

연구과제 최종보고서

과 제 명	쌀 도정도 및 메·찰 판별을 위한 정성·정량 검정법 개발				
총연구기간	2017년 1월 ~ 2018년 12월		당해연도 연구기간	2018년 1월 ~ 2018년 12월	
수행부서/ 세부수행부서	시험연구소/ 품질조사과 (용역)	연구 책임자	구분	직위	성명
			정	과장	김재곤
		부	주무관	윤용식	
		참여 연구원	직위		성명
			팀장		박영준
			주무관		이혜진
			주무관		이상신
			주무관		박상희
주무관			이민희		
주무관		김지원			
참여부서	(주) 바이오어세이				
사업구분	단년도 () 다년도 (√)		총 (2)개년 중 (2)차 연도		
연구결과 요약	<input type="checkbox"/> 연구목표 ○ 기존 검정 방법의 체계화 - 도정도 검정(Methylene Blue & Eosin Y), 메·찰 검정(Iodine Solution)에 사용가능한 유효성, 안정성, 안전성 및 사용 편의성이 확보된 시약의 개발 및 검증시스템의 개발 ○ 검정 방법의 정량화				
	<input type="checkbox"/> 연구내용 ○ 쌀 도정도 및 메·찰 검정용 시약 키트 개발 - 사용 편의성을 부여하여 실험실 및 검사현장에서 신속하게 사용할 수 있는 키트 개발(기존 방법의 단순화) ○ 키트를 이용한 과학적인 정량검정 시스템 개발 <input type="checkbox"/> 기대성과 ○ 개발된 키트를 현장에 적용하여 업무 효율성 제고 ○ 현 육안식별을 통한 주관적인 결과 판정방법을 객관적이고 과학적인 분석법으로 개발				

쌀 도정도 및 메·찰 판별을 위한 정성·정량 검정법

1. 연구배경 및 목표

가. 연구배경

벼는 식물분류학상 화본과(禾本科) 벼속 식물에 속하고, 벼의 학명은 *Oryza sativa* L.(아시아벼), *Oryza glaberrima* S.(아프리카 벼)이다. 우리가 일반적으로 먹는 쌀은 *Oryza sativa* 중에서도 자포니타입(단립종)에 속함. 인도와 차이나에서 주로 먹는 쌀은 *Oryza sativa* 중에서 인디카 타입(장립종)에 해당하는데 장방형으로 길쭉한 모양을 하고 있고 찰기가 없는 것이 특징임. 벼는 벼꽃이 수정하여 암술의 씨방이 살져 생긴 것이므로 단순한 씨앗이 아니고 열매에 해당한다.

벼는 벼 껍질에 해당하는 부분을 제거 한 후에야 먹을 있는 데 이 공정을 도정이라 함. 벼에서 왕겨 부분만 벗겨 낸 것을 현미라고 하는데, 현미는 약간 거무스름한 색을 띰. 현미에는 벼의 발아에 필요한 여러 가지 기능을 하는 성분들이 들어 있는데, 이 성분들은 우리 몸에 필요한 영양소이기도 하지만 이 때문에 쉽게 부패하는 성질을 가지고 있으므로 현미를 보관할 때는 신중을 기해야 한다.

왕겨를 벗겨낸 현미는 쌀의 껍질에 해당하는 과종피(강층), 발아 등 생식생장 기능을 가진 배아, 배아가 자라는 데 필요한 영양원인 배유부 등 3 부분으로 구성되어 있으며, 왕겨를 벗겨낸 현미는 과종피(강층)와 배유부의 중간에 있는 호분층을 제거하고 배아의 일부와 배유부를 남게 하는 기계공정을 거쳐 우리가 먹는 쌀로 만들어 짐. 요약하면 왕겨를 벗겨낸 현미 상태의 벼를 도정 과정을 통하여 우리가 일반적으로 먹는 흰쌀로 바꾸는 공정이라 말할 수 있고, 쌀을 얼마나 깎아 내느냐(도정정도)에 따라서 쌀의 특징과 밥맛은 조금씩 변하게 된다.

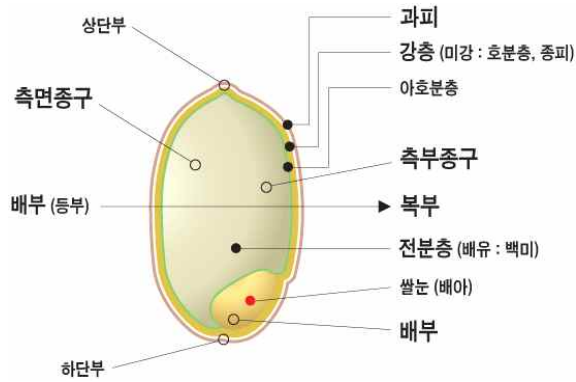


Figure. 1. 쌀의 구조

쌀의 도정과정은 벼-정선-제현(왕겨를 벗겨내는 것)-현미 분리-석발(돌 고르기)-현백-쇄리(싸라기) 분리-쌀 등의 순으로 진행됨. 쌀은 외부로부터 왕겨층, 미강층, 전분층으로 분류하기도 하는데, 왕겨층을 제거하는 것을 제현이라고 한다.

미강층은 현미의 최외층으로부터 과피, 종피, 외배유 및 호분층 까지를 말하는데 쌀겨층이라고도 함. 엄격히 말하면 도정이라 함은 이 미강층을 제거하는 것을 말하고 도정정도라 함은 이 미강층을 얼마나 제거하느냐를 일컫는다. 그리하여 가장 안쪽의 전분층(내배유)을 남기는 것이다.

쌀의 도정도란 현미의 (미)강층의 박리(剝離) 정도를 말하는데, 미강 발생량 8%를 기준으로 현백률을 정하여 사용한다. 그 정도에 따라 8분도, 10분도, 12분도 등으로 표현하고 있으나 이는 관념적인 표현으로 정확한 표현 방법은 아니다. 일반적으로 간단히 사용할 때는 아래와 같은 분류법을 사용한다. 백미라 함은 10분도 이상의 쌀을 일반적으로 의미한다.

우리나라 쌀 품질에 관련하여 2000년대 이전에는 배유 전분 물성, 호화 특성, 아밀로오스 및 단백질 함량, 외관 등 식미와의 관련성을 중심으로 많은 연구가 이루어졌고, 최근에는 건강에 대한 관심 증가와 밥맛이 좋은 쌀을 선호하면서 쌀 식품 형태나 용도의 다양화에 대비하여 용도별 쌀 품종을 육종하는 방향으로 변화되었다.

한편, 밥맛은 품종, 재배 및 수확 후 건조, 저장, 도정 특성 등 다양한 측면에서 관여하고, 최종적으로 밥의 물리적 성상에 영향을 주는 취반 조건 등에

의해서도 좌우된다. 이러한 취반 특성은 쌀의 구성 성분, 배유부의 전분 구조에 따라 수분 흡수속도, 호화 속도 등이 상이하어 이에 대한 연구 또한 진행되어 오고 있다.

1) 도정도 구분 기준

도정도, 즉 우리가 8분도, 10분도 쌀이라고 부르는 것은 현미에서 깎아낸 무게의 백분율을 의미한다. 즉 분도가 커지면 더 순수한 전분층만 남게 되는 데, 쌀의 색은 좀 더 투명해지고 밥맛은 부드러워진다. 이에 반해 도정도가 낮아지면 영양소는 많아지지만 밥의 색은 탁해지고 식감이 거칠어진다. 일부 쌀의 경우에는 50분도, 즉 일본에서는 고급 청주를 만들기 위해 50% 까지 깎아 내기도 한다.

Table 1. 쌀 분도

0분도 쌀	현미 그 자체(벼 중량의 80%내외)
5분도 쌀	현미에서 씨눈이 남아있는 정도이며 현미 중량의 5% 정도가 감소된 쌀
7분도 쌀	현미에서 씨눈의 70% 정도가 남아있는 정도이며 현미 중량의 7% 정도가 감소된 쌀
10분도 쌀	백미 또는 정백미라고 부르며 현미에서 겨층과 씨눈이 거의 제거되어 현미 중량의 10% 정도가 감소된 쌀

쌀의 도정도를 좀 더 과학적인 현백률로 표현하면 다음과 같다.

Table 2. 분도별 현백률

분 도	현백률(%)	산출근거	현미의 부위별 강층 박리 정도
7	94.4	$100-(8 \times 0.7)$	측면, 복면부 박리(剝離)
8	93.6	$100-(8 \times 0.8)$	측면, 복면, 상단부 박리(剝離)
10	92.0	$100-(8 \times 1.0)$	측면, 복면, 상단, 하단, 배면, 종구, 배아부 박리(剝離)
12	90.4	$100-(8 \times 1.2)$	측면, 복면, 상단, 하단, 배면, 종구, 배아부 박리(剝離)

일반적으로 미강층(쌀겨)은 단백질, 지방, 비타민 B1 등이 많아 영양가가 풍부하나 섬유질 함량이 많아 조직감과 식미는 떨어진다. 벼는 먼저 정선과정을

거쳐 왕겨를 벗겨내는 제현, 현미 분리, 석발(돌고르기), 정미(현미에서 미강층 제거), 제강(쌀겨를 제거), 연미(쌀표면의 겨를 제거), 선별(바람을 이용 부서진 쌀을 제거), 포장 단계를 거쳐 제품으로 포장되어 최종적으로 소비자에게 전달된다.

(벼→ 정선 → 제현 → 현미 분리 → 석발 → 정미 → 제강 → 연미 → 선별 → 포장→ 제품) 쌀의 표피층은 배아와 배유의 접착 부분을 포함하고 있어 발아시에 전분의 당화를 촉진시키는 효소를 많이 분비한다. 이 부분을 제거하지 않은 현미가 쉽게 부패하는 것은 이 때문이다.

2) 도정의 원리

마찰과 찰리작용 등 강한 마찰을 이용하여 쌀겨층을 박리하는 것이 일반적인 도정의 원리이다. 그 외에도 연삭식 정미기가 있는데 이는 연삭작용과 충격작용을 이용하여 정미를 한다. 이 외에도 다단 정미방식을 사용하기도 하는데 이 경우에는 처음에는 연삭식, 그 다음에는 마찰식을 사용하는 방법이다. 대형 정미기는 여러 대의 정미기를 조합하여 운영하는 경우가 많고, 정선기, 정미 선별기, 혼미, 강화장치 등을 통해 표준화된 정미를 다량 생산하여 상품가치를 올리고 가공비를 절감한다.

- 마찰(磨擦)작용 ; 곡립이 서로 마찰되는 작용으로 곡립면이 미끈하게 되고 윤이 나며, 또 한 알맹이가 고르게 된다. 찰리 와 함께 일어날 때에 효과가 더 크다.
 - 찰리(擦離)작용 ; 마찰력을 강하게 작용시켜 곡립의 표면을 벗기는 마찰과 유사한 작용으로, 혼수. 가열하면 그 효과가 더욱 크다.
 - 절삭(切削)작용 ; 금강사, 슛돌, 롤러와 같이 단단한 물체의 모난 부 분으로, 곡립의 조직을 분할하는 것. 절삭하는 단위가 클 때는 연삭, 작을 때는 연마
 - 충격(衝擊)작용 ; 어떤 물체를 큰 힘으로 곡립에 충격시켜 조직을 벗기는 작용
 - 공동작용 ; 이들 작용은 상호 공동으로 작용하여 효과적으로 도정된다.
- 백미는 현미보다 탄수화물 비율이 높는데 비해 단백질과 지방함량은 적다.

멥쌀과 찰쌀은 조성분에 있어서 큰 차이는 없으나, 멥쌀은 20%의 아밀로스와 80%의 아밀로펙틴을 함유한다. 하지만 찰쌀은 대부분이 아밀로펙틴이고 아밀로스는 거의 함유되어 있지 않은 것이 특징이다. 쌀의 성분 함량은 탄수화물 70~80%, 조단백질 7~8%, 조지방 수분 1~2%으로 구성되어 있다.

따라서 도정도 검정과 메·찰 검정은 제품의 생산성 및 품질관리 측면에서 아주 중요하다고 할 수 있다. 이로 인하여 생기는 경제적 손실도 막대하다. 따라서 기존의 전통적인 방법에 과학적인 근거의 정량적인 제시와 가이드라인 필수적 이라고 할 수 있다.

나. 국내의 기술현황

1) 도정도 측정의 실험방법

가) 시약제조

- ① ME(MethyleneBlue, EosinY)시약
 - ㉠ 쌀용 : 메탄올 1,000ml에 MethyleneBlue 1.5g와 EosinY 0.75g를 용해 하여 원액제조 (메탄올 1,000ml에 MethyleneBlue 0.7g와 EosinY 1.0g도 가능)
 - ㉡ 보리쌀용 : 메탄올 1,000ml에 MethyleneBlue 1.6g와 EosinY 1.5g를 용해하여 원액제조
 - ㉢ ME시약을 사용할 때는 원액을 메탄올로 3배 희석하여 사용한다.

- ② 트리에타놀아민(Triethanolamine : 착색촉매제)시약
 - ㉠ 트리에타놀아민(Triethanolamine)을 증류수 또는 수돗물로 희석하여 3%액으로 만든다.

나) 처리방법

- ① 시료 5g를 취하여 3% 트리에타놀아민(Triethanolamine) 용액 15cc정도에 30초간 침지한 다음 맑은 물에 30초간 세척한다.
- ② ME시약 8cc정도에 1분간 침지하여 착색
- ③ 메탄올에 약 30초간 잘 흔들어 세척한 후 유리판에 얇게 펴놓고 감정

다) 판정방법

- ① 외피는 녹색, 호분층은 청색, 배유부는 도색(桃色)으로 착색되므로 청색 또는 녹색부분의 다소에 따라 판별한다. (호분층 제거미흡 : 청색, 도정 잘된 것 : 도색)

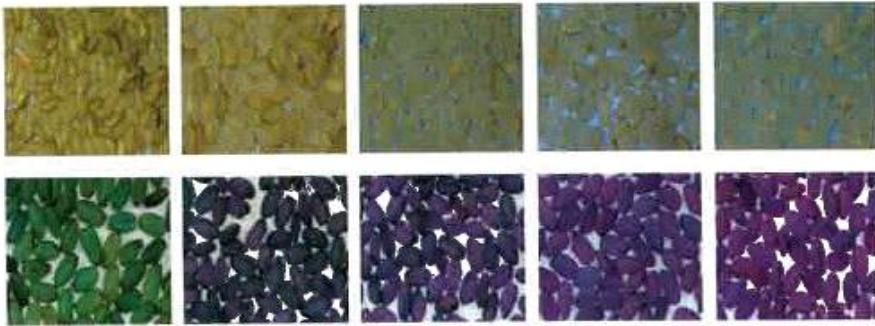


Figure. 2. 도정도 표시기준

- 1-1. 적 : 도정도가 표준품과 같은 정도
1-2. 약간 저하 : 도정도가 표준품보다 약간 낮다는 느낌을 가질 정도
1-3. 저하 : 도정도가 낮음을 식별할 수 있는 정도
1-4. 부적 : 도정도가 상당히 낮은 정도

2) 메·찰 측정의 실험방법

가) 시약제조

- ① 요오드 액은 요오드화칼륨(KI) 0.5g과 요오드(I₂) 0.5g을 소량의 물에 넣어 녹인 다음 1,000ml가 되도록 증류수로 희석하여 사용

나) 처리방법

- ① 시약을 넣어 착색시켜 요오드의 청색을 관찰한다.
② 요오드의 청색반응 : 찹쌀은 갈색으로 변색되고, 멍쌀은 자색으로 변색된다.



Figure. 3. 찹쌀과 멍쌀

다) 판정

- ① 아밀로스 요오드 분자들과 내포화합물을 형성하여 특유의 색을 나타내는 포도당의 중합도에 따라서 무색 청색까지 다양한 색을 갖는다. 아밀로스 분자 중에 도포된 요오드 분자는 포도당의 중합도에 따라 표와 같은 요오드의 정색을 나타낸다.

중합도	3.8	7.4	12.9	20.2	29.3	34.7
청색	무색	갈색	적색	자색	청자색	청색

* 멍쌀은 아밀로스(15-30%)와 아밀로펙틴(70-85%)으로 구성되어 있으며, 찹쌀은 아밀로오스는 거의 없고, 아밀로펙틴으로 구성되어 있으며, 아밀로스 사슬은 포도당 6분자로 1회전하는 나선구조로 되어있어 요오드반응이 자색을 나타내며 아밀로펙틴은 포도당 6-8분자의 형태로 말단은 17-27개의 포도당을 갖고 있으므로 요오드반응이 갈색을 나타낸다.

나. 연구목표

○ 기존 검정 방법의 체계화

- 도정도 검정(Methylene Blue & Eosin Y)에 사용가능한 유효성, 안정성, 안전성 및 사용 편의성이 확보된 시약(정성검정 키트)의 개발 및 검증 시스템 구축
- 메·찰 검정(Iodine Solution)에 사용가능한 유효성, 안정성, 안전성 및 사용편의성이 확보된 시약(정성검정 키트)의 개발 및 검증시스템 구축

○ 검정 방법의 정량화

- 기존 착색정도의 육안 식별 판정법을 보완하여 정량 평가 시스템을 구축
- 과학적이고 객관적인 평가 방법의 구축

2. 연구내용 및 방법

가. 연구내용

1) 쌀 도정도 및 메·찰 검정용 시약 키트 개발

- 시약 조제 과정 중에 발생할 수 있는, 유효성 변이를 최소화하기 위하여 체계적인 도정도 및 메·찰 검정용 키트를 개발
- 사용편의성을 부여하여 실험실 및 검사현장에서 신속하게 사용할 수 있는 키트 개발(기존 방법의 단순화)

2) 키트를 이용한 과학적인 정량검정 시스템 개발

- 시약(키트) 처리한 시료를 분석기기(Plate Reader)를 이용하여 빛의 흡광도에 따른 시료 값을 산출, 정량평가가 가능하도록 구성
- 정량검정 매뉴얼 작성 및 결과분석용 프로그램 개발

3. 결과 및 고찰

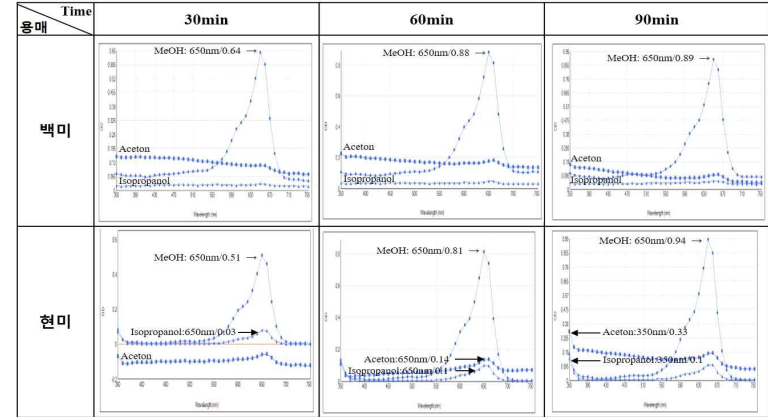
가. 연구개발 결과

1) 쌀 도정도 및 메,찰 정량 분석 시스템의 개발

가) 도정도 분석 정량 시스템 개발

- 용출 시약의 결정 : 정성분석으로 착색된 시료를 7종(MeOH, IPP, AcOH, Acetic acid, DMSO, Citrate, EtOH)의 용매를 사용한 결과, MeOH로 용출되기는 하지만 마지막 Wash를 MeOH로 하기 때문에 Wash정도에 따라 값이 다르게 나타나 부적합하며, Dimethyl Sulfoxide(DMSO)가 가장 우수한 것으로 결정됨(그림)
- 적정 측정지표(Absorbance) 값 결정 : 용출된 용액을 Spectrophotometer(분광광도계)를 이용하여 분석한 결과 Methylene Blue는 670 nm, Eosin Y는 530 nm 용출시간 30분에서 흡광도가 확인이 되었으며 분석 지표로 활용함

용출시약의 결정 (유기용매의 결정): MeOH, IPP, AcOH



용출시약의 결정: Acetic Acid, DMSO, Citrate, EtOH

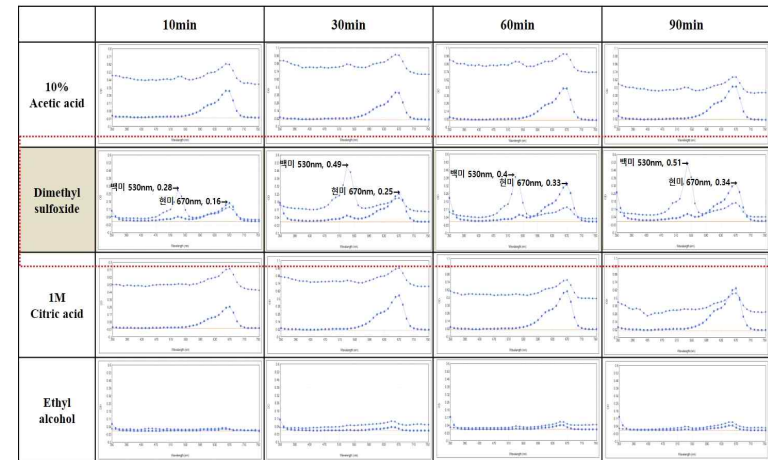


Figure. 5. 도정도 분석 정량시스템 개발 - 용출 시약의 결정

○ 도정도 정량분석 시스템의 결정

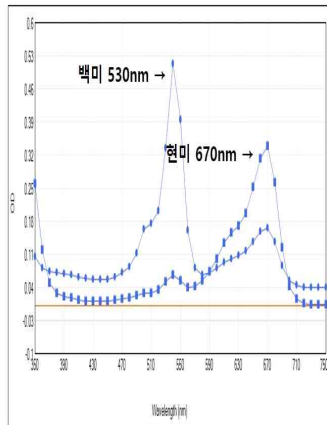
용출시약의 결정 (유기용매의 결정) : 최종결정 → Dimethyl Sulfoxide(DMSO)

: 도정도 분석의 경우 2 Color System (2 point 결정)

→ 백미 (Eosin Y 용출) : A530

→ 현미 (Methylene Blue 용출) : A670

→ 용출 시간 : 30분 이상



Solution	백미	현미
ME시약 (M 0.05% + E 0.1%)		

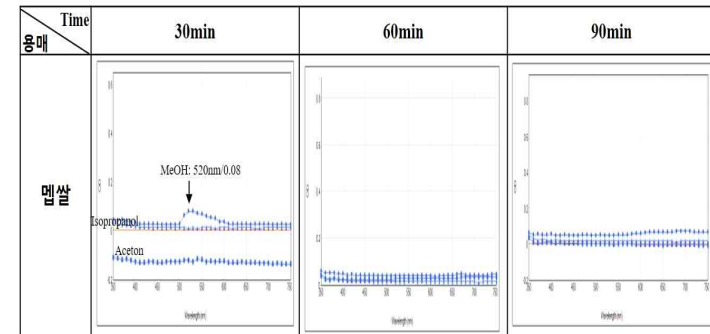
Figure. 6. 도정도 용출시약의 결정

나) 메,찰 정량분석 시스템의 개발

○ 용출 시약의 결정 : 정성분석으로 착색된 시료를 3종(MeOH, AcOH, DMSO)의 용매를 사용한 결과, Dimethyl Sulfoxide(DMSO)가 가장 우수한 것으로 결정됨(그림)

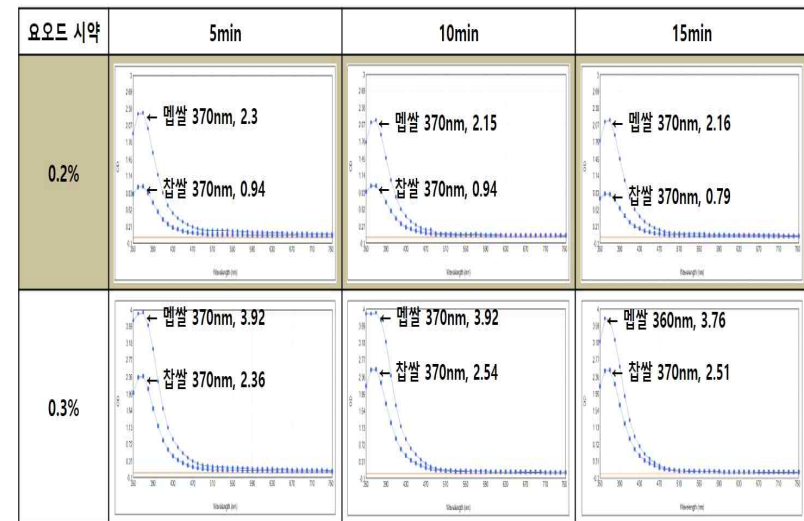
○ 적정 Absorbance 값 결정 : 용출된 용액을 Spectrophotometer(분광광도계)를 이용하여 분석한 결과 요오드의 성분은 DMSO를 사용할 경우, 370 nm 용출시간 5분에서 흡광도가 확인이 되었으며 분석 지표로 활용함

용출시약의 결정 (유기용매의 결정) : MeOH(A520), AcOH



→ Methanol과 Aceton 모두 적합하지 않음

용출시약의 결정 (유기용매의 결정) : DMSO



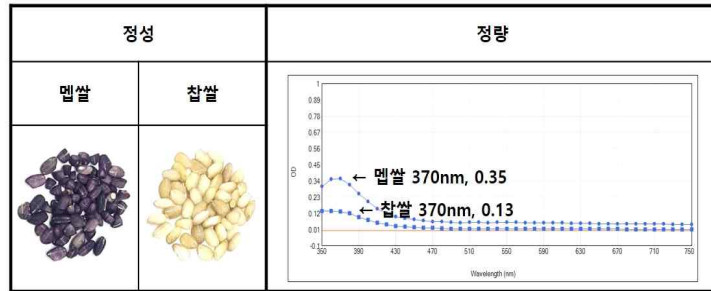
→ 용출시약으로 DMSO 결정

→ 용출시간 5분으로 결정

Figure. 7. 메,찰 용출시약의 결정

정량분석

고시방법
(정성분석)



개발방법
(정성분석)

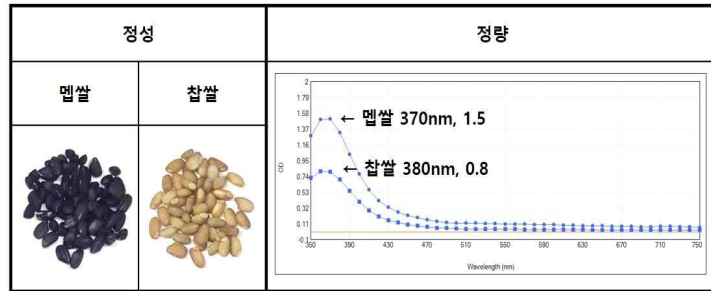


Figure. 8. 메,찰 정량분석 시스템 개발

○ 메,찰 정량분석 시스템의 결정

용출시약의 결정 (유기용매의 결정) : 최종결정 → Dimethyl Sulfoxide(DMSO)

: 도정도 분석의 경우 1 Color System (1 point 결정)

→ 백미, 현미 (요오드 용출) : A370

→ 용출 시간 : 5분 이상

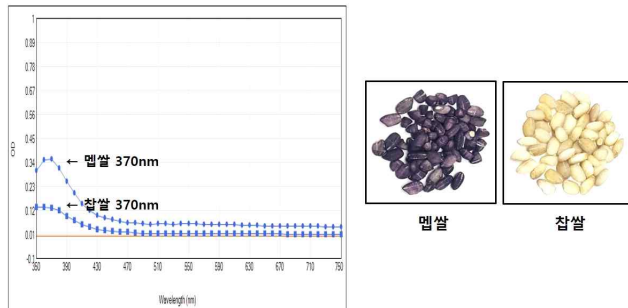


Figure. 9. 메,찰 정량분석의 용출시약 결정

4. 기대성과 및 활용방안

가. 기대성과

1) 정책활용

- 도정도, 멥쌀과 찰쌀 검증시스템을 활용하여 분자적인 수준에서 재현성과 유효성이 높은 진단 방법을 pipe line 구축함으로써 다른 유용 국내외 작물의 평가에도 적용
- 실시간 검출 가능한 키트를 개발함으로써 현장 조사 시 용이한 방법론을 제시함으로써 추후에 시간과 경제적인 이득에 극대화

2) 언론홍보 및 대국민교육

- 도정도 검정 부분에서 쌀 도정날짜의 허위 신고 및 조작으로 인한 경제적 피해를 과학적인 정량적 분석 guide line을 제시하고 신속한 분석할 수 있는 검출키트를 개발
- 멥쌀과 찰쌀 검정 부분에 아밀로스 성분의 정량적인 수치를 제시함으로써 육안과 색깔로 판단하는 정성적인 모호함을 바로 잡는 검증시스템을 개발