

마이크로컴퓨터를 이용한 식품공정의 변수계측

강준수 · 서명교 · 정신교* · 최종욱*

동의공업전문대학 식품공업과, *경북대학교 식품공학과

Measurement of Food Process Variables with Microcomputer

Jun-Soo Kang, Myung-Gyo Suh, Shin-Kyo Chung* and Jong-Uck Choi*

Department of Food Industry, Dongeui Technical Junior College

*Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University

Abstract

To measure of important variables such as temperature, weight, and relative humidity in food processing process, computer-aided data acquisition system was composed of 16 bit microcomputer and PCL-711S interface board. Process variables in dehydration and storage of food were measured through sensors, converters, and computer system which were operated by the PC-LabDAS software for data acquisition, process control, and data analysis. The relationship between measured values of process variables and the output voltages of ADC showed more than 0.99 in r^2 value. Response time of sensors was enough fast to measure minute values changed in a moment.

Key words: microcomputer, data acquisition, temperature, weight, relative humidity

서 론

식품가공 공정에서 온도, 압력, 질량, 습도, pH, 성분 및 유량 등 관계되는 많은 변수를 적절한 시간에 정확히 계측하고 이를 바탕으로 공정을 제어하는 것은 매우 중요하다⁽¹⁾. 이를 위해서 최 등이 Apple II 마이크로컴퓨터 시스템을 식품건조 공정에 도입한 이래 지금까지 식품가공 공정의 다양한 분야에서 마이크로컴퓨터를 이용하여 공정의 변수를 계측하고 공정을 제어하는 연구가 수행되어 왔다. 식품가공 공정변수를 컴퓨터로 측정함에 있어서 식품가공 공정의 제반 변수를 전기적 신호로 바꾸어 주는 센서와 변환기의 선택과 이 변환기의 아날로그 출력을 디지털화시켜서 컴퓨터에 입력시켜 주는 접속장치의 구성은 매우 중요한 역할을 한다. 특히 센서나 변환기의 정확성과 감응속도 및 접속장치 중 ADC의 해상력은 공정제어나 자료수집의 정도에 직접 영향을 미친다^(2, 7).

본 연구에서는 최근 널리 보급되고 있는 16 bit 컴퓨터, 다용도 접속장치, 그리고 센서 및 변환회로를 이용하여 식품가공 공정의 중요한 변수 중 온도, 습도 및 무게를 측정할 수 있는 시스템을 구성하여 이를 식품가공 공정에 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

컴퓨터 시스템

본 연구에 사용된 컴퓨터는 16 bit IBM-PC/XT 호환 기종이었으며 컴퓨터와 외부장치 접속을 위해서는 PCL-711S Multilab package board(Advantech Co.)를 사용하였는데 이 접속 board의 개략도는 Fig. 1과 같다⁽⁸⁾.

공정변수 계측 및 표정

온도 측정

본 연구에서는 온도 측정을 위해서 현재 산업적으로 가장 널리 사용되고 있는 type k 열전기쌍⁽⁹⁾과 온도보상 회로 및 증폭회로가 들어있는 열전기쌍 변환기(Model DSTC-ID1-Yu, Delta I/O, Korea)를 사용하였다. 이 때 사용된 변환기는 선형성 $\pm 0.1\%$ full scale, 재현성 $\pm 0.05\%$ full scale, 반응시간은 0.5초 이하이었으며, 이를 통

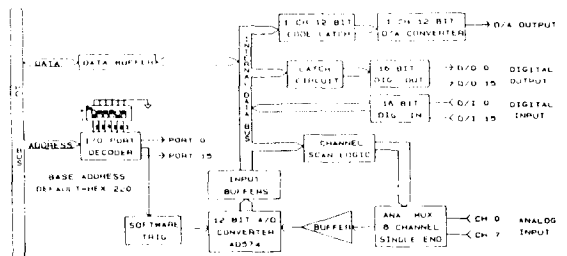


Fig. 1. Block diagram of PCL-711S interface system

Corresponding author: Jun-Soo Kang, Department of Food Industry, Dongeui Technical Junior College, Yangjeong-dong San 72, Pusanjin-gu, Pusan 614-715, Korea

하여 $-50^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ 를 $-5\text{V} \sim +5\text{V}$ 의 디지털 출력으로 변환시켰다.

무게 측정

무게 측정은 4개의 strain gauge로 구성된 Fig. 2⁽¹⁰⁾의 diaphragm type의 miniature load cell(LM-A-L, Kyowa, Japan)로 무게 변환기를 제작하여 수행하였다. 무게 변환기의 출력값은 strain amplifier(DPM-613B, Kyowa, Japan)를 거쳐서 잡음제거 및 증폭을 시킨 후 컴퓨터에 입력시켰다. 본 실험에 사용된 load cell은 0~5 kgf까지의 중량 측정이 가능한 모델이었다.

상대습도 측정

30~95%의 상대습도 변화에 따라서 저항치가 $8\text{M}\Omega$ 에서 $1\text{K}\Omega$ 까지 변하는 도전성 고분자 감습막이 형성되어 있는 습도 센서(PQ653JA1, 神榮, Japan)를 이용하여 상대습도를 측정하였다.

상대습도 변화에 따른 습도 센서의 출력값을 컴퓨터 입력값인 $-5\text{V} \sim +5\text{V}$ 로 변환시키기 위하여 Fig. 3⁽¹¹⁾의 증폭회로를 사용하였다.

센서 표정

온도 및 무게센서 표정은 최 등⁽²⁾의 방법과 유사하게

했으며, 상대습도 표정은 포화염 용액에 의해서 일정하게 습도가 유지된 공간을 만들어 수행하였다⁽¹²⁾.

소프트웨어

Advantech Co.의 자료수집, 공정제어 및 자료분석용 소프트웨어인 PC-LabDAS(Table 1)⁽¹³⁾를 이용하여 프로그램을 작성하였다. 변수값의 계측은 본 소프트웨어의 DC 전압측정 port를 이용하였다.

결과 및 고찰

온도 계측

본 연구에서 사용한 PCL-711S board에는 8 ports의 analogy 입력을 12 bit의 해상력으로 디지털 신호로 만들어주는 ADC(Honeywell HADC-574ACCJ or equivalent)가 장착되어 있으므로 정압식품 가공공정 및 저장 온도로 많이 사용되는 $-50^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ 범위의 온도를 디지털화 시키면 최소한(LSB) 0.037°C (오차범위 $\pm 0.2\%$)까지 나타낼 수 있게 된다. 그리고 ADC conversion time이 $25\mu\text{sec}$ 등 컴퓨터나 주변장치의 처리속도는 충

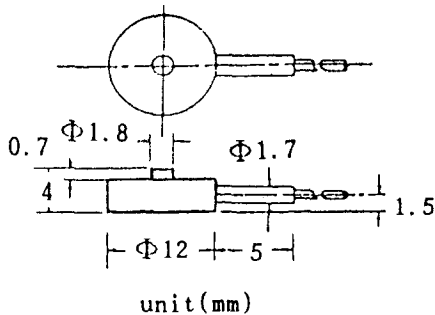


Fig. 2. Dimensional diagram of miniature load cell

Table 1. I/O capacity of PC-LabDAS

Items	Capacities
Measurement functions	
DC voltage measurements	up to 32 A/D channels
Digital input reading	up to 32 D/I channels
Counter/timer reading	up to 3 channels
PC I/O port input	no limit
Control functions	
D/A output	up to 4 D/A channels
Digital output	up to 32 D/O channels
Timer/counter setting	up to 3 channels
Stepping motor control	up to 3 motors
PC I/O port output	no limit

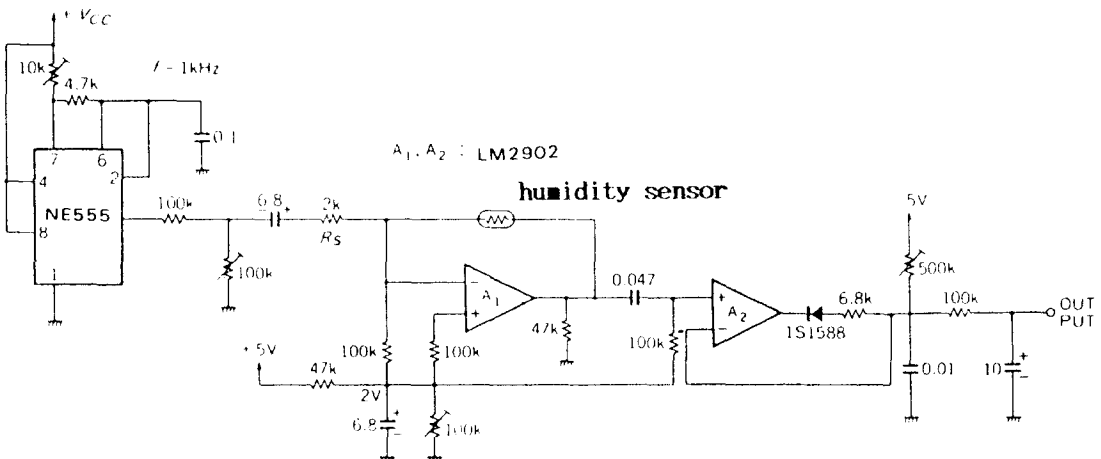


Fig. 3. Circuit of humidity converter

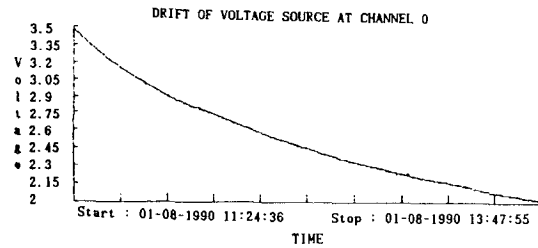


Fig. 4. Output voltage of temperature converter

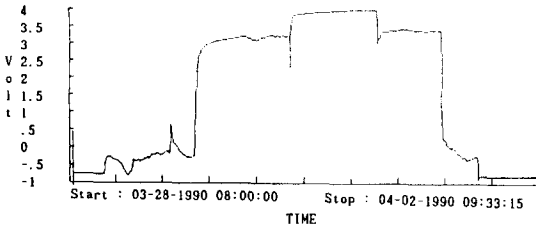


Fig. 5. Output voltage of humidity converter

분히 빠르므로 온도에 대한 열전기쌍의 감응속도는 열 전기쌍 변환기의 반응속도에 따라 좌우된다고 볼 수 있다. 본 연구에서 사용한 열전기쌍 변환기의 반응시간을 0.5초 이하로 이는 Pt 100 RTD의 반응시간 60초에 비해서 훨씬 빠르다¹²⁾. 따라서 본 시스템을 사용하면 식품가공 공정에서 순간적으로 바뀌는 미세한 온도 변화 까지도 충분히 측정할 수 있다고 생각된다. 온도 변화(t)와 DAC 출력전압(V)의 관계는 $t(^{\circ}\text{C}) = -34.8 + 30.2$ 로 높은 직선적인 상관관계($r^2=0.9999$)를 보여 이를 이용하여 실제 식품건조 및 저장 중 온도 변화를 훌륭히 감지할 수 있었다. Fig. 4는 이를 이용하여 물을 70°C에서 25°C로 냉각시키는 동안 변화는 실제온도 변화를 감지한 예를 나타낸 것이다.

무게 계측

Fig. 2의 Load cell은 내부에 4개의 strain gauge가 bridge를 형성하고 있어 외부에서 하중이 가해지면 이에 상응하여 출력전압이 바뀌게 되어 있다. 이 때 bridge의 출력전압은 입력전압에 따라서도 약간의 차이가 있으나 대체로 ADC에 입력시키기에는 미세하므로 strain amplifier로 증폭시켰다. Load cell의 측정 가능범위는 0~5 kg이지만 Load cell의 bridge 입력전압과 strain amplifier의 측정감도를 적절히 조절하면 임의의 무게범위를 측정할 수 있게 된다. 본 연구에서는 이를 이용하여 건조시에는 0~200g, 사과 저장시에는 0~3 kg까지의 무게변화를 측정하였는데 이 때 무게변화(W)와 ADC 출력전압(V)의 관계식은 전자의 경우 $W = -16.0 + 41.5 V$ ($r^2=0.9998$), 후자의 경우는 $W = -114.9 + 483.5 V$ ($r^2=0.9991$)이었다.

습도계측

상대습도는 식품저장시 매우 중요한 변수 중의 하나 이므로 본 연구에서는 식품저장에 맞도록 상대습도 변환기를 구성하였다. Fig. 5는 10°C에서 상대습도를 75%, 85%, 93%, 95%, 93%, 85% 및 75%로 바꾸어 가면서 6일 동안 측정한 결과인데 주위환경(습도)을 변화시킬 때 발생하는 약간의 오차 이외에는 거의 일정한 양상을 나타내어 이를 이용하여 식품저장 중 습도 변화를 충분히 측정할 수 있음을 알 수 있었다. Fig. 3의 회로를 이용하여 얻은 습도 변환기의 출력값(V)과 상대습도(RH)의 관계는 상대습도 75% 이상에서는 $\text{RH}(\%) = 75.4 + 9.1 V^{1/2}$ ($r^2=0.9906$), 상대습도 85% 이상에서는 $\text{RH}(\%) = 84.8 + 2.6 V$ ($r^2=0.9999$)으로 나타나 대체적으로 상대습도 75% 이상에서는 고도의 상관관계를 보였으나 75% 이하에서는 상대습도가 낮아질수록 선형성이 감소되었다. 따라서 본 센서와 변환기의 정도를 높이기 위해서는 상대습도를 높게 유지시켜야 하는 식품의 저장 등에 이용하는 것이 바람직했다.

요 약

식품가공 공정의 중요변수인 온도, 무게, 상대습도를 측정하기 위하여 16 bit 마이크로컴퓨터와 PCL-711S 접속 board로 컴퓨터 시스템을 구성하였다. 자료수집, 공정제어 및 자료분석용 소프트웨어인 PC-LabDAS를 활용하여 센서, 변환기 및 컴퓨터 시스템을 작동시켜 건조 및 저장시 공정변수를 측정하였다. 온도, 무게 및 습도의 측정값과 변환기의 출력값 사이에는 r^2 가 0.99 이상으로 고도의 상관관계를 보였으며 센서의 감응속도도 순간적으로 변하는 미세한 값도 측정할 수 있을 만큼 충분히 빨랐다.

문 헌

1. 전재근 : 마이크로컴퓨터와 식품산업. 식품과학, 18, 4 (1985)
2. 최부돌, 전재근 : 마이크로컴퓨터를 이용한 식품가공 공정 중의 온도 및 무게 측정용 Analog-digital 변환 및 접속 시스템의 제작. 한국식품과학회지, 19, 129(1987)
3. 최부돌, 전재근 : 마이크로컴퓨터 계측 및 제어 시스템을 활용한 식품건조 중 자료의 수집과 제어. 한국식품과학회지, 19, 200(1987)
4. 권영안, 전재근 : 마이크로컴퓨터 제어 중국 배양장치와 보리코오지 제조의 자동화. 한국식품과학회지, 20, 326 (1988)
5. 강준수, 전재근 : 마이크로컴퓨터 감압 건조시스템의 제작응용과 찻고추의 감압건조특성. 한국농화학회지, 30, 65(1987)
6. 이영진, 전재근 : 김치발효 중 가스압력 변화와 압력 측정시스템의 개발. 한국식품과학회지, 22, 686(1990)
7. 박재균, 전재근, 이승구, 김광환 : 과채류 저장시 호흡량과 중량감소의 자동계측. 한국식품과학회지, 21, 387

- | | |
|---|---|
| <p>(1989)</p> <p>8. Advantech Co.: PC-LabCard, p.2-2(1989)</p> <p>9. Richard H. Kennedy: Selecting temperature sensors. Chemical Engineering, August, p.54(1983)</p> <p>10. Kyowa Co.: Miniature Load Cell LM-A Operational Mmanual (1989)</p> <p>11. 김영해: 센서인터페이스. 기전연구소, 서울, 1권 p.280</p> | <p>(1987)</p> <p>12. Louis B. Rockland: Saturated salt solutions for static control of relative humidity between 5° and 40°C. <i>Anal. Chem.</i>, 32, 1375(1960)</p> <p>13. Advantech Co.: PC-LabDAS User's Manual, p.1(1988)</p> <hr/> <p>(1992년 6월 29일 접수)</p> |
|---|---|