

최 종
연구보고서

자동 연계공정 기술을 적용한
소형 두부생산시스템 개발

Down-sized tofu production system
employing automated feedback processes

씨케이인터내셔널

농림부

자
동
연
계
공
정
기
술
을
적
용
한
소
형
두
부
생
산
시
스
템
개
발

농
림
부

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.

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “자동 연계공정 기술을 적용한 소형 두부생산시스템 개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2005 년 7 월 30 일

주관연구기관명 : 씨케이인터내셔널

총괄연구책임자 : 차은중

세부연구책임자 : 차은중

협동연구기관명 : 충북대학교

협동연구책임자 : 한남수

요 약 문

I. 제 목

- 자동 연계공정 기술을 적용한 소형 두부생산시스템 개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

- 두부의 원료인 콩은 “밭에서 나는 고기”로 불리울 만큼 단백질 등 각종 식물성 영양분이 풍부한 곡물이며, 콩을 가공하여 생산되는 두부는 가공과정이 청결한 친 환경적 음식물로 전 세계적으로 애용되는 식품임.
- 그러나 두부의 제조 및 생산기술은 아직 자동화되지 못하고 있어 대형 생산공장의 경우에도 약 0.2[모/kg/hr/man]의 생산효율에 그치고 있는 등 기존의 생산공정은 전통적인 저효율 고비용 생산기법을 답습하고 있음.
- 이에 따라 대부분의 두부 생산공장에서는 저렴하고 품질이 낮은 수입콩을 사용하고 있으며 유전자 조작 콩을 사용하는 경우도 잦으므로 생물학적 위험성을 내포하고 있는 바, 국산콩을 즉시 원료로 사용할 수 있는 저렴한 생산기술을 개발함으로써 우리나라 영농기술의 발전을 모색할 필요가 있음.
- 이에 본 연구에서는 현대적인 첨단 계측·제어 기술을 도입함으로써 두부생산기술을 획기적으로 효율화하는 전 자동화된 연계공정 기술을 개발하고자 하였음.
- 즉, 아래의 기술개발 목표를 설정하여 과제를 진행하였음.
 - 두부 생산공정을 체계화하여 연계공정의 형태로 확립한다.
 - 각각의 생산공정을 자동화한다.
 - 개별 공정들을 상호 연계하는 계측·제어 기술을 개발한다.
 - 자동 연계공정 기술을 적용한 소형 두부생산 시스템의 형태로 제품화한다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

- 전 자동화된 연계공정 두부 생산시스템을 개발하기 위하여 우선 두부 생산과정을 단위 공정별로 분석하고 상호 연계 공정도를 작성하였음: 콩 정량투입 공정, 자동세척 공정, 분쇄(과쇄)공정, 2단계 마쇄공정, 원심분리(탈수)공정, 3단계 가열 증숙공정, 간수혼합공정, 압착성형공정.
- 상기 공정들을 항시 동작해야 하는 “상시공정”과 생산과정에서 필요시에만 동작해야 하는 “순시공정”으로 대분하고 순시공정의 경우에는 제반 계측센서를 사용하여 피제어 변수를 감지한 후 이를 분석하여 공정을 제어 및 동작시키는 현대적인 첨단 계측·분석·제어 기법을 도입하였음.
- 개별 공정들을 위에 기술한 대로 자동화한 후 상호 연계시켜 연속 동작시키는 시스템 제어용 전기전자회로를 개발하였음.
- 제반공정 및 제어시스템(회로)들을 통합하여 stand-alone system 형태의 두부생산시스템 시작품을 제작하였음.
- 최종 생산품인 두부의 성분분석 연구를 수행하고 상용품과 비교 분석하였음. 아울러 두부제품도 상용화하여(“그대로 두부”) 시판을 시작하였음.

Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

- 기존의 두부생산 공정들을 체계화하여 상호 연계공정도를 작성함으로써 연속적인 동작이 가능한 두부생산 연계공정을 확립하였음.
- 공정별 자동화기법을 개발하여 단위공정을 자동화하고 이를 상호 연계시켜 동작시키는 계측 제어 시스템을 개발하였음. 제반 기술개발 결과들을 통합하여 전 자동화된 연계공정 두부생산 시스템 시작품을 제작하여 성능 실험을 수행함으로써 매우 효율적인 두부 생산이 가능하였음.
 - 마른 콩 투입 20분 후부터 연속적으로 두부 생산.
 - 1인 가동 가능.
 - 생산 효율 약 2.0[모/kg/hr/man](기존 공정의 약 10배)
- 또한 성분 분석 결과 단백질과 지방 등 제반 영양성분이 상용 제품보다 월등히 많았으므로 고품질 두부가 생산됨을 실험적으로 확인하였음.

- 본 과제에서 개발한 자동화된 소형 두부생산 시스템과 두부제품은 우리나라 두부생산기술을 획기적으로 발전시킨 것으로 자부하며 향후 판로 개척과 기능성 두부 개발 연구를 지원해 줄 것을 건의하고자 함.

SUMMARY

(영문요약문)

I. Title

- Down-sized tofu production system employing automated feedback processes

II. Purpose and Background

- Bean is one of very nutritious grain including protein, and tofu made of bean is a preferred food item worldwide.
- However, tofu production technique has not been automated, thus the production efficiency is at most 0.2[unit/kg/hr/man] even in a large factory. The current tofu production can be said a typical "low-efficiency high-cost" process.
- The manufacturers, as a result, use low cost but also low quality imported beans, sometimes genetically converted beans with potential biological danger. Therefore, it is necessary to develop efficient tofu production processes using locally produced high quality beans at low cost to keep the agricultural advances in Korea.
- The present study introduced modern measurement and control technology to significantly upgrade the tofu production technology in which all processes were automated by feedback mechanisms.
- The purpose of study are
 - To develop systematically inter-related tofu production processes,
 - To automate each processes by feedback mechanisms
 - To monitor and control each processes, and
 - To integrate each automated processes in a form of stand-alone system.

III. Materials and Methods

- Tofu production technique was decomposed into unit processes, each of which was carefully analyzed for automation: precise quantity input, automatic washing, high speed cutting, dual stage grinding, centrifuging, triple stage heating, solidizing, and pressurizing processes.
- These processes were categorized into two groups: "on-going open loop" and "intermittent closed loop" groups. The latter process group employed various sensors for measuring the controlled variables forwarded to the control circuitry responsible for monitoring each processes and operating in an inter-related way by feedback mechanisms.
- The unit processes were automated, inter-related, and operated by newly developed modern electronic control system.
- Stand-alone proto-type tofu production system was developed by integrating the automated unit process.
- The final product, tofu, was analyzed to have significantly higher nutrients compared with other tofu products in market.

IV. Results and Applications

- Process flow diagram was composed for continuous automated tofu production.
- Automation techniques for each process were developed, which were inter-related by feedback mechanisms and integrated to develop stand-alone proto-type tofu production system. The performance experiment resulted
 - Continuous tofu production in 20 minutes of dry beans input,
 - Single worker operation possible, and
 - Production efficiency of approximately 2.0[unit/kg/hr/man] (10 times of the current manual technique).
- The analysis of the produced tofu demonstrated significantly higher nutrients such as protein compared with commercial tofu products in market.

CONTENTS

(영 문 목 차)

Ch. 1. Project summary	12
1. Importance of automated processes	12
2. Purpose of the study	15
Ch. 2. State of the tofu production technology	18
1. Current state-of-the-art	18
2. Effect of the technology development	19
3. Market conditions	20
Ch. 3. Research and Development	21
1. Concept of inter-related feedback operation	21
2. Process design	23
3. Precise quantity input process	24
4. Automatic washing process	30
5. High speed cutting process	32
6. Dual stage grinding process	33
7. Centrifuging process	36
8. Triple stage process	42
9. Solidizing process	45
10. Pressurizing process	49
11. Solidizing agent table	50
12. Flow chart design	51

13. Control system development	53
14. Control program development	60
15. Proto-type system construction	65
16. User application	68
Ch. 4. Affiliated Research and Development	75
1. Project summary	75
2. State of the tofu production technology	76
3. Research and Development	78
4. Achievements and Contributions	96
5. References	97
Ch. 5. Achievements and Contributions	99
1. Achievements	99
2. Contributions	100
Ch. 6. Future plans	101
1. Business plan	101
2. Future research	109
Ch. 7. References	110
Appendix A. Intellectual properties	111
Appendix B. Scientific article	118

목 차

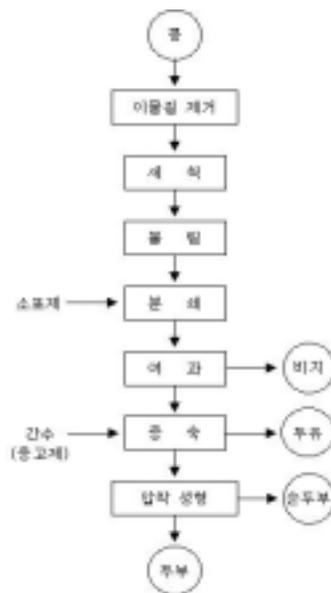
제 1장. 연구개발과제의 개요	12
1. 자동 연계공정의 필요성	12
2. 연구개발의 목적	15
제 2장. 국내외 기술개발 현황	18
1. 연구개발의 중요성 및 국내·외 관련 기술의 현황	18
2. 기술개발의 효과	19
3. 시장 현황	20
제 3장. 연구개발수행 내용 및 결과	21
1. 자동 연계공정기술의 개념	21
2. 제조 공정 설계	23
3. 콩 정량 투입 공정 개발	24
4. 자동 세척 공정 개발	30
5. 고속 순간 분쇄공정 개발	32
6. 마쇄 및 불림 공정 개발	33
7. 원심분리(탈수) 공정 개발	36
8. 가열증숙 공정 개발	42
9. 간수혼합공정 개발	45
10. 압착성형공정	49
11. 응고제 혼합표	50
12. 공정도 작성	51

13. 제어 시스템 개발	53
14. 제어 프로그램 작성	60
15. 시작품 제작	65
16. 사용자 조작 기법	68
제 4장. 위탁연구과제 수행 내용 및 결과	75
1. 연구개발과제의 개요	75
2. 국내외 기술개발 현황	76
3. 연구개발수행 내용 및 결과	78
4. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	97
5. 참고문헌	97
제 5장. 목표 달성도 및 관련 분야에의 기여도	99
1. 목표 달성도	99
2. 관련 분야의 기술 발전에의 기여도	100
제 6장. 연구개발결과의 활용계획	101
1. 기업화 추진방안	101
2. 추가 연구의 필요성	109
제 7장. 참고문헌	110
부록 A. 지적재산권 등록·출원 자료	111
부록 B. 연구논문 사본	118

제 1장. 연구개발과제의 개요

1. 자동 연계공정의 필요성

- 본 과제에서는 고품질 기능성 두부를 단시간 내에 대량 생산할 수 있는 전 자동화 생산기술을 연구 개발하고자 하였음.
- 두부의 원료인 콩은 “밭에서 나는 고기”로 불리울 만큼 단백질 등 각종 식물성 영양분이 풍부한 곡물이며, 우리나라 1인당 연간소비량이 9.4kg으로 쌀, 밀가루 다음으로 많이 소비되는 대표적인 발작물임.
- 콩을 가공하여 생산되는 두부는 가공과정이 청결한 친환경적인 식품으로 우리나라와 일본, 중국 등 동양권뿐 아니라 세계 최대 콩 수입국인(연간 2000만톤) EU와 같은 서구 문화권에서도 널리 애용되는 주요 식품임.
- 그러나 두부의 제조 및 생산기술은 아직 자동화되지 못하고 있어 대형 생산공장의 경우 약 0.2[모/kg/hr/man]의 생산효율에 그치고 있으며, 이는 기존 생산 공정이 전통적인 생산기법을 단순히 대형화하였기 때문임. 기존의 두부 생산공정을 도식화하면 아래와 같음.



- 상기 제조공정에서 특히 “블립” 공정은 콩을 물 속에서 6~12시간 정도 담가두는 필수적인 공정이지만 긴 시간이 소요되는 매우 비효율적인 요소를 내포하고 있음. 또한 그 과정에서 다량의 영양분이 소실됨.
- 또한 기존의 생산기술은 각 공정이 별개로 이루어지고 상호 연계되어 있지 않으므로 일정한 맛과 품질의 두부 생산이 어렵고 수요 예측 또한 쉽지 않은 문제점을 내포하고 있음. 이는 특히 기능성 두부의 생산시 장애 요소로 작용함.
- 본 과제에서는 현대적인 첨단 메카트로닉스 기술을 도입함으로써 상기한 두가지 문제점들을 근원적으로 해결하는 동시에 전자동화된 연계 공정 기술을 개발하고자 하였음.
- 본 과제에서 확립하고자 하는 자동화 생산 기술의 핵심 요소는 아래와 같음.

① **고속 분쇄기술**: 콩을 고속 순간 분쇄하여 작은 알갱이로 변형시킨 후 블립 공정을 수행함으로써 블립시간을 10분(기존 공정의 5%) 이내로 단축

————> 생산효율 극대화 영양성분 보존

② **다단계 마쇄기술**: 콩 알갱이를 다단계에 걸쳐 마쇄함으로써 매우 미세한 입자 형태로 가공

————> 고품질 달성

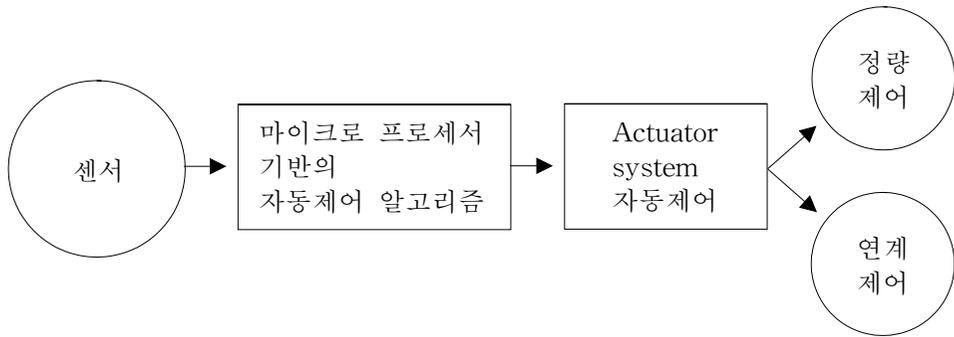
③ **정량 컨트롤 기술**: 각 공정들을 정량 제어하고 공정 간을 연계 제어하는 전자·기계 제어시스템으로 효율적인 공정 확립과 함께 일관성 있는 고품질을 유지.

————> 기능성 두부 생산

④ **소형화 제품 기술**: 마른 콩을 투입하여 단시간(40분) 내에 두부를 생산할 수 있는 “Stand-alone system”의 형태로 소형 제품화하여, 콩을 영농하는 농가에서 수확 즉시 두부를 대량 생산할 수 있는 고효율 저비용 시스템으로 구현.

————> 1차-2차 산업의 직접적인 접목

- 상술한 자동화 생산기술은 현대적인 첨단 메카트로닉스 기술을 도입함으로써 비로소 가능해지는 바, 마이크로프로세서를 사용하는 계측제어 기법으로 실현하고자 하였음.



2. 연구개발의 목적

1) 기술개발 목표

- 두부 생산 공정을 체계화하여 연계공정의 형태로 확립한다.
- 각각의 생산공정을 자동화한다.
- 개별 공정들을 상호 연계하는 계측·제어 기술을 개발한다.
- 자동 연계공정기술을 적용한 소형 두부생산 시스템의 형태로 제품화한다.

2) 평가방법 및 평가항목

평가항목		평가방법	비중
1	생산공정 체계화	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 단계별 생산공정의 실현 유·무 평가 ◦ 생산 공정의 연계성 평가(95% 이상) 	10%
2	생산공정 자동화	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 생산 공정별 자동화 유·무 평가 ◦ 공정별 계측→분석→제어 기능의 동작 유·무 평가 ◦ 공정별 생산물의 위해성 유·무 평가 	40%
3	계측·제어 종합연계 및 자동화	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 종합적인 연계공정 제어를 위한 전자회로, 계측·제어 인터페이스, 마이크로프로세서 프로그램의 개발 유·무 평가 ◦ 종합적인 생산공정 동작 유·무 평가 ◦ 최종 생산품(비지, 두유, 순두부, 두부)들의 성분 분석 	30%
4	제품화	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Stand-alone system 시제품 개발 유·무 평가 ◦ 생산효율 평가: 1.8[모/kg/hr/man] 이상 ◦ 양산 제품 설계도면 평가 ◦ 사업화계획서 평가 	20%

3) 연차별 연구개발 목표와 내용

구분	연구개발목표	연구개발 내용 및 범위
1차년도 (개별 생산공정 기계화)	◦ 두부생산을 위한 신개념 생산공정을 확립하고 개 별 공정을 기계화 및 자 동화. (주관기관)	◦ 자동세척공정: 마른콩을 직접 투입하여 자 동 세척하는 공정 개발
		◦ 고속순간분쇄공정: 세척된 콩을 작은 알갱 이로 순간분쇄하는 공정개발
		◦ 다단계 마쇄공정: 알갱이 콩을 2-3단계로 마쇄하여 미세한 입자가 담긴 콩물제조 공 정
		◦ 원심분리공정: 콩물을 원심분리하여 비지 를 걸러 내는 공정
		◦ 증숙공정: 걸러진 콩물을 가열하여 두유를 생산하는 공정
		◦ 간수혼합공정: 두유에 간수를 혼합하여 응 고시킴으로써 순두부를 생산하는 공정
		◦ 압착성형공정: 순두부를 압착하여 수분을 제거하고 두부를 생산하는 최종공정
	◦ 생산공정의 타당성 및 생산물의 실험적 검증. (협동기관)	◦ 생산공정 타당성 검증: 공정별 생산물의 물리화학적 검증

구분	연구개발목표	연구개발 내용 및 범위	연구개발결과
2차년도 (연계공정 자동화 및 시제품 구축) (양산품 개발 및 사업화)	◦ 생산공정들을 상호 연계하는 계측·제어 기술을 개발. 또한 이들을 종합하여 시제품을 구축. (주관기관)	◦ 자동제어회로: 마이크로 프로세서 기반의 계측·분석·제어 회로를 개발	◦ Mother PCB
		◦ S/W 프로그램: Mother PCB에 장착하여 시스템을 제어하는 마이크로 프로세서 프로그램을 개발	◦ S/W source program
		◦ 센서 및 기계시스템: 온도, 수압 등을 계측하고 밸브 및 펌프 등을 동작시키는 기술개발	◦ Sensor 회로 ◦ Valve/Pump 제어회로
		◦ 압송시스템: 생산물을 공정간에 이송하는 시스템 개발	◦ 배관장치 ◦ 압송장치 및 제어기
		◦ 시제품 구축: 상기 개발결과를 종합하여 동작하는 시제품을 구축	◦ 시제품
	◦ 시제품의 성능을 검증하고 양산제품을 개발. ◦ 단계별 사업모델을 기획·개발. ◦ 조립기술을 Soy-Tech로 이전하여 본격적인 사업화를 추진. (주관기관)	◦ 시제품의 생산효율을 실험적으로 측정·분석	◦ 생산효율 분석서 ◦ 원가 분석서
		◦ 양산제품 개발: 조립기술확립	◦ 판매용 양산제품
		◦ 단계별 사업모델을 개발: 1인 공장, 이동형 공장, 영농협동 공장, 병렬형 양산 시스템 등.	◦ 사업모델 ◦ 모델 설계서
		◦ 조립기술 및 사업기술을 이전	◦ 기술이전서
		◦ 최종 생산품 분석: 최종 생산된 두부의 성분 분석을 행하고 상용품과의 비교분석 연구수행(협동연구과제)	◦ 성분 분석표 ◦ 비교 분석표
◦ 생산품의 성분분석을 통한 제품성 검증. (협동기관)			

제 2장. 국내외 기술개발 현황

1. 연구개발의 중요성 및 국내·외 관련 기술의 현황

- 두부 생산기술은 매우 전통적인 기법을 단순히 공정별로 대형화한 수준에 머물고 있어 매우 비효율적이고 영양성분이 다량 유실되는 “에너지 손실” 공정이므로, 이를 효율화함으로써 고품질 두부 생산이 가능해짐.
- 두부는 영양분이 매우 풍부한 발작물인 콩으로부터 가공 생산되며 그 응용범위가 매우 광범위하여 전 세계적으로 애용되는 음식물이므로 첨단 생산기술을 확보함으로써 고부가가치 세계시장을 신속히 점유할 수 있음(중국의 1999년도 두류 수입액 =약 15억 달러).
- 본 과제에서 개발되는 “자동화 생산기술”은 소형·저비용·고효율 생산기술로 영세 농가 및 업체에 손쉽게 적용할 수 있으며, 이는 콩을 수확하여 두부를 생산하는 과정을 최소화하여 청결한 신선 두부의 생산이 가능해짐.
- 대형 두부 제조 업체에서는 두부의 원료로 수입콩을 사용하는 경우가 대부분이며 특히 유전자 조작콩을 사용하는 경우도 잦으므로 생물학적 위험성을 내포하고 있는 바, 국산콩을 즉시 원료로 사용하는 생산기술을 개발함으로써 우리나라 영농기술의 발전을 꾀할 수 있음.
- 두부 생산기술은 그 근원이 동양권인 바, 기존 생산기술을 답습하고 있으며 선진국에서도 기존 생산공정 각각을 별개로 대형화하고 생산라인을 통해 수동 연계하는 수준에 머물고 있어 기술적 틈새시장의 가능성이 큼.
- 이와 같은 대량생산기술은 영농업체에 적용하는 것이 불가능하므로 소규모 두부생산업체에서는 기존의 비효율적인 수동 생산공정에 의존하고 있음.
- 기존의 두부 대량생산기술을 보유한 업체는 대양실업, 대륙 엔지니어링, 현대종합엔지니어링, 신우식품 기기, 연천기공 등이 있으며 그 한 예를 아래에 제시함.



- 상기 사진에서 볼 수 있는 대로 시스템의 규모가 크고 일체화되어 있지 않은 공장형 시스템임.

2. 기술개발의 효과

- 현대적인 첨단 계측·제어 기술을 도입한 자동화 두부 생산기술을 개발함으로써 세계 최고 수준의 두부 자동화생산 기술을 자체적으로 확보함.
- 이는 소형·저비용·고효율 시스템 기술로써 영세업체 및 영농업체에 쉽게 적용되므로 우리나라 영농산업의 현대화에 크게 이바지할 것임.
- 벼농사가 쇠퇴하는 현 상황에서 볼 때 발작물인 콩의 활용도를 증대시켜 새로운 영농지표를 설정할 수 있으며, 유전자 조작콩 및 수입콩(연간 수입액 약 3억달러)에 대처하는 신기술로 활용될 것임.
- 고품질 두부생산이 가능해지므로 고부가치 영농산업화가 가능함.
- 기대효과의 정량적 예상치는 아래와 같음.
 - ① 생산성 향상: 1.8[모/kg/hr/man] (기존 공정의 약 9배)

- ② 원가 절감: 영양성분 보존으로 70% 이상 향상 (재료 원가)
- ③ 인력 절감: 기존 공정의 1/5 이하 (1인 생산 가능)
- ④ 공정 개선: 전 자동화로 1인 공장 실현.

대형 공장에는 병렬 시스템 구축으로 동일한 개선 효과 달성.

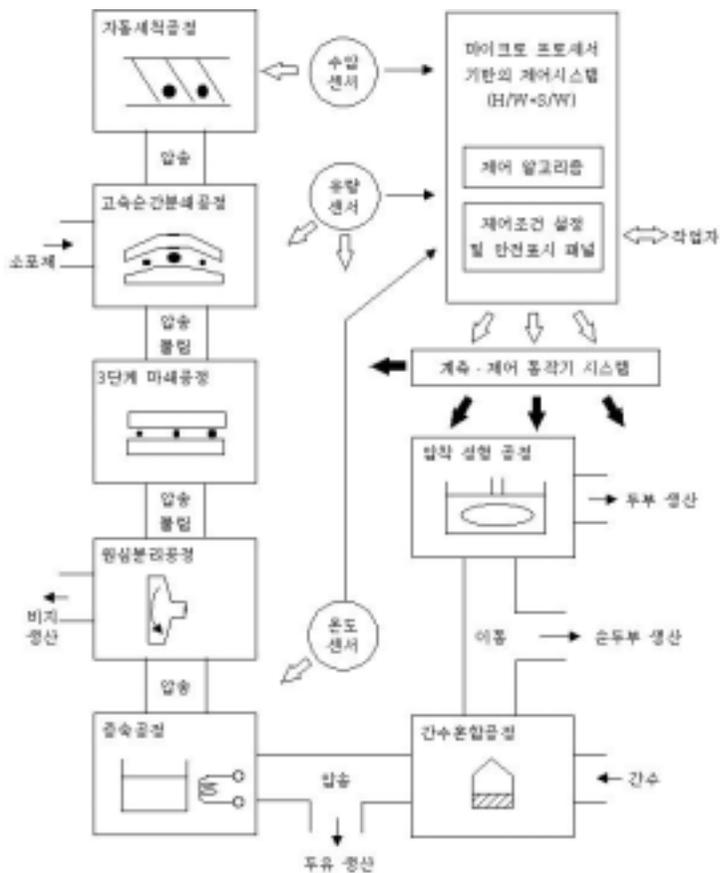
3. 시장 현황

- 현재 국내의 두부 시장규모는 약 1조 3천억원으로 1998년도에 두부생산 허가제가 신고제로 전환된 이후 약 2조원 규모의 시장으로 성장중임.
- 본 자동화 생산기술 개발시의 기존시장 수요처는 백화점×180여개소, 대형(1000평 이상) 할인마트×200여개소, 재래시장×229여개소, 아파트상가×3000여개소, 군부대·대형식당·공장식당 등 6000개소가 있으며 신규 시장으로 모든 콩 생산 영농자가 활용할 수 있음. 특히 영농법인 형태의 영농-제조 혼합형 생산업체가 매우 유용하게 활용할 수 있음.
- 중국 및 일본 시장의 경우 약 50,000여개소의 기술 수요처가 있는 것으로 추정됨.
- 미국 시장 등 서구권의 경우 두부생산품에 “심장병 예방식품”이라는 문구 표시가 허용되어 있는 바, 최근 두부 수요가 급증하고 있음(독일의 1999년도 두류 수입액=약 9억 달러).
- 본 기술개발로 인해 고품질 두부 생산이 가능해지면 새로운 시장수요가 지속적으로 창출될 것으로 기대됨. 특히 향 후 기능성 두부 개발이 용이해질 것임.

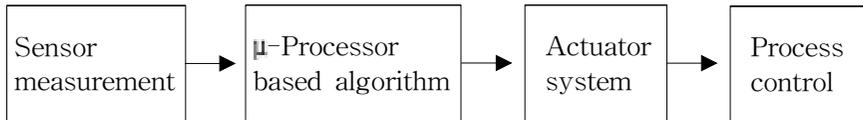
제 3장. 연구개발수행 내용 및 결과

1. 자동 연계공정기술의 개념

- 기존의 두부 제조기술은 단계별로 별도로 이루어지며 수작업이 많은 바, 효율적인 대량생산이 불가능하였음.
- 이에 본 연구에서는 개별공정 제어장치와 공정간 연계 제어 기능을 혼합한 마이크로 프로세서 기반의 제어시스템을 개발하고, 이를 기반으로 하는 자동 연계공정기술을 확립하였으며 그 개념도를 아래에 제시함.



- 상기 그림에서 수압, 유량, 온도 및 변위 센서를 이용하여 공정 내 주요 부위의 동작 상태를 계측하고, 계측되는 변수 데이터에 기초하여 제반 공정을 동작시키는 actuator system을 구성함으로써 두부 자동생산 시스템을 완성하였음.



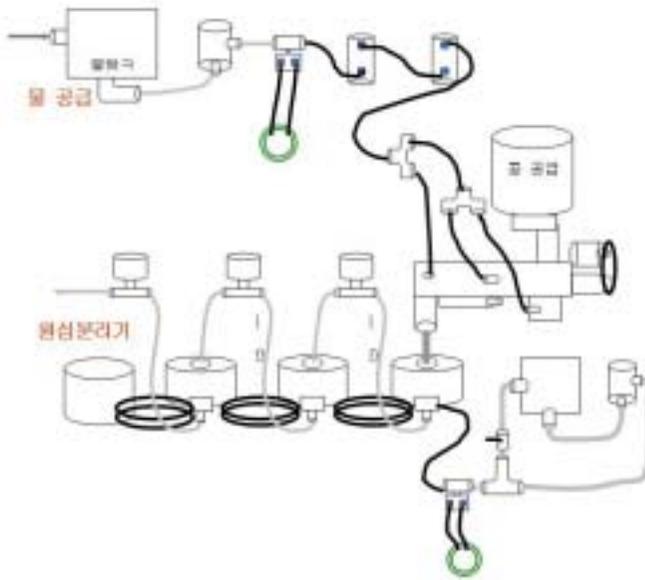
- 수압센서: 자동 세척 공정
 - 유량센서: 분쇄 및 마쇄 공정
 - 온도센서: 가열 증숙 공정
 - 변위센서: 간수혼압 공정, 압착 성형 공정
- 그 결과로 소형화·일체화된 stand-alone system 형태의 소형 자동 연계공정 두부 생산 시스템 시제품을 완성하였음.

2. 제조 공정 설계

- 전 자동화된 두부 생산 시스템을 개발하기 위하여 아래와 같이 자동화된 두부 제조 과정의 블록도를 작성하여 설계하였음.



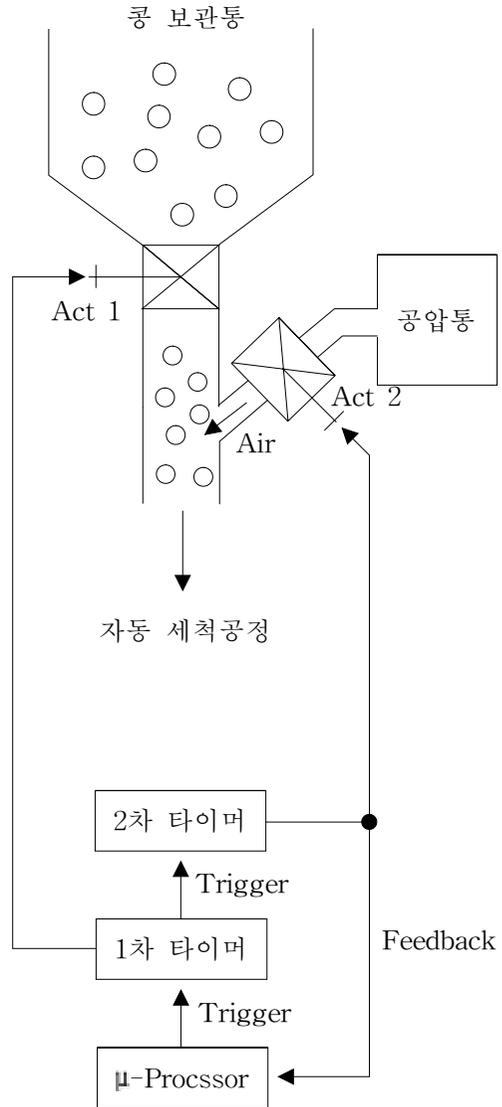
- 이를 실물 형태의 기기 구성도로 아래와 같이 작성하였음.



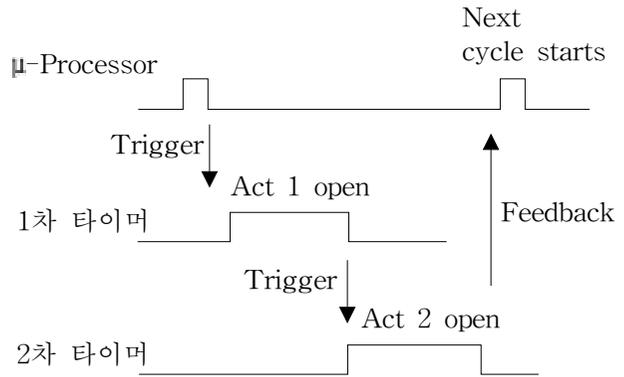
- 상기 공정 설계 개념에 따라 공정별 상세 설계 등 개발과정을 진행하였음.

3. 콩 정량 투입 공정 개발

- 당초 예비연구에 해당하는 특허출원 제 03-0017442호에 의거하여 일정 시간 간격으로 공압에 의해 콩을 정량 투입하는 장치를 설계·제작하였음.
- 이는 μ -Processor가 생성하는 펄스를 카운트하여 일정 시간 간격으로 타이머를 동작시키는 방식임.
- 즉, 1차 타이머가 트리거 되면 Actuator 1을 동작시켜 콩 보관통을 열고 일정량의 콩이 하부로 내려오게 한 후 다시 닫음. 1차 타이머는 2차 타이머를 트리거시켜 Actuator 2를 열어 공압을 인입시킴으로써 하부로 내려온 콩을 자동 세척공정으로 투입함. Actuator 2의 동작신호는 다시 마이크로 프로세서로 되먹임(feedback)되어 다음 시간을 결정하여 연속 동작하는 방식임.
- 그러나 이와 같은 공압식 투입기법을 실제로 제작하여 실험한 결과 여러 가지 문제점들이 발생하였음.
 - 콩과 이물질이 서로 크기와 모양이 다른 바, 투입량이 차이가 남.

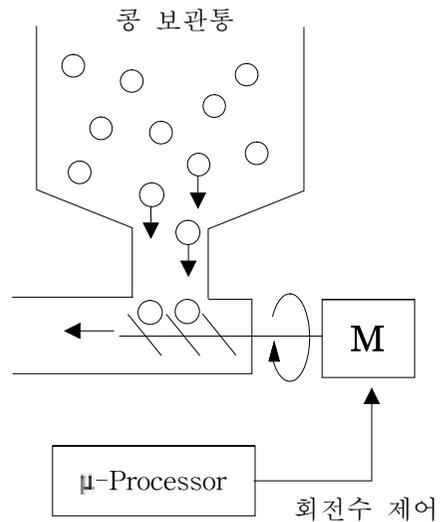


- 콩 및 이물질들이 서로 마찰하여 Act 1을 통해 내려오는 양이 일정치 않으며 잘 내려오지 않는 경우도 흔히 발생함.
- 공압통의 압력에 따라 투입량이 변화하므로 항상 공압을 일정하게 유지해야 하는 불편함이 있음.

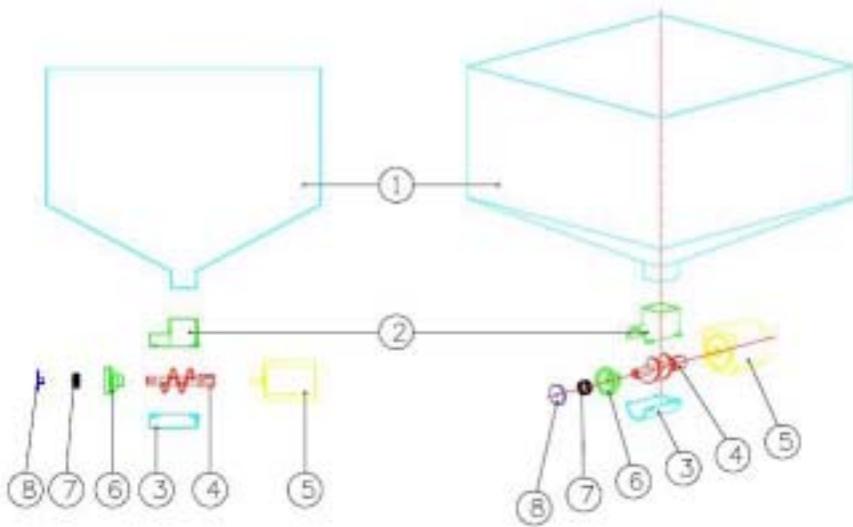


◦ 이에 따라 공압식 콩 정량 투입을 포기하고 전기모터를 사용하는 새로운 방법을 고안하였음.

◦ 이는 우측의 그림과 같이 콩 보관통 하부에 스크류를 설치하고 이를 전기모터로 회전시켜 콩을 좌측의 배출구로 이동시키는 기법이며, 전기모터의 회전수를 μ -Processor로 제어하는 방식임. 콩 투입량은 전기모터의 회전수에 의해 결정되며 스크류의 형상을 적절히 설정함으로써 일정하고 안정한 정량 투입이 가능하였음.



◦ 아래에 콩 정량투입장치의 상세 설계 결과를 제시함.



NO	PRAT_NAME	SPEC	REMARKS
1	HOPPER	SUS304	
2	BODY_UPPER	ABS	
3	BODY_LOWER	ABS	
4	FEEDER	SUS304	
5	MOTOR	STEPIING	
6	STOPPER-1	ABS	
7	SPRING	SUS304	
8	STOPPER-2	ABS	

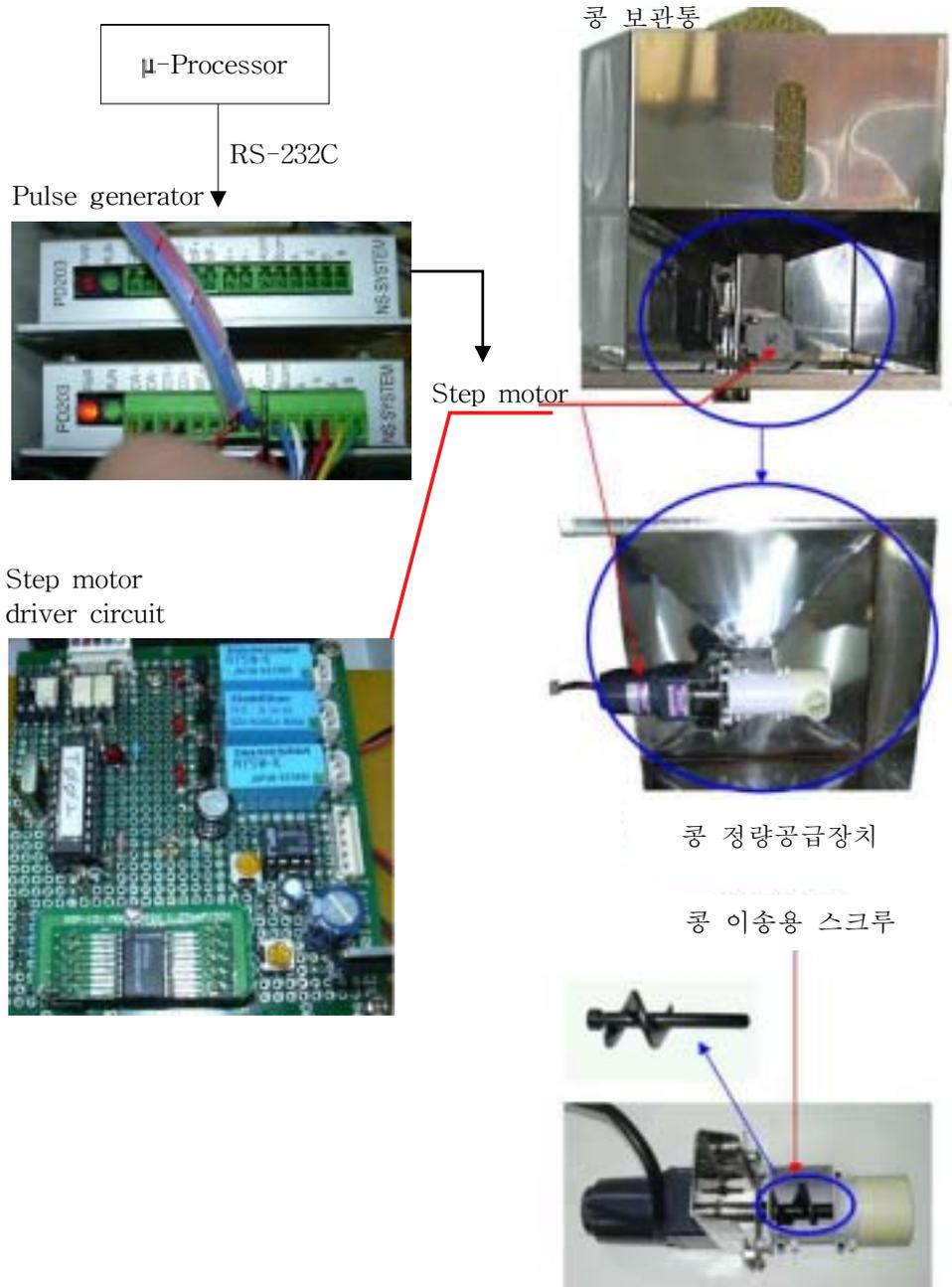
◦ 성능실험결과 전기모터의 회전수에 비례하는 콩 투입결과를 얻었으므로 이를 지적 재산권(발명특허)으로 출원하였음.

- 발명의 명칭: 콩 정량공급장치
- 출원번호: 제 10-2005-0035155호
- 출원일: 2005. 4. 27
- 출원인: 차은중, 김경아

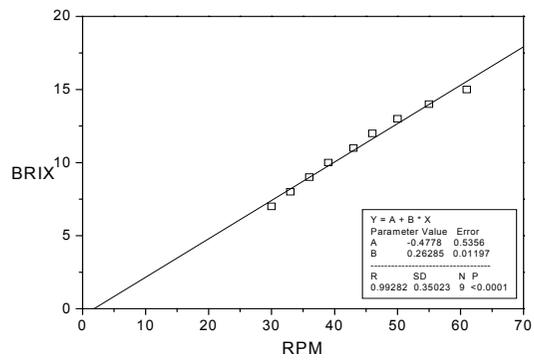
- 발명인: 차은중, 김경아
- 요약문: 두부 제조장치에 있어서, 원료인 콩을 정량 공급하여 석발 및 세척하는 장치에 사용하기에 적합한 콩 자동 정량 공급 장치가 개시된다.
본 발명에 의하면, 원료 콩을 저장 및 배출하기 위한 호퍼와 호퍼 하부의 배출구 측에 설치되며 내부에 스크루를 갖고 있고 콩 배출부를 형성하고 있는 콩 이송부와, 콩 이송부 내의 스크루를 회전시키기 위한 모터와, 스크루에 설치되는 스톱퍼로 구성되는 콩 정량 공급 장치를 제공함으로써, 두부제조에서 콩물의 농도를 일정하게 유지시켜 품질이 균일한 두부를 생산할 수 있게 하는 효과를 기대할 수 있게 된다.
- 또한 사전 연구결과로 출원했던 발명특허를 등록함.
 - 발명의 명칭: 두부 제조장치에서의 원료 자동세척 및 공급장치
 - 등록번호: 제 0500297호
 - 등록일: 2005. 6.30
 - 특허권자: 차은중, 이강운
 - 발명자: 차은중, 이강운, 지호현, 송희용
 - 요약문: 두부 제조장치, 특히 마른 콩으로 두부를 제조하는 장치 중에 원료인 콩을 연속적으로 자동 석발, 세척 및 정량적으로 공급할 수 있는 장치가 개시된다. 본 발명에 의하면 두부 제조장치에서의 원료 자동 세척, 석발 및 정량공급장치로서, 하부에는 원료 공급부를 갖고 있으며 원료 콩을 투입·저장하는 투입·저장부와; 상기 투입·저장부의 하부와 연통되며 투입되는 원료를 세척하기 위한 세척용물 공급관과, 이물질 배출부 및 세척된 원료를 배출하는 배출관이 형성되는 세척부와; 상기 세척부 내부에 통상의 방법으로 설치되며 구동모터에 의해 통상의 방법으로 동력을 전달받아 회전하고 스크루를 장착하고 있는 회전축을 포함하는 이송부로 구성됨을 특징으로 하는 장치를 제공함으로써 두부 제조에서의 시간과 비용을 줄 일 수 있으며 필요에 따라 충족할 수 있는 두부를 제조할 수 있게 하는 효과가 기대된다.

- 전기모터로는 스텝모터(step motor)를 채택하였고 회전수의 제어는 아래와 같은 단계로 이루어짐.
 - 제어 시작 스위치 작동.
 - 미리 설정한 분당 회전수(RPM)를 직렬전송 통신을 통해 모터펄스 발생회로에 명령 전달.
 - 모터 펄스 발생회로는 스텝 모터 드라이버에 펄스를 공급하여 회전.
 - 스텝 모터 드라이버가 제공하는 분당 회전수 정보를 마이크로 프로세서에 되먹임하여 모터 회전수 감지.
 - 기 설정한 회전수와 드라이버가 제공하는 실 회전수 간에 20% 이상의 차이가 감지되면 경보를 발령하고 시스템 정지.

◦ 이와같은 모터 회전수 제어 과정을 아래에 도식화함.

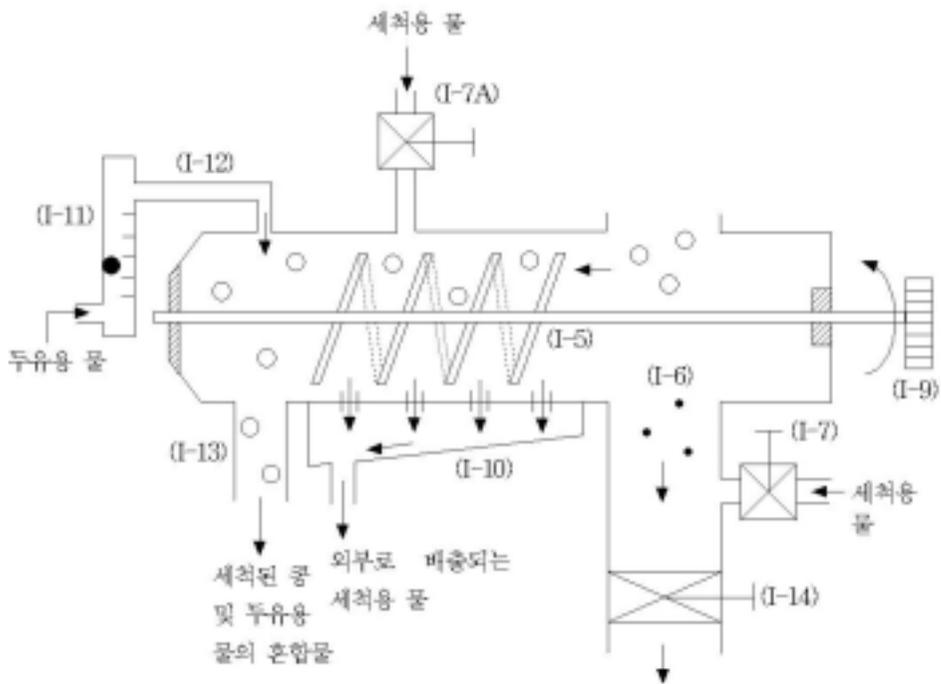


- 스텝 모터 회전수와 마쇄 공정 생산물(두유) 농도를 동시 측정하는 실험을 수행한 결과 우측의 그래프와 같이 매우 정확한 선형 관계를 얻었음.

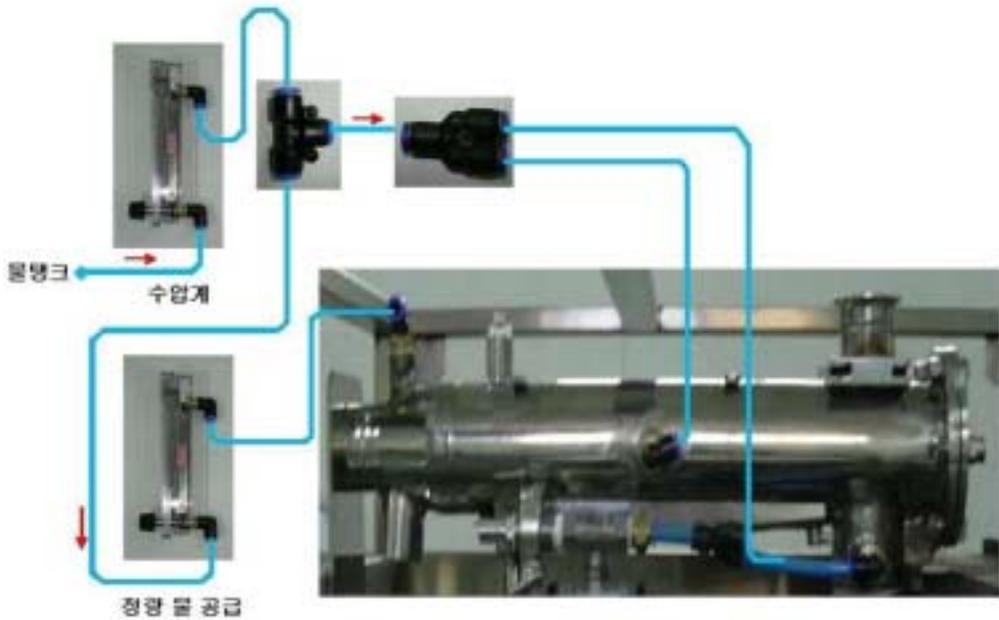


4. 자동 세척 공정 개발

- 스텝모터에 의해 정량 투입되는 콩은 아래에 모식화한 자동 세척공정으로 공급됨.



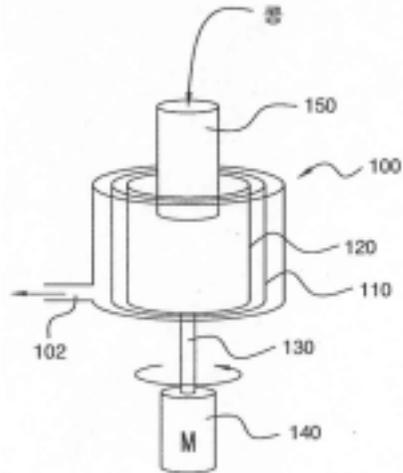
- 자동세척공정은 아래와 같은 원리에 의해 동작함.
 - 콩이 투입되면 모터(I-9)가 회전하고 스크루(I-5)도 함께 회전.
 - 무거운 이물질(I-6)은 하부로 내려오고 세척용 물(I-7)과 함께 배출(I-14).
 - 스크루(I-5)의 회전에 따라 콩이 좌측으로 이동하고 세척용 물(I-7A)이 상부에서 투입.
 - 세척이 끝나 이물질을 함유한 물은 하부로 배출(I-10).
 - 스크루를 빠져나온 콩은 두유용 물(I-12)과 혼합되어 분쇄기(과쇄기)로 이동.
- 상기 과정으로 이루어지는 세척장치와 유량계 및 급수관의 연결관계 및 실물사진을 아래에 제시함.



- 세척 및 두유용 물은 항상 일정량이 투입되므로 일반적인 유량계를 사용하여 수동 조정하도록 하였음. 이는 정밀 조정이 불필요하였던 바, 자동 조정하기 않고 제조하고자 하는 두유의 농도에 따라 사용자가 임의 설정하도록 하여 사용자 융통성을 부여하였음.

5. 고속 순간 분쇄공정 개발

- 두부용 물과 함께 투입되는 콩을 직경 1mm 이내로 고속 순간 분쇄하는 공정을 개발하였음.
- 우측의 그림과 같이 고정된 외부 칼날 안쪽에 전기 모터로 회전하는 내부 칼날이 있는 이중 칼날 구조임.
- 중앙으로 투입된 콩이 회전 원심력에 의해 바깥 방향으로 이동하고 이중 칼날에 의해 순간 고속 분쇄됨.



- 내부 칼날의 회전수를 제어하여 분쇄도를 결정함.
- 성능 실험 결과 분쇄 성능이 우수하였으므로 실용신안을 등록하였고 기술평가가 진행중임.
 - 실용신안 명칭: 두부용 콩의 분쇄장치
 - 등록번호: 제 0334324호
 - 등록일: 2003.11.14.
 - 출원인: 차은중
 - 고안자: 차은중, 김경아
 - 요약문: 콩을 곱게 갈아주는 마쇄공정(맷돌 공정)에 투입되기 전에 콩의 크기 및 수분 함유 여부에 관계없이 콩을 미리 분쇄하여 주기 위한 두부용 콩의 분쇄장치가 개시된다. 본 고안은 상부가 개방되며 하부에 배출구가 형성된 원통형의 본체; 원통형의 본체의 내부에 형성되며, 본체에 고정된 원형의 링의 상부에 사각의 봉 형상으로 이루어진 다수의 분쇄 칼날을 가진 고정 칼날부; 고정 칼날부의 내부에 형성되고, 회전하는 원형의 링의 상부에 사각의 봉 형상으로 이루어진 다수의 분쇄 칼날을 가진 회전 칼날부; 회전 칼날부의 하부에 형성되어 회전 칼날부의 원형의 링과 결

합되어 회전력을 전달시키기 위한 회전 로드; 회전로드와 결합되어 회전력을 발생시키기 위한 회전 모터; 및 회전 칼날부의 상부로부터 내부로 일정 길이 연장 형성되며, 분쇄될 콩을 회전 칼날부의 내부로 투입시키기 위한 원통형의 투입부를 포함한다.

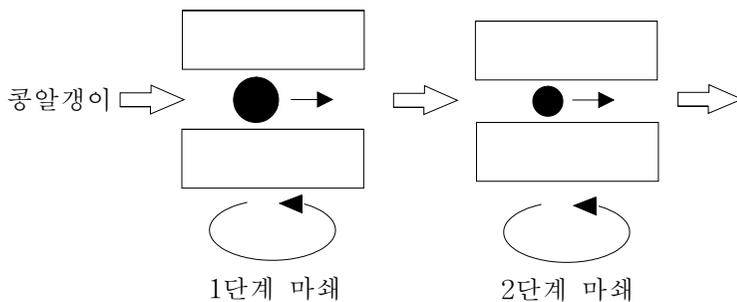
- 분쇄기는 분쇄용 상단에서 유격을 조정하도록 하였으며 그 사용법을 실물사진과 함께 아래에 제시함.



- 파쇄 날 높이 조절 방법
 - ㉓부분의 육각 렌치 볼트를 풀어준다.
 - ㉑부분에 고정봉을 삽입하고 ㉒부분에는 조절봉을 삽입하여 ㉔를 돌려준다.
 - 조절이 끝나면 ㉓부분의 육각 렌치 볼트를 조립한다: Torque-10kg/cm
- 파쇄 날 높이 확인
 - 하측의 벨트를 손으로 1회 정도 돌렸을 때 약간 걸리는 느낌을 받아야 한다.

6. 마쇄 및 블립 공정 개발

- 분쇄공정을 거쳐 분쇄된 콩을 2단계로 마쇄하여 동시에 콩블립이 이루어지는 마쇄 및 블립 공정은 기본적으로 간극이 2단계로 좁아지는 맷들에 의해 시작됨.

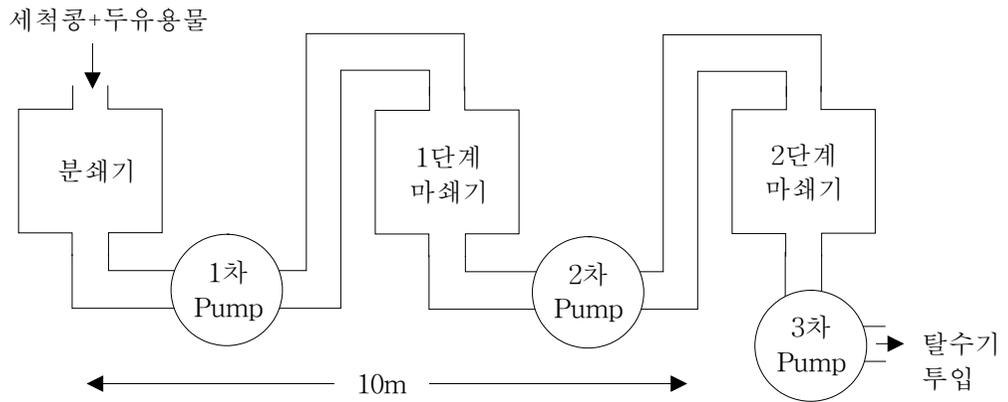


◦ 마쇄기는 맷돌을 통에 넣어 조립하여 분쇄기와 마찬가지로 상부 뚜껑에서 유격을 조정하게 하였음.

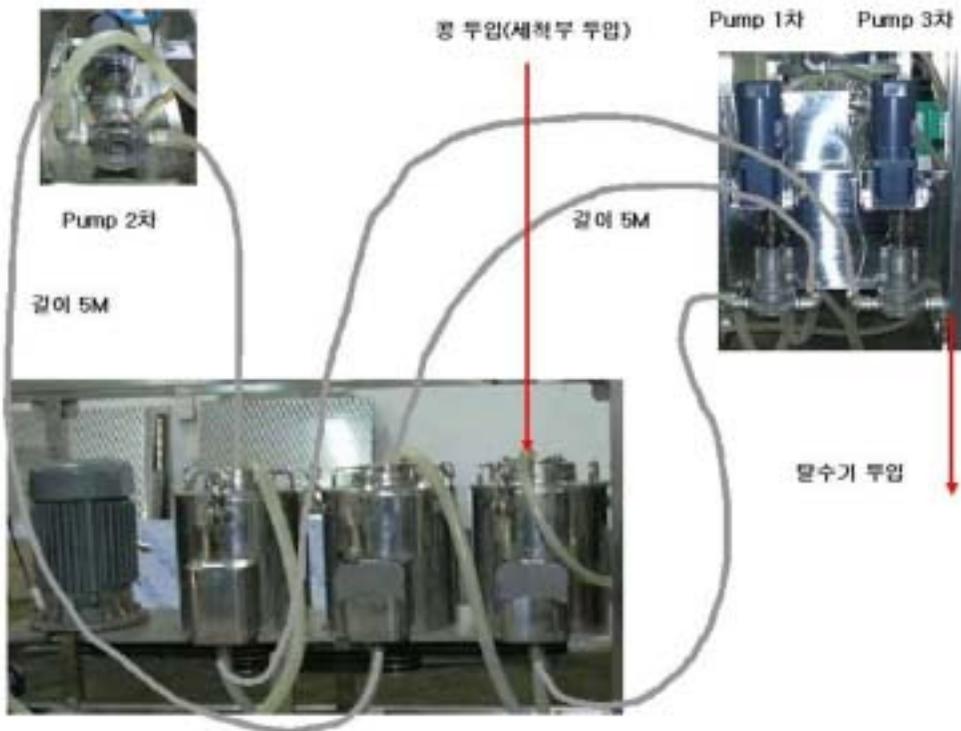


- ① 맷돌 washer 및 맷돌
장착시 수평 유지
- ② 맷돌 장착
- ③ 맷돌 washer 삽입
- ④ 맷돌 조립(고정 너트)
- ⑤ 뚜껑 조립

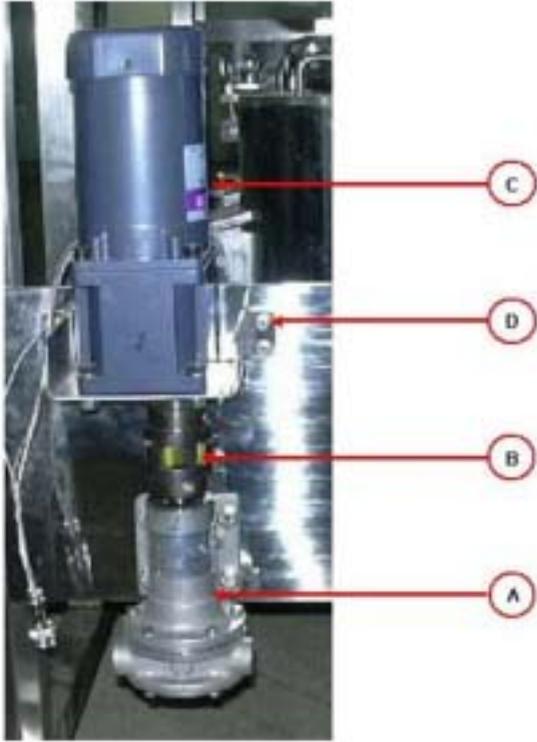
◦ 2단계 마쇄공정을 거치는 동안 콩이 동시에 불려져야 하는데, 이를 위하여 일정 길이의 실리콘 호스를 통과하며 자연스럽게 불림 공정이 이루어지도록 1, 2차 펌프를 설치하여 일정 속도로 콩즙이 통과하게 하였음. 즉,



- 1, 2단계 마쇄 공정시 각각 5m씩, 총 10m의 실리콘 호스를 공즙이 거치면서 불림 공정이 자동으로 수행됨.
- 분쇄기에서 시작되는 실리콘 호스 배치 구조를 아래에 실물사진으로 제시함.



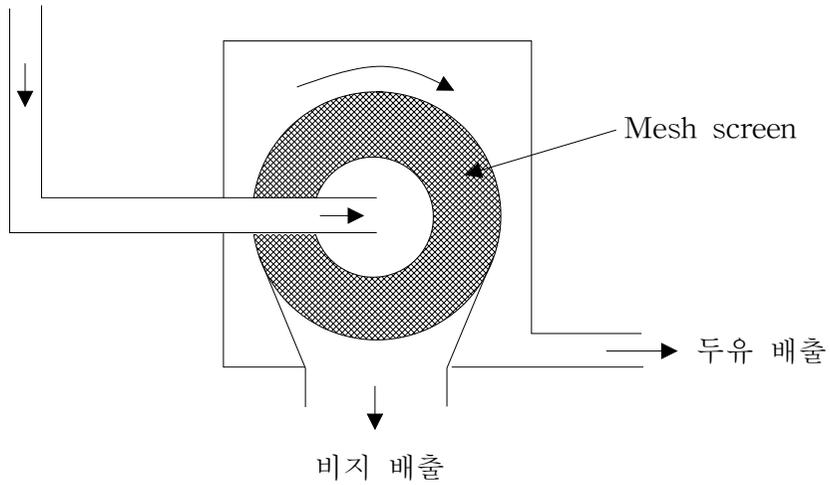
- 불림공정시 콩즙 이송 속도를 일정하게 유지하는 펌프 시스템을 유량 펌프와 전기 모터를 조합하여 아래와 같이 제작함.



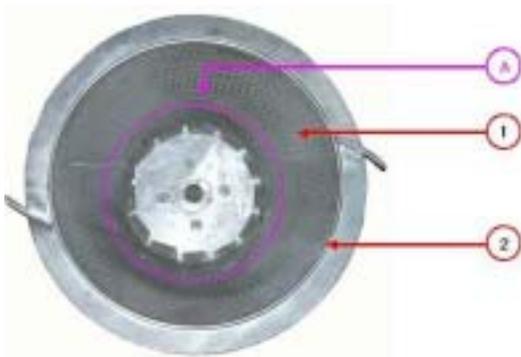
- Ⓐ Pump assembly를 완전히 밀착 조립.
- ⒷⒸ Pump assembly와 Motor assembly를 맞추어 결합 조립.
- Ⓓ Bolt로 밀착 조립.

7. 원심분리(탈수) 공정 개발

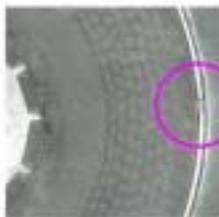
- 마쇄공정으로 생산되는 콩즙을 원심분리하여 비지를 생산하고 증숙 공정으로 이동시키는 원심분리(탈수) 공정은 회전통으로 콩즙을 투입하고 탈수망(mesh screen)을 통과해 나오는 콩즙만을 얻는 기법으로 개발함.



◦ 이는 탈수망(mesh screen)을 탈수통에 조립해 넣어 제작하는데 탈수망의 구조를 아래의 실물사진으로 제시함.



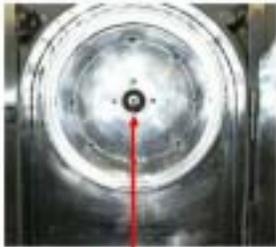
- ① 탈수망을 원형으로 절단한 후 내부의 고정부위 ①에 밀착시키며 접는다.
- ② 스프링을 삽입한다.
- ③ 탈수망의 이탈 부위를 잘라낸다.



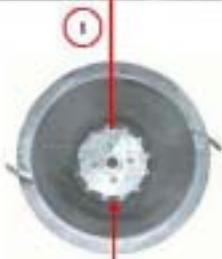
스프링 삽입 부위

Spring 조립 상태

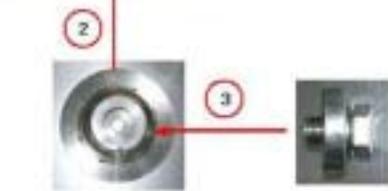
- 일차적으로 조립된 탈수망을 샤프트를 통해 탈수통 내로 조립해 넣음으로써 탈수 장치를 완성함.



- ① 탈수망을 Shaft assembly에 삽입.
- ② 육각볼트로 조립
- Torque=5kg/cm



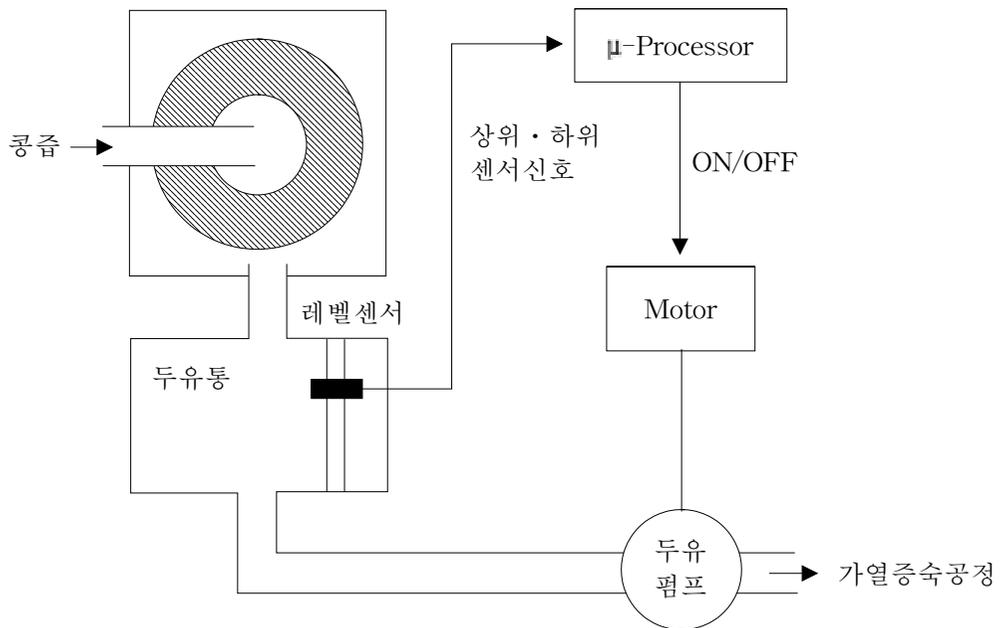
고질 (HKT) 조립 상태



- 원심분리 공정을 위한 탈수기는 마쇄공정을 통해서 생산되는 콩즙을 3차 pump로 공급받아서 비지를 제거하고 증숙공정으로 보내는 기능을 함. 탈수기 하부에는 두유통을 배치하고 모아지는 두유는 두유 펌프를 이용하여 가열(증숙) 공정으로 투입함. 아래에 탈수기 입구 및 출구에 설치되는 펌프 및 배관 구조의 실물사진을 제시함.



- 원심분리 공정으로 탈수기에서 비지가 제거된 두유가 모여지는 두유통에는 변위 (레벨) 센서를 설치하고 이를 통해 감지되는 상위 및 하위 레벨 신호에 의해 두유펌프를 가동시켜 필요에 따라 가열 증숙공정으로 두유를 자동 이송함.



- 이 과정은 모두 마이크로 프로세서에 의해 제어되며 아래에 두유펌프 및 모터 구조, 두유통 및 센서구조의 실물사진을 아래에 제시함.

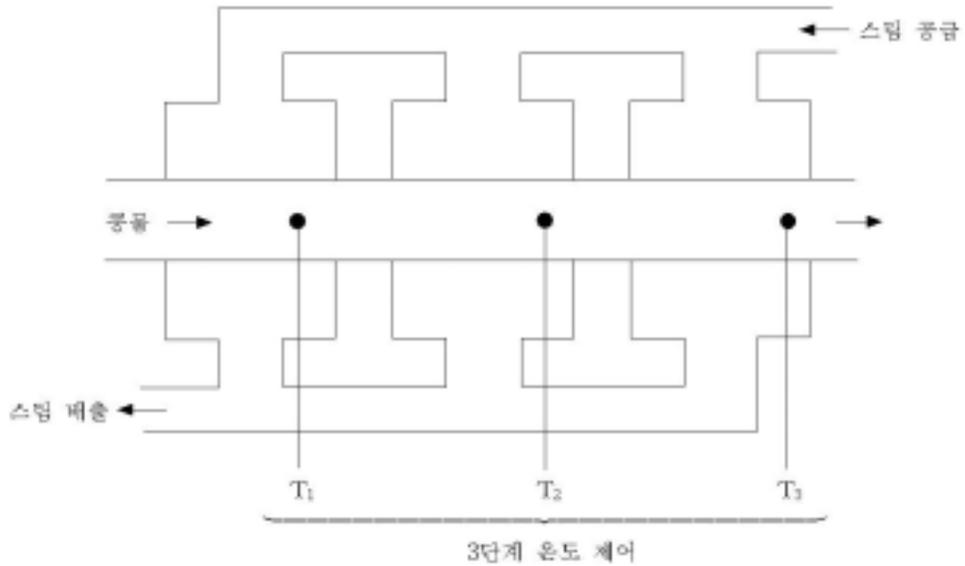


[두유통]

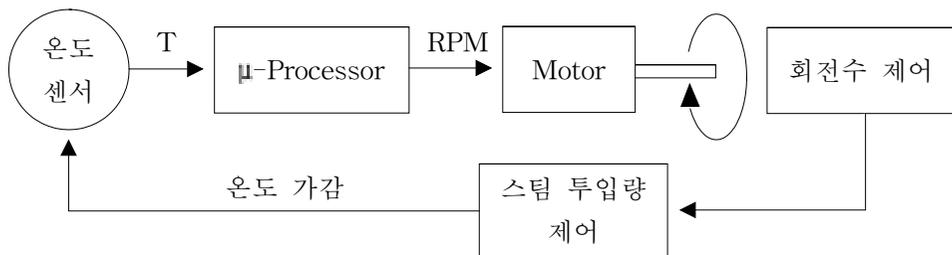


8. 가열증숙 공정 개발

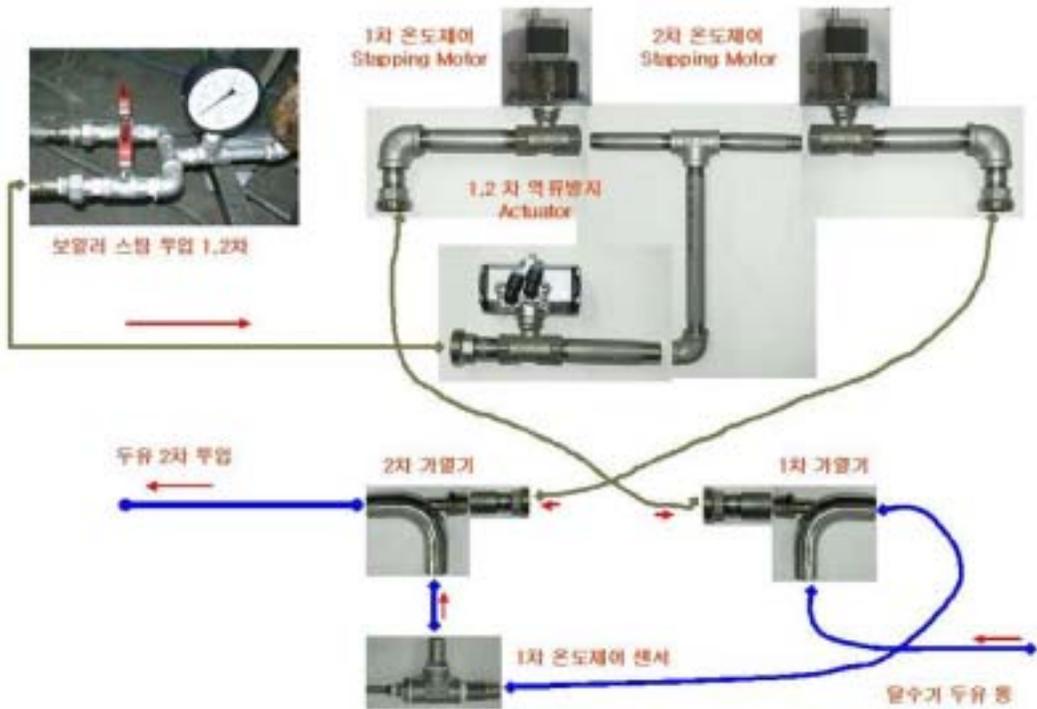
- 두유를 일정 온도로 가열 증숙시키는 가열증숙공정은 스팀 보일러로 가열된 증기 (스팀)를 3단계로 온도를 제어하며 투입하여 실현하였음. 이를 모식화하면 아래와 같음.



- 온도센서신호가 마이크로 프로세서에 전달되면 두유의 온도를 일정하게 하기 위하여 step motor의 회전수를 조절함. 즉,



- 마이크로 프로세서를 사용하여 feedback control을 정확하게 수행함으로써 고품질 두유 및 두부 생산이 가능해짐.
- 1, 2차 스팀 투입 및 온도제어 구조의 실물사진을 아래에 제시함.

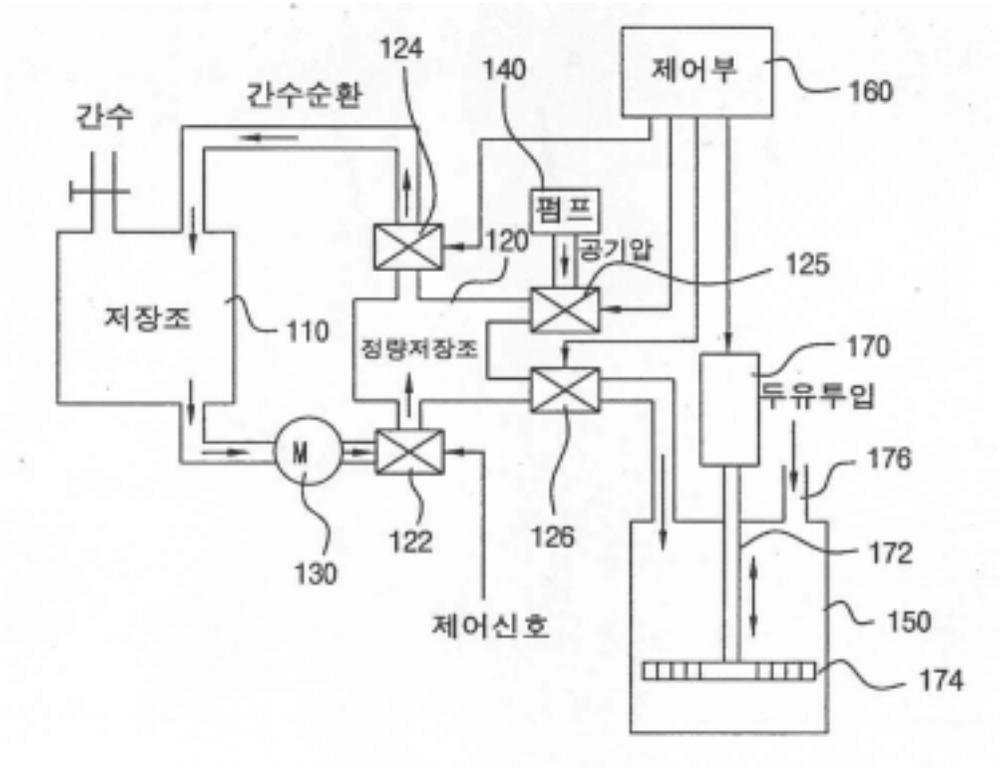


◦ 3차 스팀 투입 및 온도제어 구조의 실물사진을 아래에 제시함.

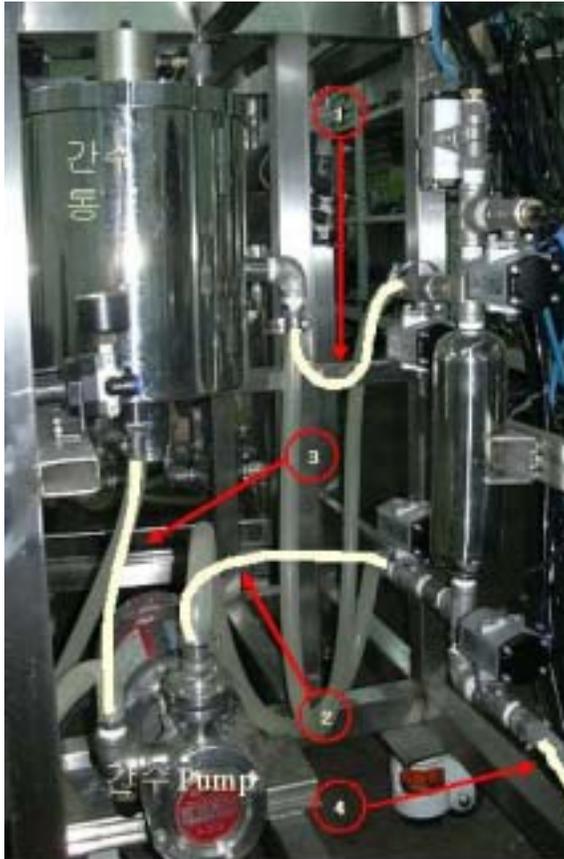


9. 간수혼합공정 개발

- 간수의 일정 농도를 유지하기 위하여 간수펌프로 상시 순환시키며 필요시 두유통으로 일정량을 투입함으로써 농도를 응고시켜 순두부를 생산하는 간수혼합공정을 아래와 같이 고안함.

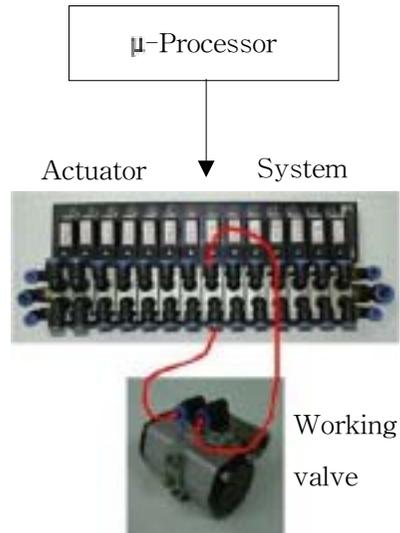


- 간수농도 유지를 위하여 간수를 상시 순환시키는 간수 펌프와 간수통의 실물사진을 아래에 제시함.



- ① 정량공급 상측(간수통 옆)
- ② 간수펌프 상측(정량공급 하측)
- ③ 정량공급 옆면(간수통 밑면)
- ④ 간수투입 Air hose

- 간수를 두유탱크로 정량공급하는 공정은 필요시 마이크로 프로세서가 동작신호를 출력하고 이 동작신호가 Actuator를 구동시켜 공압을 공급함으로써 이루어짐. 간수 정량공급 Actuator System의 실물 구조와 Valve를 아래에 제시함.

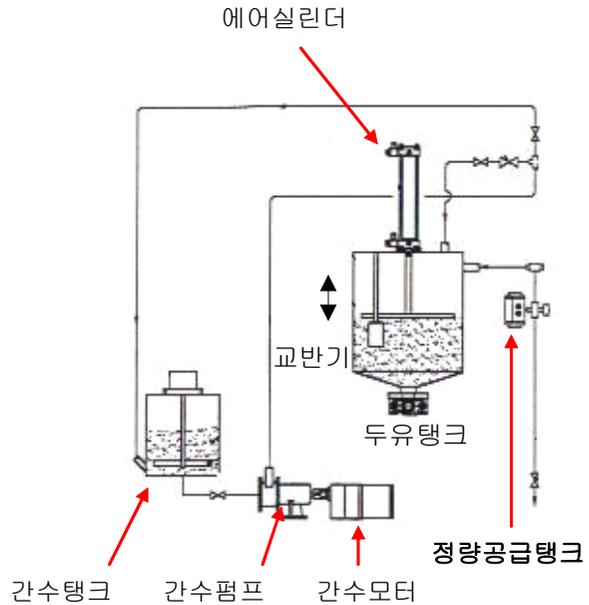


- 농도가 일정한 간수는 간수정량 탱크에 일정량이 저장되는데, 레벨센서를 설치하여 상위 및 하위 레벨을 감지, 마이크로 프로세서로 신호를 전달하고 이에 따라 순환 시스템을 가동함.



- ① 간수 레벨 센서 삽입.
- ② 간수 레벨 센서 조립.

◦ 간수는 두유가 집적된 두유탱크에 투입되어 교반기로 교반함으로써 순두부가 생산됨. 두유탱크는 2개의 동일한 탱크를 제작하여 교대로 동작시킴으로써 생산효율을 최대화 하였음. 교반기는 두유탱크 상부에 에어실린더를 설치하여 필요시 마이크로 프로세서의 지령에 의해 동작하도록 개발하였음.

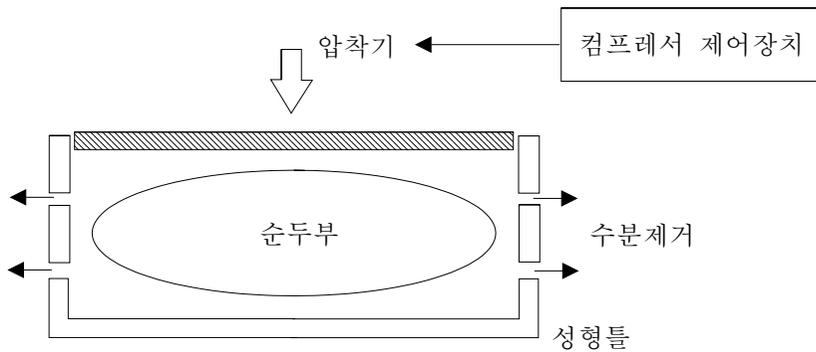


- 상술한 간수 정량 투입 공정 및 장치는 발명특허를 출원하였음. 또한 실용신안을 동시 출원하여 등록하였음.
- 발명의 명칭: 두부 제조에 필요한 간수 정량 투입 장치
- 출원번호: 제 10-2003-0087010호
- 출원일: 2003.12. 3.
- 실용신안 등록번호: 제 0343070호
- 실용신안 등록일: 2004. 2.13.
- 출원인: 차은중
- 발명자: 차은중, 김경아
- 요약문: 두부의 제조시에 콩을 갈고 이를 끓인 두유에 응고제인 간수를 정량 투입시키고 정시에 교반하여 줌으로서 두부를 성형시킬 수 있도록 하기 위한 두부 제조에 필요한 간수 정량 투입장치가 개시된다. 본 발명은 물과 혼합된 간수를 저장하기 위한 저장조의 하부에 형성되어 간수를 순환시키기 위한 모터; 모터의 동작에 의하여 일정량의 간수를 저장하며, 제 1 전자밸

브 및 제 2 전자밸브의 개폐동작에 따라 저장조와 간수를 순환시켜 일관된 조성의 간수를 정량 저장하기 위한 정량 저장조; 정량 저장조의 일측면 상부에 제 3 전자밸브를 통하여 연결되어 공기압을 발생시키기 위한 펌프; 정량 저장조의 일측면 하부에 제 4 전자밸브를 통하여 연결되어 정량 저장조로부터 정량의 간수와 두유 투입구로부터 두유를 투입받아 교반시켜 주기 위한 교반통; 교반통의 내부에 형성되어 상하 이동력을 제공하는 실린더와 이 실린더에 연결된 실린더 로드와 결합되어 간수와 두유를 교반시켜주기 위한 교반판; 및 제 1 전자밸브, 제 2 전자밸브, 제 3 전자밸브, 제 4 전자밸브 및 실린더에 제어신호를 발생하여 두유와 간수를 혼합시켜 주기 위한 간수 투입장치의 동작을 제어하기 위한 제어부를 포함한다.

10. 압착성형공정

- 컴퓨터 장치로 순두부에 일정 압력을 가하여 최종적으로 두부를 생산하는 압착성형공정을 아래와 같이 고안함.



- 압착하는 에어실린더 내부의 압력과 압착시간에 따라 두부의 경도를 조절할 수 있도록 개발하였으며 두유탱크와 마찬가지로 동일한 형태의 압착성형기를 2대 설치하여 생산효율을 최대화하였음.

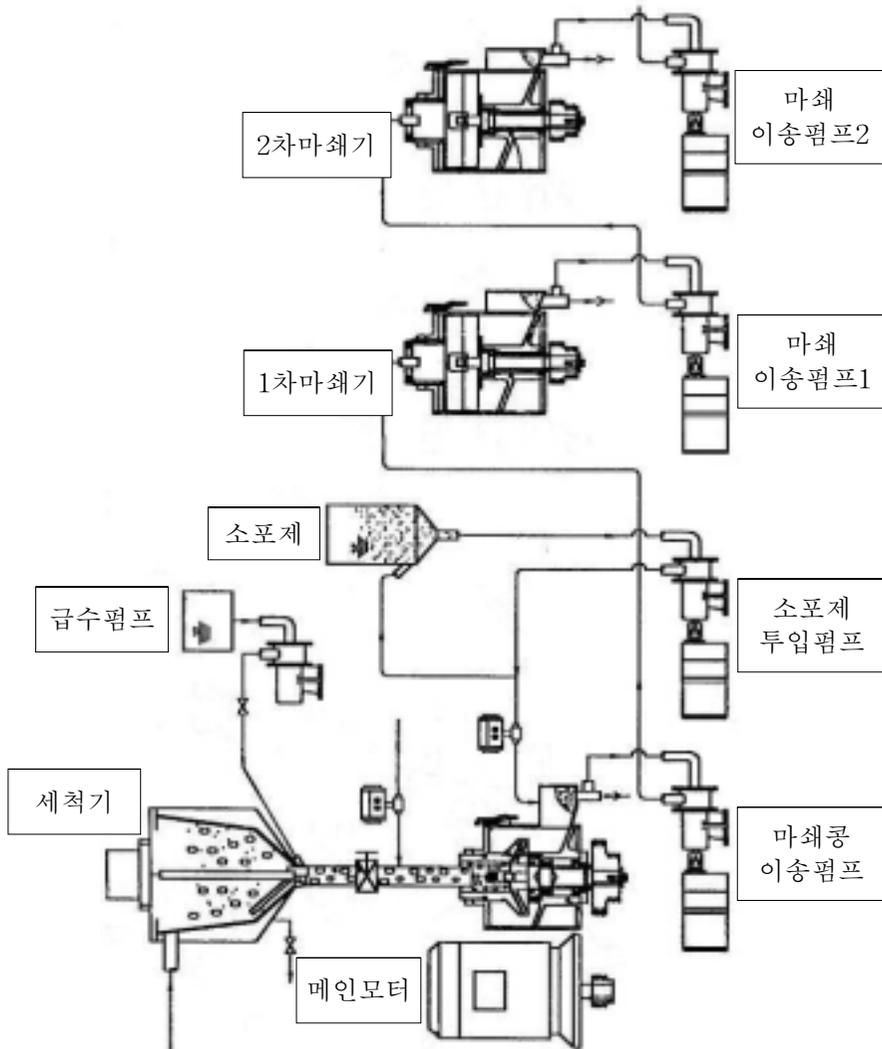
11. 응고제 혼합표

- 각 공정 개발이 완료된 후 여러 차례의 실험을 반복하여 필요한 간수(응고제) 혼합 비율을 아래와 같이 실험적으로 결정하였음.

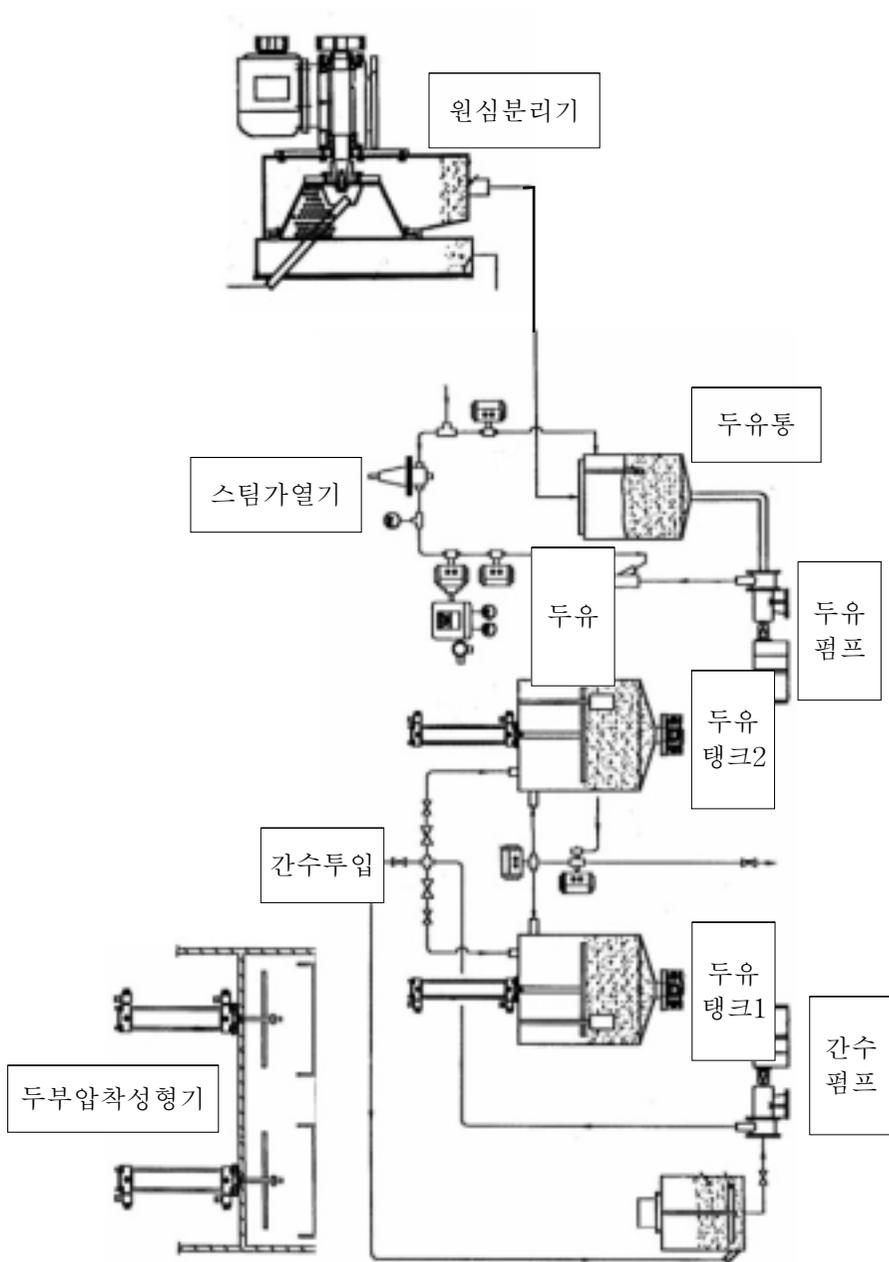
두유량(%)	농도(Brix)	GDL	함산칼슘	질제염	콜로이드전수	수입
40	9	68.00	35.64	28.00	25	3
	10	70.72	38.28	28.00	27	3
	11	73.44	40.92	28.00	29	3
	12	76.16	43.56	28.00	31	3
	13	78.88	46.20	28.00	34	3
	14	81.60	48.84	28.00	36	3
35	9	59.50	31.19	24.50	25	3
	10	61.88	33.50	24.50	27	3
	11	64.26	35.81	24.50	29	3
	12	66.64	38.12	24.50	31	3
	13	69.02	40.43	24.50	34	3
	14	71.40	42.74	24.50	36	3
30	9	51.00	26.73	21.00	25	3
	10	53.04	28.71	21.00	27	3
	11	55.08	30.69	21.00	29	3
	12	57.12	32.67	21.00	31	3
	13	59.16	34.65	21.00	34	3
	14	61.20	36.63	21.00	36	3
25	9	42.50	22.28	17.50	25	3
	10	44.20	23.93	17.50	27	3
	11	45.90	25.58	17.50	29	3
	12	47.60	27.23	17.50	31	3
	13	49.30	28.88	17.50	34	3
	14	51.00	30.53	17.50	36	3
20	9	34.00	17.82	14.00	25	3
	10	35.36	19.14	14.00	27	3
	11	36.72	20.46	14.00	29	3
	12	38.08	21.78	14.00	31	3
	13	39.44	23.10	14.00	34	3
	14	40.80	24.42	14.00	36	3

12. 공정도 작성

- 전술한 단위 공정 개발이 완료되었으므로 이들을 종합하여 시스템 개발용 공정도를 작성하였음.
- 크게 2부분으로 구분하였는데 콩을 세척, 분쇄(파쇄) 및 마쇄 공정도를 아래에 제시함.



- 마쇄가 끝난 콩즙에서 비지를 분리하는 원심분리(탈수) 공정, 간수 혼합 및 두부 성형 공정도를 아래와 같이 작성함.

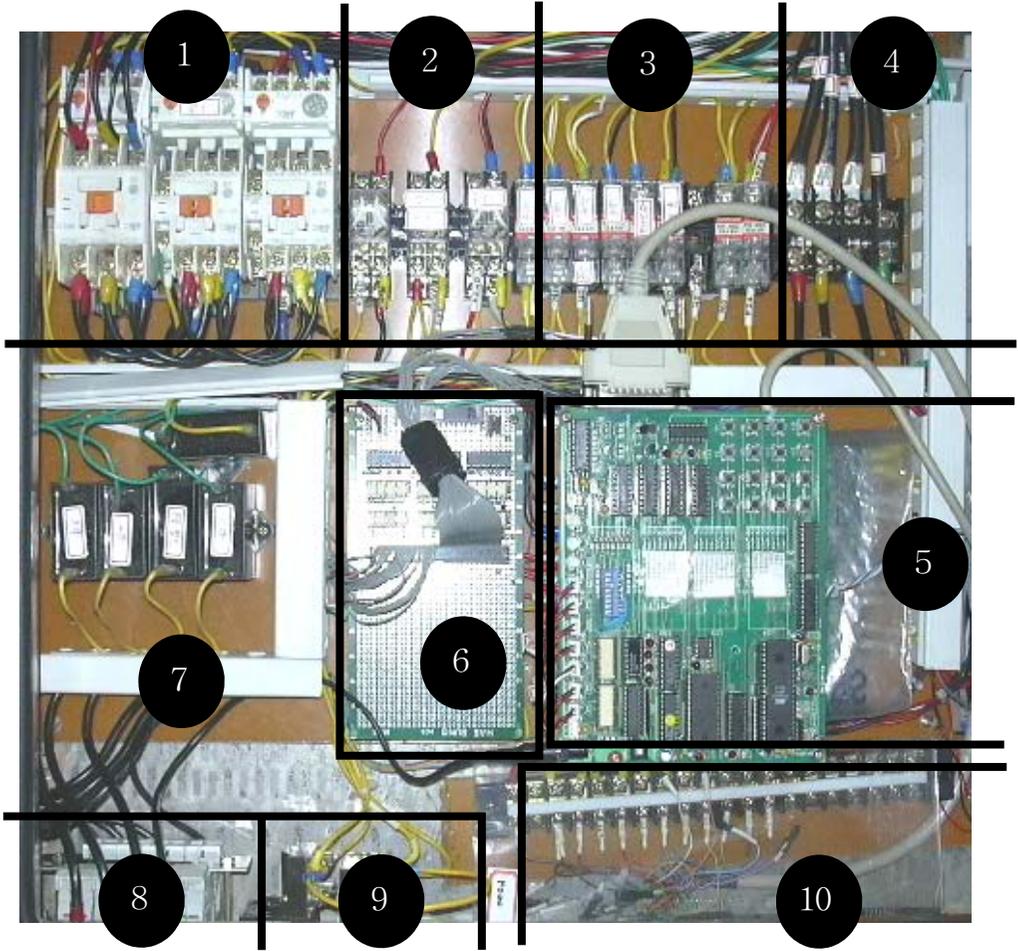


13. 제어 시스템 개발

- 전술한 단위 공정들을 연계하여 제어하기 위하여 제반 제어시스템을 개발하였음.
- 3상 380V를 AC power로 하여 동작하며 제어 시스템의 주요 부위를 아래 표에 요약함.

이 름	기 능
1.개폐기	3상교류전기를 자동으로개폐한다.
2.릴레이	직류작용으로 교류의 접점을 제어한다.
3. 휴즈	과전류 시에 전원을 단락한다.
4.인입선	3상교류 380볼트가 외부에서 연결되는 단자이다.
5.메인보드	프로세서가 탑재되어 시스템의 모든 동작을 제어한다.
6.입출력 보드	프로세서에서 제어하는 입출력과 다른소자의 중계역할을 한다.
7.콘덴서	교류모터의 시동에 관여한다.
8. 메인 스위치	전장전체의 전원을 단속한다.
9.보조 스위치	응급상황시의 전원을 단속한다
10.액츄에이터단자	공압부의 제어에 사용한다

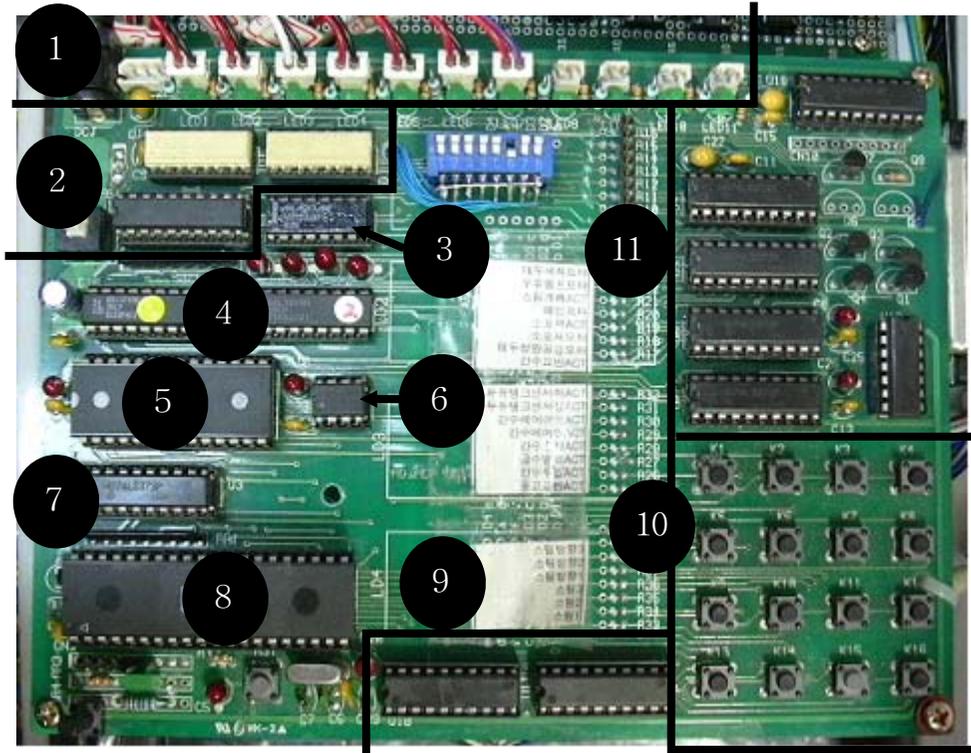
- 제어시스템은 한 장의 보드에 제작하였으며 그 실물 사진을 아래에 제시함.
- 아래 사진의 번호는 앞 쪽 표의 주요 부위를 나타냄.



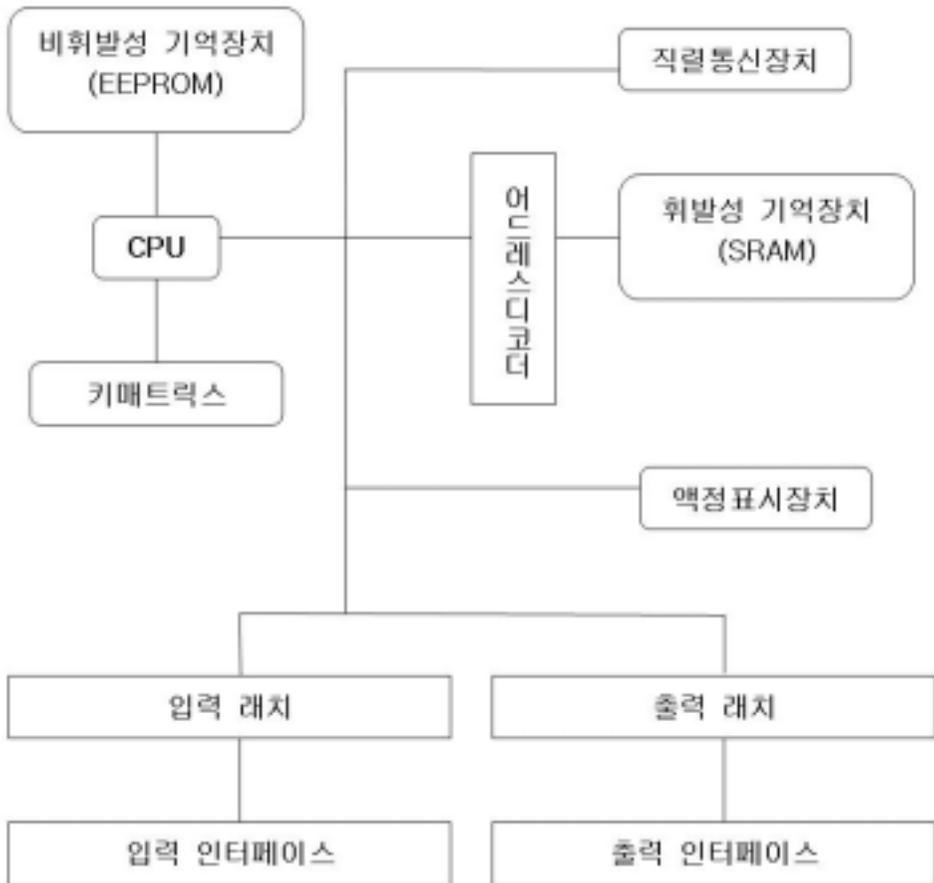
◦ 제어시스템의 핵심부인 마이크로 프로세서 기반의 메인 보드는 크게 11가지 디지털 회로로 구성하였음.

- ① 입력단자 및 입력표시 LED
- ② 입력 인터페이스
- ③ 직렬통신 (RS-232)
- ④ 어드레스 디코더(GAL)
- ⑤ 휘발성 기억장치(SRAM)
- ⑥ 비휘발성 기억장치 (EEPROM)
- ⑦ 어드레스 디코더
- ⑧ 마이크로프로세서(CPU)
- ⑨ 데이터 입력 래치
- ⑩ 키 매트릭스
- ⑪ 데이터 출력래치

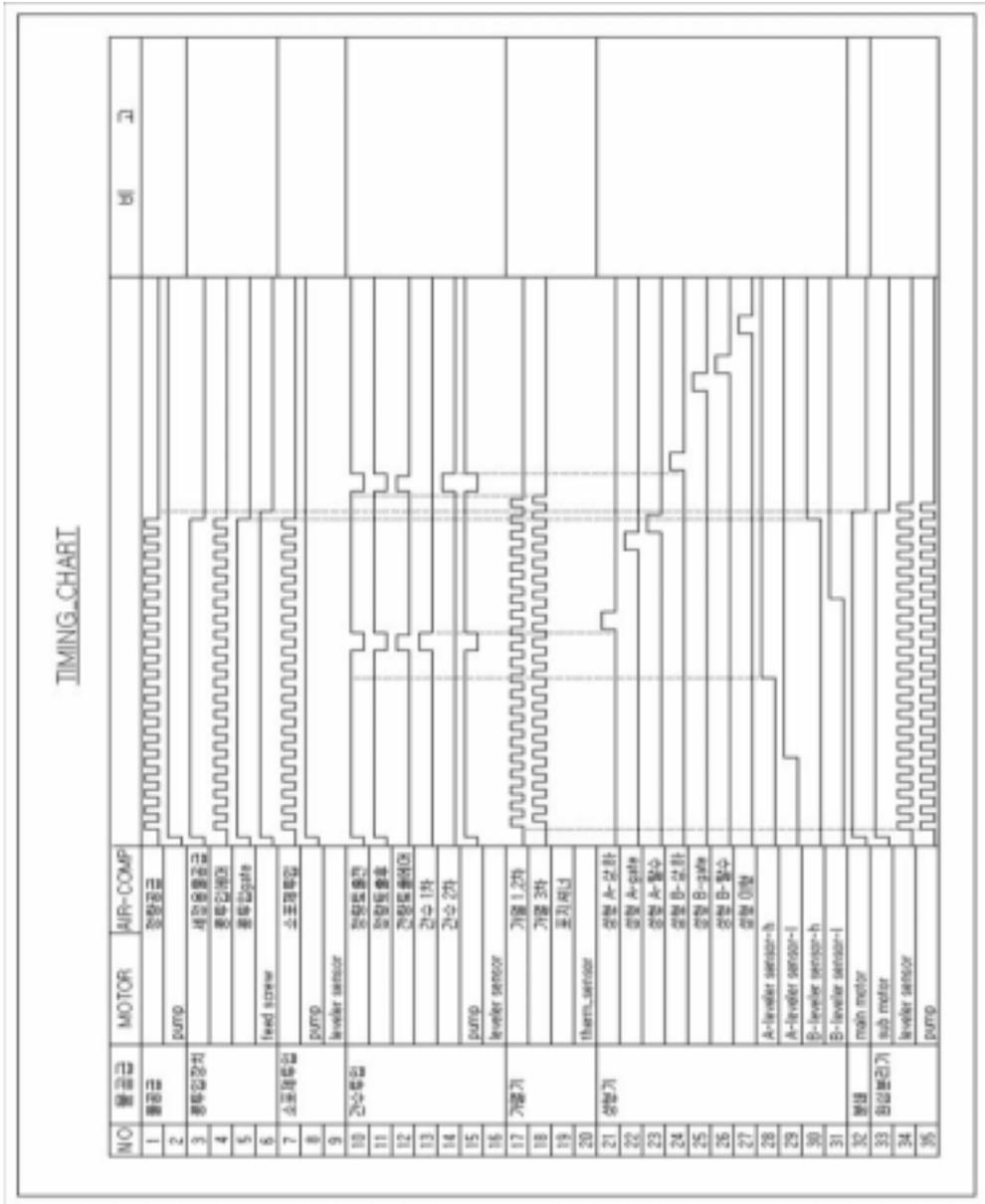
- 앞 쪽에서 언급한 메인보드의 실물사진을 아래에 제시함. 보드상의 번호는 앞 쪽에서 제시한 주요 회로 명칭임.



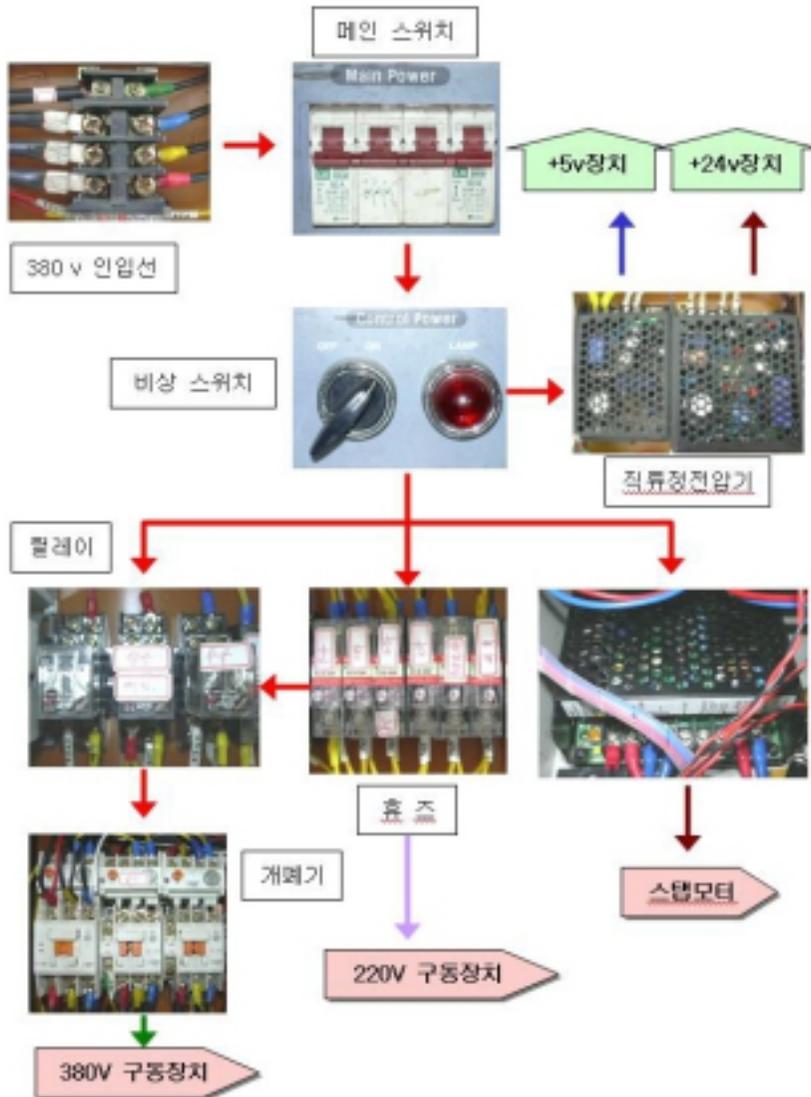
◦ 메인 보드의 기능별 구성도는 아래와 같음.



◦ 메인 보드가 공정별로 동작할 때 필요한 Timing chart를 아래와 같이 작성하였음.

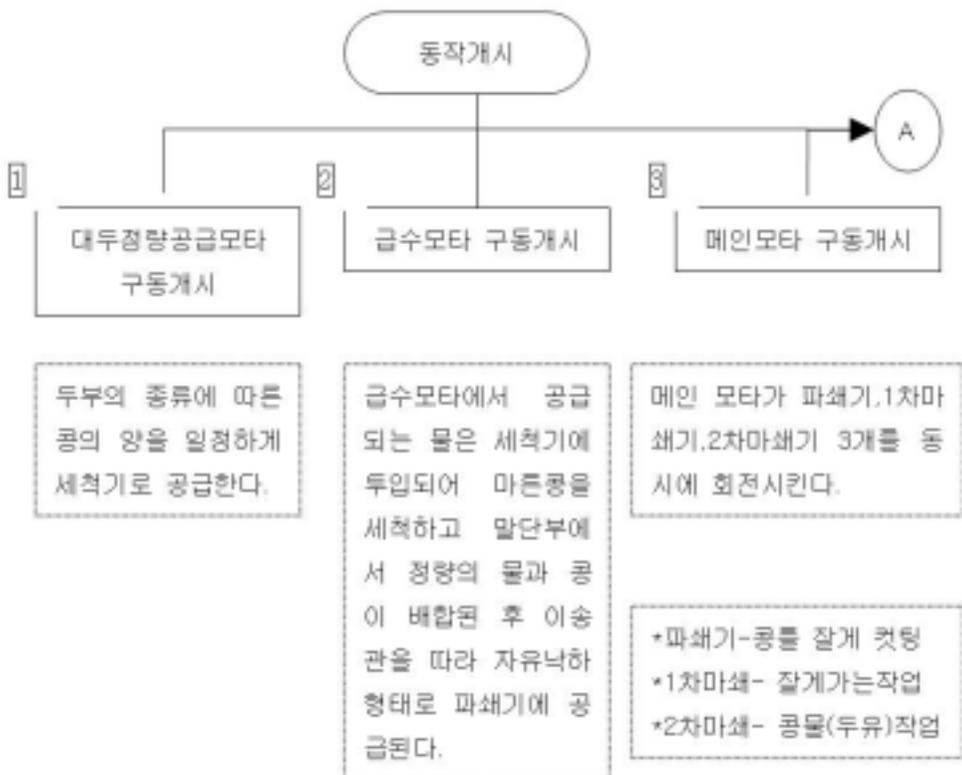


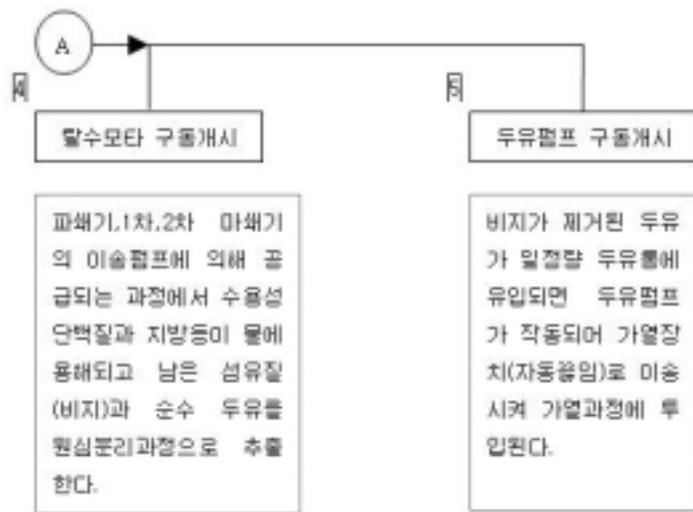
- 시스템에서 사용하는 전기에너지는 3상 380V로부터 얻도록 하였으며 교류 및 직류가 모두 필요함. 아래와 같이 컴프레서 및 대용량 장치들은 3상 380V 및 단상 220V를 사용하였으며 디지털 제어부는 직류 +5V 및 +24V를 사용하였음.



14. 제어 프로그램 작성

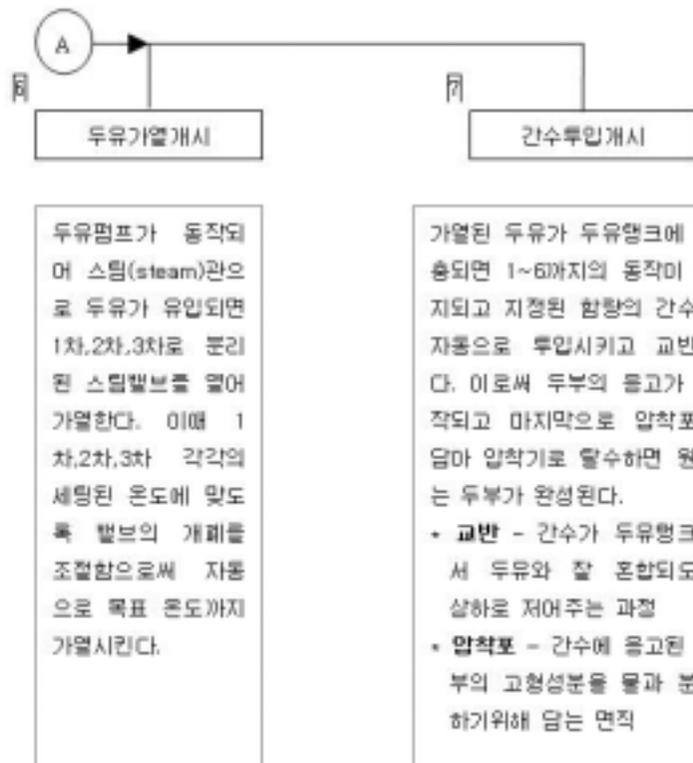
- 제어 프로그램은 상시 작동부와 센서 감지신호에 의해 동작하는 순시 작동부로 구분하여 개발하였음.
- 순시 작동부는 간수혼합, 증숙공정, 교반장치 등이 있으며 나머지는 상시 작동부에 해당함.
- 시스템 구동에서 시작하여 간수를 투입하는 공정까지의 동작 흐름도를 아래에 제시함.





과쇄기, 1차, 2차 마쇄기의 미송출프에 의해 공급되는 과정에서 수송성 단백질과 지방등이 물에 용해되고 남은 섬유질(비지)과 순수 두유를 원심분리과정으로 추출한다.

비지가 제거된 두유가 일정한 두유중에 유입되면 두유펌프가 작동되어 가열장치(자동종임)로 미송시켜 가열과정에 투입된다.

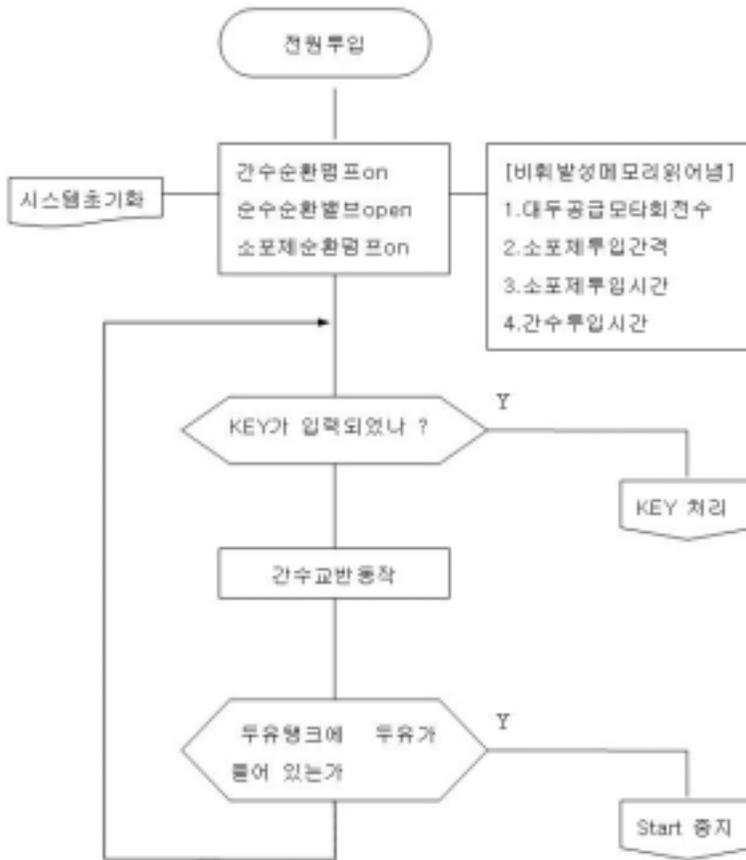


두유펌프가 동작되어 스팀(steam)관으로 두유가 유입되면 1차, 2차, 3차로 분리된 스팀밸브를 열어 가열한다. 이때 1차, 2차, 3차 각각의 세팅된 온도에 맞추도록 밸브의 개폐를 조절함으로써 자동으로 목표 온도까지 가열시킨다.

가열된 두유가 두유탱크에 만족되면 1~6까지의 동작이 정지되고 지정된 함량의 간수를 자동으로 투입시키고 교반한다. 이로써 두부의 응고가 시작되고 마지막으로 압착포에 담아 압착기로 탈수하면 원하는 두부가 완성된다.

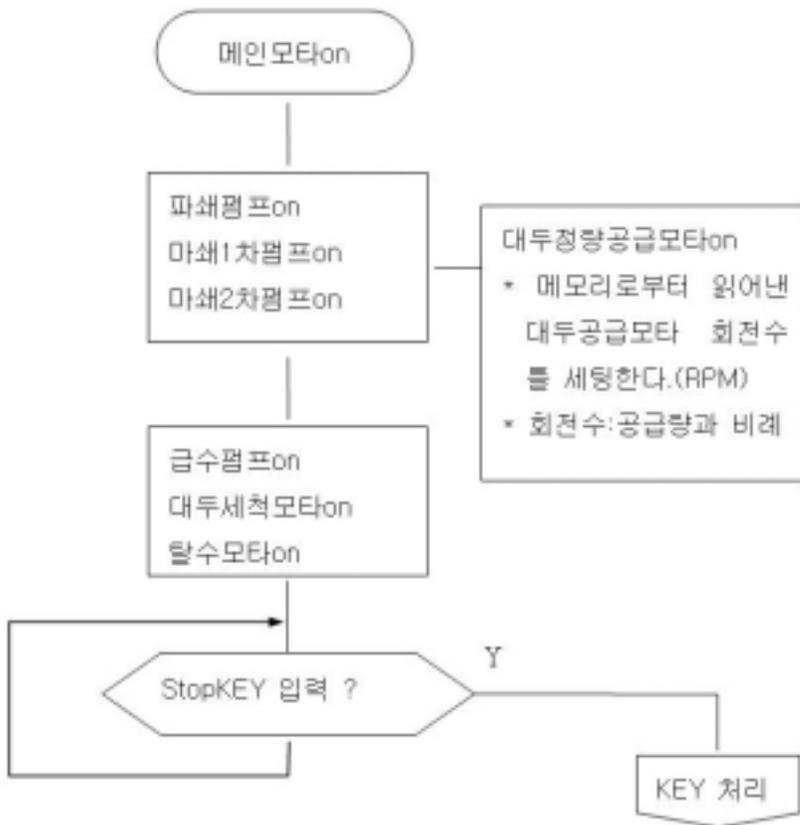
- 교반 - 간수가 두유탱크에서 두유와 잘 혼합되도록 살가로 제어하는 과정
- 압착포 - 간수에 응고된 두부의 고형성분을 물과 분리하기위해 담은 면직

◦ 전반적인 시스템 동작의 flow chart를 아래에 제시함.

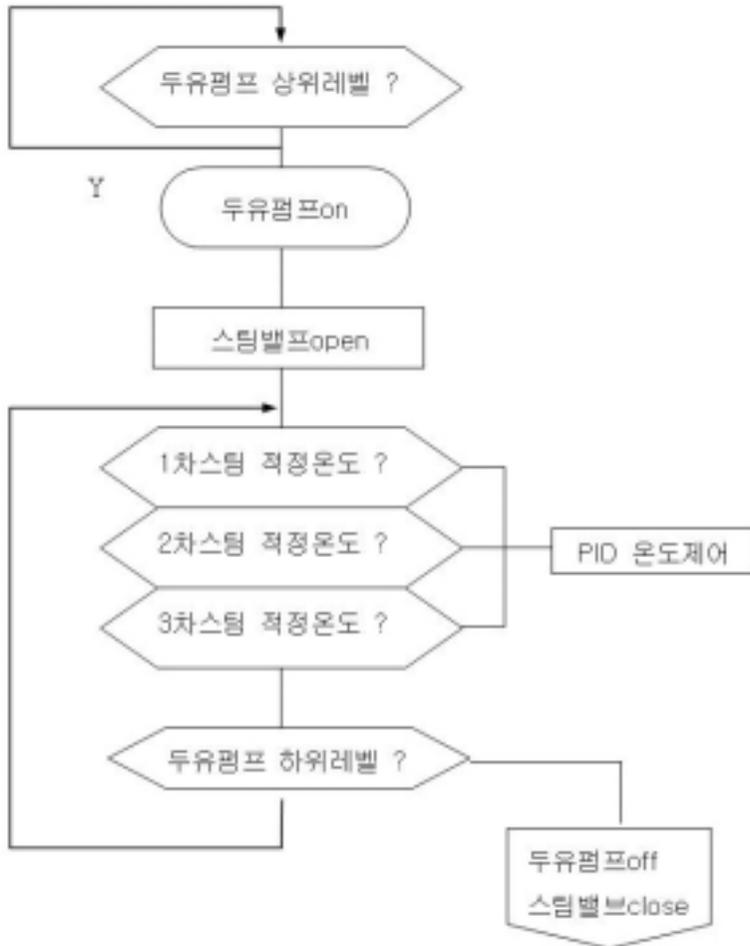


- 간수(두부응고제)교반 : GDL(글루코노델타락톤), 황산칼슘, 마그네슘, 정제염 등이 섞여있는 혼합제로 물속에서 비중으로 인해 가라앉지 않고 고루 혼합되도록 정기적으로 저어주는 동작을 되풀이 한다.
- 간수순환 : 간수 교반작용을 보조하며 자동으로 투입될 간수가 정량을 유지할 수 있도록 펌프가 동작한다.
- 소포제순환 : 소포제(대두를 분쇄할 때 생기는 거품을 제거하는 첨가제)를 투입할 때 적절한 압력이 생기도록 펌핑한다.
- 소포제투입 : 소포제는 일정간격을 두고 일정한 시간 투입한다.(따라서 투입량의 조절은 시간을 조절함으로 가능하다.)

- 콩, 물, 두유 등의 우송에는 다수의 모터와 펌프가 사용되는 바, 모터류의 제어시 필요한 flow chart는 아래와 같음.



- 제반 센서류는 센서 감지신호를 기반으로 마이크로 프로세서에 의해 제어되는데 한 예로 두유 레벨과 증숙온도 신호에 의한 제어용 flow chart를 아래에 제시함.



15. 시작품 제작

- 단위 공정 개발이 완료되고 제어시스템이 개발되었으므로 이들을 종합하여 연계 공정화하고 연속 동작이 가능한 시작품을 제작하였는데, 사용자의 융통성을 보장하기 위하여 콩의 투입, 세척, 분쇄(파쇄), 마쇄하여 콩즙을 얻는 시스템, 원심분리에 의해 비지를 제거하고 두유를 생산하는 탈수기, 그리고 두유에 간수를 혼합, 증숙하여 순두부를 얻고 압착성형하여 두부를 생산하는 시스템으로 3분하여 제작함.
- 이는 두부 공장 형태의 생산과정을 고려하여 기능별로 분화하여 생산할 수 있도록 고려한 것임.
- 그러나 이들을 하나의 시스템으로 통합할 수 있도록 통합 설계도 수행하였음. 구매자의 요구에 따라 융통성 있는 기술이전 혹은 주문 제작이 가능하도록 하기 위하여 다양한 형태의 응용이 가능함.
 - 생산 라인 형태의 공장형 배치
 - 통합 설계에 의한 단일 시스템
 - 두유만을 생산하여 공급하고 현장에서 응고시키는 현장형 시스템
 - 순두부 생산용 장치
 - 두부 생산용 장치
- 향 후 예상되는 다양한 응용 사례는 필요에 따라 설계, 주문, 제작 및 시스템 공급이 가능함.
- 3분하여 제작한 시스템 시작품의 실물사진을 다음쪽에 제시함.

◦ 콩즙 생성 장치 시작품은 아래와 같음.



◦ 원심분리(탈수) 장치 시작품은 아래와 같음.

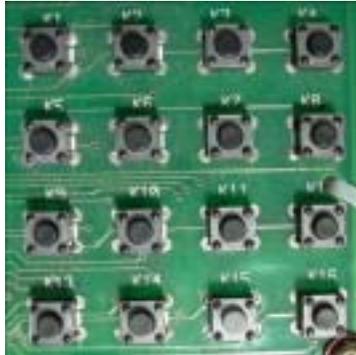


- 스팀 보일러를 이용하는 증숙기 및 두부 생산용 압착 성형장치의 시작품은 아래와 같음.



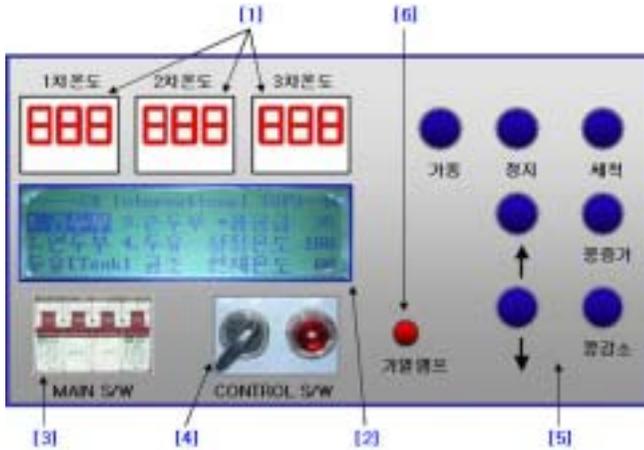
16. 사용자 조작 기법

- 시스템의 제반 상태와 변수 설정은 제어시스템 내부의 보드 상에 설치된 16개의 key switch들에 의해 이루어지며 그 내역을 아래에 요약함.



이 름	기 능
K1	시스템구동 시작
K2	시스템 정지
K3	대두공급량 감소
K4	대두공급량 증가
K5	잔량투입, 간수 투입, 성형하강 시간설정
K6	소포제 투입시간 설정
K7	교반회수, 속도 설정
K8	수동 성형압착 기능
K9	모든 기능의 on/off 기능
K10	예비
K11	메뉴 좌,하 이동
K12	메뉴 우,상 이동
K13	성형압착 하강
K14	성형압착 상승
K15	ESC(메뉴탈출기능)
K16	엔터 또는 시스템 점검 기능

- 제어시스템의 front panel 상에서 사용자가 시스템을 가동하고 감시할 수 있으며 그 내역을 아래에 요약함.



- [1] 온도계: 두유의 끓임 과정은 1차, 2차, 3차로 나누어서 보일러에서 나오는 고온의 스팀으로 이루어짐. 이 때 각각의 과정에 대한 온도를 표시함.
- [2] 액정표시판: 현재의 기계상태를 표시함. 초기에는 생산될 두부의 종류, 콩공급량, 현재의 온도 등이 표시됨. 기계가 동작되면 경과시간이 표시됨.
- [3] MAIN S/W: 기계 전체의 전원을 투입하고 차단함. 간수와 소포제 순환모터를 구동함.
- [4] CONTROL S/W: 마이크로프로세서 회로부의 전원을 투입하고 차단함. 기계의 작동준비가 완료된 상태임.
- [5] 각종 기능작동 버튼: 기계의 작동과 정지 세척모드의 선택 등에 사용됨. 기타 온도나, 콩 공급량 등의 설정에도 사용됨. 온도설정엔 정지버튼을 누른 상태에서 가동버튼을 누르면 1차의 온도세팅이 가능함. 상향 또는 하향 화살표로 온도를 맞추고 가동버튼을 누르면 2차온도 세팅이 가능함. 같은 방법으로 3차까지 원하는 온도를 세팅하고 정지 버튼을 누르면 온도 세팅 모드가 끝남.
- [6] 가열램프: 두유통에 탈수된 두유가 가득 차서 두유이송모터가 작동할 때를 표시하는 램프임. 이때 이송호스를 따라 두유가 이송되면서 가열된 스팀과의 열교환 작용으로 두유가 끓여지게 됨.

- 제어시스템의 front panel 상에는 LCD 창이 설치되어 있어서 시스템의 현재 설정 상태를 확인하고 제반 key 조작을 수행할 수 있으며 그 세부 내역을 아래에 제시함.

(1) 메인화면

- ① 전원이 인가된 직후의 화면임.
- ② 전원이 꺼져있어도 프로세스는 이전의 생산목록을 기억하여 그 부분의 글씨가 반전되어 나타남(상기의 경우 경두부-[모두부] 생산).
- ③ 생산할 목록이 4종류로 표시되며 대두(콩)공급의 양도 기억하고 있다가 표시함.
- ④ 두유탱크에 두유가 있는지의 여부를 계속 검사하여 [만조] [공조]로 표시함.
- ⑤ 시스템이 시작되면 원하는 두유의 설정온도와 현재의 두유온도를 표시함..



(2) 두부의 선택



- ① 초기화면에서 K11과 K12를 이용하여 원하는 생산목록을 반전시켜 선택함.
- ② K1을 눌러 시스템을 가동시킴.

(3) 시간설정방법

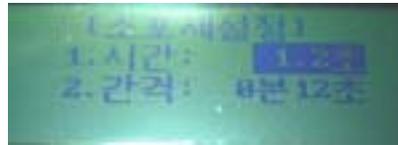
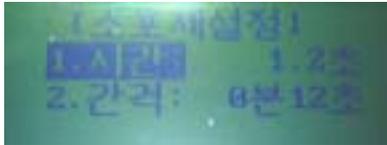


- ① K5를 누르면 위와 같은 시간설정 화면이 표시됨.
- ② K11 또는 K12를 눌러 원하는 시간설정을 선택함.
- ③ 시스템이 작동 중에도 수정이 가능함.



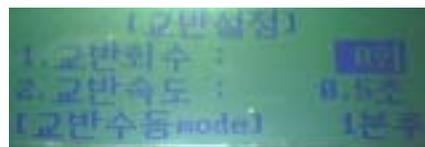
- ④ 잔량투입 상태에서 K16 누르면 분단위의 설정이 가능함.
- ⑤ K11 또는 K12를 눌러 원하는 시간설정을 선택함.
- ⑥ 다시 K16을 누르면 초단위의 설정이 시작되고 2.번과 같은 요령으로 잔량투입 시간을 설정함. K16을 눌러 잔량투입 시간설정을 마침.
- ⑦ 간수투입, 성형하강 시간 설정도 상기와 같은 방법으로 설정함.
 - 잔량투입 : 두유가 만조상태에 이르기 전에 대두공급을 중단하고 파쇄기, 분쇄기에 남아 있는 콩물을 모두 소비시키는 시간임. 그대로 정지하면 일정분량의 콩물을 낭비하게 되거나 콩이 물에 붙어 기계의 회전에 영향을 줄 수 있음.

(4) 소포제 설정방법



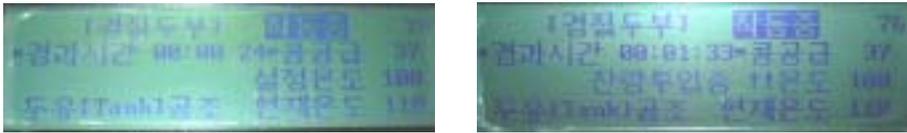
- ① K6를 누르면 위와 같이 소포제 시간설정 화면이 표시됨.
- ② K11 또는 K12를 눌러 원하는 시간설정을 선택함.
- ③ 설정된 상태에서 K16을 누르면 설정이 완료되며 소포제 투입 간격시간을 표시함.
- ④ 시스템이 작동 중에도 수정이 가능함.
 - 소포제 : 대두(콩)를 파쇄,분쇄하는 과정에서 다량의 거품이 발생하게 되는데 이를 없애기 위한 첨가제임.

(5) 교반설정 방법



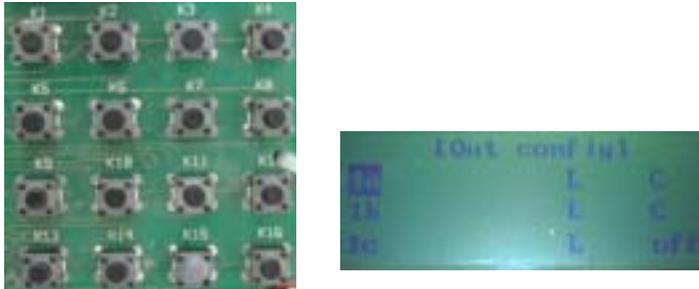
- ① K7를 누르면 좌측과 같은 교반설정 화면이 표시됨.
- ② K11 또는 K12를 눌러 원하는 시간설정을 선택함.
- ③ 설정된 상태에서 K16을 누르면 회수가 설정되고 교반속도를 표시함.
- ④ 나머지도 같은 방법으로 설정함.
- ⑤ 시스템이 작동 중에도 수정이 가능함.

(6) 시스템 작동시의 표시



- ① K1를 누르면 시스템이 작동함.
- ② 시스템의 작동 경과시간이 표시되기 시작하며 "직동중"이라는 메시지가 나타남.
- ③ 언제라도 시스템을 정지 시키려면 K2를 누름.
- ④ 두유가 만조상태에 이를 때 센서에서 자동 감지하여 잔량투입에 진입하고 이때 "잔량투입중"이라는 메시지가 표시됨.

(7) 개별출력 모드설정



- ① K8을 누르면 교반을 수동으로 행하는 모드로 됨.
- ② 이때 K13을 누르면 교반하강이 실행되고 K14를 누르면 교반상향이 동작됨.
- ③ 수동교반의 해제는 다시 K8을 누르면 해제됨.
- ④ K16을 누른 상태에서 K4를 누르면 출력조정 모드로 변환함.
- ⑤ 이 기능은 임의의 원하는 출력을 프로세서가 아닌 강제로 조정할 때 사용함.
- ⑥ 예를 들어 두유펌프만 강제로 회전하고자 할 때는 K12로 1f 값을 정하고 K9를 누르면 회전하고 K9를 한번 더 누르면 정지함.
- ⑦ 이 기능의 해제는 K15를 두 번 누른 다음 K1을 누르면 해제됨.

(8) 청소모드의 설정



- ① K10을 누르면 청소모드로 시스템이 작동함.
- ② 청소모드는 시스템의 청결을 유지하기 위하여 필요하며 이때에는 모든 작동이 두부제조과정과 동일하지만 대두(콩)공급 모터가 동작되지 않아 두유가 생성되지 않고 공회전을 함.
- ③ 청소모드의 실행 시에는 급수조정 레버를 사용하여 급수량을 최대로 올려주거나 강제로 외부에서 수돗물을 공급하여 파쇄기 분쇄기 두유통 등에 끼어 있는 콩의 이물질을 제거함.
- ④ 청소가 완료되면 K2를 눌러 정지시킴.

제 4장. 위탁연구과제 수행 내용 및 결과

1. 연구개발과제의 개요

◦ 두부는 우리나라뿐만 아니라 중국, 일본 등지에서 풍부한 단백질 공급원으로 널리 식용되는 오랜 전통의 가공식품이다(1). 두부는 다른 식품에 비해 단백질, 곡류위주의 식생활에서 부족하기 쉬운 라이신 등 필수아미노산의 함량이 많아서 신진대사와 성장발육에 꼭 필요한 아미노산 공급에 좋은 식품이다(2). 또한 칼슘, 철분 등의 무기질도 풍부할 뿐만 아니라 이소플라본, 사포닌, 올리고당류 등과 같은 여러 기능성 생리활성 물질을 다량 함유하고 있는 식물성 식품이다(3, 4, 5). 전통식품으로 고영양가 식품인 두부의 품질과 식품영양학적 평가를 위해 시중유통 두부류를 일반두부, 순두부, 연두부 등에 대한 일반성분인 고형분, 조단백질, 조지방 및 조회분, 무기성분인 Ca, P, Fe, Mg, Zn, Mn을 비교한 연구가 수행되어 왔다(6). 두부의 영양성분은 두유의 추출 및 응고방법, 대두품종에 따라 차이가 있으나, 일반적으로 수분 85%, 조단백질 7.8%, 조지방 4.2%와 칼슘 2mg/g, 100g 당 84kcal의 열량을 지니고 있고, 소화흡수율은 가열처리로 인해 96%로 생대두의 소화율 82%에 비해 높은 편이며, 단백질은 우유나 달걀 단백질의 85~95% 정도에 해당하는 고영양가의 단백질 식품이다(7). 우리나라에서 재배되는 14 품종의 콩으로 제조한 두부의 화학적 조성, 수율과 관능적인 특성을 비교하고 두부의 제조공정에 따른 두부의 물성학적 성질의 변화를 파손강도와 응력완화현상을 이용하여 측정하여 비교하는 등 다양한 연구가 진행되었다(8, 9). 두부의 제조 시 품질과 수율에 영향을 미치는 요인으로는 대두의 단백질, 수침시간, 가수량, 가열온도, 응고제의 종류와 첨가방법, 성형조건 등 다양하지만 무엇보다 품질에 중요한 인자는 응고제의 종류와 양으로 알려져 있다(10, 11, 12). 보통의 두부는 대두를 물에 침지하여 팽윤시킨 후 마쇄, 끓임, 여과과정을 거친 후 응고 및 압착을 통해 제조되어진다. 그 밖의 순두부와 연두부 등도 비슷한 과정을 통해 제조되나 공정상 자동화가 힘들며, 소규모 형태로 생산되어 공급되고 있다(13). 물에 침지하는 과정(수침공정)은 두부제조 공정에서 가장 시간을 많이 차지하며 영양소의 침출 및 미생물 오염의 가능성이 높은 단계로서 가급적 공정시간을 줄이는 것이 바람직하다. 따라서 본 연구에서는 두부제조

초기 단계부터 대두를 미세분쇄하면서 침지와 팽윤을 단시간에 그리고 동시에 처리하는 공정을 개발하였고 이를 적용한 두부제조기를 제작하였다. 본 두부제조기를 이용하여 제조한 두부에 대해 일반조성분석, 물성특성 측정, 관능검사를 실시하여 일단 시중 유통두부와 비교하였다.

2. 국내외 기술개발 현황

- 두부제조기술의 향상을 위한 연구로 한국식품개발연구원과 세종대학교 식품공학과는 분리 콩단백만을 원료로 하여 두부의 제조 가능성을 찾고자 하는 노력과 가열 시간 및 혼합응고제의 영향을 조사하였다. 또한, 비압착식 두부 제조를 위해 응고제 종류, 응고방법의 조건, 수분첨가량 등과 가열조건의 영향을 통해 최적조건을 찾고자 하는 연구가 수행된 바 있다. 효성대학교 식품가공학과는 일반가정에서 신속하게 두부를 제조할 수 있는 방법으로 대두미세분말과 전자렌지를 이용하여 두부를 제조하는 조건을 연구하였다. 최근에는 두부의 저장성 향상을 위한 연구로 경희대학교 식품가공학과와 중앙대학교 생물공학과가 함께 수용성 키토산분해물질을 이용하였다. 두부 제조할 경우 대부분의 시간이 소모되는 침지·마쇄·여과에 이르는 일련의 공정을 생략할 수 있어 제조공정을 단순화, 제조시간을 단축할 수 있는 장점을 가진 전지대두분으로 두부를 제조하려는 연구가 경북대학교 식품공학과에서 진행되었다. 그러나 본 연구에서처럼 마른콩을 직접 투입하고 두부 제조의 일련의 과정을 전 자동한 연구는 아직 없다. 두부 제조기술에 관하여 지금까지 국내에서 발표된 연구자들의 목록을 아래에 보였다.

(1) Soon-Nam Ko and Woo-Jung Kim, 1992,

Effect of Coagulants and Coagulation Temperature on Physical Properties of ISP-Tofu, Korean J. FOOD SCI. TECHNOL. Vol.24(2):154~159

고순남, 김우정, 1992,

분리대두단백 두부의 물리적 특성에 미치는 응고 온도 및 응고제의 양향

(2) Kyung-Hyung Ku and Woo-Jung Kim, 1994,

Effect of Heating Time and Mixed Coagulants for Prepared SPI Tofu,
Korean J. FOOD SCI. TECHNOL. Vol.26(1):26~30

구경형, 김우정, 1994

분리대두단백 두부의 제조를 위한 가열시간 및 혼합응고제의 영향

- (3) Kyung-Hyung Ku, Dong-Won Kim and Woo-Jung Kim, 1994

Effect of Water Addition and Heating on Textural Properties of Uncompressed SPI Tofu.

Korean J. FOOD SCI. TECHNOL. Vol.26(1):31~36

구경형, 김동원, 김우정

비압착 분리대두단백 두부의 물리적 특성에 미치는 가수량과 가열조건의 영향

- (4) Woo-Jung Kim and Kyung-Hyung Ku, 1994,

Optimization of Heating and Addition of Water, Oil and Dextrin for Uncompressed SPI Tofu Preparation,

Korean J. FOOD SCI. TECHNOL. Vol.26(1):37~43

김우정, 구경형, 1994

비압착식 SPI 두부의 제조를 위한 가열 및 수분, 기름, 덱스트린 첨가의 최적화

- (5) Soon-Dong Kim, Mee-Kyung Kim, Mee-Hyang Kim, Myung-Sook Lee, 1994,

Rapid Preparation of Soybean Curd Using of Ultra Fine Soy Powder by Microwave Oven.

JOURNAL OF THE EAST ASIAN SOCIETY OF DIETARY LIFE, Vol. 4.(2)

김순동, 김미경, 김미향, 이명숙

전자렌지를 이용한 초미세 대두분말두부의 신속제조

- (6) Kie Hwan Chun, Byung Yong Kim, Tae Il Son and Young Tae Hahm, 1997,

The Extension of Tofu Shelf-Life with Water-Soluble Degraded Chitosan as Immersion Solution.

- (7) Ju-Young Kim, Jun-Han Kim, Jong-Kuk Kim and Kwang-Deog Moon, 2000, Quality Attributes of Whole Soybean flour Tofu Affected by Coagulant and Theirs Concentration.

Korean J. FOOD SCI. TECHNOL. Vol.32(2):402~409

김주영, 김준환, 문광덕

응고제 종류와 농도에 따른 전지대두분 두부의 품질

3. 연구개발수행 내용 및 결과

- 본 실험은 식품공전상에 있는 “7. 두부류 또는 묵류”를 참고로 하여 시중에 시판되고 있는 두부와 현재 생산하고 있는 두부를 이용하여 실험을 실시하였다. “7. 두부류 또는 묵류”중 다음의 해당 사항 중 고품질 두부인 본 두부는 (1)규격, (2)성상 (3)고형분, (4)조단백질, (5)조지방, (6)중금속 (7)제조두부와 시판두부의 물리적 특성 비교, (8)제조두부와 시판두부의 관능적 특성 비교, (9)간수가 두부의 경도에 미치는 영향, (10)두부제조 신공정의 개발, (11)두부제조 소요시간의 측정에 관한 실험을 실시하였다.

(1) 규격(식품공전 일반성분시험법 pp549-590)

- 성상: 고유의 색깔을 가지고 이미·이취가 없어야 한다.
- 고형분(%): 12이상(두부 또는 전두부에 한한다)
(단, 포장된 두부는 10이상, 연두부, 순두부는 6이상, 경두부는 22 이상)
- 수분(%): 10.0 이하(동결건조두부에 한한다)
- 조단백질(%)
 - 두부: 40이상(건조물로서)
 - 전두부: 36이상(건조물로서)

- 조지방(%): 17이상(건조물로서, 전두부에 한한다)
- 산가: 3.0이하(튀긴 두부 또는 유바건조품에 한하며, 조미유부는 제외한다)
- 과산화물가: 30.0이하(튀긴두부 또는 유바건조품에 한하며, 조미유부는 제외한다)
- 중금속(mg/kg): 3.0이하

<식품공전 pp228-230 7. 두부류 또는 목류>

(2) 성상

- 본 두부의 성상은 두부고유의 색을 가지고 있으며 이취 및 이미가 시판되고 있는 두부와 비교하여 별다른 차이점을 발견할 수 없었다.

(3) 제조두부와 시판두부 속에 포함되어 있는 고형분 함량 비교

- 본 연구에서는 시중에 판매되고 있는 두부와 현재 생산한 두부와의 고형분 함량을 비교하는 실험을 실시하였다. 실험은 식품공전 상에 있는 방법으로 실시하였고 그 방법과 결과는 다음과 같다. 식품공전상 규격은 고형분 함량이 12이상이어야 한다.

① 실험방법

- 항량이 된 칭량접시에 검체 10~15g을 정밀히 달아 105℃에서 항량이 될 때까지 건조시킨 다음 테시케이터 중에서 식히고 무게를 달아 고형분을 측정한다.

$$\text{고형분(\%)} = \frac{W_1 - W_0}{S}$$

W_0 : 항량이 된 칭량접시의 무게(g)

W_1 : 건조후 칭량접시와 건조물의 무게(g)

S : 검체의 채취량(g)

② 실험결과

	고형분(%)
Sample	17.92
우리콩	16.76

- Sample 두부의 고형분 함량이 17.92 이므로 식품공전상의 규격인 12이상에 만족한 결과를 얻었다. 그리고 시판두부와 비교했을 때 유사한 결과를 얻을 수 있었다.

(4) 제조두부와 시판두부 속에 포함되어 있는 조단백질 함량 비교

- 본 연구에서는 시중에 판매되고 있는 두부와 현재 생산한 두부와의 조단백질 함량을 비교하는 실험을 실시하였다. 실험은 식품공전 상에 있는 방법으로 실시하였고 그 방법과 결과는 다음과 같다. 식품공전상의 규격은 조단백의 경우 40이상이어야 한다.

① 실험방법

- 시료 1g을 정밀히 달아서 분해촉진제 넣고 황산 14ml를 넣은후 420℃에서 1시간동안 분해한후 분해액을 KJELTEC AUTO SAMPLER SYSTEM 1035 Analyzer로 분석하였다.(질소계수는 5.71)

② 실험결과

	조단백질 (건조물: %)
Sample	43.59
우리콩	51.31

- Sample두부의 조단백질 함량이 43.59 이므로 식품공전상의 규격인 40 이상의 만족한 결과를 얻었다. 그리고 시판 두부와 비교했을 때 유사한 결과를 얻었다.

(5) 제조두부와 시판두부 속에 포함되어 있는 조지방 함량 비교

- 본 연구에서는 시중에 판매되고 있는 두부와 현재 생산한 두부와 조지방 함량을 비교하는 실험을 실시하였다. 실험은 식품공전 상에 있는 방법으로 실시하였고 그 방법과 결과는 다음과 같다. 조지방 함량의 경우 식품공전은 전두부만을 규격화하고 있다.

① 원리

- 산분해법은 지방질이 식품의 조직 중에 존재하거나 식품성분과 결합한 상태의 시료에 적용하면 효과적인 방법이다. 즉 빵처럼 조직 속에 포함된 지방질은 soxhlet 추출법으로는 지방을 추출하기 어렵다. 그러므로 시료를 염산 용액과 함께 가열하여 가수분해 함으로써 지방이 유리상태가 되어 추출용매에의 추출을 더욱 효율적으로 하게 한다.

② 실험방법

- 시료 1~10g을 정확히 칭량한 후 ethanol 2mL 첨가.
- conc-HCl 10mL을 첨가하여 충분히 혼합하고 70~80°C 수욕상에서 30~40분 동안 가수분해를 진행.
- 방랭 후 시료 가수분해물을 Mojonnier tube에 옮기고 ethanol 8mL로 비커를 씻어 넣고 다시 25mL의 ethyl ether로 다시 세척하여 tube에 모은 후 뚜껑을 닫고 가볍게 혼합한 후 뚜껑을 열어 ether의 가스를 제거한 후 다시 뚜껑을 닫고 세차게 흔들어 줌.
- 가스를 제거한 후 petroleum ether 25mL를 가하여 위와 마찬가지로 세차게 혼합한 다음 가스를 제거하고 tube를 정치시켜 ether 층만을 미리 항량을 측정해 둔 beaker flask에 여과하여 붓고 나머지 물 층은 ethyl 및 petroleum ether를 각각 15 mL씩 첨가하여 위와 같은 조작을 반복한 후 지방 성분을 다시 추출하여 ether 층을 beaker flask에 모음.
- 이 액을 70~80%의 수욕상에서 가온하여 ether를 모두 휘발시킨 후 beaker flask를 100~105°C의 건조기에서 60분간 건조시킨 후 desiccator에서 방랭하여 칭량함. 건조·방랭·칭량을 반복하여 항량(g)을 구함

$$\text{조지방 함량 (\%)} = \frac{W_1 - W}{S} \times 100$$

W: beaker flask의 항량 (g)

W1: 추출 건조 후의 beaker flask의 항량 (g)

S: sample의 중량 (g)

③ 실험결과

	조지방(%)
Sample	3.79
우리콩	4.03

- 시판되고 있는 두부와 비교해 본 결과 유사한 결과를 얻을 수 있었다. 조지방의 경우 식품공전은 전두부의 경우만은 규격화 하고 있다.

(6) 제조두부와 시판두부 속에 포함되어 있는 중금속 함량 비교

(식품공전 유해성금속시험법 pp610-620)

- 본 연구에서는 시중에 판매되고 있는 두부와 현재 생산한 두부와의 중금속 함량을 비교하는 실험을 실시하였다. 실험은 식품공전 상에 있는 방법으로 실시하였고 그 방법과 결과는 다음과 같다. 중금속 함량의 경우 식품공전은 3.0mg/kg 이하이어야 한다.

① 실험방법

㉠ 시험용액의 조제

* 황산-질산법

- ㉡ 검체를 분해플라스크에 취한다
- ㉢ HNO₃ (1+1)을 가하고 혼화 후 2~3 hr 방치
- ㉣ 가열
- ㉤ 냉각

- ㉓ H₂SO₄ 5~10ml 가한다.
- ㉔ 가열
- ㉕ HNO₃ 2~5ml 가한다
- ㉖ 가열 계속 - 내용물이 무색내지 미황색이 될 때까지
- ㉗ 냉각
- ㉘ DDW 30~50ml, 포화수산암모늄용액 10~25ml 가한다
- ㉙ 가열 - 황색의 흰연기가 플라스크의 목에 찰 때까지
- ㉚ 냉각
- ㉛ DDW로 일정량
- ㉜ 공시험 동시 실시

㉝ 식품공전 제7.일반시험법 6.유해성금속시험법 4) 중금속에 따라 시험하였다. 시험용액 5~10ml를 비색관에 취하고 따로 비색관에 납표준액 1, 2, 3, ..., 10ml를 가한 다음 각각 암모니아수로 중화하고 암모늄 1g, 10% 초산용액 3ml 및 황화나트륨시액 1~2방울을 각각 가한 다음 물을 가하여 50ml로 하여 비색하여 중금속의 함량을 구한다.

② 실험결과

	중금속
Sample	3.0mg/kg 이하
우리콩	3.0mg/kg 이하

◦ Sample두부의 중금속 함량이 3.0mg/kg이하 이므로 식품공전상의 규격인 3.0mg/kg 이하에 만족한 결과를 얻었다. 그리고 다른 시판두부와 비교시 비슷한 결과를 얻을 수 있었다.

(7) 제조두부와 시판두부의 물리적 특성 비교

① 원리: 압축, 탄성, 경도와 강도의 측정

◦ 두부 등과 같은 비교적 간단하고 부서지기 쉬운 식품은 끝이 평판상인 평판

시료대를 사용하여 그대로 시료를 압쇄시켜 경도(hardness)를 측정한다. 측정범위는 2~200g이며, 시료대의 상승속도를 적당히 가감하면, 어느 시점에서 식품이 부숩지는데, 이 때의 응력변화, 즉, 취약함이 곧 곡선의 break down 위치로 나타난다.

- 압축, 탄성용: 경도, 부착력
 - 직경은 선택하여 사용한다.
 - 직경이 클수록 정밀하다.

② 실험방법

- 재료의 선별: 본 실험에 사용된 콩은 수입콩(미국산)을 인천결기연식품공업 협동조합을 통해 구매하여 이용하였고, 비교실험재료로 사용된 두부류는 2005년 청주에 소재하고 있는 유명백화점 및 대형마트에서 판매되고 있는 포장두부 3종을 구입하여 모두 wet basis 상태에서 채취하여 실험하였다.

실험에 사용된 두부

1. 풀무원 [옛맛두부] (국산콩 100%) 찌개용 - 두부공장(강원도 춘천)
2. 풀무원 [유기농콩 옛맛두부] (유기농콩 100%) 부침용 - 충북 음성
3. 종가집 [진한 콩물 두부종가] - 부침용 - 강원도 횡성군
4. 씨케이인터넷서널 [그대로 두부] - 경기도 군포시

- ㉠ 대형마켓에서 판매되는 두부와 새롭게 제조된 두부제조기로 생산된 두부를 준비한다.
- ㉡ 두부의 표면이 마르지 않도록 하여 일정크기(2×2×2)로 자른다.
- ㉢ 준비된 시료를 2 kgf load cell에 부착시키고, 수직방향으로 일정한 압축 속도(300 mm/min)로 측정한다.
- ㉣ 위의 실험을 5회 반복하여 측정하여 결과를 비교한다.



(Rheo meter의 구조)

③ 실험 결과

◦ 본 두부제조기를 이용하여 가공한 두부의 물성을 측정하고 시중에 유통되는 상품과 비교하였다. 실험 결과는 현재 판매되는 찌개·부침용 두부의 물리적 특성이 탄성, 강도와 경도에서 약간의 차이가 있음을 보여주며 단축공정에 의해 생산된 두부가 G사에서 제조되는 부침용 두부와 비슷한 물리적 특성을 가지는 것을 보였다.

두부	P사	P사	G사	sample
Contents	두부(찌개용)	두부(부침용)	두부(부침용)	
Elasticity(dyn/cm ²)	1159880.3	2442259	2228771.3	2573991.3
Strength(g)	1669.9	1664.4	1254.2	1206.38
Hardness(dyn/cm ²)	2299786.3	1952607	1445394	1493402.7
Yield value(dyn/cm ²)	2083686.3	2076781.7	1564326	1505290.7

(8) 제조두부와 시판두부의 관능적 특성 비교

① 기본개념: 기호 척도법(hedonic scaling)

- 시료를 관능검사한 결과 좋다고 느끼는 정도, 즉 만족도를 척도로서 표현하는 방법이 많이 사용된다. 이때의 척도는 가장 좋다는 점과 가장 싫다는 점 사이의 적당한 거리를 점으로서 구분한다. 기호성의 척도는 보통 5점(5구분)에서 9점(9구분) 사이가 많이 사용된다. 기호 척도는 채점 또는 순위로서도 전용될 수 있다. 이 방법은 전문가나 미훈련의 소비자에게도 사용될 수 있으나 여러 요건으로 영향을 받는다.

② 실험 방법

- 대형마켓에서 판매되는 두부와 새로운 두부제조기로 만들어진 두부를 각각 준비한다.
- 12명의 패널요원을 준비한다.(기호척도법은 미 훈련의 패널도 사용가능)
- 각각의 두부를 일정한 크기로 잘라 표면이 마르지 않도록 준비한다.
부침용 두부크기(8X4X1), 찌개용 두부크기(2X2X2)
- 부침용 두부의 용도에 맞게 비슷한 조건에서 요리한 후 무작위로 제시한다.
- 찌개용 두부에 맞게 비슷한 조건에서 간단히 요리한 후 무작위로 제시한다.
- flavor와 taste 그리고 total quality에 대해 아주 나쁘다(1점), 나쁘다(2점), 보통이다(3점), 좋다(4점), 아주 좋다(5점)로 각각 점수를 매긴다.
- 결과를 비교 분석한다.

③ 실험 결과

- 시판되는 두부와 sample에 대하여 관능검사를 실시하였다. 품질특성으로 냄새, 맛, 그리고 전체적인 품질에 대하여 5점 채점법으로 실시하였다. 즉 각 항목에 대하여 아주 나쁘다(1점), 나쁘다(2점), 보통이다(3점), 좋다(4점), 아주 좋다(5점)로 하였다. 이 결과의 통계처리는 Statistical Analysis System(SAS)로 각 처리 평균 간의 유의적인 검증을 하였다. 두부의 주요한 관능적 성질 중 냄새와 맛에 대한 차이를 비교한 결과 아래와 같다. F-값이 모두 낮아 뚜렷한 유의성 없이 시중에서 구입한 보통두부와 큰 차이를 보이지 않았다.

두부	Contents		
	flavor	taste	total quality
P사 두부[찌게용]	3.33	3.50	3.42
P사 두부[부침용]	3.33	3.50	3.50
G사 두부[부침용]	3.50	3.67	3.50
sample	3.33	3.50	3.50



(관능검사 전체실험값)

	flavor												average
P사 두부1	3	3	4	4	4	3	4	3	2	4	3	3	3.33
P사 두부2	3	4	4	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3.33
G사 두부	3	4	4	4	4	3	3	4	4	3	3	3	3.50
sample	2	3	3	3	4	3	4	4	4	3	3	4	3.33
	taste												average
P사 두부1	3	4	4	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3.50
P사 두부2	4	4	4	3	3	3	4	3	4	4	3	3	3.50
G사 두부	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	3.67
sample	4	3	4	3	4	4	3	3	3	3	4	4	3.50
	total quality												average
P사 두부1	4	4	4	3	3	3	3	4	3	4	3	3	3.42
P사 두부2	4	4	3	3	4	4	3	4	4	3	3	3	3.50
G사 두부	3	3	4	3	4	4	4	3	3	3	4	4	3.50
sample	4	3	4	3	4	4	3	3	3	3	4	4	3.50

(9) 간수가 두부의 경도에 미치는 영향

- 황산칼슘은 물에 용해가 어렵고 두유와의 반응이 완만하며 보수성이 좋았다. 농도가 14 brix정도 되면 두유에 침전하는 현상이 생길 우려가 있으므로 제조 후 물에서 미반응의 황산칼슘이 용해되어 나가도록 충분히 침지하였다. G.D.L에 의한 응고는 황산칼슘과는 달리 두유에 균일하게 용해되어 조금씩 글루콘산으로 되고, 보수력이 우수하여 두부의 면이 보다 치밀하게 응고되는 결과를 나타내었다. 황산칼슘은 첨가량을 증가시켜도 그다지 경도에 변화가 없었으나 G.D.L은 첨가량에 비례하여 경도가 증가하였다. 이러한 결과는 두부의 경도 조절에 G.D.L이 편리하다는 것을 보여주는 것이며 황산칼슘은 첨가량에 어느정도 차이가 있어도 두부의 경도는 거의 일정하였다. 황산칼슘의 경우 가열 후 냉각하면 경도가 상당히 높아져 씹을때 부드러워지지 않은 촉감이 있을 수 있었다. 이는 가열시 미반응의 황산칼슘이 두부속에서 반응하여 더욱 단단하게 만드는 것으로 판단되어 적량의 간수 첨가가 필요하였다. 본 두부제조기를 이용하여 두부제조시 주어진 수압과 운전조건하에서 얻어진 간수 적정첨가량을 Table 1에 정리하였다.

① 실험방법

- 간수투입량의 결정: 일정량(3l/min)의 물을 15분간 투입하였다. 콩 투입 모터의 회전수를 달리하여 두유의 농도를 조절하였다. 얻어진 두유를 농도별로 구분하여, 가열 후 혼합 된 간수를 약 10배의 물에 희석하여 투입하였다. 간수혼합비율은 Glucono-delta-lactone(G.D.L)의 경우 두유농도 9 Brix, 1.0L 당 2.5g 투입하고, 황산칼슘은 두유농도 7 Brix, 1.0L 당 2.3g 투입하였고, 각각의 G.D.L., 황산칼슘 그리고 정제염의 양은 아래와 같이 구하였다.

$$\text{G.D.L} = (\text{두유량} \times 0.98) \times (2.5 + (\text{두유농도} - 9) / 10)$$

$$\text{황산칼슘} = (\text{두유량} \times 0.33) \times (2.3 + (\text{두유농도} - 7) / 5)$$

$$\text{정제염} = (\text{두유량} \times 0.7)$$

② 실험결과

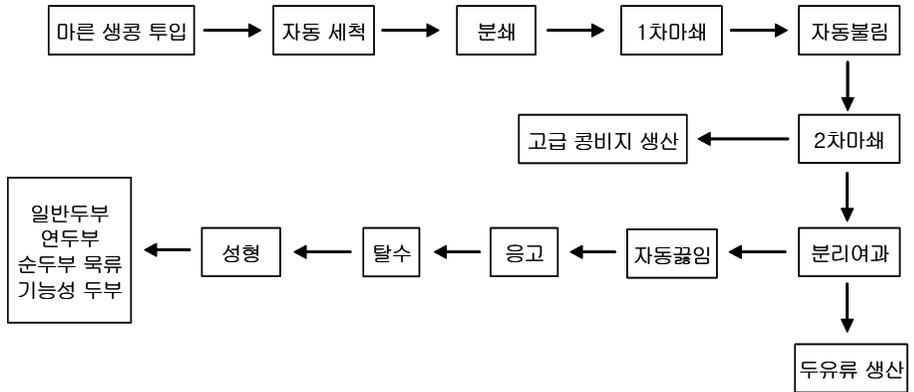
두유량 (L)	Brix	GDL (g)	황산칼슘 (g)	정제염 (g)	콩공급회전수 (rpm)	수압 (l/min)
40	9	68.00	35.64	28.00	25	3
	10	70.72	38.28	28.00	27	3
	11	73.44	40.92	28.00	29	3
	12	76.16	43.56	28.00	31	3
	13	78.88	46.20	28.00	34	3
	14	81.60	48.84	28.00	36	3
35	9	59.50	31.19	24.50	25	3
	10	61.88	33.50	24.50	27	3
	11	64.26	35.81	24.50	29	3
	12	66.64	38.12	24.50	31	3
	13	69.02	40.43	24.50	34	3
	14	71.40	42.74	24.50	36	3
30	9	51.00	26.73	21.00	25	3
	10	53.04	28.71	21.00	27	3
	11	55.08	30.69	21.00	29	3
	12	57.12	32.67	21.00	31	3
	13	59.16	34.65	21.00	34	3
	14	61.20	36.63	21.00	36	3
25	9	42.50	22.28	17.50	25	3
	10	44.20	23.93	17.50	27	3
	11	45.90	25.58	17.50	29	3
	12	47.60	27.23	17.50	31	3
	13	49.30	28.88	17.50	34	3
	14	51.00	30.53	17.50	36	3
20	9	34.00	17.82	14.00	25	3
	10	35.36	19.14	14.00	27	3
	11	36.72	20.46	14.00	29	3
	12	38.08	21.78	14.00	31	3
	13	39.44	23.10	14.00	34	3
	14	40.80	24.42	14.00	36	3

(10) 두부제조 신공정의 개발

① 실험내용

◦ 마른콩의 수침단계를 없애고 분쇄와 불림을 동시에 수행하는 두부 제조공

정을 Fig. 1과 같이 수행하였다. 마른콩이 분쇄된 후 1차 마쇄, 2차 마쇄를 거치며 이송되면서 미세 콩입자가 단시간에 불림이 진행되도록 하여 수침 단계와 마쇄가 동시에 진행되는 것이 가능하였다. 이후 두부제조 과정은 기존의 방법과 기본적으로 유사하였고 필요시 자동연계공정을 위해 일부 변경하였다. 아래에 공정을 요약, 도시하였다.



② 실험결과

- 두부기계장치에 관련하여 두부제조 초기 단계부터 대두를 미세분쇄하면서 수침단계를 단시간에 처리하고자 기존의 재래식 장치에 비해 자동세척기 기능을 강화하고 콩파쇄기를 추가하였다.

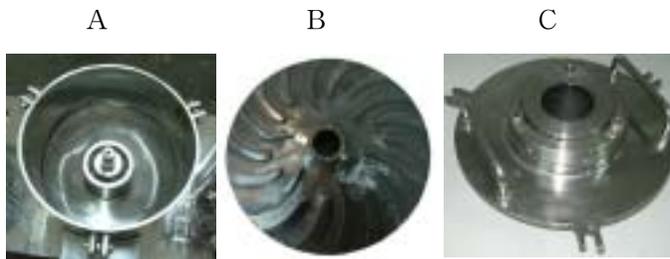
㉠ 정량투입 및 자동세척공정

- 마른콩의 투입량을 일정하게 유지하고자 프로펠러 형태의 투입관을 설계, 제작하고 전기모터로 회전시키되 회전수를 제어함으로써 투입량을 조절하였다. 자동세척기는 물의 와류를 이용해 석발등의 이물질과 부유물을 제거하고 Worm gear 이송로를 지나며 자동으로 세척이 이루어지도록 설계하였다. 스크루가 일정속도로 회전하여 콩을 이송시키고 반대방향에서 세척용 물을 흘려주어 세척하는 방식으로 세척된 콩에 유량계로 결정되는 적정량의 물을 혼합하여 다음 공정으로 이송하였다.



㉔ 고속 순간분쇄공정

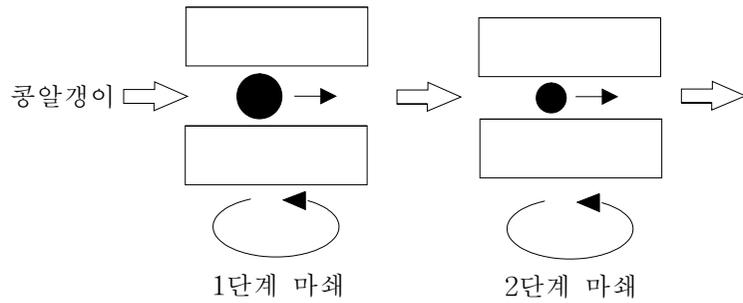
◦ 마른콩파쇄기는 마른콩을 분쇄하여 콩즙상태로 가공하기위한 1차 단계에 사용되었다. 마른콩을 분쇄하는 공정에서 대부분 열이 발생하게 되는데 이는 두유의 품질에 치명적으로 작용하여 간수와의 화학반응이 떨어져 두부생산 수율이 현저히 저하되는 원인이 된다. 본 파쇄기는 세척된 콩이 투입되면서 샷갓모양의 나선형 칼날에 cutting 되도록 설계하였다. 이는 파쇄 시에 콩이 뭉그러지지 않고 열의 발생을 줄이는 효과가 있으며 파쇄된 미세콩 입자는 표면적이 넓어져 물에 쉽게 불리어지어 본 두부제조 공정의 핵심을 이룬다.



A: Vessel for soybean cutter

B Cutter disc

C : Lid for cutting unit



㉔ 원심분리기

- 마쇄공정에서 배출되는 두유를 원심분리하여 비지를 생산하고 두유를 다음 단계로 이송하는 장치로 이용하였다.

㉔ 자동간수투입기

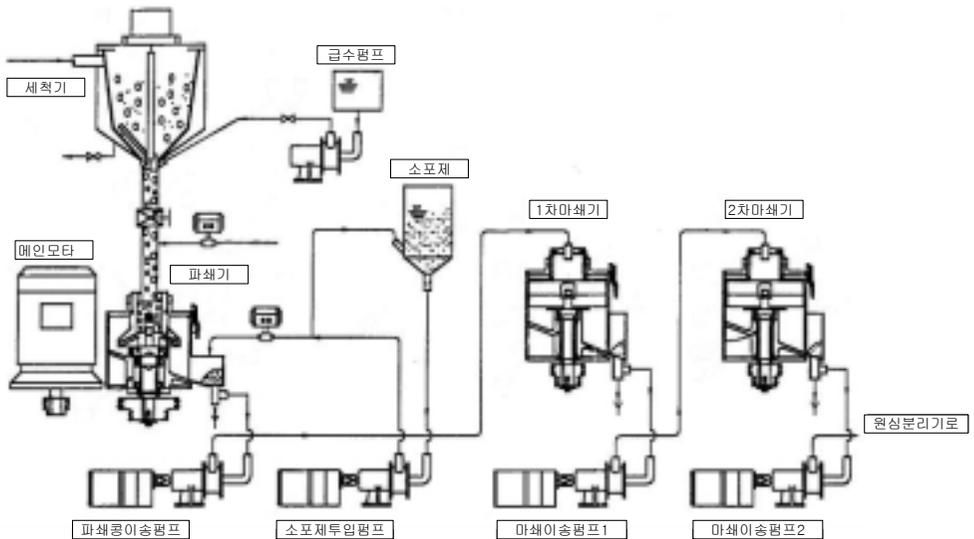
- 자동간수투입기는 간수를 자동으로 투입하여 교반하기 위한 장치로서 간수가 침전되지 않도록 순환경로를 만들었고 간수투입은 여과된 Air로 자동 투입되도록 설계하였다.



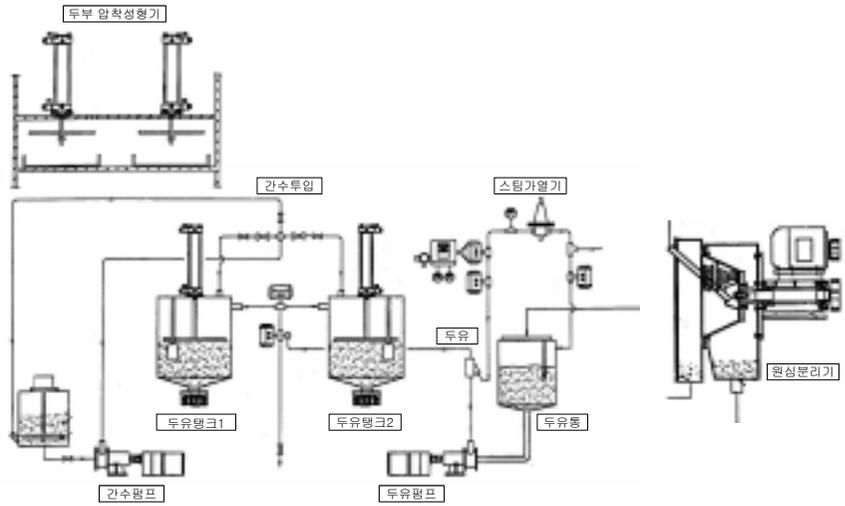
㉕ 두부제조 공정과 장치연결

- 대두 수침단계가 필요없는 두부제조를 위해서 각 단위장치들을 Fig.

4와 Fig. 5와 같이 연결하여 연속적으로 가동하였다. 마른콩을 파쇄기를 통해 절단한 후 발생하는 거품은 소포제를 투입하여 제거하였고 바로 1차 마쇄기로 유입하였다. 1차 마쇄단계에서 배출된 두유는 2단계 마쇄기로 도달하는데 20초 정도가 소요되도록 하였고 본 과정에서 콩미세입자는 불림이 동시에 진행되었다. 칼날의 간극이 점점 좁아지는 세 개의 연속된 파쇄기, 분쇄기1, 분쇄기2로 구성된 본 두부제조공정을 이용하여 농도 9 brix의 두유가 40liter/15min 생산되는 처리속도로 가공하였을 때 분쇄된 미세콩의 평균입자크기는 3.3mm^3 로 배출되었고 간극은 Screw moving 방식으로 조절하였다. 2차 마쇄기에서 배출된 두유는 탈수기를 통하여 비지를 분리되도록 하였다.



- 아래 그림은 마쇄액을 원심분리하여 비지와 두유를 분리하고 두유를 가열 후 간수를 투입하여 두부를 경화시키는 단계이다. 간수를 투입하여 15분 정도 순두부를 숙성시키면 간수가 단백질과 반응하여 응고되고, 두부압착성형기를 이용하여 모두부로 경화 성형하여 수분을 강제로 배출한다.



(11) 두부제조 소요시간의 측정

① 실험방법

- 정통적인 두부제조공정을 통하여 제조되는 두부와 본 두부제조기를 이용하여 두부를 가공하는 공정상에 필요한 시간을 비교하였다.

② 실험결과

- 기존의 두부제조에 필요한 평균 11시간 이상의 수침단계가 생략되고, 파쇄, 마쇄, 탈수 그리고 끓임 단계가 단축되면서 평균 12시간의 두부제조공정을 약 45분에 생산가능하게 하였다. 또한, 본 기계로 최초운전 시에는 45분이 소요되나 연속 생산하게 되면 응고, 성형 시간이 제외되므로 15분마다 30모를 생산하는 것이 가능하여 결과적으로 마른 콩 5kg으로 15분 이내에 500g의 두부 30모를 연속으로 생산하였다.

	Traditional procedure	This procedure
Soaking	8hrs(Summer) or 14hrs(Winter)	-
Cutting	5min	
Grinding	-	15min
Dehydration	5min	
Boiling	20min	
Aggregation	15min	15min
Curd formation	15min	15min
Total	9hrs ~15hrs	45min

4. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

- 종래에 두부를 제조할 때에는 콩을 물에 수침하여 부풀린 뒤 분쇄하여 콩죽을 끓인 다음 천으로 콩비지를 분리시키고 이 때 분리된 두유에 응고제인 황산 칼슘을 투입하여 일정 시간 후 응고상태가 진행되면 압착하여 두부를 제조하였다. 그러나 이와 같은 종래의 방식으로 두부를 제조할 때에는 별도로 분리된 여러 단위공정으로 인해 공정이 번거러울 뿐 아니라 8~14시간의 콩불림 과정으로 인해 제조시간이 많이 소요되는 문제점이 있었다. 하지만 본 연구에서 수행된 새로운 두부제조장치는 마른 콩 5kg으로 작업 개시 45분 후 15분 간격으로 500g의 두부 30모를 연속으로 생산할 수 있어 두부제조시간을 대폭 단축할 수 있었으며, 제조된 두부는 시중에 유통되는 상품들과 비교했을 때 일반조성과 식감(관능검사 결과)에서 유의성있는 차이를 나타내지 않았으며 물리적 특성에서는 부침용 두부에 가까운 물성을 보였다. 본 연구를 통하여 확립된 새로운 두부제조공정은 기존공정 중 수침단계를 생략함으로써 두부제조 시 발생하는 순물과 침지수 등이 생기지 않고 공정시간의 단축, 미생물 오염방지, 그리고 영양분 손실방지 등의 효과를 기대할 수 있다.

5. 참고문헌

- [1] 김동만, 장규섭, 윤한수. “분말두부의 수분흡착특성”, 한국식품과학회지, 제 12권, pp.292, 1980.
- [2] 이경원. “국민영양과 대두의 수입정책”, 식품과학, 제 15권 pp.40, 1982.
- [3] 최규서. “두부제품 종류 다양화돼야(냉장유통 법제화 시급)”, 식품저널, 제 11권, pp.74, 1998.
- [4] Kwon HJ. “Bioactive compounds of soybean and their activity in angiogenesis regulation”, Korea Soybean Digest. 제 16권 1호, pp.63~68, 1999.
- [5] Kim JS. “Current research trends on bioactive function of soybean”, Korea Soybean Digest. 제 13권 2호, pp.17~24, 1996.
- [6] Kim AK. “General component and mineral content of commercial soybean curds in Seoul”, Report of S.I.H.E. 제 37권, pp.120~125, 2001.
- [7] 김철재. “두부 제조용 콩에 대한 품종별 비교연구 시급”, 식품저널, 제 11권 pp.80, 1998.
- [8] Chang C. I. “Comparison of Soybean Varieties for yield, Chemical and Sensory Properties of Soybean Curds”, Korean J. Food Sci. Technol. 제 22권 4호, pp.439~444, 1990.
- [9] Kim H.J. “Rheological Studies of the Tofu upon the Processing Conditions”, Korean J. Food Sci. Technol. 제 27권 3호, pp.324~328, 1995.
- [10] Kim JY. “Quality Attributes of Whole Soybean flour Tofu Affected by Coagulant and Theirs Concentration”. Korean J. Food Sci. Technol. 제 32권 2호, pp.402~409, 2000.
- [11] Shen, C. F. “Yield and quality of Tofu as affected by soybean and soymilk characteristics (glucono-delta-lactone coagulant)”, J. Food Sci. 제 56권, pp.109~112, 1991.
- [12] Lim, B.T. “Yield and quality of tofu as affected by soybean and soymilk characteristics (calcium sulfate coagulant)”, J. Food Sci. 제 55권, pp.1088~1092, 1990.
- [13] 한국식품연감, 연식품, pp.587, 1992.

- [14] Mohsenin, N. N. "Physical Properties of Plant and Animal Materials(2nd ed.)",
Gordon and Breach, Science Publisher, Inc. p.155.

제 5장. 목표 달성도 및 관련 분야에의 기여도

1. 목표 달성도

- 제 3장에서 기술한 바와 같이 자동연계공정을 개발하여 소형 두부생산시스템을 완성하였고 성분 분석 등 생산된 두부의 품질을 확보하였으므로 당초 계획한 목표를 모두 성공적으로 달성하였음.
- 당초 계획서 상의 “평가방법 및 평가항목” 표를 근거로 하여 항목별 목표 달성도를 아래 표에 요약함.

평가 항목		목표 달성 내역	달성도 (%)
1	생산공정 체계화	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 공정량 투입에서 압착성형 공정까지 10개 단위공정들간의 연관 관계를 규정하고 공정도를 작성하여 체계화함. ◦ 모든 공정을 상호 연계시킴. 	100%
2	생산공정 자동화	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 모든 공정이 자동적으로 동작하도록 개발함. ◦ 이 중 순시공정들은 센서를 사용하여 측정한 데이터에 기초하여 마이크로 프로세서가 액츄에이터를 구동하는 feedback system으로 개발함. ◦ 공정별 생산물은 모두 위해성이 없음. 	100%
3	계측·제어 종합연계 및 자동화	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 마이크로 프로세서 기반의 메인보드를 개발하였고 동작 프로그램을 작성하여 시행함. ◦ 모든 동작인 종합적으로 연계되어 연속적인 두부 생산이 이루어짐. ◦ 최종 생산품의 성분 분석 결과 우수한 품질이 확인됨. 	100%
4	제품화	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 통합시스템의 형태로 제품화를 완료함. ◦ 생산효율은 2[모/kg/hr/man] 이상으로써 매우 뛰어나며 특히 1인 가동이 가능함. ◦ 최종 생산품인 두부 제품도 제품화하여 시판을 시작하였음. ◦ 사용 목적 별로 3종의 시스템 형태로 구분하여 사업화 계획을 수립함(제 5장 참조). 	100%

- 당초 연구 개발 목표를 모두 성공적으로 달성하여 특허 출원 및 등록 실적 각각 2 건씩 총 5건의 지적재산권을 확보하였음(이중출원×1건).
 - 특허등록 제 0500297호, 2005. 6.30: 두부 제조장치에서의 원료 자동세척, 석발 및 공급장치.
 - 실용신안등록 제 0334324호, 2003.11.14: 두부용 콩의 분쇄장치.
 - 실용신안등록 제 0343070호, 2004. 2.13: 두부 제조에 필요한 간수 정량 투입장치.
 - 특허출원 제 10-2003-0087010호, 2003.12. 3: 두부 제조에 필요한 간수 정량 투입장치(이중출원).
 - 특허출원 제 10-2005-0035155호, 2005. 4.27: 콩 정량 공급장치.
- 연구 개발 결과를 종합하여 연구논문을 작성하였음.
 - 논문제목: 자동 연계공정기술을 적용한 소형 두부생산시스템 개발
 - 저자: 김현, 김경아, 한남수, 차은중
 - 수행기관: 충북대학교 식품공학과, 씨케이인터내셔널
 - 투고학회지: 한국식품과학회지(투고중)

2. 관련 분야의 기술 발전에의 기여도

- 본 과제에서 개발한 전 자동 두부생산시스템은 전 세계적으로 개발된 바 없는 최초의 매우 독창적인 시스템으로 국내 두부 생산기술을 세계 최고 수준으로 업그레이드하였다고 자부함.
- 이는 첨단 디지털 제어기술을 각 생산공정에 접목하여 이루어진 바, 상이한 공학 및 농학 분야 간의 접목과 융합을 촉진시키는 모범 사례가 될 것으로 사료됨.
- 본 과제에서 개발한 생산시스템은 비교적 소형으로 1인 가동이 가능하므로 국내 콩 농가에서 직접 두부 생산업을 겸할 수 있음. 이는 우리나라 영농기술의 발전에 기여할 것임.
- 또한 생산공정과정에서 영양분의 손실이 최소화되고 신속한 두부생산이 가능하므로 고품질 두부의 양산기술로 활용될 수 있음. 이는 특히 기능성 두부 생산에 관한 연구개발을 촉진시킬 수 있을 것으로 판단되며 최근 전 사회적으로 일고 있는 웰빙 붐을 감안해볼 때 새로운 시장 창출이 가능할 것임.
- 상술한 대로 본 연구과제를 성공적으로 수행함으로써 우리나라 두부 생산 기술과 콩 영농 분야에 지대한 기여를 하였다고 사료됨.

제 6장. 연구개발결과의 활용계획

1. 기업화 추진방안

- 본 연구에서는 마이크로 프로세서를 기반으로 하여 두부 생산공정들을 모두 상호 연계, 제어함으로써 생산 효율이 최대화된 소형 전자동 두부 양산기술을 개발하였음.
- 개발된 기술은 현재 1인 공장형의 형태로 시작품 제작을 완료하였음.
- 우선적인 기업화 방안은 두부생산시스템을 수요자(두부 제조자)에게 판매하는 것이지만 시스템의 생산가격이 약 50,000천원으로 일시에 기업화하는 것이 쉽지 않고 최근의 불황에 따라 식품 제조업체 및 두부 전문점들의 투자가 이루어지지 않고 있음.
- 이에 본 업체에서는 개발 완료된 자동 연계공정의 유용성을 우선 입증하기로 하고 식품의약품안전청에서 식품위생검사기관으로 지정한 (주)에이엔드에프 사에 의뢰하여 자가품질검사를 시행하였음(제 05-1101-0319호). 또한 동 사에 비자가품질검사도 함께 의뢰하여(제 05-1201-0094호) 실제로 생산된 두부제품의 품질을 확보하였음(첨부 시험성적서 참조).
- 본 품질검사 결과를 국내 “P”사 제품과 성분을 비교한 결과는 아래와 같음.

구분	씨케이인터내셔널	국내 “P”사
열량(kcal)	104.10	61.6
탄수화물(g)	3.70	4.0
단백질(g)	9.5	6.0
나트륨(mg)	30.93	6.0
지방(g)	5.7	2.4
무기질(g)	검사항목 없음.	0.4
칼슘(mg)	80.67	123.0
마그네슘(mg)	29.80	검사항목 없음.
철(mg)	4.27	2.4

- 상기 표에서 보인 바와 같이 열량, 단백질, 지방 등의 성분이 월등히 많았으며 이는 불림공정의 시간단축과 물의 손실 등이 없어서 영양분 손실이 최소화되었기 때문으로 판단됨.
- 두부 제품의 품질이 확보되었으므로 본 과제 개발을 위하여 별도로 임대한 군포 소재 공장의 일부 부지를 두부 생산 공장으로 개조하여 두부 생산을 시작하였음.

- 1인 작업 실물사진



- 6모 단위 포장 실물 사진



- 냉장 보관실 외관 사진



- 냉장 보관실 내부 사진



제 05-1101-0319 호

시험 성적서

검 체 명	두부		
시 험 항 목	두부류 규격외부	제 조 일 자	2005년 1월 7일
의뢰인 주소 및 성명	씨케이인터내셔널 경기 군포시 대야미동 362-5		
시 험 의 의 목 적	자가품질검사	검 수 년 월 일	2005년 1월 7일
귀하가 당사에 시험 의뢰한 결과는 다음과 같습니다.			
결과 :			
분 석 항 목	규 격 기 준	결 과	비 고
성상	고유의 색택을 가지고 이미,이취가 없어야 한다.	적합	적 합
고형분(%)	12 이상	19.0	적 합
조단백질(%) <small>(건조물기준)</small>	40.0 이상	45.1	적 합
중금속(mg/kg)	3.0 이하	적합	적 합
판 결 : 적 합			
2005 년 1 월 18 일			
주식회사 에이 엔드 에프 대표이사 식품의약품안전청 식품위생검사기관지정 제19호 국립수의과학검역원 축산물위생검사기관 제33호			
이 검사결과는 제출된 검체에 한하며 의뢰목적 이외의 상업적인 광고 및 법적인 해결수단으로 사용할 수 없습니다.			

제 05-1201-0094 호

시험 성적서

검	체	명	부부														
시	험	항	목	열람검사	제	조	일	자	2005년 1월 6일								
의뢰인 주소 및 성명				씨케이인터내셔널 경기 군포시 대야미동 362-5													
시	험	의	뢰	목	적	비	자	가	품	검	사	접	수	년	월	일	2005년 1월 7일

귀하가 당사에 시험 의뢰한 결과는 다음과 같습니다.

결과:

분	석	항	목	규	격	기	준	결	과	비	고
열	량	(ml)	-	-	-	-	-	104.10	-	-	-
나	트	물	(mg/100g)	-	-	-	-	30.93	-	-	-
조	지	지방	(%)	-	-	-	-	5.7	-	-	-
조	단	백	질	(%)	-	-	-	9.5	-	-	-
탄	수	화	물	(%)	-	-	-	3.70	-	-	-
칼	슘	(mg/100g)	-	-	-	-	-	80.67	-	-	-
결	(mg/100g)	-	-	-	-	-	-	4.27	-	-	-
마	그	대	수	(mg/100g)	-	-	-	29.80	-	-	-

2005년 1월 18

주식회사 에이 엔드 에프 대표이사

식품의약품안전청 식품위생검사기관지정 제1231호
국립수의과학검역원 축산물위생검사기관 제33호



이 검사결과는 제출된 검체에 한하며, 의뢰목적 이외의 상업적인 광고 및 법적인 해결수단으로 사용할 수 없습니다.

- 본 과제에서 개발한 시스템으로 생산한 두부 제품의 품질이 검증되었으므로 생산 시스템 뿐만 아니라 두부 제품 자체를 제품화하기로 결정하고 아래와 같이 제품 로고를 개발하였음.
- 마른 콩을 투입하면 영양분의 손실없이 “그대로” 두부가 자동 생산된다는 의미에서 상품명을 “그대로 두부”로 결정하였음.



- 제품의 포장은 6모 단위로 하여 현재 군포 공장 인근의 수퍼 등 20여 업체로 납품을 시작하였음. 6모 단위 포장 제품의 실물사진을 아래에 제시함.



◦ 두부 제조 및 판매 허가를 득하였으며 사업자등록증 사본을 아래에 제시함.

사업자등록증

(일반과세자)

등록번호 : 301-08-96007

상 호 : 씨케이인터내셔널

성 명 : 차은중

주민등록번호 : 571103-1017717

개업 년월일 : 2000 년 12 월 01 일

사업장소재지 : 충청북도 청주시흥덕 개신동 12 충대학연산 571 호

사업자의주소 : 충청북도 청주시흥덕 모충동 516
주공아파트 2 단지 208-205 37/1

사업의 종류 : 제조 전기전자제품
 제조 전자기계용구
 도매 전무연대
 부동산 (두부류, 목류)

교 부 사 유 : 업종정정

공동 사업자 :

2004 년 09 월 22 일

청주세무서장 인

- 두부 제품 자체를 제품화하여 본 생산시스템의 유용성을 홍보하며 생산기기 제품의 사업화를 진행할 계획임. 생산시스템 제품의 유형은 아래와 같음.
 - 일체형 시스템: 두부 전문업소에서 사용하기 편리한 시스템으로 모든 공정을 일체화한 시스템. 현재 설계가 완료되어 있으며 외관구조는 아래와 같음.



- 공장형 시스템: 본 과제에서 개발한 시작품과 동일하게 동작 기능별 생산라인 형태의 시스템으로서 1인 가동이 가능.
 - 현장형 시스템: 공장에서 생산된 두유를 차량 등을 이용하여 싣고 다니며 필요에 따라 현장에서 순두부 및 두부를 즉석 제조, 판매하는 시스템.
- 상기 3종의 생산시스템 모두 콩 농가에서도 채택할 수 있으며, 특히 국산콩을 사용하는 경우 고품질 두부 생산이 가능함.

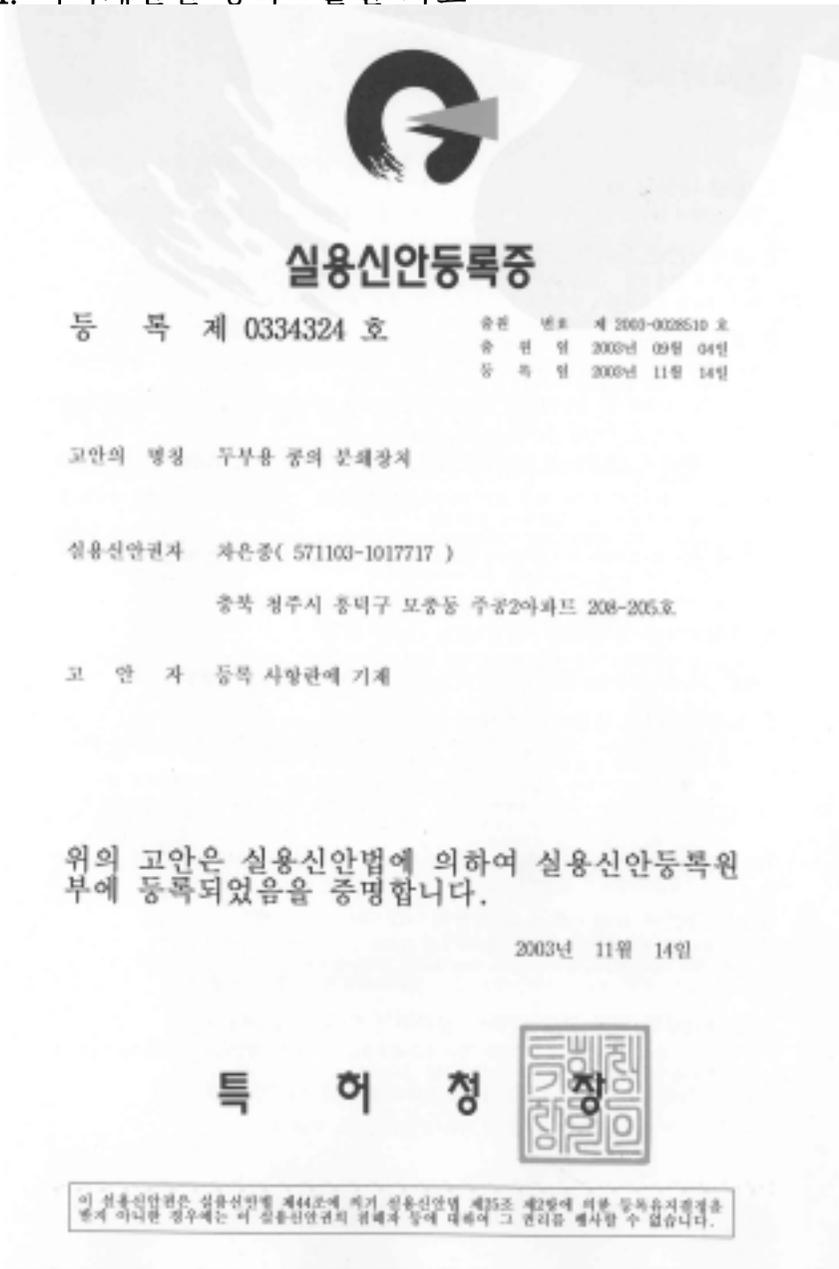
2. 추가 연구의 필요성

- 본 연구에서 개발한 자동연계공정 두부 생산시스템은 필요에 따라 각종 첨가물을 손쉽게 섞을 수 있는 구조로 되어 있음.
- 최근 사회 각계에서 일고 있는 웰빙(well-being) 붐에 능동적으로 대처하기 위하여는 기능성 두부의 개발이 필수적이라 판단됨.
- 따라서 본 생산시스템을 이용한 기능성 두부 개발에 관한 후속연구가 뒤따른다면 우리나라 두부 생산기술의 수준이 한단계 높아질 것으로 사료됨.

제 7장. 참고문헌

- [1] 장기택, 송형익. "두부 폐수를 이용한 효모 배양," 한국식품과학회지, 제 13권 2호, pp.91-100, 1981.
- [2] 최광수, 김순희. "두부제조용 대두의 수침시간에 따른 수용성당류 및 두부수율의 변화," 한국영양식량학회지, 제 12권 4호, pp.401-406, 1985.
- [3] 윤영미, 손경희. "두부의 생산량 및 수용력에 미치는 지방의 영향," 한국조리과학회지, 제 1권 1호, pp.1-7, 1985.
- [4] 장천일, 이정근, 구경형, 김우정. "콩 품종에 따른 두부의 수율 및 화학적, 관능적 특성의 비교," 한국식품과학회지, 제 22권 4호, pp.439-444, 1990.
- [5] 김순동, 김미경, 김미향, 이명숙. "전자렌지를 이용한 초미세 대부분말두부의 신속 제조," 동아시아식생활학회지, 제 4권 2호, pp.57-61, 1994.
- [6] 장원영, 김병용, 신동훈. "침지저장액에 따른 두부의 물성 변화에 관한 연구," 한국농화학회지, 제 38권 2호, pp.135-140, 1995.
- [7] 배은아, 권태완, 문갑순. "콩, 두부 및 두부부산물중의 Isoflavone 함량 및 항산화효과," 한국식품영양과학회지, 제 26권 3호, pp.371-375, 1997.
- [8] 김애경, 오영희, 박경애, 정보경, 김정현, 이강문. "시중 유통 두부류의 일반성분 및 무기질함량," 서울특별시 보건환경연구논문집 제 37호, pp.120-125, 2001.
- [9] 구경형, 김우정. "두부제조공정 단축에 관한 연구," pp.13-22.
- [10] 박무현. "전두 가공제품 기수 동향," 기술동향분석보고서, 2003.

부록 A. 지적재산권 등록·출원 자료



등 록 사 항

실 용 신 안 등 록 제 0334324 호

고 안 자

차은종(571103-1017717)

충북 청주시 흥덕구 모충동 주공2아파트 208-205호

김경아(680830-2357312)

충청북도 청주시 흥덕구 사직2동 덕희아파트 1207호





실용신안등록증

등 록 제 0343070 호

출원 번호 제 2003-0237650 호
출원 일 2003년 12월 03일
등록 일 2004년 02월 13일

고안의 명칭 두루제조에 필요한 간수 정량 투입장치

실용신안권자 차은중(571103-1017717)

충북 청주시 흥덕구 보충동 주공2아파트 208-205호

고 안 자 등록 사항란에 기재

위의 고안은 실용신안법에 의하여 실용신안등록원
부에 등록되었음을 증명합니다.

2004년 02월 13일

특 허 청



이 실용신안권은 기초적 요건만을 심사하여 등록되었으므로 침해자에 대하여 권리를 행사하기 위해서는 기술청가에 의한 등록유계결정을 받아야 합니다.

등 록 사 항

실 용 신 안 등 록 제 0343070 호

고 안 자

차은종(571103-1017717)

충북 청주시 흥덕구 모충동 주공2아파트 208-205호

김경아(680830-2357312)

충청북도 청주시 흥덕구 사적2동 덕희아파트 1207호





특 허 증

CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 0500297 호
(PATENT NUMBER)

출원번호 (APPLICATION NUMBER) 제 2005-0017442 호
출원일 (FILING DATE) 2005년 03월 30일
등록일 (REGISTRATION DATE) 2005년 06월 30일

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)
두부 제조장치에서의 원료자동세척 및 공급장치

특허권자 (PATENTEE)
등록사함란에 기재

발명자 (INVENTOR)
등록사함란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 의하여 특허등록원부에 등록
되었음을 증명합니다.

(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN
INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2005년 06월 30일



특 허 청
COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE



등 록 사 항

특 히 등 록 제 0500297 호

특 히 권 자

(주)쏘이테크(135111-0*****)
경기도 군포시 금정동 712-3

이강운(500308-1*****)
서울 동대문구 답십리1동 208-6

차은중(571103-1*****)
충청북도 청주시 흥덕구 모충동 516 주공아파트2단지 208-205

발 명 자

차은중(571103-1*****)
충청북도 청주시 흥덕구 모충동 516 주공아파트2단지 208-205

이강운(500308-1*****)
서울 동대문구 답십리1동 208-6

지호현(630117-1*****)
경기도안양시만안구석수동254-3

송희음(590120-1*****)
경기도군포시금정동708-12대덕빌라3-101

COPY



방식 심사 사관	담당	심사관

【서류명】 특허출원서

【권리구분】 특허

【수신처】 특허청장

【참조번호】 0001

【제출일자】 2005.04.27

【국제특허분류】 A23B

【발명의 국문영칭】 콩 정량 공급 장치

【발명의 영문영칭】 A supply equipment in a bean-curd making apparatus

【출원인】

【성명】 차은중

【출원인코드】 4-1998-034772-0

【출원인】

【성명】 김경아

【출원인코드】 4-2001-048964-1

【대리인】

【성명】 윤의상

【대리인코드】 9-1998-000359-2

【프괄위임등록번호】 2002-014375-1

【포괄위임등록번호】 2002-014373-7

【발명자】

【성명】 차은중

【출원인코드】 4-1998-034772-0

【발명자】

【성명】 김경아

【출원인코드】 4-2001-048964-1

2-1



부록 B. 연구논문 원고 사본(한국식품과학회지 투고 예정)