최 종
연구보고서

녹색미 생산을 위한 블랜칭(Blanching) 기계 개발

Development of a Blanching System for Green Rice Production

연 구 기 관

충 남 대 학 교

농 림 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “녹색미 생산을 위한 블랜칭(Blanching) 기계 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2006 년 5 월 일

주관연구기관명 : 충남대학교
총괄연구책임자 : 허 윤 근
세부연구책임자 : 허 윤 근
연 구 원 : 이 상 우
연 구 원 : 구 자 형
협동연구기관명 : 부산대학교
협동연구책임자 : 권 순 홍
위탁연구기관명 : 전주대학교
위탁연구책임자 : 서 정 덕
참 여 기 업 : 해륙기계 공업(주)

요 약 문

Ⅰ. 제 목

녹색미 생산을 위한 블랜칭(Blanching) 기계 개발

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

본 연구개발의 목적은 쌀밥의 시각적인 변화와 부드러운 밥맛을 추구하여 쌀의 소비를 확대할 수 있는 녹색미의 양산체계를 갖추기 위한 저가의 농가 단위조합이나 유통시장 보급형 “녹색미 블랜칭 기계 기술”을 개발하는데 있다.

우리의 식생활은 색, 향미, 조직, 영양소 및 사회적 문화적 요인에 의해 영향을 받아 변화하고 있는데, 다른 품질의 특성을 떠나서 색이 좋지 않으면 먹지 않는 경향이 강해 많은 천연식품은 그 색에 의해서 선호도가 결정되어 색상의 경제적 가치는 매우 높다 하겠다. 우리 여건의 변화 속에서 쌀의 국제경쟁력강화, 농민 소득증대, 국민건강 증진을 위한 노력의 결과 백미 위주의 우리 식생활에서 영양소가 가미된 영양 강화미, 쌀눈이 붙어있는 배아미, 씻지 않는 무세척미, 특수기능성 성분을 코팅한 기능성 쌀, 식미가 좋은 부드러운 현미, 향을 첨가한 향미, 조직을 활성화한 활성미, 빛깔을 좋게 한 유색미 등 기호나 영양소 섭취를 중요시하는 경향의 식생활로 변화하고 있다.

기능성 식품의 선호도가 높아지면서 특수미 혹은 유색미의 생산기술의 연구 결과로 쌀을 수확 적기인 황숙기에 도달하기 전 녹색기에 수확한 후 블랜칭(Blanching) 혹은 증숙 (이하 블랜칭이라 칭함) 공정을 거쳐 녹색쌀(녹색미)를 생산하는 기술이 본 연구진에 의해 개발되었다.

블랜칭(blanching)이란 곡물이나 야채를 건조하기 전 필요한 과정의 하나로 곡물이나 야채를 짧은 시간 고온 가열하여 곡물이나 야채의 조직 내에 있는 효소(enzymes)을 파괴 비활성화시켜 효소로 인해 저장기간 혹은 건조기간 동안 야채나 곡물 고유의 색상이나 향이 파괴되는 것을 방지하기 위한 식품가공 공정이다. 또한, 블랜칭은 색상

을 고정시키며 조직의 표면을 부드럽게 해 조직내부로 습기가 잘 통하도록 하여 건조시간이나 제습시간을 단축시키는 작용을 한다. 그리고 녹색보리 및 녹색밀의 생산을 위한 기술 개발이 농림부(ARPC)의 연구과제로서 완료한 바 있다.

녹색미는 건조 또는 반건조 후에 항상 녹색의 상태로 유통되며 2차 가공품을 위한 가루로 만들어 상품화 할 수 있다. 유통 과정 및 식사 단계에 이르기까지 녹색이 유지되도록 만든 녹색미는 기존의 쌀에 비하여 영양분은 향상되고 보기에 좋고 먹기에 부드러운 맛을 주며, 곡물 특유의 좋은 향을 간직하고 있는 특징이 있다. 그러나 생체식품의 경우 수확한 후 저장·유통 과정에도 호흡 등 생명현상을 그대로 유지하고 있으며, 생명현상이 있을 때에는 수많은 효소(enzyme)가 작용하여 자가소화 (autolysis), 변패(deterioration), 변색작용 (discoloration) 등을 일으킨다.

녹색미의 생산은 수확, 탈곡, 블랜칭(Blanching), 건조, 가공 등의 과정이 필요하고, 위 과정 중 블랜칭은 곡물의 색상이나 건조과정에서 품질에 영향을 미치는 결정적인 공정이며, 보다 경제적이며 과학적인 블랜칭 기술을 이용하여 고품질 녹색미의 양산체제를 구축하기 위해서는 체계적인 블랜칭 기계 기술 개발이 필요하다.

블랜칭은 일반적으로 고온의 물(Water blanching)과 스팀(Steam blanching)을 사용한다. Water blanching일 경우 물의 온도 약 88~100℃에서 작물종류에 따라 짧은 시간 데쳐내고, Steam blanching은 야채나 곡물을 와이어 메시 벨트(wire mesh belt)를 이용하여 후드(hood)내를 통과시키면서 스팀을 분사하는 방법을 사용한다. 위 두 가지 방법 모두 곡물의 blanching 특성에 맞게 시간 및 온도를 조절하여 효소(enzymes)를 비활성화 시킨다.

채소와 과일에서의 실험결과, Water blanching은 영양소를 감소시키는 단점이 있으나, Steam blanching보다 공정시간이 짧아 작업능률을 높일 수 있는 장점이 있는 것으로 알려져 있다. 블랜칭 공정은 적정하게 블랜칭한 생산품의 고유한 특성을 유지시켜 상품가치를 최대화하고 경제성, 효율성을 충족하기 위한 제원(specification)이나 허용한계까지 만족할 수 있도록 하는 제어(control)기술이 중요하다.

따라서, 우리 주식인 녹색미의 블랜칭 전·후의 가공환경의 변화 등에 따른 블랜칭

공정 모델을 개발하고, 블랜칭 특성 즉, 경제성(연료소모율, 부가가치 등), 가공온도(processing temperature), 가공시간(processing time) 및 오폐수 발생 정도 등을 고려한 저가의 중소규모의 녹색미 양산 블랜칭 기계 기술 개발이 필요하다.

선진국에서는 자국의 식량산업에 대한 과학 기술 개발을 위해 집중적으로 투자하여 경쟁력 강화로 국제적 우위를 유지하려는 노력이 지속되고 있다. 그러나 우리 농산물은 생산 기반의 취약성을 탈피하지 못하고 있는 가운데 농산물 시장 개방이 가속화되고 있어 선진국에 비해 낙후된 식량생산 기술 개발과 아울러 기능성 식품 등 미래의 유망 기술을 개발하여 전략 품목을 육성하여야 할 시점이다.

녹색미의 수요는 농가의 농촌경제의 변화(환금작물 선호)와 사회변동의 흐름에 따른 인식변화에 따라 증가할 것으로 판단된다. 편리성과 안락성을 추구하는 농업인의 의식구조 및 농업생산방식의 변화에 부응하여 경제성, 이동의 편리성, 기호성을 추구하는 농업인의 요구에 따라 녹색미 생산 기계화 기술개발이 필요하다

농업 생산에 참여하고 있는 농업 노동인구의 양적인 감소 및 노령화, 부녀화 등의 질적인 감소는 농업 생산 시스템의 기계화를 절실히 요구하고 있다. 녹색미의 블랜칭 기계화 기술 개발은 특수미(영양강화미, 배아미, 무세척미, 기능성 쌀, 현미, 향미, 활성미, 유색미) 가공 및 제조기술의 일환으로 추후 농가 경제 및 식량 산업에 대한 파급효과가 증대 될 것으로 판단되며 궁극적으로 농가 소득 증대에 일익을 담당할 것이다.

최초로 개발된 녹색미 제조 기계 기술은 시대변화에 따른 식품선호에 영향을 미치고 섭생에 있어서 균형적 영양섭취를 위한 변화에 크게 영향을 미칠 것이라고 판단된다. 고품질 농산물을 선호하는 시대적 변화에 부응하여 환금작물로서의 녹색미 생산은 푸른 농촌을 지속적으로 유지하는데 크게 영향을 미칠 것으로 판단된다.

기존의 식품시장에 많은 종류의 먹거리를 제공하며 새로운 농업생산에 활력을 주고 우리의 개발식품을 해외로 수출할 수 있는 가능성을 제공할 것으로 판단된다. 궁극적으로 WTO, FTA 등으로 경쟁력을 상실하고 있는 우리나라 농촌의 주 소득원인 쌀 생산의 경쟁력을 강화시켜 무기력한 상태에 놓여 있는 농촌에 활력을 불러올 수 있을 것으로 생각된다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

■ 녹색미의 블랜칭 전·후 특성 분석

● 녹색미의 특성 분석

• 블랜칭 전 녹색미의 열전도도, 열용량, 밀도 및 함수율 분석: 블랜칭 시간 혹은 블랜칭 속도는 연속식 블랜칭 과정에서 블랜칭 후 녹색미의 품질에 영향을 미치며, 이들은 주어진 블랜칭 온도에서 녹색미의 열 특성 즉, 열전도도 및 열용량에 따라 영향을 받으므로 블랜칭(Blanching)을 하기 전 녹색미의 열전도도 및 열용량 그리고 녹색미의 밀도 및 함수율 등을 품종별로 분석하였다.

● 블랜칭 공정에 영향을 미치는 요소 분석

• 블랜칭 온도, 블랜칭 시간, 블랜칭 속도 및 블랜칭 깊이 분석

- 블랜칭된 녹색미의 품질은 연속식 블랜칭 공정에서 블랜칭 온도, 블랜칭 시간 혹은 블랜칭 속도, 그리고 블랜칭 깊이에 따라 크게 영향을 받으므로 블랜칭 온도, 블랜칭 속도의 변화에 따른 블랜칭 효율 즉 스팀 소비량을 최소화 하면서 전반적으로 블랜칭 효과를 최대화 하고, 녹색미의 품질을 최대화 할 수 있는 연속식 블랜칭 공정에서 녹색미의 블랜칭 깊이를 분석하였다.

● 블랜칭기계 pilot plant 설계 및 제작.

• 블랜칭 공정에 영향을 미치는 요소들을 분석하기 위해 pilot plant를 소형으로 설계 제작하여 시료를 사용하여 실내에서 위 요소들을 실험 분석 하였다.

■ 블랜칭 기계 기술 설비의 설계 및 제작

● 동력원 및 열원

• 블랜칭 기계의 동력원 및 스팀 발생 장치의 열원의 설계는 에너지 소비율 및 운

전비용 등 경제성과 블랜칭 효율을 고려하여 설계 제작하였다.

● 스팀 발생 및 스팀 재순환 장치

- 블랜칭 기계 운전 효율과 에너지 소비를 최소화하기 위한 스팀 발생장치(Steam generator) 및 스팀 재순환 기술을 사용하였다.

● 이송부

- 투입부에서 투입된 녹색미를 토출부까지 연속적으로 이송시키기 위해 오거 및 모터 등을 이용하여 설계 제작하였다. 블랜칭부는 내부에 재료를 제어속도에 맞게 이송시키는 screw conveyer를 중심으로 구멍지름 2mm의 망으로 둘러싸고 망의 외부에 stainless steel pipe를 두어 pipe 내로 분사된 steam이 망을 통하여 그 안에서 이송되는 쌀에 접촉함으로써 블랜칭이 되도록 설계 제작하였다

● 블랜칭 처리부

- 투입부에서 투입된 벼를 가열처리하는 블랜칭부는 내부에 재료를 제어속도에 맞게 이송시키는 screw conveyer를 중심으로 구멍지름 2mm의 망으로 둘러싸고 망의 외부에 stainless steel pipe를 두어 pipe 내로 분사된 steam이 망을 통하여 그 안에서 이송되는 쌀에 접촉함으로써 블랜칭이 되도록 설계 제작하였다

● 투입부 및 토출부 설계 제작

- 투입부 및 토출부는 작업자가 용이하게 접근하고 로딩(loading) 및 언로딩(unloading)을 편리하게 할 수 있도록 호퍼 및 자유낙하 등을 이용하여 설계 제작 하였다.

● 냉각부

- 블랜칭한 녹색미를 연속적으로 냉각시킬 수 있도록 오거 및 모터 등을 이용하여 설계 제작하였다.

● 제어부 설계 및 제작

- 전체적인 블랜칭 공정을 제어하기위한 장치로서 작업자가 편리하게 운전 조작할 수 있도록 설계하고 위급 상황을 신속하게 제어할 수 있는 기능을 갖도록 설계

제작 하였다.

■ 블랜칭 기계 성능 및 병행기술 분석

● 블랜칭 기계 시작품 경제성 분석

• 투자분에 대한 경제성을 분석하고 효율적인 운용 방법을 분석하였다.

● 블랜칭 기계 시작품의 블랜칭 효율 분석

• 블랜칭하기 위한 녹색미 단위 무게당 필요한 스팀의 양(steam-to-product ratio)을 분석하여 블랜칭 기계 운용효율을 최대화 하고자 하였다.

● 블랜칭 기계 시작품의 오폐수 발생 분석 및 처리

• 블랜칭 기계의 오수 발생 원인을 분석하고 오폐수 발생을 최소화 하였다.

● 스팀 블랜칭과 병행 가능 기술 분석

• Microwave, PEF (Pulse Electric Field), UV radiation, UHP (Ultra-high pressure) 등을 스팀 블랜칭 기계에 적용하여 병행 사용할 수 있는 가능성 조사 분석(경제성 및 효율성 조사・분석) 및 장・단점 비교분석하였다.

■ 블랜칭 기계 시작품 종합 검토 및 수정 보완

● 블랜칭 기계 성능 데이터 분석 및 블랜칭 기계 수정 보완

● 블랜칭 후 녹색미의 특성 즉, 영양소, 색상, 밀도, 함수율 등 녹색미의 상품성에 대한 분석.

● 블랜칭 효율, 동력 소모율, 경제성, 오폐수 발생 정도 등 분석.

■ 현장 시험 및 검토

● 농가 혹은 영농 단체 등을 직접 방문 혹은 초청하여 현장 시험을 실시하여 현장 적응성 정도를 분석하고, 품종별 녹색미를 직접 생산하여 소비자의 기호 분석.

● 블랜칭 기계 시작품의 호응도 조사.

Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

■ 녹색미의 블랜칭 전·후 특성 분석

● 열용량(Heat Capacity: J/K)

완숙 벼의 비열(Specific heat) (열용량을 시료의 단위무게로 환산한 값)은 벼의 품종, 공극율 및 함수율에 따라 영향을 받고, 벼의 비열은 Indica 혹은 Japonica type 모두 함수율이 증가함에 따라 아주 미세하나마 약간씩 증가하고, Japonica의 경우 벼의 공극율이 40 ~ 48이고 함수율이 10 ~ 25%일 경우 비열은 대략 1.9 ~ 2.7 kJ/kg °K로 조사되었다.

완숙 전 벼의 경우 완숙 벼보다 함수율이 높은 것을 감안 할 때 비열이 높은 것으로 예상되며, 본 연구에서 1 kg의 시료(함수율 25 ~ 30%)를 사용하여 열량계를 이용하여 실험을 실시 한 결과 약 2.67 ~ 2.74 kJ/°K으로 나타났다.

● 열전도도(Thermal Conductivity)

완숙벼의 열전도도는 함수율이 15 ~ 30 %의 범위에서 Japonica 형의 경우 0.09 ~ 0.2 W/m°K, 통일벼의 경우 0.09 ~ 0.18 W/m°K 으로 조사되었고, 함수율이 증가하면서 열전도도가 미세하나마 약간씩 증가하는 경향을 나타냈다. 한편, 본 실험에 사용한 시료(함수율 25 ~ 30%)의 열전도도의 범위는 약 0.11 ~ 0.17 W/m°K으로 나타났다.

● 밀도

본 연구에서 사용한 시료(함수율 25 ~ 30%)의 산물 밀도의 범위는 약 553 ~ 578 kg/m^3으로 나타났다

● 함수율

본 연구에서 사용한 시료의 함수율의 범위는 25 ~ 30%로 나타났다.

● 블랜칭 온도

호숙기의 벼를 예취한 직후 탈곡하여 스팀과 물을 이용하여 블랜칭 하는 경우 녹색미 시료의 적정 블랜칭 온도는 기초 실험결과 90 ~ 100℃ 범위인 것으로 나타났다.

● 블랜칭 시간

쌀의 녹색도를 적정선에서 유지시킬 수 있는 스팀을 이용한 녹색미 시료의 적절한 블랜칭 시간은 약 60초 정도로 분석되었다. 한편 물을 이용한 적정 블랜칭 시간은 약 30초~60초 범위인 것으로 나타났다.

● 블랜칭 속도

스크루컨베이어에 의한 재료의 이송으로 스팀을 이용하여 블랜칭 처리부 길이 200mm인 본 시스템에서 60초 정도를 블랜칭 시간으로 유지시키기 위해서 녹색미를 연속적으로 적절하게 블랜칭 하기 위한 시료의 이동 속도는 3.3 cm/s로 분석되었다. 또한 블랜칭한 벼가 연속적으로 처리되기 위해서는 냉각부의 이송속도 또한 3.3 cm/s로 결정하였다.

● 블랜칭 깊이

녹색미를 색감이나 품질을 고려한 본 시스템의 적정 블랜칭 깊이는 블랜칭 처리부에 분사된 스팀이 유공망을 통하여 망과 스크루컨베이어 사이의 벼에 접촉하여 블랜칭 처리되기 위해서는 약 2 cm가 적정한 값으로 분석되었다.

■ 블랜칭 기계 pilot plant 설계 및 제작

블랜칭 시스템은 블랜칭부, 2단의 냉각 및 건조부, 제어부 등으로 구성하여 설계 제작하였다. 블랜칭부 및 냉각 및 건조부에서 스쿠루 컨베이어를 사용하여 벼를 이송 하고, 냉각 및 건조부는 2단 연속으로 설계하고 송풍기를 이용하여 블랜칭한 벼의 온도와 상대적으로 찬 공기를 강제 송풍하여 냉각 및 건조를 용이하게 하고자 하였다. 본 pilot plant에서 2단의 냉각 및 건조부는 제작상 고가이고 시스템을 운전하기가 번거롭고 운전비용이 많은 단점이 있었다.

■ 블랜칭 기계기술 설비의 설계 및 제작

녹색미의 블랜칭 시스템은 투입부 호퍼, 블랜칭부, 냉각부 및 건조부로 구성하여 설계하였다. 블랜칭 시스템의 재질은 녹이 쓸지 않는 스테인레스 스틸(Stainless steel)로 하였으며, 스팀이 새지 않고 방열을 방지하기 위해 스크루컨베이어 외벽에 또 하나의 직경 216 mm의 원통형 파이프를 설치하고 그 사이에 단열재를 넣도록 설계 제작 하였다.

● 이송부

블랜칭은 스크루 피더 (Screw Feeder)로 벼가 이송되면서 관내에 주입할 수 있도록 스팀으로 설계 제작 하였다. 스크루 컨베이어의 길이는 1990 mm이고 스크루 피치의 길이는 5 cm로 설정하였다. 스크루 컨베이어를 둘러싸고 있는 파이프의 직경은 150 mm이고 파이프는 직경 2 mm로 천공하여 스팀이 벼 사이를 자유로이 통과 되도록 하였다.

스크루 컨베이어의 축의 직경은 101.6 mm 로 하여 블랜칭 하는 벼의 깊이는 약 2 cm가 되도록 하였으며, 벼의 이송 효율을 높이기 위하여 컨베이어를 수평에서 약 5° 정도 기울기를 주었다. 한편, 챔버(Chamber) 내 스팀이 과포화 상태가 되어 물기가 발생하였을 경우 물이 배출될 수 있도록 배수구를 설치하였다.

스크류 피더는 전기모터을 이용하여 구동하게 하였으며, 스크루컨베이어의 속도는 40 RPM으로 설정하여 200mm 길이의 스크루컨베이어를 통과하는 시간을 약 1분이 되도록 설계 제작하였다.

블랜칭 과정에서 나타날 수 있는 변화 즉 블랜칭 후 녹색미의 품질에 대응하기 위해 스크루컨베이어의 속도를 감속기(Inverter)를 이용하여 조절하도록 하였다. 감속기의 용량은 0.75 kW이고 최대 속도는 60 RPM인 것을 선택하였다.

● 냉각부

블랜칭 과정이 끝나면서 증숙된 벼가 자연 낙하하여 바로 건조 및 냉각되도록 블랜칭 스크루 컨베이어 하단에 또 하나의 스크루 컨베이어를 설치하고 이 스크루컨베이어 안으로 블랜칭 한 후 벼의 온도와 상대적으로 낮은 저온(35 - 45℃)의 공기를 강제 송풍하여 벼 표면의 습기를 제거하고 벼의 온도를 낮추어 블랜칭 후의 벼가 쉽게 건조되도록 하였다.

강제 송풍되는 공기의 온도는 송풍 관내에 전기히터 및 온도센서를 설치하여 송풍 온도를 컴퓨터를 통해 연속적으로 검출하고 설정 온도에 따라 온도를 자동으로 조절될 수 있도록 하였다.

송풍기의 최대 풍량은 $4m^3$/min 이고 용량은 0.75 kW으로 하였으며, 스크루컨베이어에 의해 이송되면서 냉각된 벼는 스크루컨베이어 끝단에 설치된 배출구를 통하여 배출되도록 하였다. 냉각부 스크루컨베이어의 사이즈는 상단의 스크루컨베이어의 사이즈와 동일하게 설계 제작 하였다.

● 투입부 및 토출부

벼의 투입부는 원뿔형의 호퍼로 제작하였으며 호퍼 상단의 직경은 600 mm으로 하였으며, 토출부는 위에서 설명한 바와 같이 스크루컨베이어에 의해 이송되면서 끝단에 설치된 직경 50 mm의 관을 통해 벼가 토출되도록 하였다.

● 제어부

블랜칭 시스템의 제어는 온도 및 습도센서를 이용하여 컨베이어 챔버 내 온도 및 습도를 컴퓨터를 이용하여 연속적으로 검출하고, 설정된 온도 및 습도에 따라 컴퓨터를 이용하여 자동으로 조절 할 수 있도록 설계 제작하였다.

• 챔버 내 온도제어

블랜칭 챔버 내의 온도는 스팀 발생장치의 압력과 온도를 감지하고 또한 블랜칭 챔버 내의 온도는 블랜칭 챔버의 입구쪽과 출구쪽에 설치된 두개의 온도 센서를 통해 연속적으로 감지하면서 설정온도 95 ~ 105℃를 유지 할 수 있도록 제작하였다.

챔버 내 스팀 온도는 스팀 발생 장치에서 나오는 스팀의 양을 자동밸브를 이용하여 조절할 수 있도록 하여 설정 온도를 유지할 수 있도록 하였다. 자동밸브는 RS Converter (RS485)를 이용하여 컴퓨터에 연결된 제어장치와 실시간으로 온도센서에서 감지된 데이터를 이용하여 자동으로 제어 되도록 설계하였다.

• 챔버 내 습도 감지

블랜칭 챔버 내 습도는 습도센서를 설치하여 스팀을 분사시켜 처리하는 도중의 실시간으로 감지하고 이를 제어 컴퓨터에 기록, 저장할 수 있도록 설계 제작하였다.

• 냉각부 제어

냉각부 내의 온도 제어는 히터의 과열을 방지하지 위하여 과열 온도 센서 (Over Temperature Sensor)를 설치하여 냉각부 내의 온도가 70℃ 이상이 되었을 경우 자동으로 온도를 낮추어 설정된 온도 약 40℃를 유지하도록 설계 제작하였다.

• 통신 제어

블랜칭 시스템과 시스템을 제어하는 컴퓨터와의 원활한 통신을 위해 RS Converter를 사용하였고, 블랜칭 시스템의 제어 및 온습도 검출은 프로그램을 작성하여 이송속도 제어, 온도 제어, 온습도 감지, graph display 및 data management 등을 컴퓨터를 이용하여 자동으로 실시하도록 설계 제작하였다.

■ 블랜칭 시스템의 성능 및 병행 기술 분석

● 블랜칭 기계 시작품 경제성 분석

• 스팀 발생장치 : 소비전력 250 W(0.25kW/hr × 54.6원 = 13.65원/hr)

연료(등유)소비량 (18.9 L/hr × 900원 = 17,010원)

• 블랜칭부 : 전기모터(0.75kW × 54.6원 = 40.95원)

• 냉각부 : 전기모터(0.75kW × 54.6원 = 40.95원)

전기히터(2kW × 54.6원 = 109.2원)

송풍기(0.75kW × 54.6원 = 40.95원)

• 인건비 : 50,000원/day × 1day/10hr × 2명 = 10,000원/hr

• 시간당 운전경비 : 27,255원/hr

● 블랜칭 기계 시작품의 블랜칭 효율 분석

녹색미 블랜칭의 시간당 스팀 사용량을 분석한 결과 시료 1 kg을 블랜칭 처리하는

데 약 0.3 kg의 스팀(steam-to-product ratio = 0.3)이 소요되는 것으로 나타났다.

● 블랜칭 기계 시작품의 처리수 발생 분석 및 처리

스팀을 사용하여 녹색미를 블랜칭하였을 때 스팀이 냉각되어 물로 전환되어 냉각부 아래로 배출되는데 물의 양은 매우 적기 때문에 처리수 발생문제가 없는 것으로 판단되었다.

● 스팀 블랜칭과 병행가능 기술 분석

- 마이크로웨이브(Microwave)

마이크로웨이브는 일부 식품 업체에서 야채를 블랜칭하기 위해 사용하고 있으며, 일반 블랜칭 (스팀 혹은 끓는 물)에 비해 1) 균일한 블랜칭을 할 수 있으며, 2) 오븐 내 온도 변화가 적고, 3) 에너지 소비율이 작으며, 4) 블랜칭 시간을 단축할 수 있는 장점이 있으나 시스템의 가격이 고가여서 본 연구에서는 사용하기가 곤란하다 판단되었다.

- 파동 전기장 처리 (Pulse Electric Field Treatment, PEF)

PEF 처리는 아주 적은 온도 상승을 이용하여 액상식품의 미생물이나 효소를 처리하기 위해 사용되고 있고, 상온에서 짧은 시간동안 이루어지고 열에 의한 에너지 손실은 적은 것으로 나타나 있다. 하지만, PEF처리는 미생물을 제거하기 위한 수단으로서 스팀을 대신한 블랜칭 방법으로서는 적당하지 않은 것으로 판단되었다.

- 초고압 처리(Ultra-high pressure, UHP)

UHP처리는 식품을 보존하기 위한 하나의 열처리 방법으로, 특수 챔버 내의 식품을 고 유압(1,000 - 6,000 atmospheres)으로 처리하여 영양분, 항산화제, 색상, 혹은 고착제 등을 파괴하지 않고 미생물을 제거하는 방법이다. 이 처리 방법은 비타

민이나 식품의 색상이나 향을 파괴하지 않아 과일, 야채, 치즈, 고기, 우유를 처리하는 데 사용되고 있으나, 이 방법은 연속적으로 처리 하지 못하는 단점이 있고, 식품에 따라 고압에 견디지 못하고 파손되는 경우가 있어 본 과제의 목적 상 연속적으로 처리하는 데는 적합하지 않은 것으로 판단하였다.

■ 활용에 대한 건의

연구개발의 기간 동안 시기적으로 녹색미의 시료 확보 어려움이 있어 지속적인 실험과 데이터를 확보하고 녹색미 블랜칭 시스템의 문제점을 파악하여 시작품을 보완할 수 있는 시간이 필요함.

녹색미의 블랜칭 과정 중 스팀 압력에 의한 시료의 역류 현상이 발생하는 문제점이 있는데 이에 대한 대응방법을 모색해야 할 것으로 판단 됨.

녹색미 블랜칭 시스템을 가동하면서 스팀이 시스템 밖으로 유출되는데 이를 방지하기 위한 방법이 모색되어야 할 것으로 판단됨

시료를 블랜칭하는 과정에서 연속적으로 시료를 투입하지 않을 경우 시료가 블랜칭 챔버 내에 남아 있는 현상이 발생하여 이와 같은 문제를 해결하기 위해서는 추후 충분한 시료를 확보한 후 지속적으로 시료를 투입하여 시험 가동을 하여 문제점을 파악해야 할 것으로 판단됨.

녹색미가 냉각 챔버를 통과 한 후 토출부로 토출 될 때 시료가 분사되는 것과 같이 빠르게 토출하는 경우가 발생 하는 이는 녹색미 블랜칭 시스템 챔버 내의 스팀 압력과 블랜칭 후 시료의 토출과의 연관 관계를 분석하여 적절한 스팀 압력을 검출해서 시료가 토출부로 토출 될 때 분사하는 현상을 방지해야 할 것으로 판단 됨.

SUMMARY

(영문요약문)

I. Title

Development of a Blanching System for Green Rice Production

II. Objective and Necessity

The objective of this research and development is to develop a green-rice blanching technology and system to expand consumption of the rice which is low price and is supplemental to unit agricultural corporations and/or markets by applying the mass green rice production system.

Our food-life is changing from pure rice to nutrition-enriched rice, polished and embryo retaining rice, wash-free rice, functional rice, brown rice, scented rice, active rice, and colored rice by effort to strengthen international competitiveness, to increase the farmer' income, and to strengthen public health. As preference of functional food increasing, a green rice production technology was developed from research on a production technology of special- or colored-rice by this research team using the immature green rough rice harvested before matured and blanched it.

Blanching is a procedure of the food processing required before drying the grains or vegetables which heats the grains or vegetables in a short period of time at hot temperature, and which destroys and inactivates the enzymes existed within tissue of grains and vegetables such that it protects destroying the color favor of grains and vegetables during drying and storing period. Also, blanching fixes the color and softens the surface of tissue such that shorten the drying and dehumanizing time by increasing the leading the circulation of humidity.

The green rice distributed as green color after drying or semidrying and commercialized as a powder for secondary processed food. The green rice improved the nutrition, looks better, tastes tender, and contains grain original flavor with

respect to the existing rice. But, living food maintains life condition such as the respiration after harvesting and during storage and distribution. During life condition, the living food generates autolysis, deterioration, and discoloration by the enzymes.

The production of the green rice requires a sequential procedure of harvest, threshing, blanching, dry, and process. Among above procedure, blanching is a detrimental process to affect the color and quality of grain during dry. Thus, for high quality, massive production system of the green rice, development of systematical blanching system with economic and scientific technology is necessary.

Blanching uses hot water (i.e., Water blanching) or steam (i.e., Steam blanching). The water blanching blanches grain or vegetable for a short period time at 88 - 100 ℃ depends on food variety. The steam blanching injects the steam to the grains or vegetable which is on wire mesh belt inside of the hood. Both two blanching methods inactivate the enzymes by controlling the time and temperature depends on the characteristic of grains or vegetables.

Results from the experiments, the water blanching have a shortcoming of nutrition drop but has more operation efficiency with short processing time relative to the steam blanching. The control technology is important on the blanching to maximize the value of the merchandize by maintains fundamental characteristics of products and to fulfill specifications and allowable limits to satisfy efficiency. Thus, development of the blanching process model for the green rice depends on variation of the blanching environment of grain before and after blanching, and development of the mechanical blanching technology according to the economic feasibility, processing temperature and time, and waste water generation is necessary.

Demand of the green rice is considered to be increased according to the change of the rural economic (cash crop preference) and recognition conversion from the trend of the society change. Thus, development of the mechanized green rice production technology is necessary according to the consciousness structure of farmers and production methods pursuing economic feasibility, convenience of transit, and preference.

Decrease of agricultural labor force and aging and womanizing require a mechanization of the agricultural production system. The development of the mechanization of the green rice blanching technology as processing and manufacturing special rice expected to be increase a spread effect for rural economic and food industry, and consequently increase farmer's income.

The first developed green rice manufacturing mechanical technology considered to be affected the food preference according to change of time and affects change of balanced nutrition intake. The green rice production as a cash crop according to change of preference to high quality agricultural products considered to be affected greatly to maintain green rural habitats continuously. The green rice offers many kinds of foods to markets; give energy to agricultural production, and offers possibility to export our foods. Eventually, strengthen the competitiveness of rice productivity for our agricultural industry and revitalize the agricultural farmers.

III. Contents and extension of research and development

■ Characteristic analysis of the green rice before and after blanching

- Characteristic analysis of the green rice before blanching: thermal conductivity, heat capacity, density, and moisture contents.
- Analysis of affecting factors on blanching: temperature, speed, and depth of blanching
- Design and manufacture a pilot plant of the blanching system

■ Design and manufacture mechanical blanching system

- Power source and heat source
- Steam generator and recirculation system of steam
- Conveying unit
- Input and discharge unit
- Cooling unit
- Control unit

■ Analysis of blanching system performance and parallel technology

- Analysis of economic feasibility of the prototype green rice blanching system
- Analysis of blanching efficiency of the prototype green rice blanching system

- Analysis of wastewater generation of the prototype green rice blanching system and treatment
- Analysis of parallel technology with the steam blanching

■ General review of the prototype green rice blanching system and complement.

- Analysis of performance data of the prototype green rice blanching system and modification
- Analysis of market value of the green rice such as nutrition, color, density, and moisture content
- Analysis of blanching efficiency, power consuming rate, economic feasibility, and waste water generation.

■ Field test and evaluation

- Field adaptability test and analysis of consumer's preference
- Response of the prototype green rice blanching system

IV. Results and suggestions on application

■ Characteristic analysis of the green rice before and after blanching

- Heat capacity

The specific heat of the mature rice was affected by variety, porosity, and moisture content. The specific heat of the rice for Indica and Japonica type increased very lightly as the moisture content of the rice increased. The porosity of the Japonica type was around 40 -48%, and the specific heat was around 1.9 - 2.7 kJ/kg K at the moisture content ranged 10 - 25%.

The specific heat of the immature rice should be higher than the mature rice de to the higher moisture content. From result of the test, the heat capacity ranged 2.67 - 2.74 kJ/kg for the 1 kg of the sample rice with the moisture content ranged 25 - 30%.

- Thermal conductivity

The thermal conductivity of the Japonica type and Tongill variety mature rice ranged 0.09 - 0.2 and 0.09 - 0.18 W/m K, respectively with the moisture content ranged 15 - 30%. The thermal conductivity increased very lightly as the moisture content increased. The thermal conductivity of the sample for this research ranged 0.11 -0.17 W/m K with the moisture content ranged 25 - 30%.

- Density

The density of the sample ranged 553 - 578 kg/m3 with the moisture content ranged 25 - 30%.

- Moisture content

The moisture content of the sample ranged 25 - 30%.

- Temperature

The proper temperature of the green rice blanching ranged 90 - 100℃.

- Speed

The proper blanching speed, the conveying speed of the green rice, of the green rice was selected as 3.3 m/sec using steam.

- Time

The blanching time was selected as 1 minute for efficient blanching.

- Depth

The depth of the blanching was about 2 cm.

■ Design and manufacture of the pilot-plant green rice blanching system.

The pilot-plant green rice blanching system was designed as consisted with an input hopper, blanching unit, cooling and dry unit. The material of the pilot-plant green rice blanching system was the stainless steel, and the blanching unit was

designed as circular pipe with double layer and insulated the space between layers to protect radiation of the heat.

- Blanching and conveying unit

The medium was selected as steam for the green rice blanching, and conveying of the green rice was carried out by screw conveyor. The length of the screw conveyor was 1990 mm and the pitch was 5 cm. The inner diameter of the pipe which the screw conveyor located inside of the pipe was 150 mm, and the pipe was perforated with ØØ2 mm holes for steam penetration.

The diameter of the screw conveyor shaft was selected as 101. 6 mm to maintain the blanching depth of 2 cm. The screw conveyor was sloped about 5°to increase the conveying efficiency of the green rice. The discharge hole was installed to drain the water generated from the steam inside of the blanching unit.

The screw conveyor was powered by an electric motor, the speed of the screw conveyor was selected 40 rpm to maintain the blanching time of 1 minute in the blanching unit as the green rice conveyed.

Also, the revolution speed of the screw conveyor was designed to control the speed by installing an inverter. The capacity of the inverter was 0.75 kW and the maximum revolution speed was 60 rpm.

- Cooling unit

The green rice was cooled and dried after blanching. The cooling unit was connected at the end of the blanching unit and located under the blanching unit. The blanched rice freely dropped at the end of the blanching screw conveyor and entered into the cooling unit. The cooling unit also was a screw conveyor and the screw conveyor transferred the blanched rice. The size and shape of the screw conveyor was same as the screw conveyor installed at the blanching unit.

During conveying, the blanched rice was cooled and surface moisture was eliminated by low temperature forced air flow ranged 35 - 45℃. The forced air flow was generated by a blower. The capacity of the blower was 0.75

kW and its maximum air flow rate was 4 m^3/min.

The temperature of the forced air flow was automatically controlled as selected temperature by a thermo couple and an electric connected with a computer. The cooled and dried green rice was conveyed and dropped at the end of the cooling unit through a discharge hole.

- Input and discharge unit

The input unit was a simple cone shape hopper. The diameter of the hopper was 600 mm, and discharge of the blanched rice was executed through a hole (ØØ50 mm) located at the end of the cooling unit.

- Control unit

The conveying speed, blanching temperature, humidity of the green rice blanching system was controlled with a computer and S/W. The temperature and humidity inside of the blanching unit were detected by sensors installed at the blanching unit.

- Temperature control inside blanching chamber:

The temperature inside of the blanching chamber was continuously controlled by the computer controller by detecting temperature with two temperature sensors located at the input and discharge side of the blanching chamber and selected temperature was 95 - 105 ℃. Also, the flow rate of the steam was controlled using an automatic control valve and such that the temperature of the steam also controlled by controlling the flow rate of the steam. The automatic control valve was controlled by the computer control system connected with the RS converter (RS485).

- Detection of the humidity inside of the blanching chamber:

  The humidity inside of the blanching chamber was continuously detected and logged into the computer.

- Cooling unit control

The temperature control of the cooling unit protected over heat inside of the

cooling chamber. An over-temperature sensor was installed at the cooling unit and the computer control system automatically shut off the heater whenever the temperature increased over 70℃ then let the cooling unit cool down and maintain temperature at 40℃.

- Communication control

The communication between the computer and the blanching system was carried out by using a RS converter. The control of the green rice blanching system and detection of the temperature and humidity were carried out by the computer. The conveying speed and temperature control, temperature and humidity detection, graph display, ad data management was automatically executed by the computer and S/W.

■ Analysis of the green rice blanching system performance and parallel technology

- Analysis of economic feasibility of the green rice blanching system
  - Steam generator

    Electric consumption 250W (0.25 kW/h × ₩54.6 = ₩13.56)

    Fuel consumption (Kerosene 18.9l/hr × ₩900 = 17,010)

  - Blanching unit

    Electric motor (0.75 kW × ₩54.6 = ₩40.95)
  - Cooling unit

    Electric motor (0.75 kW × ₩54.6 = ₩40.95)

    Electric heater (2 kW × ₩54.6 = ₩109.2)

    Blower (0.75 kW × ₩54.6 = ₩40.95)
  - Labor

    ₩50,000/day × 2 person = ₩100,000/day
  - Operation cost: ₩27,255/hr

- Analysis of efficiency of the green rice blanching system

The amount of the steam consumption per 1kg of green rice sample was 0.3 kg (steam-to-product ratio = 0.3).

- Waste water generation and treatment

The waste water generated by the steam in blanching system was a small amount and it was not serious problem thus drained into sewage.

- Analysis of the parallel technology of steam blanching.

- Microwave

The microwave was employed to blanch vegetables and it has advantage relative to the water or steam blanching. Advantages are uniform blanching, low temperature variation inside of an oven, low energy consumption, and shorter blanching time. The system cost, however, was very high and it was not applicable based on the economic feasibility.

- Pulse electric field treatment (PEF)

The pulse electric field treatment was employed to treat the microorganism or enzyme in the liquefied food using very low temperature rise, and it accomplished the blanching at the ambient temperature and had low energy lose by the heat. But the pulse electric field treatment was a method to eliminate the microorganism and it was considered to be applicable to blanch the green rice.

- Ultra-high pressure treatment (UHP)

The ultra-high pressure treatment was a heat treatment method to preserve the food, and it treated the food in the high hydraulic pressure (1,000 - 6,000 atm) using a special chamber to eliminate the microorganism without destroy the nutrition, antioxidant, color, or binder. This method was employed to treat the fruits, vegetables, cheese, meat, and milk since the method did not destroyed the vitamin, color, and flavor of the food. But, this method also was not applicable since it could not continuously treat the food, and in case, the food was destroyed by the high pressure.

■ Suggestions of application

The continuous experiment of the blanching using the green rice blanching system is necessary to complement the system due to the seasonal experiment and the research and development period.

During the blanching process, there was a little of counter flow of the sample due to the steam pressure, and this would be corrected through further research. Also, there was fast flow of the blanched green rice at the discharge pipe due to the excessive steam pressure. This required further research to balance the pressure of the steam and the flow of the blanched green rice.

CONTENTS

Chapter 1. Summary of research and development project ····· 30

Clause 1. Objectives of research and development ····· 30

Clause 2. Necessities of research and development ····· 30
1. Technological aspect ····· 30
2. Economical and industrial aspect ····· 32
3. Social and cultural aspect ····· 32

Clause 3. Scope of research and development ····· 33
1. Analysis of characteristics of green rice before and after blanching ····· 33
2. Design and manufacture of the mechanical blanching technology ····· 34
3. Analysis of blanching system performance and parallel technology ····· 35
4. General evaluation and complement of prototype blanching system ····· 36
5. Field test and evaluation ····· 36

Chapter 2. Status of domestic and foreign technology development ····· 37

Clause 1. Status of related domestic technology ····· 37

Clause 2. Status of related foreign technology ····· 38

Chapter 3. Contents and results of research and development achievement ····· 40

Clause 1. Methods of research achievement ····· 40
1. Analysis of characteristics of green rice before and after blanching ····· 40
2. Design and manufacture of the mechanical blanching technology ····· 43
3. Analysis of blanching system performance and parallel technology ····· 45

Clause 2. Results of research achievement ····· 46
1. Characteristics of green rice before and after blanching ····· 46
2. Design and manufacture of the mechanical blanching technology ····· 52
3. Performance of blanching system and parallel technology ····· 68

Chapter 4. Achievement of objectives and Contribution to related area ····· 70

Chapter 5. Application plan of research and development results ····· 75

Clause 1. Necessities of further study ····· 75

Clause 2. Application of other studies ····· 76

Clause 3. Industrialize promotion plan ····· 76

Chapter 6. Foreign science and technology information collected during research and development ····· 77

Chapter 7. Reference ····· 78

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요 ····· 30

제 1 절 연구개발의 목적 ····· 30

제 2 절 연구개발의 필요성 ····· 30
1. 기술적 측면 ····· 30
2. 경제・산업적 측면 ····· 32
3. 사회・문화적 측면 ····· 32

제 3 절 연구개발 범위 ····· 33
1. 녹색미 블랜칭 전・후 특성 분석 ····· 33
2. 블랜칭 기계 기술 설비의 설계 및 제작 ····· 34
3. 블랜칭 기계 성능 및 병행기술 분석 ····· 35
4. 블랜칭 기계 시작품 종합 검토 및 수정 보완 ····· 36
5. 현장 시험 및 검토 ····· 36

제 2 장 국내외 기술개발 현황 ····· 37

제 1 절 국내 관련기술의 현황 ····· 37

제 2 절 국외 관련기술의 현황 ····· 38

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 ····· 40

제 1 절 연구수행 방법 ····· 40
1. 녹색미 블랜칭 전・후 특성 분석 ····· 40
2. 블랜칭 기계 기술 설비의 설계 및 제작 ····· 43
3. 블랜칭 기계 성능 및 병행기술 분석 ····· 45

제 2 절 연구수행 결과 ····· 46
1. 녹색미 블랜칭 전·후 특성 분석 ····· 46
2. 블랜칭 기계 기술 설비의 설계 및 제작 ····· 52
3. 블랜칭 기계 성능 및 병행기술 분석 ····· 68

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 ····· 70

제 5 장 연구개발결과의 활용계획 ····· 75

제 1 절 추가연구의 필요성 ····· 75

제 2 절 타 연구에의 응용 ····· 76

제 3 절 기업화 추진 방향 ····· 76

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 ····· 77

제 7 장 참고문헌 ····· 78

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적

본 연구개발의 목적은 쌀밥의 시각적인 변화와 부드러운 밥맛을 추구하여 쌀의 소비를 확대할 수 있는 녹색미의 양산체계를 갖추기 위한 저가의 농가 단위조합이나 유통시장 보급형 “녹색미 블랜칭 기계 기술”을 개발하는데 있다.

제 2 절 연구개발의 필요성

1. 기술적 측면

우리의 식생활은 쌀의 국제경쟁력강화, 농민 소득증대, 국민건강 증진을 위한 노력의 결과 백미 위주의 우리 식생활에서 영양소가 가미된 영양 강화미, 쌀눈이 붙어있는 배아미, 씻지 않는 무세척미, 특수기능성 성분을 코팅한 기능성 쌀, 식미가 좋은 부드러운 현미, 향을 첨가한 향미, 조직을 활성화한 활성미, 빛깔을 좋게 한 유색미 등 기호나 영양소 섭취를 중요시하는 경향의 식생활로 변화하고 있다.

기능성 식품의 선호도가 높아지면서 특수미 혹은 유색미의 생산기술의 연구 결과로 쌀을 수확 적기인 황숙기에 도달하기 전 녹색기에 수확한 후 블랜칭(Blanching) 혹은 증숙 (이하 블랜칭이라 칭함) 공정을 거쳐 녹색쌀(녹색미)를 생산하는 기술이 본 연구진에 의해 개발되었다.

블랜칭(blanching)이란 곡물이나 야채를 건조하기 전 필요한 과정의 하나로 곡물이나 야채를 짧은 시간 고온 가열하여 곡물이나 야채의 조직 내에 있는 효소(enzymes)을 파괴 비활성화시켜 효소로 인해 저장기간 혹은 건조기간 동안 야채나 곡물 고유의 색상이나 향이 파괴되는 것을 방지하기 위한 식품가공 공정이다. 또한, 블랜칭은 색상을 고정시키며 조직의 표면을 부드럽게 해 조직내부로 습기가 잘 통하도록 하여 건조시간이나 제습시간을 단축시키는 작용을 한다. 그리고, 녹색보리 및 녹색밀의 생산을 위한

기술 개발이 농림부(ARPC)의 연구과제로서 거의 완료단계에 있다.

녹색미는 건조 또는 반건조 후에 항상 녹색의 상태로 유통되며 2차 가공품을 위한 가루로 만들어 상품화 할 수 있다. 유통 과정 및 식사 단계에 이르기까지 녹색이 유지되도록 만든 녹색미는 기존의 쌀에 비하여 영양분은 향상되고 보기에 좋고 먹기에 부드러운 맛을 주며, 곡물 특유의 좋은 향을 간직하고 있는 특징이 있다. 그러나 생체식품의 경우 수확한 후 저장·유통 과정에도 호흡 등 생명현상을 그대로 유지하고 있으며, 생명현상이 있을 때에는 수많은 효소(enzyme)가 작용하여 자가소화 (autolysis), 변패(deterioration), 변색작용 (discoloration) 등을 일으킨다.

녹색미의 생산은 수확, 탈곡, 블랜칭(Blanching), 건조, 가공 등의 과정이 필요하고, 위 과정 중 블랜칭은 곡물의 색상이나 건조과정에서 품질에 영향을 미치는 결정적인 공정이며, 보다 경제적이며 과학적인 블랜칭 기술을 이용하여 고품질 녹색미의 양산체제를 구축하기 위해서는 체계적인 블랜칭 기계 기술 개발이 필요하다.

한편, 블랜칭 시간은 작물의 종류나 부피에 의해 크게 좌우되기 때문에 블랜칭 시간을 적절히 결정하는 것이 중요하며, 블랜칭 기계화 기술을 개발하는데 있어서 중요한 설계 요소의 하나이다. 부족한 블랜칭은(Underblanching)은 오히려 효소의 활동을 증가시켜 블랜칭을 하지 않은 것보다 역효과를 낼 수 있으며, 과도한 블랜칭은(Overblanching)은 향, 색상, 비타민, 미네랄(Minerals) 등을 파괴시키는 경우가 있다.

블랜칭은 일반적으로 고온의 물(Water blanching)과 스팀(Steam blanching)을 사용한다. Water blanching일 경우 물의 온도 약 88~100℃에서 작물종류에 따라 짧은 시간 데쳐내고, Steam blanching은 야채나 곡물을 와이어 메시 벨트(wire mesh belt)를 이용하여 후드(hood)내를 통과시키면서 스팀을 분사하는 방법을 사용한다. 위 두 가지 방법 모두 곡물의 blanching 특성에 맞게 시간 및 온도를 조절하여 효소(enzymes)를 비활성화 시킨다.

채소와 과일에서의 실험결과, Water blanching은 영양소를 감소시키는 단점이 있으나, Steam blanching보다 공정시간이 짧아 작업능률을 높일 수 있는 장점이 있는 것으로 알려져 있다. 블랜칭 공정은 적정하게 블랜칭한 생산품의 고유한 특성을 유지시켜 상

품가치를 최대화하고 경제성, 효율성을 충족하기 위한 제원(specification)이나 허용한계까지 만족할 수 있도록 하는 제어(control)기술이 중요하다. 따라서, 우리 주식인 녹색미의 블랜칭 전·후의 가공환경의 변화 등에 따른 블랜칭 공정 모델을 개발하고, 블랜칭 특성 즉, 경제성(연료소모율, 부가가치 등), 가공온도(processing temperature), 가공시간(processing time) 및 오폐수 발생 정도 등을 고려한 저가의 중소규모의 녹색미 양산 블랜칭 기계 기술 개발이 필요하다.

2. 경제·산업적 측면

선진국에서는 자국의 식량산업에 대한 과학 기술 개발을 위해 집중적으로 투자하여 경쟁력 강화로 국제적 우위를 유지하려는 노력이 지속되고 있다. 그러나 우리 농산물은 생산 기반의 취약성을 탈피하지 못하고 있는 가운데 농산물 시장 개방이 가속화되고 있어 선진국에 비해 낙후된 식량생산 기술 개발과 아울러 기능성 식품 등 미래의 유망 기술을 개발하여 전략 품목을 육성하여야 할 시점이다.

녹색미의 수요는 농가의 농촌경제의 변화(환금작물 선호)와 사회변동의 흐름에 따른 인식변화에 따라 증가할 것으로 판단된다. 편리성과 안락성을 추구하는 농업인의 의식구조 및 농업생산방식의 변화에 부응하여 경제성, 이동의 편리성, 기호성을 추구하는 농업인의 요구에 따라 녹색미 생산 기계화 기술개발이 필요하다

농업 생산에 참여하고 있는 농업 노동인구의 양적인 감소 및 노령화, 부녀화 등의 질적인 감소는 농업 생산 시스템의 기계화를 절실히 요구하고 있다. 녹색미의 블랜칭 기계화 기술 개발은 특수미(영양강화미, 배아미, 무세척미, 기능성 쌀, 현미, 향미, 활성미, 유색미) 가공 및 제조기술의 일환으로 추후 농가 경제 및 식량 산업에 대한 파급효과가 증대 될 것으로 판단되며 궁극적으로 농가 소득 증대에 일익을 담당할 것이다.

3. 사회·문화적인 측면

최초로 개발된 녹색미 제조 기계 기술은 시대변화에 따른 식품선호에 영향을 미치고 섭생에 있어서 균형적 영양섭취를 위한 변화에 크게 영향을 미칠 것이라고 판단된다. 고품질 농산물을 선호하는 시대적 변화에 부응하여 환금작물로서의 녹색미 생산은 푸

른 농촌을 지속적으로 유지하는데 크게 영향을 미칠 것으로 판단된다.

기존의 식품시장에 많은 종류의 먹거리를 제공하며 새로운 농업생산에 활력을 주고 우리의 개발식품을 해외로 수출할 수 있는 가능성을 제공할 것으로 판단된다. 궁극적으로 WTO, FTA 등으로 경쟁력을 상실하고 있는 우리나라 농촌의 주 소득원인 쌀 생산의 경쟁력을 강화시켜 무기력화하고 있는 농촌을 살릴 수 있을 것이다.

제 3 절 연구개발 범위

1. 녹색미의 블랜칭 전·후 특성 분석

가. 녹색미의 특성 분석

- 블랜칭 전 녹색미의 열전도도, 열용량, 밀도 및 함수율 분석: 블랜칭 시간 혹은 블랜칭 속도는 연속식 블랜칭 과정에서 블랜칭 후 녹색미의 품질에 영향을 미치며, 이들은 주어진 블랜칭 온도에서 녹색미의 열 특성 즉, 열전도도 및 열용량에 따라 영향을 받으므로 블랜칭(Blanching)을 하기 전 녹색미의 열전도도 및 열용량 그리고 녹색미의 밀도 및 함수율 등을 품종별로 분석하였다.

나. 블랜칭 공정에 영향을 미치는 요소 분석

- 블랜칭 온도, 블랜칭 속도, 블랜칭 시간 및 블랜칭 깊이 분석

  - 블랜칭된 녹색미의 품질은 연속식 블랜칭 공정에서 블랜칭 온도, 블랜칭 시간 혹은 블랜칭 속도, 그리고 블랜칭 깊이에 따라 크게 영향을 받으므로 블랜칭 온도, 블랜칭 속도의 변화에 따른 블랜칭 효율 즉 스팀 소비량을 최소화 하면서 전반적으로 블랜칭 효과를 최대화 하고, 녹색미의 품질을 최대화 할 수 있는 연속식 블랜칭 공정에서 녹색미의 블랜칭 깊이를 분석하였다.

다. 블랜칭기계 pilot plant 설계 및 제작.

- 블랜칭 공정에 영향을 미치는 요소들을 분석하기 위해 pilot plant를 소형으로 설계 제작하여 시료를 사용하여 실내에서 위 요소들을 실험 분석 하였다.

2. 블랜칭 기계 기술 설비의 설계 및 제작

가. 동력원 및 열원

- 블랜칭 기계의 동력원 및 스팀 발생 장치의 열원의 설계는 에너지 소비율 및 운전비용 등 경제성과 블랜칭 효율을 고려하여 설계 제작하였다.

나. 스팀 발생 및 스팀 재순환 장치

- 블랜칭 기계 운전 효율과 에너지 소비를 최소화하기 위한 스팀 발생장치(Steam generator) 및 스팀 재순환 기술을 사용하였다.

다. 이송부

- 투입부에서 투입된 녹색미를 토출부까지 연속적으로 이송시키기 위해 오거 및 모터 등을 이용하여 설계 제작하였다.

라. 투입부 및 토출부 설계 제작

- 투입부 및 토출부는 작업자가 용이하게 접근하고 로딩(loading) 및 언로딩(unloading)을 편리하게 할 수 있도록 호퍼 및 자유낙하 등을 이용하여 설계 제작 하였다.

마. 블랜칭 처리부

- 투입부인 호퍼에서 투입된 벼를 가열처리하는 블랜칭부는 내부에 재료를 제어속도에 맞게 이송시키는 screw conveyer를 중심으로 구멍지름 2mm의 망으로 둘러

감싸았으며 망의 외부에 stainless steel pipe를 두어 pipe 내로 분사된 steam이 망을 통하여 그 안에서 이송되는 쌀에 접촉함으로써 짧은 시간 내에 블랜칭 처리 되도록 설계 제작하였다

바. 냉각부

- 블랜칭한 녹색미를 연속적으로 냉각시킬 수 있도록 오거 및 모터 등을 이용하여 설계 제작하였다.

사. 제어부 설계 및 제작

- 전체적인 블랜칭 공정을 제어하기위한 장치로서 작업자가 편리하게 운전 조작할 수 있도록 설계하고 위급 상황을 신속하게 제어할 수 있는 기능을 갖도록 설계 제작 하였다.

3. 블랜칭 기계 성능 및 병행기술 분석

가. 블랜칭 기계 시작품 경제성 분석

- 투자분에 대한 경제성을 분석하고 효율적인 운용 방법을 분석하였다.

나. 블랜칭 기계 시작품의 블랜칭 효율 분석

- 블랜칭하기 위한 녹색미 단위 무게당 필요한 스팀의 양(steam-to-product ratio)을 분석하여 블랜칭 기계 운용효율을 최대화 하고자 하였다.

다. 블랜칭 기계 시작품의 오폐수 발생 분석 및 처리

- 블랜칭 기계의 오수 발생 원인을 분석하고 오폐수 발생을 최소화 하였다.

라. 스팀 블랜칭과 병행 가능 기술 분석

- Microwave, PEF (Pulse Electric Field), UV radiation, UHP (Ultra-high pressure) 등을 스팀 블랜칭 기계에 적용하여 병행 사용할 수 있는 가능성 조사 분석(경제성 및 효율성 조사·분석) 및 장·단점 비교분석하였다.

4. 블랜칭 기계 시작품 종합 검토 및 수정 보완

가. 블랜칭 기계 성능 데이터 분석 및 블랜칭 기계 수정 보완

나. 블랜칭 후 녹색미의 특성 즉, 영양소, 색상, 밀도, 함수율 등 녹색미의 상품성에 대한 분석.

다. 블랜칭 효율, 동력 소모율, 경제성, 오폐수 발생 정도 등 분석.

5. 현장 시험 및 검토

가. 농가 혹은 영농 단체 등을 직접 방문 혹은 초청하여 현장 시험을 실시하여 현장 적응성 정도를 분석하고, 품종별 녹색미를 직접 생산하여 소비자의 기호 분석.

나. 시장의 녹색미 선호에 의해 재배농업인의 협조를 받아 녹색곡물을 수작업으로 생산하여 공급하고 있는 생산 유통업 관계자들로부터 블랜칭 기계 시작품의 호응도 조사하고 생산자 입장에서 요구하는 사항인 생산원가를 절감시킬 수 있는 정도의 경제성과 작업의 수월성에 대한 의견을 청취함.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

블랜칭은 곡물, 야채, 과일 혹은 건과류를 통조림 혹은 냉동 저장을 위해 끓는 물이나 스팀을 이용하여 적정시간 데쳐내는 가공으로 이는 조직 내의 기체 및 효소를 제거하여 통조림상태에서의 부패를 방지하는 역할을 하고 저장, 유통기간 동안 야채, 과일, 건과류 등의 향, 색 등을 보존시키는 역할을 한다.

블랜칭은 주로 끓는 물이나 스팀을 사용하는데 끓는 물을 사용할 경우 많은 양의 물이 소요되고 또한 이에 따라 오폐수의 발생 문제가 제기되어 국내외적으로 스팀을 주로 열원으로 사용하고 있는 추세이다. 채소와 과일의 블랜칭 기계 기술은 1970년대부터 발달하기 시작하였으며 그 방법은 1)Fluidized-bed blanching, 2)In-can blanching, 3)Thermocycle blancher, 4)Hydrostatically sealed steam blancher, 5)Individual quick blanch, 6)Hot-gas blanching 등이 있다.

위 방법 중 Thermocycle blancher(steam recycle)는 방법 1)과 2)의 단점을 개선하여 좀 더 가공물을 균일하게 블랜칭하고 열 손실과 오수의 발생을 줄이는 방법으로써 열효율, 생산성, 품질 면에서 다른 형태의 기계 기술보다 장점이 있는 것으로 조사되었다. 방법 4), 5), 6)은 좀 더 기술을 보완하여 개발되었으나 그리 많이 사용되고 있지는 않다.

제 1 절 국내 관련기술의 현황

청과물의 냉동저장을 위해 블랜칭을 사용하고 있으며, 채소의 블랜칭에서는 식물체내에 있는 효소(퍼옥시다아제, 아스코르브산옥시다아제, 폴리페놀옥시다아제) 등을 실활(inactivation) 시켜서 동결 전, 동결 중, 해동 시에 일어날 수 있는 급격한 화학변화에 의한 품질저하를 방지하는데 사용하고 있다. 또한, 대형 식품공장(예; 만두 제조)에서 생산제품을 냉동하기 전 증숙기(Blancher)를 사용하여 블랜칭(증숙)을 한 후 급속 냉동시키는 일련 처리 시스템에 사용하고 있다. 위에 열거한 블랜칭 시스템은 대형으로서 가공식품(예; 야채, 고기, 만두 등)을 생산하는 생산라인에서 사용하는 것으로 저가의

양산을 위한 농가 보급형의 시스템으로서는 적합하지 않다.

30 여년전 밀밭의 밀을 즉시 구어 먹던 추억에서 발상되어 녹색밀을 위시한 녹색미, 녹색보리 생산을 위한 생물 및 재배적 특성을 파악하기위한 기초연구가 본 연구진에 의하여 추진되어 완료단계에 와있다. 그러나, 본 연구에서 개발하고자 하는 녹색미의 가공을 위한 블랜칭 기계 기술은 아직 정립되지 않았고, 실험단계를 거쳐 인위적이고 소규모의 시행착오를 거쳐 소량의 생산기술이 연구・개발되었다.

제 2 절 국외 관련기술의 현황

블랜칭은 주로 고온의 물(Water blanching)이나 스팀(Steam blanching)을 사용하고 있으며, 위 두 가지 방법은 물과 에너지를 이용하여 연속적으로 끓는 물이나 스팀을 발생하도록 설계되었으며, 이러한 방법들은 차이가 있으나 모두 연료소비율이 많고 상당히 많은 양의 오수(Wastewater)가 발생하는 문제점이 있어 개선의 여지가 있다.

대만(Min Her Machine Co.)에서는 아스파라가스, 베이비 옥수수, 버섯 등 농산물의 블랜칭을 위해 바스켓(Basket) 형태의 블랜칭 기계를 개발 생산하고 있으며, 온도조절은 필요에 따라 자동으로 조절할 수 있도록 하였다. 영국 Nilma 개발의 블랜칭 기계는 Water cooker의 개념으로 끓은 물을 이용하여 연속적으로 여러 가지 야채나 과일을 블랜칭 할 수 있도록 블랜칭 시간, 블랜칭 온도, 콘베이어 속도 등을 제어 할 수 있도록 개발되어있다. 일본(Hosoda)에서는 여러 종류의 과일이나 야채를 연속적으로 블랜칭 할 수 있는 벨트형태의 블랜칭 기계를 생산 보급시키고 있다.

한편, 최근에는 스팀 블랜칭 기계의 연료비용을 줄이기 위해 Steam seal, Insulation, Forced convection, Heat-and-Hold, Steam recycling 기술을 개발하여 사용하고 있다. 또한, 스팀 블랜칭에서 Thermal and intelligent process control을 사용하여 관행의 Steam blanching 기술의 연료비용을 71%까지 절감할 수 있는 기술이 연구 개발되고 있다.

Steam 이나 Water blanching의 대안으로서 Microwave, PEF (Pulse Electric Field) treatment, UV radiation, UHP (Ultra-high pressure) 등을 이용한 기술이 개발단계에 있거나 개발되어 있으며, 이러한 방법들은 보편화가 되어 있지 않으며 몇몇의 작물에 국한되어 연구개발 중에 있고 경제성에 있어 아직 미흡한 실정이다. Ultra violet radiation은 감자의 병원균(pathogen)을 억제하기 위해 블랜칭의 한 기술로서 UHP방법을 1000~6000 atm 고압을 이용하여 미생물을 파괴시키는 방법으로 당근 쥬스나 우유 가공에 상당한 효과를 나타내는 것으로 알려져 있으나 모든 식품에 다 적용되지는 않는다. 이와 같이, 서구의 여러 나라의 식생활의 특성상 우리나라와는 달리 쌀을 주식으로 하지 않고 있어 녹색미의 생산을 위한 블랜칭 기계 기술개발은 전혀 없는 실정이다.

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 연구수행 방법

1. 녹색미의 블랜칭 전·후 특성 분석

가. 녹색미의 특성 분석: 블랜칭 전 녹색미의 열전도도, 열용량, 밀도 및 함수율 분석

1) 열용량(Heat Capacity: J/K)

물체에 열량(Q: J)을 가했을 때 절대온도가 △T(K)만큼 높아졌을 경우 물체의 열용량(C)은 $C=\frac{Q}{\triangle T}$로 정의되며, 열용량이란 단순히 물체의 온도를 1 K만큼 올리는데 얼마만큼의 열량이 필요한지를 나타내는 물리량으로서 녹색미의 열용량(cal/K 혹은 J/K)은 시료 별로 열량계를 이용하여 3번 반복 측정하여 평균값으로 산출 하였다.

2) 열전도도(Thermal Conductivity)

녹색미의 열전도도는 비정상상태 방법의 열선(nickel-chromium resistance)을 이용하여 측정하였으며, 시료는 초기 열평형상태가 유지 되도록 하였으며, 시료와 용기가 선택된 온도에 따라 시료의 함수율에 따라 온도를 측정한 후 열전도도를 아래 식을 이용하여 계산하였다.

$$k=\frac{I^2R}{4\pi}\frac{dln(t)}{dT}$$

위 식에서 k 의 단위는 $Wm^{-1}K^{-1}$이고, I 는 전류(A), R은 단위길이 당 전기저항(Ωm^{-1}), t는 시간(sec), T는 온도(℃)이다.

녹색미의 열전도도는 아래 그림 1과 같이 측정 장치를 설계 제작하여 3번 반복 실험을 한 후 평균값으로 산출하였다.

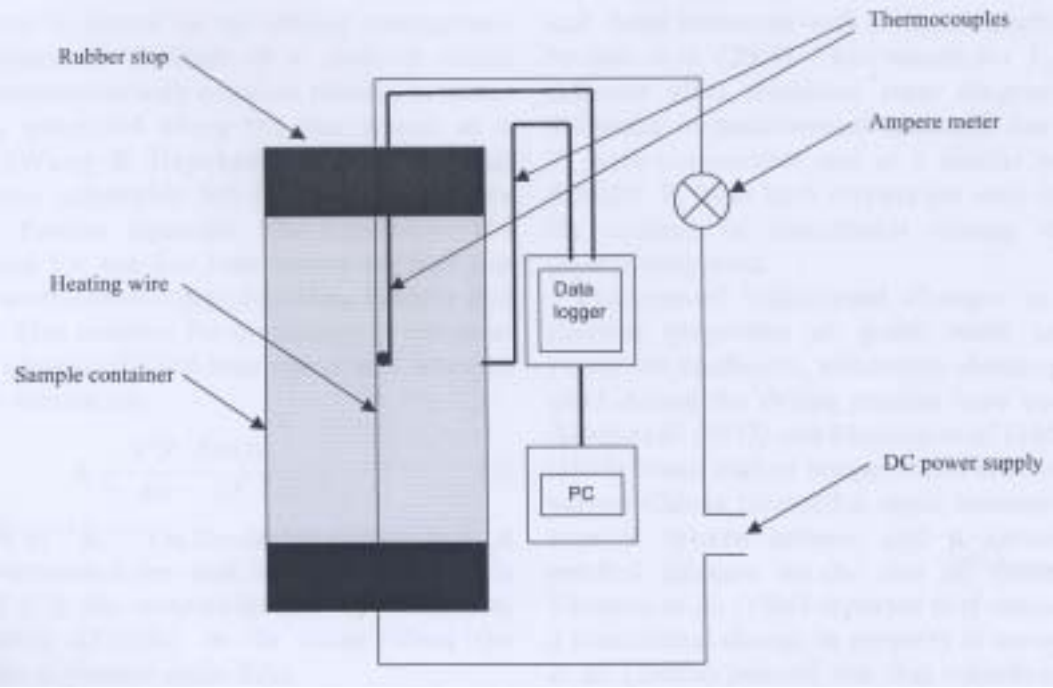

Figure 1. Schematic diagram of the conductivity measurement apparatus for green rice

위 측정 장치에서 실린더의 높이는 약 29 cm 이고 내경은 약 8 cm이며, 열선의 굵기는 0.32 mm (13.95 Ω/m)으로 실린더의 중앙에 위치하도록 하였으며 DC 전원에 연결하였다. 온도상승은 thermocouple (φ 0.8 mm, K-type)을 이용하여 측정하였고, 이 thermocouple은 실린더 중앙의 열선에 약 1 mm의 간격을 두고 접착하였고, 또한, 실린더 외면에 thermocouple을 부착하여 실린더 표면의 온도를 측정하였다. 온도측정은 data logger를 이용하여 데이터를 PC로 수집하였다.

3) 함수율

시료의 함수율을 측정하기 위하여 약 10g의 시료를 오븐 드라이어에 넣은 후 온도를 105℃로 하여 24시간 건조하는 과정을 3번 반복하여 측정하였다.

4) 밀도

시료의 밀도(산물밀도)는 시료의 질량과 체적을 구한 다음 평균값으로 산출하였다.

나. 블랜칭 공정에 영향을 미치는 요소 분석

1) 블랜칭 시간

본 실험은 밀폐된 용기 내에 물이 끓기 시작하여 스팀이 발생하였을 때 시료를 용기에 넣어 스팀에 노출시키면서 적정 블랜칭 시간 분석을 실시하였다. 본 연구에서는 시료를 시간별(30초, 60초, 90초, 120초, 150초)로 블랜칭을 시험을 실시하고 블랜칭한 각각의 시료를 45℃에서 24시간 건조 후 실험용 제현기를 사용하여 녹색미의 품질을 육안으로 판단하여 적정 블랜칭 시간을 분석하였다.

2) 블랜칭 온도

본 실험에서는 밀폐된 용기 내 물이 끓는 상태에 따라 스팀(스팀 온도: 80 - 9 0, 90 - 100, 100 - 110℃)에 시료를 일정시간 (60 초) 노출 시킨 후 건조 시켜 실험용 제현기를 이용하여 제현 한 다음 녹색미의 품질, 즉 색상, 동할미, 쇄미 등을 육안으로 관찰하여 적정 온도를 분석하였다.

3) 블랜칭 속도

좋은 품질의 녹색미를 생산하기 위한 적정 조건을 관찰하기 위해서는 블랜칭 속도 및 시간을 추정하여야 하는데 연속적으로 블랜칭을 하기 위해서는 블랜칭 속도와 시간은 서로 상호 영향을 주기 때문에 본 연구에서는 블랜칭의 적정 시간을 관찰 한 후 연속 블랜칭 시스템의 속도를 산출하였다.

4) 블랜칭 깊이

본 실험에서는 용기 내 물이 끓는 상태에서 시료를 두께 1, 2, 3 cm로 펼쳐 넣어 60초 동안 블랜칭하여 건조, 제현한 후 녹색미의 색과 쇄미 등 품질을 육안으로 판단하였다.

다. 블랜칭 기계 Pilot plant 설계 및 제작

Pilot 블랜칭 시스템은 블랜칭부, 2단의 냉각 및 건조부, 제어부 등으로 구성하여 설계 제작하였다. 블랜칭부, 냉각 및 건조부에서 스쿠루 컨베이어를 사용하여 벼를 이송 하고, 냉각 및 건조부는 2단 연속으로 설계하고 송풍기를 이용하여 블랜칭한 벼의 온도와 상대적으로 찬 공기를 강제 송풍하여 냉각 및 건조를 용이하게 하고자 하였다.

2. 블랜칭 기계기술 설비의 설계 및 제작

블랜칭 시스템은 기름 스팀 보일러(평화, 모델 PHO-300)의 증기온도(90-120℃)를 이용하여 시료를 연속적으로 블랜칭하도록 직경 15.8 cm의 관내에 스크루컨베이어(Screw conveyor) 시스템을 사용하였으며, 녹색미 시료를 약 1 m^3/hr로 블랜칭 하도록 설계 및 제작하였다.

또한, 원통형 챔버(Chamber)내 온도 및 습도를 컴퓨터로 자동으로 조절할 수 있도록 온도 및 습도 센서 그리고 controller를 설치하였고 이들의 신호를 감지하고 제어하기 위해 컴퓨터 프로그램을 작성하였다.

녹색미가 블랜칭 된 후 연속적으로 녹색미 표면의 습기를 제거하기 위해 건조 장치를 설치하였다. 건조장치는 송풍기를 이용하여 강제 송풍을 이용하였으며, 공기의 온도는 약 35~45℃로 설정하였다

가. 동력원 및 열원

블랜칭 시스템의 열원은 스팀발생장치에서 발생하는 스팀으로 하였고, 스팀 보일

러는 등유를 열원으로 사용하는 것을 선택하였다. 스크루컨베이어, 건조 및 냉각장치의 동력원은 전기모터 및 전기히터를 사용하였고, 송풍기의 동력원은 전기를 사용하였다.

나. 스팀 발생 및 스팀 재순환 장치

스팀은 스팀보일러에서 발생하는 것을 사용하였고, 블랜칭 과정에서 사용하고 배출되는 스팀을 건조 및 냉각장치로 순환되도록 하여 에너지 소비를 줄이고자 하였다.

다. 이송부

녹색미의 이송부는 스크루컨베이어를 선택하였다. 연구계획서 상에는 와이어 메쉬 벨트를 사용하고자 하였으나 제작비가 고가이고 유지 보수 면에서 간편하고 저렴한 것으로 판단되어 Screw feeding system을 선택하였다.

라. 투입부 및 토출부

블랜칭 시스템의 투입부는 원뿔형 호퍼(Hopper)로 하여 투입량을 조절할 수 있도록 하였고, 토출부는 건조 및 냉각장치의 스크루컨베이어에 의해 이송되어 자유낙하 하여 토출되도록 하였다.

마. 냉각부

블랜칭 후 녹색미의 냉각은 건조 및 냉각 장치를 통과하는 동안 35 - 45℃의 공기를 블로어로 강제 송풍하여 건조 및 냉각이 동시에 이루어지도록 하였다.

바. 제어부

블랜칭 시스템의 제어는 블랜칭 시스템 내에 설치되어 있는 온도 및 습도센서에서 검출되는 데이터를 이용하여 컴퓨터로 제어할 수 있도록 온도 및 습도를 적절하게

유지하도록 하였다.

3. 블랜칭 기계 성능 및 병행 기술 분석

가. 블랜칭 기계 시작품 경제성 분석

블랜칭 시스템의 전력 및 연료(등유)의 소비량 및 하루 10시간을 가동하면서 2명의 노동력이 필요한 것으로 가정하여 경제성을 분석하였다.

나. 블랜칭 기계 시작품의 블랜칭 효율 분석

녹색미 블랜칭의 시스템의 시간당 블랜칭 용량과 스팀 사용량을 분석하여 steam-to-product ratio을 산출하였다.

다. 블랜칭 기계 시작품의 처리수 발생 분석 및 처리

스팀을 이용하여 연속적으로 블랜칭 시스템을 가동 할 경우 소량의 처리수가 발생하여 이를 배출할 수 있도록 하였다.

라. 스팀 블랜칭과 병행가능 기술 분석

1) 마이크로웨이브(Microwave)

마이크로웨이브는 몇몇 식품 업체에서 야채를 블랜칭하기 위해 사용하고 있으며, 일반 블랜칭 (스팀 혹은 끓는 물)에 비해 1) 균일한 블랜칭을 할 수 있으며, 2) 오븐 내 온도 변화가 적고, 3) 에너지 소비율이 작으며, 4) 블랜칭 시간을 단축할 수 있는 장점이 있으나 시스템의 가격이 고가여서 본 연구에서는 적용하기가 곤란한 것으로 판단하였다.

2) 파동 전기장 처리 (Pulse Electric Field Treatment, PEF)

PEF 처리는 아주 적은 온도 상승을 이용하여 액상식품의 미생물이나 효소를 처리하기 위해 사용되고 있고, 상온에서 짧은 시간동안 이루어지고 열에 의한 에너지 손실은 적은 것으로 나타나 있다. 하지만, PEF처리는 미생물을 제거하기 위한 수단으로서 스팀을 대신한 블랜칭 방법으로서는 적당하지 않은 것으로 판단하였다.

3) 초고압 처리(Ultra-high pressure, UHP)

Ultra-High Pressure(UHP)처리는 식품을 보존하기 위한 하나의 열처리 방법으로, 특수 챔버(Chamber) 내의 식품을 고 유압(1,000 - 6,000 atmospheres)으로 처리하여 영양분, 항산화제, 색상, 혹은 고착제 등을 파괴하지 않고 미생물을 제거하는 방법이다. 이 방법은 비타민이나 식품의 색상이나 향을 파괴하지 않아 과일, 야채, 치즈, 고기, 우유를 처리하는 데 사용되고 있으나, 이 방법은 연속적으로 처리하지 못하는 단점이 있고, 식품에 따라 고압에 견디지 못하고 파손되는 경우가 있어 본 과제의 목적 상 연속적으로 처리하는 데는 적합하지 않은 것으로 판단하였다.

제 2 절 연구수행 결과

1. 녹색미의 블랜칭 전·후 특성 분석

가. 녹색미의 특성 분석: 블랜칭 전 녹색미의 열전도도, 열용량, 밀도 및 함수율 등의 특성을 분석하였다

1) 열용량(Heat Capacity: J/K)

열용량을 시료의 단위무게로 환산한 값에 해당하는 완숙 벼의 비열(Specific heat)은 벼의 품종, 공극율 및 함수율에 따라 영향을 받고, 벼의 비열은 Japonica type의 여러 품종에서 함수율이 증가함에 따라 아주 미세하나마 약간씩 증가하고,

Japonica의 경우 벼의 공극율이 40 ~ 48%이고 함수율이 10 ~ 25%일 경우 비열은 대략 1.9 ~ 2.7 kJ/kg °K로 조사되었다.

완숙 전 벼의 경우 완숙 벼보다 함수율이 높은 것을 감안 할 때 비열이 높은 것으로 예상되며, 본 연구에서 1 kg의 시료(함수율 25 ~ 30%)를 사용하여 열량계를 이용하여 실험을 실시 한 결과 약 2.67 ~ 2.74 kJ/°K으로 나타났다.

2) 열전도도(Thermal Conductivity)

완숙벼의 열전도도는 함수율이 15 ~ 30 %의 범위에서 Japonica 형의 경우 0.09 ~ 0.2 W/m°K, 통일벼의 경우 0.09 ~ 0.18 W/m°K 으로 조사되었고, 함수율이 증가하면서 열전도도가 미세하나마 약간씩 증가하는 경향을 나타냈다. 한편, 본 실험에 사용한 시료(함수율 25 ~ 30%)의 열전도도의 범위는 약 0.11 ~ 0.17 W/m°K으로 나타났다.

3) 밀도

본 연구에서 시료로 사용한 추청벼(함수율 25 ~ 30%)의 블랜칭 전 산물밀도는 약 553 ~ 578kg/m^3으로 나타났다.

4) 함수율

본 연구에서 사용한 시료의 블랜칭 실시 전 함수율의 범위는 25 ~ 30%(w.b.)로 조사되었다.

나. 블랜칭 공정에 영향을 미치는 요소 분석

1) 블랜칭 온도와 블랜칭 시간

블랜칭 온도와 시간은 블랜칭 결과에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로서 과소블랜칭

(underblanching)은 블랜칭 시간을 연장시켜 작업능률을 저하시킬 뿐만 아니라 효소의 활성화를 가져와 오히려 블랜칭 하지 않은 경우에 비하여 역효과를 줄 수 있으며, 과도한 블랜칭(overblanching)은 색상, 향미, 비타민, 미네랄 등을 파괴시키는 결과를 초래하므로 적정한 블랜칭 온도를 결정하는 사항은 매우 중요하다. 따라서 곡물의 적정 블랜칭 온도는 작업의 능률을 고려한 시료의 적정 블랜칭 온도는 기초 실험결과 90 ~ 100℃로 나타났다.

또한 블랜칭에서 가장 중요시되는 점은 균일한 열처리와 손실의 최소화이자. 블랜칭 결과는 블랜칭 온도와 시간의 영향을 받는데 바람직한 블랜칭 효과를 얻기위해서는 블랜칭 온도가 낮으면 블랜칭 처리시간이 증가하고 온도가 높으면 시간이 단축된다. Steam blanching은 적정 블랜칭 온도에 오르기까지 비교적 많은 시간이 소요되어 처리능률이 저하할 가능성이 높지만 끓는 물속에서 처리되는 water blanching에 비하여 곡물의 취급이 용이하고, 용해성 물질이 빠져나가면서 발생하는 영양손실을 막을 수 있으며, 식품의 살균효과도 양호한 장점을 갖는다. Steam blanching에서 처리능률을 향상시키기 위해서는 연속 blanching system을 갖춰야 하는데 이 때 steam과 곡물을 계속적으로 공급해야만 한다.

블랜칭 결과는 블랜칭한 쌀의 색을 나타내는데 블랜칭한 쌀의 색을 표시하는 색좌표에는 여러 가지가 있으나 색의 특성인 밝은 정도를 나타내는 명도, 색의 선명한 정도인 채도, 빛깔을 구별하는 색상을 L*a*b와 같이 3가지 값으로 나타내기 위하여 색차계를 사용하여 블랜칭한 녹색미 과피의 색소에 대한 L(lightness), a(redness), b(yellowness)를 각각 측정하여 색좌표를 얻었으며, 표준색판을 백색판으로 사용하였다.

녹색미 색의 척도를 나타내는 Hunter value (Richard S. Hunter)에서 L값은 클수록 밝기가 크고, a값은 +값이 클수록 빨강색의 비율이 높고, -값이 클수록 녹색의 비율이 높다. b값은 +값이 클수록 노랑색의 비율이 높고, -값이 클수록 파랑색의 비율이 높은데, 표 1에서 보는 바와 같이 steam blanching에서 60초 동안 블랜칭한 경우 a값의 -값이 가장 크게 나타나 녹색도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 30초 블랜칭에서 그 다음으로 높게 나타났다. 반면에 블랜칭 시간이 90초, 120초 150초로 증가할수록 녹색도는 저하하는 것으로 나타났다.

Water blanching의 경우에는 물의 비영리 상대적으로 높은 관계로 좀 더 짧은 시간에 블랜칭 할 수 있어 장점이지만 처리수를 청결하게 유지하면서 폐수처리의 추가작업과 비용이 소요되는 단점을 갖는다. Water blanching의 경우 steam blanching에 비하여 블랜칭 시간 전체적으로 녹색도 수치가 높은 값을 보였으며, 블랜칭 시간에 따른 녹색도의 변화는 비교적 작게 나타났다. a값만을 고려하면 30초 블랜칭의 경우 녹색도가 가장 높았으나 황색도가 높아 60초 간 블랜칭한 경우의 녹색미의 색상과 비슷한 값으로 나타났다. 따라서 water blanching의 경우에는 90~100℃에서 30초~60초 정도에서 처리하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

Table 1. Hunter value of the green rice blanched with steam and water.

Blanching method	Blanching time (sec)	Hunter value		
		L	a	b
Steam	30	92.33±3.50	-1.37±1.26	40.10±0.79
	60	91.70±4.84	-2.90±0.92	44.70±7.96
	90	84.90±3.65	0.17±1.27	38.13±6.63
	120	92.27±0.91	1.13±1.24	38.93±5.80
	150	88.73±3.96	1.67±1.36	36.30±3.64
Water	30	92.89±4.56	-7.84±5.27	41.86±0.79
	60	94.57±2.58	-5.71±1.24	36.57±6.79
	90	95.54±4.91	-6.08±1.53	39.91±5.91
	120	95.39±2.49	-6.26±1.57	43.56±5.18
	150	95.85±1.52	-6.57±1.61	42.52±4.13

2) 블랜칭 속도

블랜칭 속도는 처리능률에 큰 영향을 주는데 블랜칭 속도를 작게 하면 스팀발생장치의 용량을 줄일 수 있으나 능률이 저하되므로 목표로 하는 처리용량을 얻기 위하여 블랜칭 속도를 크게 하면 스팀발생장치의 용량을 증가시켜야 하므로 본 시스템에서 적정스팀량을 사용하여 녹색미를 연속적으로 원활하게 블랜칭 하기 위하여 약 200cm 길이의 블랜칭부 및 냉각부를 통과하는 시료의 이동 속도를 3.3 cm/s로 분석・제작하였다.

3) 블랜칭 깊이

블랜칭시스템 외부에서 스테인레스 스틸 망을 통하여 중심축 방향인 레디얼 방향으로 이송 스크류 컨베이어 날과 날 사이에서 이송되는 시료층에 스팀을 침투시키는 시작기에서 블랜칭 깊이를 1cm, 2cm 및 3cm로 설정하여 블랜칭하였을 때 스팀과 최후에 접촉하는 내부 시료의 색상과 품질 등 블랜칭 효과를 관능검사를 통하여 비교해본 결과 적정 블랜칭 깊이는 약 2 cm로 분석되었다.

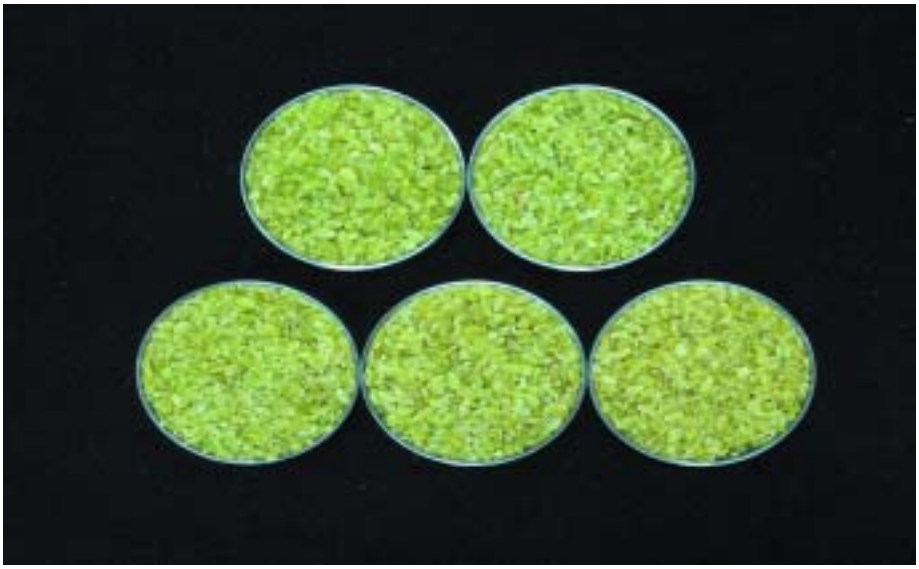

Figure 2. Photograph of the green rice blanched for 30, 60, 90, 120, and 150 seconds (clockwise from upper left) with steam at 90 - 100℃ and depth of 2 cm.

위 그림 2는 시료의 깊이를 2 cm로 하여 시간별로 30, 60, 90, 120, 150초 (왼쪽 위부터 시계방향) 동안 블랜칭을 실시한 후 제현기를 이용하여 제현 한 녹색미를 촬영한 사진으로 60초 동안 블랜칭 한 녹색미의 색상, 완전미의 상태가 가장 양호한 것으로 나타났다.

다. 블랜칭 기계 pilot plant 설계 및 제작

블랜칭 시스템은 블랜칭부, 2단의 냉각 및 건조부, 제어부 등으로 구성하여 설계 제작하였다. 블랜칭부, 냉각부 및 건조부에서 스쿠루 컨베이어를 사용하여 벼를 이송 하고, 냉각부 및 건조부는 2단 연속으로 설계하고 송풍기를 이용하여 블랜칭한 벼의 온도와 상대적으로 찬 공기를 강제 송풍하여 냉각 및 건조를 용이하게 하고자 하였다(그림 3).
본 pilot plant에서 2단의 냉각 및 건조부는 제작 상 고가이고 시스템을 운전하기가 번거롭고 운전비용이 많은 단점이 있어 설계 검토 후 제작하지 않았다.

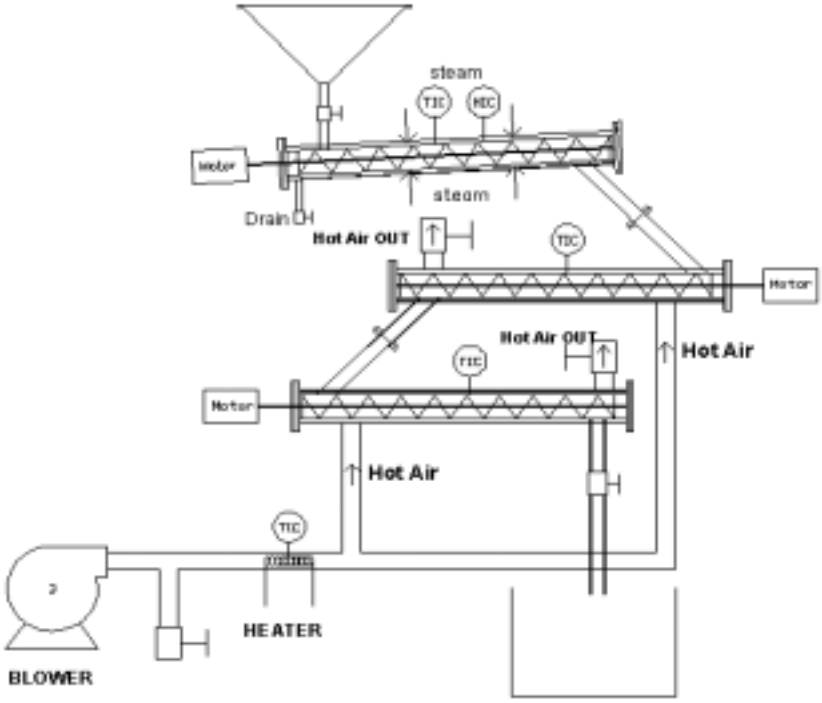

Figure 3. Design sheet of the pilot system of the green rice blanching system.

2. 블랜칭 기계기술 설비의 설계 및 제작

녹색미의 블랜칭 시스템 시작품의 설계는 그림4에서와 같이 투입부 호퍼, 블랜칭부, 냉각부 및 건조부로 구성하였다. 녹색미의 블랜칭 시스템 시작품의 크기는 높이 2530(H) × 2750(W) × 1000(D) mm로 설계하였다.

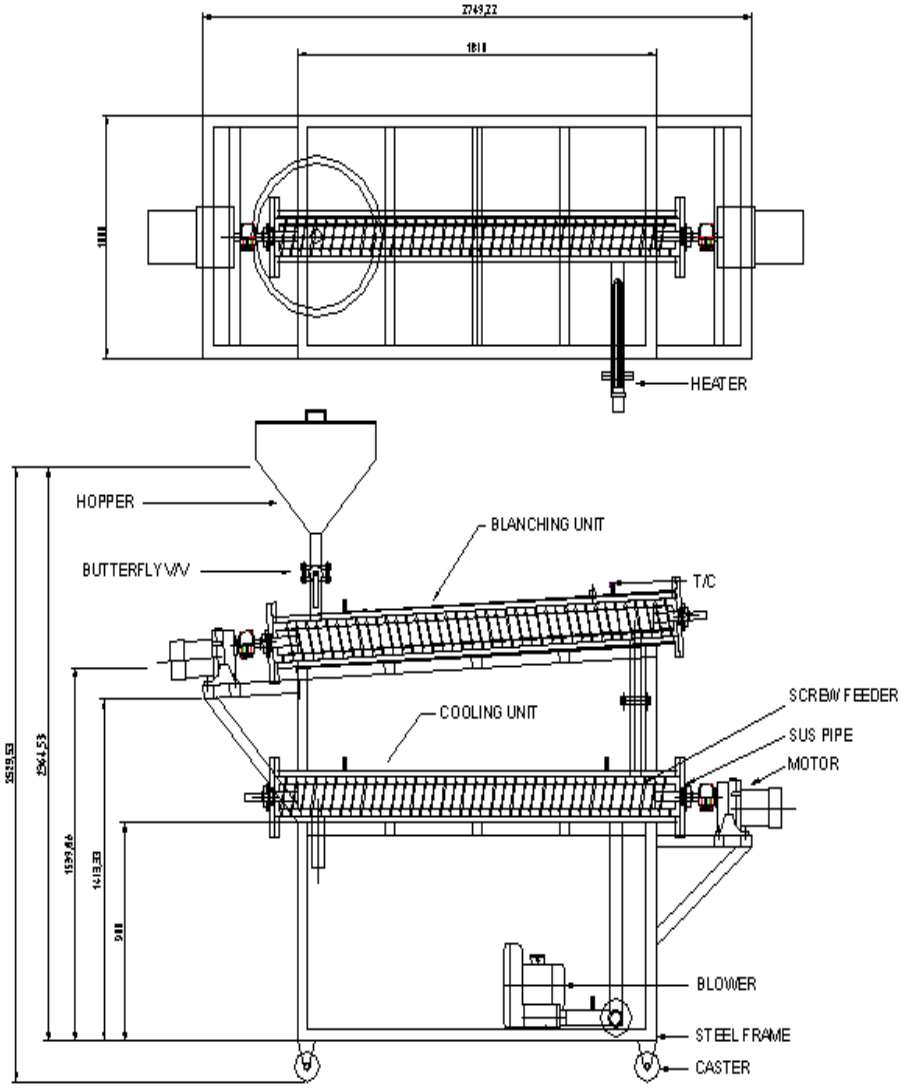

Figure 4. Design sheet of the prototype green rice blanching system.

그림 5는 녹색미 블랜칭 시스템 시작품의 설계 제작한 프레임 사진을 나타내고 있고, 그림 6은 제작 완성된 녹색미 블랜칭 시스템 시작품의 사진이다.

블랜칭 시스템의 재질은 녹이 쓸지 않는 스테인레스 스틸(Stainless steel)로 하였으

며, 스팀이 새지 않고 방열을 방지하기 위해 스크루컨베이어 외벽에 또 하나의 직경 216 mm의 원통형 파이프를 설치하고 그 사이에 단열재를 넣도록 설계 제작 하였다.

Figure 5. Photograph of the prototype of the green rice blanching system frame.

Steam generator	

Figure 6. Photograph of the prototype green rice blanching system.

가. 블랜칭부 및 이송부

블랜칭은 스크루 피더 (Screw Feeder)로 벼가 이송되면서 관내에 스팀을 주입할 수 있도록 설계 제작 하였다. 스크루 컨베이어의 길이는 1990 mm이고 스크루 피치의 길이는 5 cm로 설정하였다. 스크루 컨베이어를 둘러싸고 있는 파이프의 직경은 150 mm이고 파이프는 직경 2 mm로 천공하여 스팀이 벼 사이를 자유로이 통과 되도록 하였다. 그림 7은 블랜칭부 및 블랜칭 챔버 내 설치 된 스크루 컨베이어의 설계 도면을 보여주고 있다.

스크루 컨베이어의 축의 직경은 101.6 mm 로 하여 블랜칭 하는 벼의 깊이는 약 2 cm가 되도록 하였으며, 벼의 이송 효율을 높이기 위하여 컨베이어를 수평에서 약 5° 정도 기울기를 주었다. 한편, 챔버(Chamber) 내 스팀이 과포화 상태가 되어 물기가 발생하였을 경우 물이 배출될 수 있도록 배수구를 설치하였다(그림 8).

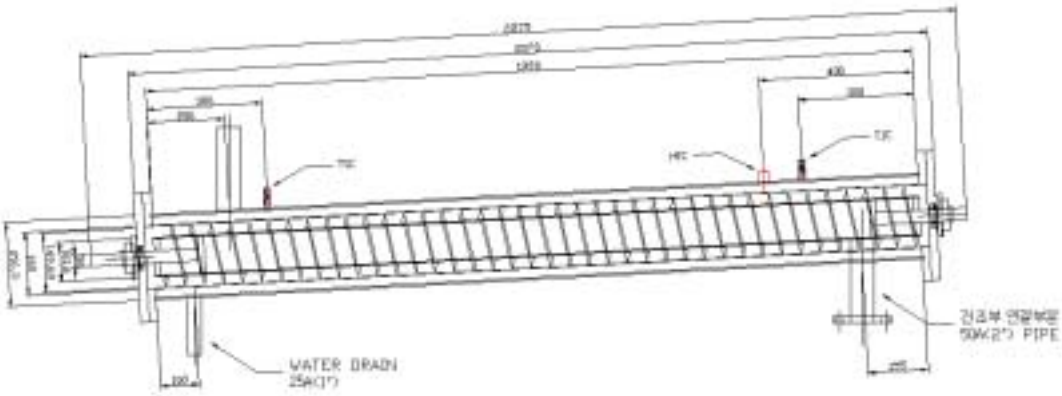

Figure 7. Design sheet of the blanching unit and screw conveyor installed inside of the circular blanching chamber.

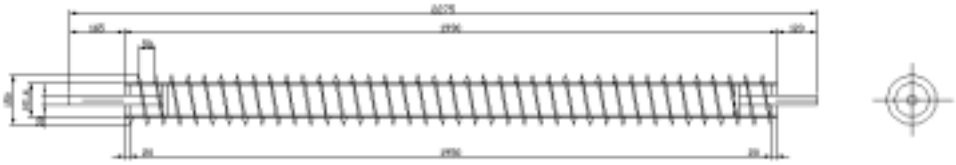

Figure 8. Design sheet of the screw conveyor.

스크류 피더는 전기모터를 사용하여 구동하게 하였으며, 스크루컨베이어의 속도는 40 RPM으로 설정하여 2 m 길이의 스크루컨베이어를 통과하는 시간을 약 1분이 되도록 설계 제작하였다. 그림 9는 스크루컨베이어의 구동을 위해 설치한 전기모터를 나타내고 있다.

Figure 9. Photograph of the electric driving motor for the screw the screw conveyor of the blanching chamber.

블랜칭 과정에서 나타날 수 있는 변화 즉 블랜칭 후 녹색미의 품질에 대응하기 위해 스크루컨베이어의 속도를 감속기(Inverter)를 이용하여 조절할 수 있도록 하였다. 감속기의 용량은 0.75 kW이고 최대 속도는 60 RPM인 것을 선택하였다. 아래 그림 10은 감속기의 도면을 나타내고 있다.

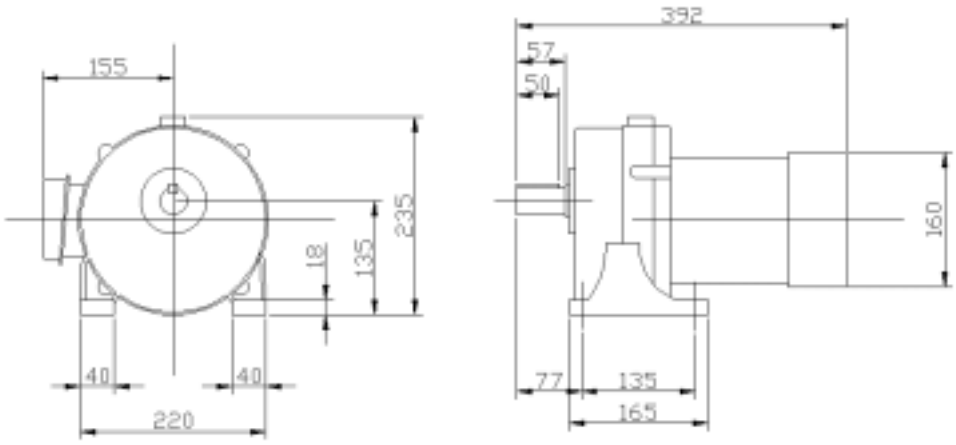

Figure 10. Design sheet of the inverter attached to the blanching unit .

나. 냉각부

블랜칭 과정이 끝나면서 증숙된 벼가 자연 낙하하여 바로 건조 및 냉각되도록 블랜칭 스크루 컨베이어 하단에 또 하나의 스크루 컨베이어를 설치하고 이 스크루컨베이어 안으로 블랜칭 한 후 벼의 온도와 상대적으로 낮은 저온(35 - 45℃)의 공기를 강제 송풍하여 벼 표면의 습기를 제거하고 벼의 온도를 낮추어 블랜칭 후의 벼가 쉽게 건조되도록 하였다. 그림 11은 냉각부의 설계 도면을 나타내고, 그림 12는 냉각부의 그림을 보여주고 있다.

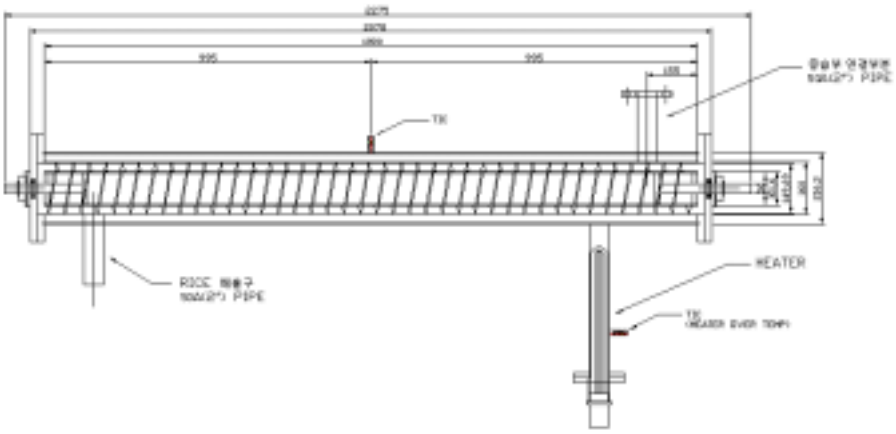

Figure 11. Design sheet of the cooling unit of the prototype green rice cooling unit.

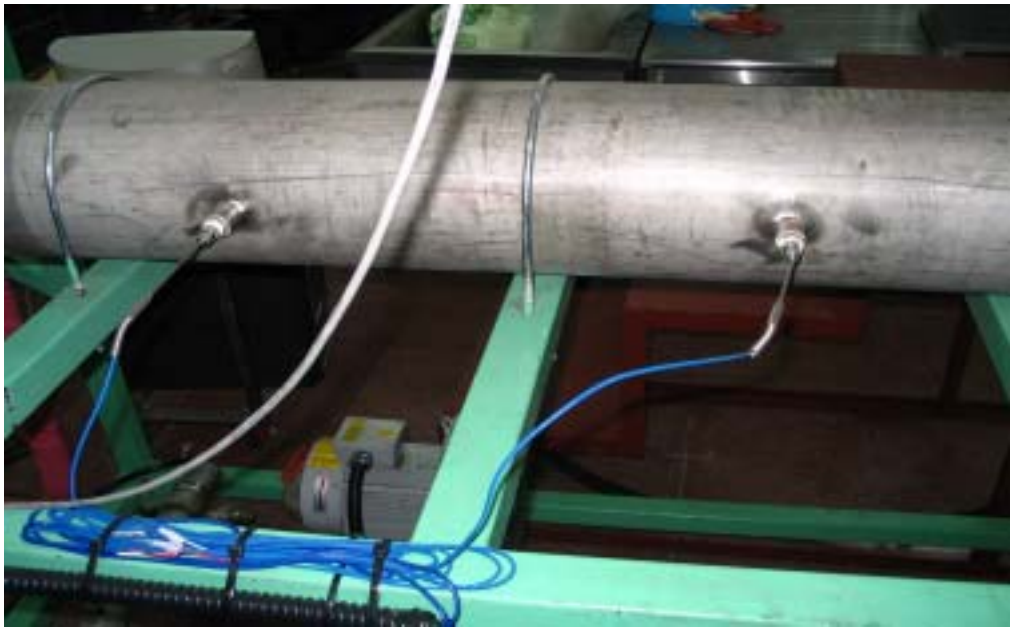

Figure 12. Cooling chamber of the green rice blanching system and temperature sensors installed at the cooling chamber.

강제 송풍되는 공기의 온도는 송풍 관내에 전기히터 및 온도센서를 설치하여 송풍 온도를 컴퓨터를 통해 연속적으로 검출하고 설정 온도에 따라 온도를 자동으로 조절될 수 있도록 하였다. 그림 12는 냉각부내에 설치된 두 개의 온도센서를 보여주고 있다.

송풍기의 최대 풍량은 $4m^3/min$ 이고 용량은 0.75 kW으로 하였으며, 그림 13은 송풍기의 세부 도면을 나타내고 있고, 그림 14는 시스템에 설치는 송풍기의 사진을 보여주고 있다. 스크루컨베이어에 의해 이송되면서 냉각된 벼는 스크루컨베이어 끝단에 설치된 배출구를 통하여 배출되도록 하였다. 냉각부 스크루컨베이어의 사이즈는 상단의 스크루컨베이어의 사이즈와 동일하게 설계 제작 하였다.

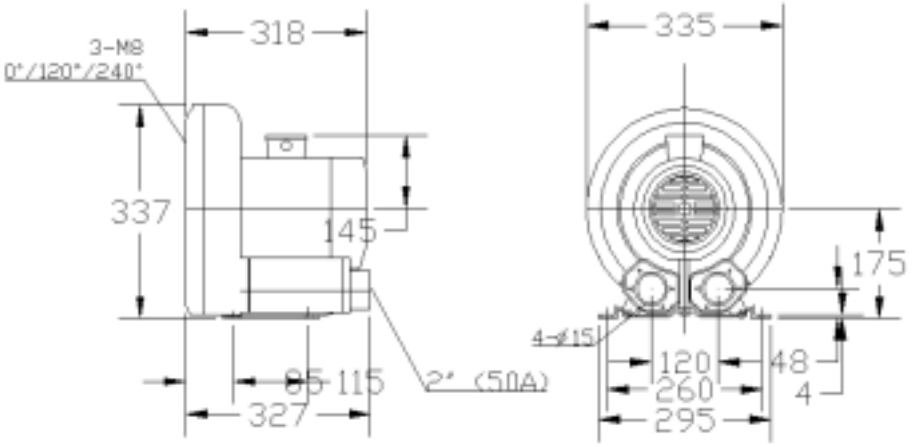

Figure 13. Design sheet of the blower installed to the cooling unit of the prototype green rice blanching system.

Figure 14. Photograph of the blower installed at the cooling unit of the green rice blanching system

다. 투입부 및 토출부

벼의 투입부는 그림 15와 같이 원뿔형의 호퍼로 제작하였으며 호퍼 상단의 직경은 600 mm으로 하였다. 호퍼 하단에는 개폐 장치를 설치하여 시료의 투입량을 조절할 수 있도록 하였다(그림 16).

토출부는 위에서 설명한 바와 같이 스크루컨베이어에 의해 이송되면서 끝단에 설치된 직경 50 mm의 관을 통해 벼가 토출되도록 하였다.

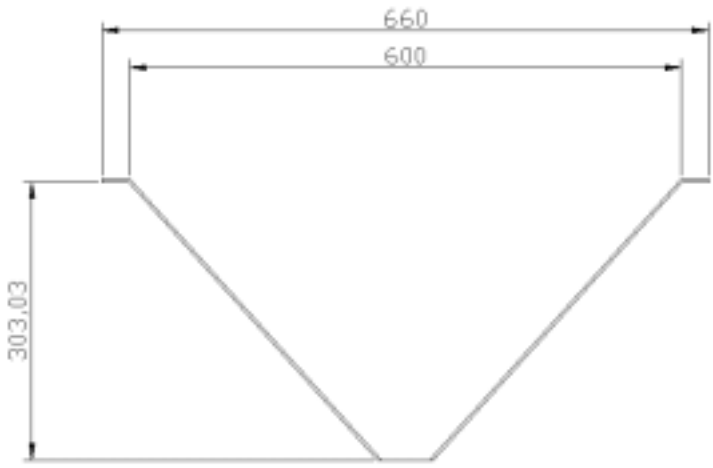

Figure 15. Design sheet of the hopper.

Figure 16. Photograph of the flapper installed at the bottom of the hopper to control amount of sample input.

라. 제어부

블랜칭 시스템의 제어는 온도 및 습도센서를 이용하여 컨베이어 챔버 내 온도 및 습도를 컴퓨터를 이용하여 연속적으로 검출하고, 설정된 온도 및 습도에 따라 컴퓨터를 이용하여 자동으로 조절 할 수 있도록 설계 제작하였다. 그림 17은 는 녹미 블랜칭 시스템의 전반적 제어를 위한 제어박스를 나타내고, 그림 18은 제어박스 내의 전기 배선을 보여주고 있으며, 그림 19는 블랜칭 시스템의 전반적 제어를 위해 시스템에 구축된 컴퓨터를 보여주고 있다.

Figure 17. Photograph of the control box of the green rice blanching system.

Figure 18. Photograph of inside of the control box of the green rice blanching system.

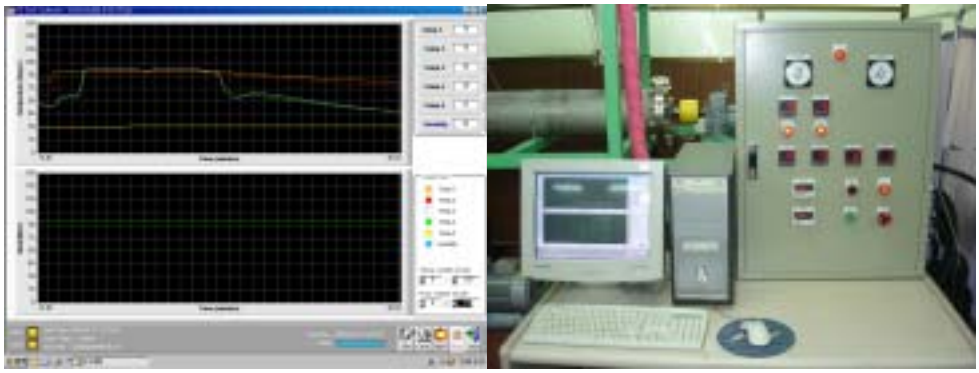

Figure 19. Photograph of the computer installed to the prototype green rice blanching system.

1) 챔버 내 온도제어

블랜칭 챔버 내의 온도는 스팀 발생장치의 압력과 온도를 감지하고 또한 블랜칭 챔버 내의 온도는 블랜칭 챔버의 입구쪽과 출구쪽에 설치된 두개의 온도 센서를 통해 연속적으로 감지하면서 설정온도 95 -105℃를 유지 할 수 있도록 하였다.

챔버 내 스팀 온도는 스팀 발생 장치에서 나오는 스팀의 양을 자동밸브를 이용하여 조절할 수 있도록 하여 설정 온도를 유지할 수 있도록 하였다. 위의 자동밸브는 RS Converter (RS485)를 이용하여 컴퓨터에 연결된 제어장치와 실시간으로 온도센서에서 감지된 데이터를 이용하여 자동으로 제어 되도록 하였다. 그림 20의 오른쪽 막대 모양의 봉이 온도센서를 나타내고 있다.

2) 챔버 내 습도 감지

블랜칭 챔버 내 습도는 습도계를 설치하여 실시간으로 감지하고 컴퓨터에 기록되도록 설계 제작하였다. 그림 20의 왼쪽 막대 모양의 봉이 습도센서를 나타내고 있다.

Figure 20. Photograph of the temperature (right-hand side) and humidity (left-hand side) sensors installed at the top of the blanching chamber of the green rice blanching system.

3) 냉각부 제어

냉각부 내의 온도 제어는 히터의 과열을 방지하지 위하여 과열 온도 센서(Over Temperature Sensor)를 설치하여 냉각부 내의 온도가 70℃이상이 되었을 경우 자동으로 온도를 낮추어 설정된 온도 약 40℃를 유지하도록 설계 제작하였다.

4) 통신 제어

블랜칭 시스템과 시스템을 제어하는 컴퓨터와의 원활한 통신을 위해 RS Converter를 사용하였고(그림 21), 블랜칭 시스템의 제어 및 온습도 검출은 프로그램을 작성하여 이송속도 제어, 온도 제어, 온습도 감지, graph display 및 data management 등을 컴퓨터를 이용하여 자동으로 실시하도록 설계 제작하였다(그림 22).

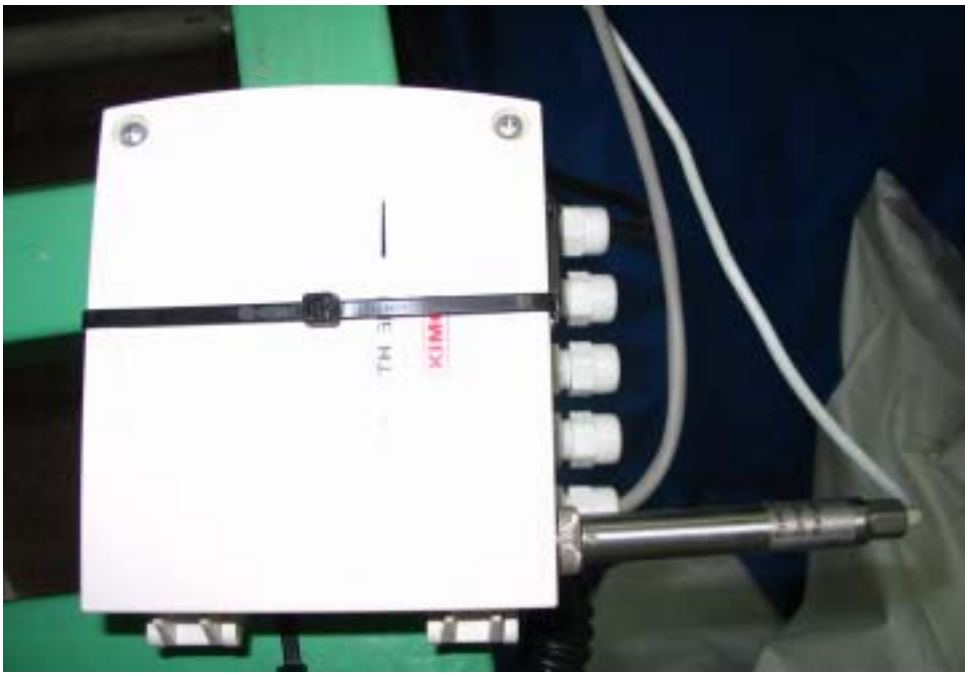

Figure 21. RS converter of the control unit of the green rice blanching system

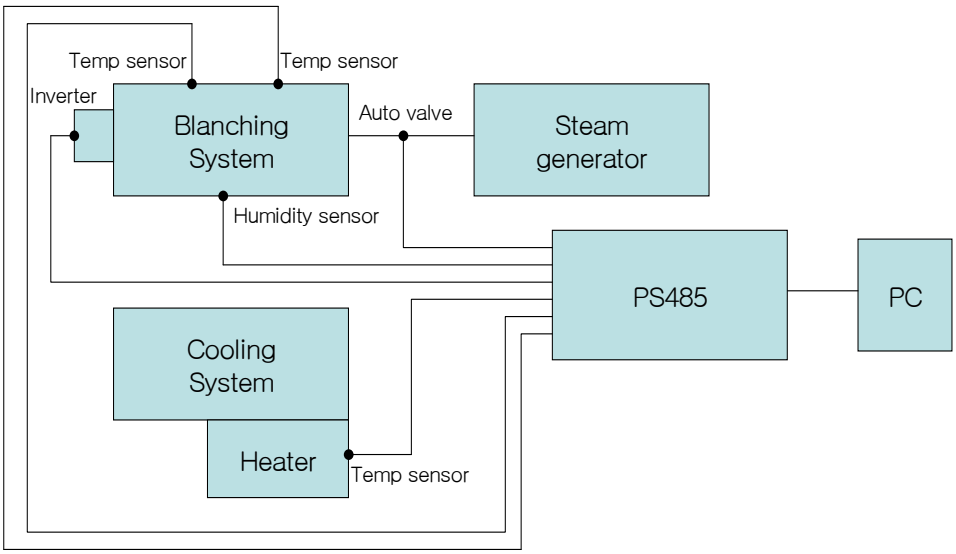

Figure 22. Schematic diagram of the control system.

3. 블랜칭 시스템의 성능 및 병행 기술 분석

가. 블랜칭 기계 시작품 경제성 분석

블랜칭 시스템의 전력 및 연료(등유)의 소비량 및 시간당 운전 경비의 분석 결과는 아래와 같다.

-스팀 발생장치 : 소비전력 250 W(0.25kW/hr × 54.6원 = 13.65원/hr)

연료(등유)소비량 (18.9 L/hr × 900원 = 17,010원)

-블랜칭부 : 전기모터(0.75kW × 54.6원 = 40.95원)

-냉각부 : 전기모터(0.75kW × 54.6원 = 40.95원)

전기히터(2kW × 54.6원 = 109.2원)

송풍기(0.75kW × 54.6원 = 40.95원)

-인건비 : 50,000원/day × 1day/10hr × 2명= 10,000원/hr

-시간당 운전경비 : 27,255원/hr

나. 블랜칭 기계 시작품의 블랜칭 효율 분석

녹색미 블랜칭의 시간당 스팀 사용량을 분석한 결과 시료 1 kg을 블랜칭하는데 약 0.3 kg의 스팀(steam-to-product ratio = 0.3)이 소요되는 것으로 나타났다.

다. 블랜칭 기계 시작품의 처리수 발생 분석 및 처리

스팀을 사용하여 녹색미를 블랜칭하였을 때 스팀이 식어 물로 전환되어 냉각부 아래로 배출되는데 물의 양이 많지 않아 문제가 없는 것으로 판단되었다.

라. 스팀 블랜칭과 병행가능 기술 분석

1) 마이크로웨이브(Microwave)

마이크로웨이브는 일부 식품 업체에서 필름백으로 포장한 과일과 채소를 블랜칭하기 위해 사용하고 있으며, 일반 블랜칭 (스팀 혹은 끓는 물)에 비해 1) 균일한 블랜칭을 할 수 있으며, 2) 오븐 내 온도 변화가 적고, 3) 에너지 소비율이 작으며, 4) 블랜칭 시간을 단축할 수 있으며, 5) 가용성 영양성분의 손실을 방지하는 장점이 있으나 시스템의 가격이 고가이므로 경제적인 이용에 한계가 있어 본 연구에서는 사용하기는 곤란하다고 판단되었다.

2) 파동 전기장 처리 (Pulse Electric Field Treatment, PEF)

PEF 처리는 아주 적은 온도 상승을 이용하여 액상식품의 미생물이나 효소를 처리하기 위해 사용되고 있고, 상온에서 짧은 시간동안 이루어지고 열에 의한 에너지 손실은 적은 것으로 나타나 있다. 하지만, PEF처리는 미생물을 제거하기 위한 수단으로서 스팀을 대신한 블랜칭 방법으로서는 적당하지 않은 것으로 판단되었다.

3) 초고압 처리(Ultra-high pressure, UHP)

UHP처리는 식품을 보존하기 위한 하나의 열처리 방법으로, 특수 챔버 내의 식품을 고 유압(1,000 - 6,000 atmospheres)으로 처리하여 영양분, 항산화제, 색상, 혹은 고착제 등을 파괴하지 않고 미생물을 제거하는 방법이다. 이 처리 방법은 비타민이나 식품의 색상이나 향을 파괴하지 않아 과일, 야채, 치즈, 고기, 우유를 처리하는 데 사용되고 있으나, 이 방법은 연속적으로 처리 하지 못하는 단점이 있고, 식품에 따라 고압에 견디지 못하고 파손되는 경우가 있어 양산을 통한 작업능률을 중요시하는 본 과제의 목적 상 연속적으로 처리하는 데는 적합하지 않은 것으로 판단되었다.

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

구 분	연구개발목표	평가의 착안점	목표 달성도	기여도
1차년도	녹색미의 블랜칭 전·후 특성분석	● 녹색미의 특성 분석 - 블랜칭 전 녹색미의 열전도도, 열용량, 밀도 및 함수율 분석	100	녹색미 블랜칭 특성 및 블랜칭 영향요인 데이터 구축
		● 블랜칭 공정에 영향을 미치는 요소 분석 - 블랜칭온도, 블랜칭 속도, 블랜칭시간 및 블랜칭 깊이 분석	100	
		● 블랜칭 기계 Pilot plant 설계 및 제작 - 소형 Pilot plant 블랜칭 기계	100	

구 분	연구개발목표	평가의 착안점	목표 달성도	기여도
	블랜칭 기계 기술 설비의 설계 및 제작 블랜칭 기계 성능 및 병행 기술 분석	● 스팀블랜칭 기계의 동력원 및 스팀발생장치 설계 및 제작 - 에너지 소비율, 운전비용, 블랜칭 효율	100	녹색미 블랜칭에 필요한 스팀의 특성에 관 데이터 구축
		● 스팀발생장치 및 스팀 재순환 장치 - steam-to-product ratio (1/6) - 에너지 절감형 스팀 재순환 장치	90	
		● 이송부 - 와이어 메쉬콘베이어 벨트를 이용하여 녹색미 내부까지 열전달 극대화	100	스팀을 이용한 녹색미 블랜칭 기술 확보
		● 투입부 및 토출부 - 작업자의 접근용이 및 로딩(loading) 및 언로딩(unloading) 편리성을 제고	100	녹색미 블랜칭 시스템 설계 기술 확보
		● 냉각부 - 블랜칭 공정 후 녹색미를 냉각시켜 건조 가능토록 함	100	

구 분	연구개발목표	평가의 착안점	목표 달성도	기여도
		- 15~20℃의 냉풍건조		블랜칭 시스템의 경제적 운용 방법 제시
		● 제어부 - 전반적 블랜칭 기계 공정을 제어하기 위한 제어 로직 설계 - 컴퓨터 및 주변기기 인터페이스 및 블랜칭 기계 챔버내 압력, 온도, 습도 조절 - 블랜칭 속도 조절	100	
		● 시작품 제작	100	
		● 스팀 블랜칭과 병행가능 기술 분석 - Microwave, PEF (Pulse Electric Field), UV radiation, UHP (Ultra-high pressure) 등과 스팀 블랜칭을 병행 사용할 수 있는 가능성 조사 분석(경제성, 효율성)	100	

구 분	연구개발목표	평가의 착안점	목표 달성도	기여도
2차년도	블랜칭 기계 기술 설비의 설계 및 제작 (계속) 블랜칭 기계 성능 및 병행 기술 분석(계속) 블랜칭 기계 시작품종합 검토 및 수정 보완 현장 시험 및 검토	● 블랜칭 기계 시작품의 경제성 분석 -경제성 및 효율적 운용 방법 분석	90	블랜칭 후 녹색미의 특성 데이터 확보
		● 블랜칭 기계 시작품의 블랜칭 효율 분석 -블랜칭하기 위한 녹색미 단위 무게당 필요한 스팀의 양 (steam-to-product ratio) 분석	90	
		● 블랜칭기계 시작품의 오폐수 발생원인 분석 및 오폐수 발생 최소화	100	
		● 블랜칭기계 시작품 성능데이터 분석 및 블랜칭 기계 시작품 수정 보완 -녹색미의 상품성(영양소, 색상 등) 분석 -전반적 기계성능 및 효율 분석	90	블랜칭 시스템의 상품화

구 분	연구개발목표	평가의 착안점	목표 달성도	기여도
		• 블랜칭 후 녹색미 특성 분석	90	녹색미 생산 일관기계화 기술 확보로 농업인 및 생산자 자문
		• 농가 혹은 영농단체 등을 방문 혹은 초청하여 실증 실험을 실시	90	
		• 블랜칭 기계 시작품 호응도 조사	90	

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제 1 절 추가연구의 필요성

1. 연구개발의 기간 동안 시기적으로 녹색미의 시료 확보 어려움이 있어 지속적인 실험과 데이터를 확보하고 녹색미 블랜칭 시스템의 문제점을 파악하여 시작품을 보완할 수 있는 시간이 필요함.

2. 녹색미의 블랜칭 과정 중 스팀 압력에 의한 시료의 역류 현상이 발생하는 문제점이 있는데 이에 대한 대응방법을 모색해야 할 것으로 판단 됨.

3. 녹색미 블랜칭 시스템을 가동하면서 스팀이 시스템 밖으로 유출되는데 이를 방지하기 위한 방법이 모색되어야 할 것으로 판단됨

4. 시료를 블랜칭하는 과정에서 연속적으로 시료를 투입하지 않을 경우 시료가 블랜칭 챔버 내에 남아 있는 현상이 발생하여 이와 같은 문제를 해결하기 위해서는 추후 충분한 시료를 확보한 후 지속적으로 시료를 투입하여 시험 가동을 하여 문제점을 파악해야 할 것으로 판단됨.

5. 녹색미가 냉각 챔버를 통과 한 후 토출부로 토출 될 때 시료가 분사되는 것과 같이 빠르게 토출하는 경우가 발생 하는 이는 녹색미 블랜칭 시스템 챔버 내의 스팀 압력과 블랜칭 후 시료의 토출과의 연관 관계를 분석하여 적절한 스팀 압력을 검출해서 시료가 토출부로 토출 될 때 분사하는 현상을 방지해야 할 것으로 판단 됨.

제 2 절 타 연구에의 응용

1. 본 녹색미 블랜칭 시스템을 이용하여 녹색보리, 녹색 밀쌀 등을 블랜칭하는 데 적용할 수 있는 응용기술 확보로 본 시스템을 보완하여 녹색보리 및 복색밀쌀을 블랜칭하는데 사용할 수 있을 것으로 판단 됨.

2. 푸른 채소, 해산물 등 고유의 색소를 고정시키는 다른 곡물 및 식품의 블랜칭 시스템에 개발된 기술과 연관 기술의 적용이 가능.

3. 블랜칭 공정 및 건조 공정을 연속적으로 할 수 있는 복합 시스템 개발.

4. 선진 소비사회에서 예상되는 덜 가공된 whole grain 선호 경향이 확산 될 것에 대비하여 예취, 탈곡, 블랜칭 공정, 건조공정, 도정 가공공정 및 선별공정 등 녹색곡물 생산에 관한 일관 기계화 기술 개발 가능.

제 3 절 기업화 추진 방향

1. 재래적인 수작업 방법으로 녹색 보리쌀, 밀쌀 등을 소량 생산, 가공하여 유통시키는 녹색미 생산 소규모 기업체에 대한 생산 기술 이전 및 산학협력을 통한 기술개발.

2. 개발한 녹색미 생산 기계기술에 대한 특허 출원

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

본 연구에서 기술 개발한 녹색미 블랜칭 시스템은 아직까지 국내외에 존재하지 않기 때문에 해당 없음.

제 7 장 참고문헌

1. 강미영, 신수영, 남석현. 2003. 유색미 색소체 및 페놀성 화합물 함량과 항산화 항변이성 간의 상관관계. Korean J. Food sci. Technol. vol.35 no.5, pp. 968~974.

2. 김광호,채제천, 임무상, 조수연, 박래경. 1988. 쌀 품질연구의 현황, 문제점 및 방향. 한국작물학회지, 품질연구 1호 pp1~17.

3. 박광호. 2001. 우리나라 주요 살 브랜드의 품위 비교. 연구와 지도 42(9) : 19~22.

4. 석호문, 김정상, 홍희도, 김성수, 김경탁. 1993, Parboiling 처리가 미숙보리곡립의 이화학적 특성에 미치는 영향. Hanguk Nonghwahak Hoechi (J. Korean Agric. Chem, Soc) 36(6), 456-462

5. 손종록, 김재현 외 5인. 2002. 쌀의 품질평가 현황과 금후 연구방향. 한국작물학회지. 47권 S호 pp33~55.

6. 송재철, 박현정, 신완철. 2000. 최신 식품학. 교문사

7. 임정호, 김준한, 서영호, 문광덕. 1999. Low-temperature balnching 처리가 밤가루의 물리적 특성에 미치는 영향. Korean J. Food sci. Technol. vol.31 no.5, pp. 1216~1220.

8. 전남 쌀 연구회. 1998. 쌀의 품질과 맛.

9. (주)대덕 종합기계. 블랜칭 및 냉각기. 경기도 시흥시 정왕동 시화공단 3바 615호

10. 최남순, 오상석, 이종미. 2001. 데침조건에 따른 참취의 생리활성성분 및 품질특성 변화. Korean J. Food sci. Technol. vol.33 no.6, pp. 745~752.

11. 한국RPC연구회. 2003. 쌀산업 경쟁력 제고를 위한 RPC 종합발전 방안.

12. 현진 엔지니어링. 증숙기. 경북 경산시 와촌면 계당리 96-6

13. 홍주헌, 배용호, 최용희 -냉동 저장 동안 풋콩에 영향을 끼치는 Blanching 조건. Korean J. Post-Harvest Sci. Technol. Agri. Products vol.4 no.2, pp.189~196.

14. C. Y. Lee. 1975. New blanching technology. Korean J. Food Sci. Technol. Vol.

7, No. 2.

15. Cleveland, L. E., A. J. Moshef호, A. M. Albertson and J. D. Goldman. 2000. Dietery intake of whole grains. J. Amer Coll. Nutrition 19:331~338.

16. Jones, J. M. et al. 2002. The importances of promoting a whole grain foods message. J. Amer. Coll. Nutrition 21:293~297.

17. Knill, C. J. and J. F. Kennedy. 2003. Whole grain and their health benefits. Cabohydrate Polymer 51:361~362.

18. Ranhotra, G. S., J. A. Gelroth, B. K. Glaser and K. J. Lorenz. 1996. Nutrient composition of spelt wheat. J. Food Comp. & Anal. 81-84.

주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구보고서입니다.

2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.