터는 공동연구 최종보고서에 첨부하였다.

표 7. 자색옥수수(포엽 분리) 저장 온도에 따른 안토시아닌 함량 비교

구분	부위	총안토시아닌		C3G
		%		
냉풍 제습	포엽	6.62±0.34		0.48±0.03
	속대	1.31±0.08		0.18±0.01
	포엽+속대	3.10±0.13		0.25±0.01
냉장 (4주)	포엽	3.06±0.05		0.37±0.01
	속대	0.62±0.11		0.08±0.01
	포엽+속대	1.17±0.17		0.21±0.01
냉동 (4주)	포엽	2.44±0.18		0.30±0.01
	속대	0.56±0.13		0.07±0.01
	포엽+속대	1.77±0.17		0.20±0.03

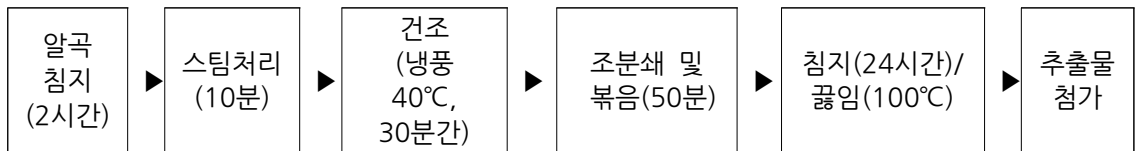
표 8. 자색옥수수 포엽 분리 여부에 따른 안토시아닌 함량 비교

구분	부위	포엽 분리		포엽 미분리	
		총안토시아닌	C3G	총안토시아닌	C3G
		%		%	
냉장 (4주)	포엽	3.06±0.05	0.37±0.01	3.32±0.11	0.41±0.01
	속대	0.62±0.11	0.08±0.01	0.63±0.08	0.11±0.01
	포엽+속대	1.17±0.17	0.21±0.01	1.82±0.08	0.23±0.01
냉동 (4주)	포엽	2.44±0.18	0.30±0.01	3.01±0.38	0.38±0.02
	속대	0.56±0.13	0.07±0.01	0.41±0.08	0.08±0.01
	포엽+속대	1.77±0.17	0.20±0.03	1.58±0.21	0.21±0.01

## (시험 2) 자색옥수수 사업화 지원

옥수수 알곡 및 추출물 사용 확대를 위하여 액상차 공정을 개발하였다. 액상차는 포엽 및 속대 추출물의 허가대상식품유형으로 액상차 형태의 다양한 상품개발이 가능하다. 개발된 공정은 특허출원 가능성을 검토하여 향후 출원을 완료하고 기술이전을 추진할 예정이다. 액상차 제조를 위한 전처리 조건은 알곡 침지 → 스팀처리 → 건조(냉풍) → 조분쇄 → 침지/가열 → 포엽 및 속대 추출물 0.01~0.05% 첨가의 순이며 사용 품종(알곡)은 색소2호 또는 4호, 색소 1호 또는 5호, 황옥이다.

표 9. 전처리 순서



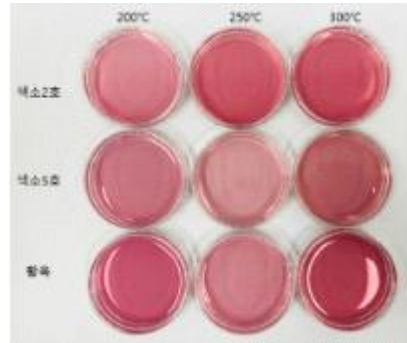
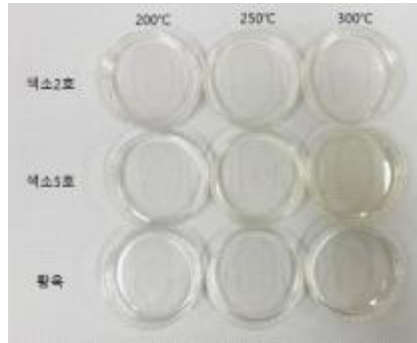
대조 실험군으로 조분쇄 한 시료의 가열(끓임) 및 침지 처리한 추출액을 사용하였으며 자색 알곡 볶음온도별(200, 250, 300℃) 품질테스트 후 최적온도를 설정하였다. 볶음 온도 200℃ 가열(끓임) 추출액의 총안토시아닌 함량이 높았으나 옥수수 침출액의 향의 기호도가 떨어졌다. 색소 함량은 추출물로 보완 가능하므로 200℃보다 향미가 우수한 250℃를 최적온도로 설정하였다. 300℃에서는 자색 알곡 껍질이 타는 현상 발생하여 볶음 처리 후 추출된 차의 향과 색의 품질이 저하되었다. 동일 전처리한 알곡을 24시간 침지시킨 것과 가열(알곡과 물을 넣고 끓이는 방식)한 추출액을 제조하고 추출물 첨가 전, 후의 색도, 안토시아닌, 항산화 활성 등을 비교하였다. 자색알곡은 침지 처리보다 가열처리 시 색소가 발현되었으며 총폴리페놀과 플라보노이드 함량이 높은 것으로 확인되었으며 추출물 첨가(0.01%)로 항산화물질 함량 및 DPPH와 ABTS 저해활성이 증가되었다.

표 10. 볶음온도별 자색옥수수 알곡 가열 추출액의 안토시아닌 함량

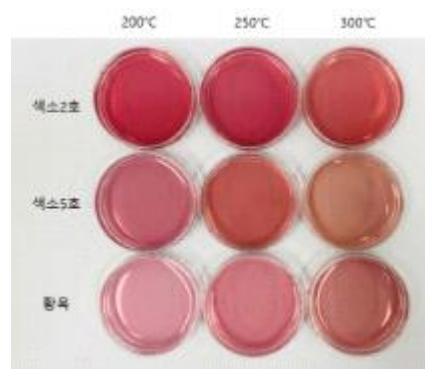
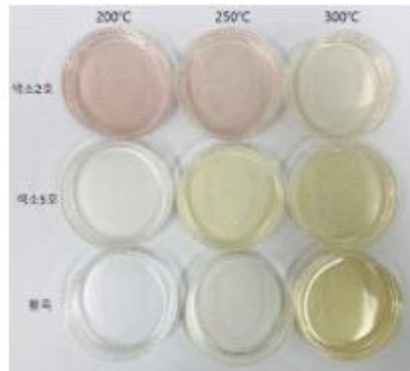
	200℃	250℃	300℃	250℃
	추출물 첨가 전			추출물 첨가 후
총안토시아닌(mg/kg)	50.40±0.84	17.48±0.29	4.45±1.47	84.13±0.39

※ 상기 데이터의 추출액은 자색알곡과 볶은 수수, 메밀 등이 포함된 것임

【침지】



【가열】



【추출물 첨가 전】

【추출물 첨가 후】

그림 5. 알곡 전처리에 따른 곡물차 색상 비교

표 11. 전처리별 추출액의 항산화 활성 비교

처리방법	알곡 종류	볶음 온도 (°C)	총폴리페놀	총플라노이드	DPPH 저해활성	ABTS 저해활성		
			mg/L		%			
추출물 첨가 전	가열	색소 2호	200	68.59±4.67	83.77±3.85	71.10±1.56	15.50±1.59	
			250	71.46±7.59	87.98±6.67	61.47±2.00	14.50±2.22	
			300	42.29±4.14	34.20±1.46	44.23±0.78	9.51±0.87	
		색소 5호	200	33.64±3.06	-	21.81±3.38	6.52±1.23	
			250	46.42±2.94	-	29.99±2.56	6.60±0.90	
			300	32.21±0.90	25.80±5.82	21.25±7.81	5.41±1.39	
		황옥	200	19.69±3.42	-	8.54±3.56	2.60±4.00	
			250	15.13±1.20	-	13.91±2.85	4.77±0.78	
			300	46.55±3.73	-	33.35±2.17	9.71±8.38	
	침지	색소 2호	200	22.95±1.76	-	25.13±1.20	5.64±0.31	
			250	16.69±1.48	-	15.55±1.14	5.16±0.71	
			300	15.00±0.45	-	18.92±0.49	5.87±3.54	
		색소 5호	200	9.52±0.23	-	10.54±0.68	-	
			250	16.43±2.07	-	13.22±1.75	0.41±0.99	
			300	18.78±0.39	-	13.81±1.75	2.50±0.41	
		황옥	200	4.43±0.23	-	5.38±1.11	-	
			250	7.95±0.81	-	6.71±1.32	2.02±0.19	
			300	11.74±0.39	-	6.99±2.05	3.89±1.14	
	추출물 첨가 후	가열	색소 2호	200	172.78±8.52	325.77±18.24	94.81±1.27	33.57±1.20
				250	171.73±6.15	293.84±12.94	95.25±0.33	32.96±0.14
				300	163.65±8.70	277.88±3.85	93.49±0.31	27.56±0.71
			색소 5호	200	130.40±5.43	215.70±5.25	93.40±1.50	25.94±0.17
				250	144.87±3.72	243.42±13.88	94.67±0.19	24.89±1.59
				300	145.65±3.86	252.67±3.85	95.19±0.41	29.64±0.90
황옥			200	114.49±4.89	184.61±7.70	92.79±0.45	27.98±2.07	
			250	127.66±2.60	194.69±5.82	92.68±0.33	30.78±0.61	
			300	134.96±1.03	242.58±6.32	95.43±3.37	33.66±1.65	
침지		색소 2호	200	125.83±3.37	214.86±3.85	94.19±0.12	34.42±3.89	
			250	127.01±1.93	218.22±2.91	94.22±0.28	25.80±1.60	
			300	127.14±3.52	198.05±1.46	93.72±0.29	35.67±5.65	
		색소 5호	200	121.66±4.44	180.41±3.85	94.04±0.39	32.17±4.46	
			250	126.88±2.94	193.85±5.04	94.12±0.33	33.57±4.98	
			300	129.88±3.20	177.88±3.85	94.51±.29	38.57±4.64	
		황옥	200	113.97±4.07	187.97±6.34	92.21±0.45	25.28±1.41	
			250	112.14±2.55	175.36±1.46	90.46±0.28	20.25±2.05	
			300	120.62±4.07	182.93±6.34	92.39±0.40	22.30±2.83	

### <제1세부과제 : 자색옥수수 품질관리 및 사업화>

#### (시험 1) 자색옥수수 품질관리

- 가. 자색옥수수 색소 5호 농가 재배하여 원료 수매함(홍천, 횡성, 춘천)
- 나. 품질관리를 위한 안토시아닌 함량 측정 결과, 건조 시료 기준 포엽의 총안토시아닌과 C3G 함량은 6.14%, 0.53%이었고, 속대의 함량은 0.98%, 0.10%이었음
- 다. 속대 이삭 제거 시 색소 손실이 컸으며 제웅 재배한 속대의 안토시아닌 함량이 현저히 높은 것으로 나타남. 제웅 속대 총안토시아닌은 2.47%, C3G는 0.19%이었음
- 라. 수확 후 포엽 즉시 건조 시료보다 냉장 및 냉동보관 후 건조한 시료의 색소 함량이 떨어졌으며, 냉장 보관 후 건조한 시료의 경우 포엽 분리 시료에 비하여 미분리 시료의 색소 함량이 높은 것으로 확인되었음

#### (시험 2) 자색옥수수 사업화 지원

- 가. 자색 알곡 볶음온도별(200, 250, 300℃) 품질테스트 후 최적온도 250℃를 설정하였으며 볶음 알곡을 침지 처리한 것보다 가열처리한 것이 색소 발현이 우수하였음
- 나. 자색 알곡은 가열처리한 알곡 추출액의 총폴리페놀과 플라보노이드 함량이 높았으며 추출물 첨가(0.01%)로 항산화물질 함량 및 DPPH와 ABTS 저해활성 현저히 증가하였음

- 김희연, 박종열, 박기진, 류시환, 장은하, 고병대, 윤병성, 용우식, 최재근. 2021. 안토시아닌 고함유 자색옥수수 '색소1호'의 주요특성. 534-538. 한국육종학회지
- 김효주, 위지향, 양은주. 2015. 흑미 미강으로부터 안토시아닌의 최적 추출 조건 및 안토시아닌 추출 분말의 저장 안정성. 44(1) 1543-1549. 한국식품영양과학회지
- 김은진, 최주연, 유미리, 김미영, 이상현, 이복희. 2012. 자생식물과 생약자원 추출물의 폴리페놀, 플라보노이드 함량 및 항산화 활성 탐색. 337-342. 한국식품과학회지

## 6 연구결과 활용

연도(연차)	활용방안	제 목
2022 (1년)	학술발표	자색옥수수 제웅에 따른 속대 안토시아닌 함량
	홍보	자색옥수수 산업화 확대 관련
	기술이전	자색옥수수 앙금빵 제조기술(특허)
	특허등록	색소 2호 알곡 및 추출물 활용 앙금제조법 특허 등록
2023 (2년)	학술발표	자색옥수수 추출물의 색소 안정성
	홍보	자색옥수수 사업화 확대 관련
	컨설팅	자색옥수수 원료 관리 및 허가식품대상 사용법
	특허출원	포엽 항비만 활성 조성물

성과지표명		연도		1년차 (2022)		2년차 (2023)		계	
		목표	실적	목표	실적	목표	실적		
특허	출원	1		1	1	2	1		
	등록		1				1		
학술 발표	국제	1	1	1		2	1		
	국내	1	1		1	1	2		
홍보		3	3	3	3	9	6		
농가컨설팅				1	1	1	1		
기술이전		1	1			1	1		
계		7	7	6	6	16	13		

## 7 연구원 편성

구분	소속	직급	성명	수행업무	참여년도	
					'22	'23
과제책임자	농업기술원	농업연구사	이기연	과제 총괄	○	○
세부책임자	농업기술원	농업연구사	이기연	세부주관 수행	○	○
공동연구자	농업기술원	농업연구사	이재형	시험수행 및 평가	○	-
	"	"	이재희	품질조사 지원	○	○
	"	"	김희연	현장조사 지원	○	○
	"	농업연구관	서영호	현장조사 지원	○	○
	"	"	김기선	평가분석 지원	○	○
"	"	류시환	현장조사 지원	○	○	