

마이크로컴퓨터 制御 種麴培養裝置와 보리코오지 製造의 自動化

權榮顏·全在根

서울대학교 食品工學科

Microcomputer-controlled Koji Incubation System and Its Application to Barley Koji Manufacture

Young-An Kwon and Jae-Kun Chun

Department of Food Science and Technology, Seoul National University, Suwon

Abstract

For the automation of Koji incubation process, microcomputer based Koji incubation system was built and applied to acquisition of the process variables, and to control of the Koji incubation process. The incubation variables included the relative humidity and Koji weight. And data measured were sent to the microcomputer by the interface device built with MC 6821 PIA. Incubation environment conditions -temperature and humidity- were controlled by the actuation of heater and mist sprayer with on/off signal generated by BASIC program. *Aspergillus oryzae* as a starter of the Koji and steamed barley as media were used and Koji was successfully manufactured both at 25°C, 70% RH and at 27°C, 80% RH. During the Koji preparation, the temperature was linearly increased and substrate was consumed stepwise showing 3 steps in the weight loss curve.

Key words: microcomputer, Koji, *Aspergillus oryzae*

서 론

장류 및 주류의 생산에서 단백질 및 전분의 액화 등에 필요한 효소를 생산할 수 있는 균들을 순수배양한 종국⁽¹⁻³⁾은 고체배지에 배양할 경우 코오지(Koji) 또는 누룩이라 하는데 코오지배양법은 액체배양법에 비해 호흡열의 처리와 수분조절의 어려움이 있다^(2,4).

여러가지 코오지 제법중 코오지 상자 배양법은 코오지 배양실에서 제조되는데 배양실의 적절한 온도, 습도, 산소의 유지가 요구되며 품온을 균의 생육에 알맞도록 관리해야 하는 어려운 점이 있다⁽⁵⁾.

따라서 코오지 제조공정은 배양실과 코오지의 온도, 습도, 작업인에 의한 오염 여부가 공정변수로 작용하므로 코오지 배양기술의 향상은 이와 같은 공정변수들을 제어하여 줌으로써 이를 수 있다. 최근에는 디지털 기술의 발달과 컴퓨터의 보급으로 코오지 제조공정을 무인관리 시

스템으로 전환하고자 하는 시도가 이루어지고 있다⁽⁶⁾.

코오지 공정의 변수들을 예측할 수 있는 센서들^(12~14)을 설치하여 마이크로컴퓨터로 수집하고 분석함으로써 코오지 공정을 자동화하는데 필요한 algorithm을 도출해 낼 수 있다. 이때 코오지 제조공정과 컴퓨터를 접속하는 기술과 예측신호의 가공기술이 요구된다^(13,14).

따라서 본 연구에서는 코오지 제조공정과 마이크로컴퓨터 시스템을 접속하는 방법과 이 시스템을 활용하여 코오지 제조공정 변수들의 예측과 자료수집을 시도하였다.

재료 및 방법

재료

보리코오지 제조용 기질로는 1985년도 산 울보리를 사용하였고 균주로는 *Aspergillus oryzae* 단모균을 사용하였다.

방법

장류용 보리코오지의 제조방법 : 보리코오지의 제조는

Corresponding author: Jae-Kun Chun, Department of Food Science and Technology, Seoul National University, Suwon 440-744

$Pv = -B(T_{db} - T_{wb}) - P_{swb}$ (2)
 여기에서 T는 온도(°K), P_s 는 포화수증기압(psi),
 P_v 는 수증기분압(psi), P_{swb} 는 습구온도에서 (1)식에
 의하여 산출된 P_s 의 값이며 B는 다음 식과 같다.

$$B = \frac{0.2405(P_{swb} - 14,6996)}{0.62194 h_{fg}}$$
 (3)

여기에서 h_{fg} 는 습구온도에서 물의 증발잠열이다. 그
 리고 상대습도는 식 (4)로부터 산출되었다.

$$RH = P_v / P_s$$
 (4)

따라서 습도계어 프로그램은 산출된 RH%과 미리 설
 정된 상대습도 값의 오차를 검색하여 그림 1의 sprayer
 스위치를 작동시켜 살균수를 분무시키도록 하였다.

중국배양 프로그램

중국배양을 무인 관리하기 위하여 코오지배양실의 실
 온, 코오지의 품온, 코오지의 수분함량, 배양실의 상대습
 도 등이 제어되어야 한다. 그리고 코오지의 무게변화는
 기질 소모정도와 코오지배양의 완료점을 추적하는데 중
 요한 정보를 제공하므로 자료를 수집할 필요가 있다고 보

아 무계측측을 동시에 수행할 수 있도록 프로그램에 포함
 시켰다.

프로그램은 BASIC 어로 작성하였으며 흐름도는 그림
 4와 같다.

결과 및 고찰

**마이크로컴퓨터 시스템을 통한 코오지배양 공정변수의
 수집**

코오지배양실내 온도의 계측 : 코오지 배양장치에 설
 치된 각 온도 센서들로부터의 아날로그 신호는 PIA 를
 거쳐서 컴퓨터에 정확히 입력되고 있음을 확인할 수 있었
 고 0~50°C 범위에서 ±0.2°C의 정확성을 보였다.

코오지 무게의 계측 : 코오지상자를 스트레인게이지
 하중계측기에 현가하고 무게 표정을 수행한 결과 하중값
 (w, g)이 0~600g 범위에서 컴퓨터에 입력되는 디지털값
 (Y)사이 (5)식과 같은 직선적 관계를 보였다.

$$Y = 0.310 w(g) + 32.329$$
 (5)

코오지배양실의 상대습도 계측 : 코오지배양실내의 상
 대습도는 코오지배양실에서 코오지 배양조건과 흡사한
 조건을 주면서 경시적으로 계측한 상대습도 값은 습윤도
 표로부터 얻어진 값과 비교한 결과 정확히 일치하였으며
 두 값의 상관계수는 0.993이었다.

코오지배양 공정변수의 컴퓨터제어

코오지배양실내 온도의 제어 : 코오지배양장치의 가열
 방식이 내벽을 중심으로 한 공기간접식 열교환 방식이기
 때문에 배양실내에 직접 가열기를 설치한 것에 비하여 배
 양실내 공기를 정확히 제어할 수 없는 구조적 특성을 가
 지고 있는데 이는 기존 배양기를 개조한데서 비롯된 것이
 다.

코오지배양실내 온도제어용 센서는 바닥에 설치하여
 여기에서 얻어지는 계측값을 기준으로 전열기를 on/
 off 하였다. 이 결과 ±1°C이내에서 정확히 제어됨을
 확인할 수 있었다.

코오지배양실의 상대습도 제어 : 코오지의 기질인 보리
 는 수침후 증자된 상태에 있으므로 코오지배양실내에서
 수분의 자연증발이 계속되며 호흡에 의한 CO₂의 배출이
 필요하므로 배출구를 통한 수분의 손실은 필연적이어서

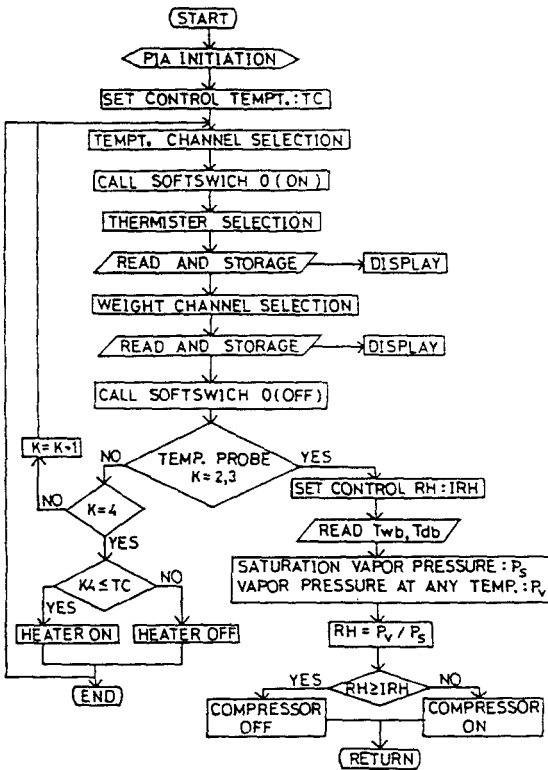


Fig. 4. Flow chart of the program for Koji incubation.

배양실내의 습도를 강하시키게 된다. 따라서 코오지실내의 증습이 필요하게 되는데 적정 상대습도는 기질의 표면 건조현상이 일어나지 않고 호흡에 의한 수분의 공급에 지장받지 않을 정도이어야 할 것이다.^{5,16)}

코오지배양실내 습도의 유지방법은 배양실내 균배양 온도와 평형상태에 있는 살균수를 분무하는 방법을 채택하여 살균수의 분무는 공기청정기를 부착한 compressor를 작동시켜 수행하였다.

이상과 같은 방법을 실제로 코오지배양 조건에서 수행한 상대습도 제어결과 $\pm 5\%$ 내에서 배양실내의 습도를 제어할 수 있었다.

마이크로컴퓨터 시스템을 이용한 코오지의 배양

컴퓨터를 통한 코오지배양의 자동화에 필요한 제반 배양조건의 조절이 가능하였기 때문에 실제로 보리코오지를 25°C, 70% RH 와 27°C, 80% RH 인 2개의 배양조건에서 보리코오지의 자동배양실험을 수행한 결과 모두 인력의 개재없이 자동제어된 상태에서 균사의 생육이 완전한 종국을 생산할 수 있었으며 배양기간중 수집된 코오지의 품온과 무게변화는 25°C, 70% RH 에서 그림 5와 같았으며 27°C, 80% RH 경우는 그림 6과 같았다

이상의 실험을 통하여 코오지배양 자동화에 마이크로컴퓨터 시스템을 적용할 수 있음을 입증하였을 뿐만 아니라 자동수집된 코오지의 품온, 기질의 변화양상을 관찰할 수 있었다. 총배양 완료기간은 균사생육이 완료되고 코오지 표면에 포자형성이 90%이상 이루어지는 점으로 하였을 때 배양온도에 따라 25°C에서는 54시간, 27°C에서는 49시간이 소요되었다. 코오지 품온은 각각 상승하다가 모두 배양후기에 온도의 변화가 둔화 내지 일정한 온도를 유지하였다.

코오지배양중 기질의 변화양상을 보면 계단식 감소현상을 보였는데 25°C의 경우는 3단계의 명확한 계단식 감소를 보였고 27°C의 경우는 그리 명확하지는 않지만 유사한 계단식 감소현상을 보였다. 이와 같은 계단식 감소현상은 기질의 이용기작을 코오지 균체증식양과 관련시켜 분석할 경우 코오지의 배양기작을 밝히는데 크게 도움이 될 것이며 배양완료점을 자동검색하는 메도 유용하게 활용할 수 있을 것이다.

컴퓨터제어 시스템은 제국공정 변수의 임의의 변경이 쉽게 이루어 질 수 있을 뿐만 아니라 소프트웨어(software)의 다양한 개발이 뒤따를 경우 균체 생리에 가장 부합된 환경을 마련할 수 있었다.

특히 품온의 변화양상은 종래의 실내온도 관리에만 중

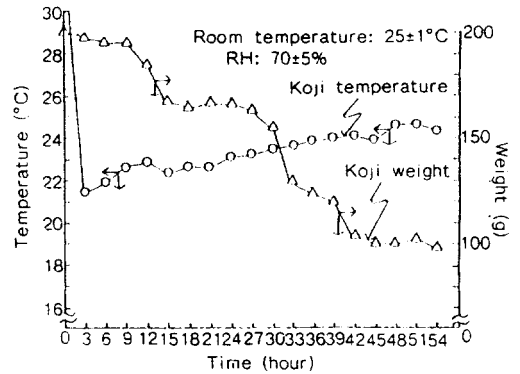


Fig. 5. Changes of Koji temperature and weight at 25°C, 70% RH.

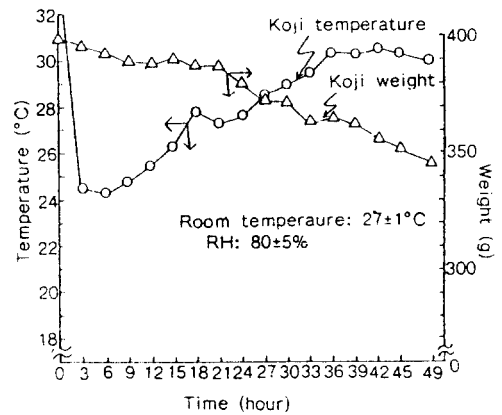


Fig. 6. Changes of Koji temperature and weight at 27°C, 80% RH.

점을 두어 왔던 제어방식을 품온기준 공정관리로 전환할 수 있는 계기를 마련할 수 있다. 즉 품온의 변화와 공정의 진행과정과의 밀접한 관계를 확인할 수 있었으므로 제국공정의 진행단계를 예측하는데 활용할 수 있을 것이다. 그리고 기질의 단계적 감소경향도 제국공정 제어 알고리즘(algorithm)의 개발에 활용할 수 있을 것으로 본다.

요 약

마이크로컴퓨터 코오지 배양시설을 제작하여 배양실내의 온도, 상대습도를 측정하고 코오지의 무게를 공정제어

대상으로 공정의 자동화를 시도하였다. 코오지 무게변화는 외팔보형 strain gauge 무게감응장치로 코오지 및 배양실의 온도는 백금저항선 ($Pt, 100\Omega$) 센서로 측정하였다. 측정신호는 디지털화하여 MC6821 접속소자를 통해 마이크로컴퓨터로 입력되었다.

코오지 무게측정치를 공정의 제어대상으로 할 때 디지털값(Y)과 코오지의 무게(W, g) 사이의 관계는 $Y=0.310W+32.329$ ($r=0.99989$)이었다. 배양실내의 온도제어는 폐회로방식에 의하여 on/off로 이루어졌으며 습도제어는 측정된 건, 습구 온도값으로부터 계산된 습도값을 기준으로 살균수의 분부로 수행되었다.

문 헌

- Aidoo, K.E., Hendry, R. and Wood, B.J.B. : Solid substrate fermentations. *Adv. Appl. Microbiol.*, **28**, 201(1982)
- Aidoo, K.E., Hendry, R. and Wood, B.J.B.: Mechanized fermentation systems for the production of experimental soy sauce Koji. *J. Food Technol.*, **19**, 389(1984)
- Yamamoto, K. : Studies on Koji., *Bull. Agr. Chem. Soc. Japan*, **23**(2), 110(1959)
- Hesseltine, C.W. : Solid state fermentation., *Biotechnol. Bioeng.*, **14**, 517(1972)
- 김재욱 : 농산가공학, 향문사, 서울, 삼정판(1985)
- 전재근 : 마이크로컴퓨터를 이용한 식품제조 공정의 계측과 자동제어 시스템. *식품공업*, **81**(10), 38(1985)
- 전재근 : 마이크로컴퓨터와 식품산업. *식품과학*, **18**(3), 4(1985)
- 최부들, 전재근 : 마이크로컴퓨터를 이용한 식품가공 공정중의 온도 및 무게 측정용 ANALOG-DIGITAL 변환 및 접속시스템의 제작. *한국식품과학회지*, **19**(2), 129(1987)
- 최부들, 전재근 : 마이크로컴퓨터 계측 및 제어시스템을 활용한 식품건조중 자료의 수집과 제어. *한국식품과학회지*, **19**(3), 200(1987)
- 전재근, 강준수 : 마이크로컴퓨터 감압건조 시스템의 제작운영과 풋고추의 감압건조 특성. *한국농화학회지*, **30**, 65(1987)
- 전재근 : 식품공학-이론과 응용 -, 개문사, 서울(1985)
- 황규섭 : 센서 활용기술, 기전연구사, 서울(1985)
- 박정일, 이강용 : 마이크로컴퓨터 인터페이스, 방한출판사, 서울(1986)
- Sheingold, D.H. : *Transducer Interfacing Handbook*, Analog Devices, Inc., Norwood, Mass. (1981)
- Brooker, D.B. : Mathematical model of the psychrometric chart. *Trans. ASAE*, **20**(2), 558(1967).
- Singh, K., Sehgal, S.N. and Vezina, C. : Studies on soy sauce fermentation. *Appl. Microbiol.*, **16**, 393(1968)

(1988년 2월 12일 접수)