

김치발효 중 가스압력 변화와 압력측정시스템의 개발

이영진 · 전재근
서울대학교 식품공학과

Development of Pressure Monitoring System and Pressure Changes during Kimchi Fermentation

Young-Jin Lee and Jae-Kun Chun

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

Abstract

For the monitoring of kimchi fermentation states, pressure detecting sensor and monitoring device were designed and fabricated. The system was consisted of an air tight fermenting tube(31.5 ml), strain gauge type pressure sensor and signal processing device built with operational amplifier and A/D converter, and interfaced to personal computer. Chiness cabbage kimchi was fermented in the plastic container(150×220×160 mm) at 25°C and 30°C. The fermentation was monitored with fermenting tubes containing kimchi. The pressure based kimchi fermentation curve was constructed and showed a typical kimchi curing curve having 2 stepwise pressure increasing pattern.

Key words : kimchi, fermentation, monitoring, pressure sensor, computer

서 론

김치는 자연발효이므로 숙성과정을 예측하기 곤란하며, 그 결과 김치의 품질 규격화가 어렵다. 이를 해결하기 위해서는 김치의 숙성상태를 monitoring할 수 있는 감지방법과 발효환경의 제어방법 개발이 필요하다.

김치발효 중 발생하는 기체는 김치의 숙성과 밀접한 관계가 있기 때문에^(1,3), IC chip 등을 활용하여 김치 숙성과정을 발생하는 가스량 계측으로 표현할 수 있는 특수한 발효관을 설계, 제작하고 전자식 압력소자를 사용하여 계측하였다^(4,6). 계측된 신호는 Op. Amp. 및 ADC 등을 사용하여 가공한 후 8-bit 퍼스널 컴퓨터 시스템에 접속하여 monitoring하였다^(6,10).

한편, 컴퓨터에 입력된 값은 압력변화 곡선으로 작성되어 김치의 숙성과정을 표현할 수 있도록 하였다.

재료 및 방법

재료

김치제조에 사용한 배추, 파, 고추가루, 마늘 등은 시중시장에서 신선한 것을 구입하여 사용하였다.

김치발효 중 기체압력 측정용 sensor

김치발효 중 발생하는 가스의 압력측정용 sensor는 strain gauge형으로 온도 보상능력이 있는 X-ducer(MPX 2100DP, 0~1.03421×10⁵ Pa, Motorola)를 사용하였다. 압력센서의 출력신호를 ADC0809의 입력범위인 0~5 V에 맞게하기 위하여 741 Op. Amp.를 사용하여 Fig. 1과 같이 가공하였다.

김치발효관

김치숙성시 발생하는 가스량을 압력으로 측정하기 위하여 Fig. 2와 같은 김치발효관을 아크릴과 동관으로 제작하였으며 동관은 내부와 표면을 에나멜로 코팅하였다.

김치발효관내 압력측정 값의 컴퓨터 자동수집

측정한 압력값은 8-bit personal computer system의 확장 slot에 장착할 수 있는 접속장치(interface card)를 구성하여 수집하였다^(6,9).

김치발효 중 압력계측방법

배추를 수세한 다음 2~3 cm 폭으로 細切하여 10% (w/v) 소금물에 10시간 침지한다. 절인 배추는 침지액과 동량의 물로 2회 씻고 30분간 물빼기를 한 뒤 배추 100 g에 대하여 부재료를 2g씩 첨가하였다.

양념이 첨가된 배추를 김치통(plastic, 150×220×160 mm)에 담고 그 일부를 취하여 김치발효관의 표시선까

Corresponding author : Jae-Kun Chun, Department of Food Science and Technology, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea

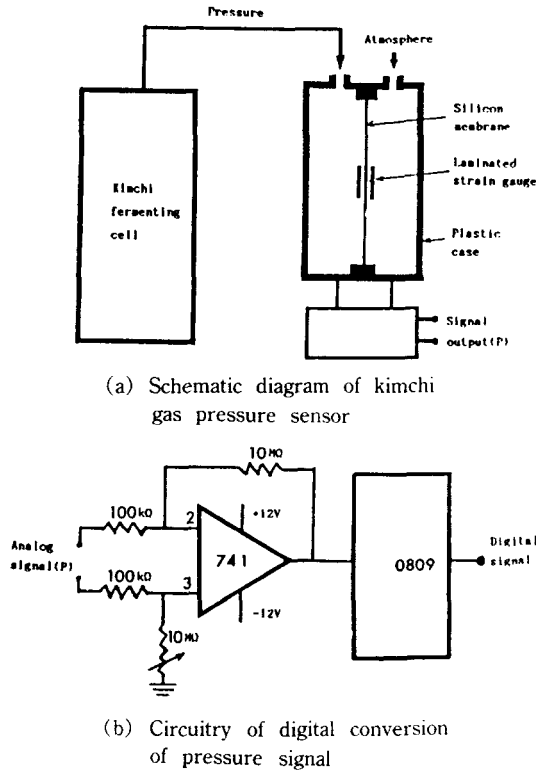


Fig. 1. Kimchi fermenting gas pressure measurement device.

지 채운 뒤 뚜껑을 닫고 김치통 내부의 김치시료속에 삽입하였다.

김치발효 온도는 20℃와 30℃이었으며 Fig. 3은 김치발효 장치와 김치발효관의 설치상태를 나타낸다.

결과 및 고찰

김치발효관내 압력과 신호가공 후 디지털 값과의 관계 김치발효관으로 측정된 압력값(P, N/m²)과 동신호를 Fig. 1의 압력계측 장치에서 가공된 디지털 값(D, 8-bit)과의 관계는 식 (1)과 같이 직선식으로 나타내었으며 (r=0.999), 김치발효 중 발생하는 기체에 의한 압력변화를 디지털 값으로 잘 표현할 수 있었다.

$$P = 490.22 D \quad (1)$$

그런데 발효관(Fig. 2a)은 김치발효 중 생성된 내부압력이 증대됨에 따라 김치시료가 위로 밀려 올라가 연결관을 막는 현상이 나타났다. 따라서 뚜껑에 장애판을 설치하고 동관대신 보다 가볍고 투명한 아크릴관을 사용하여(Fig. 2b) 막힘 현상과 관부식 현상을 방지할 수

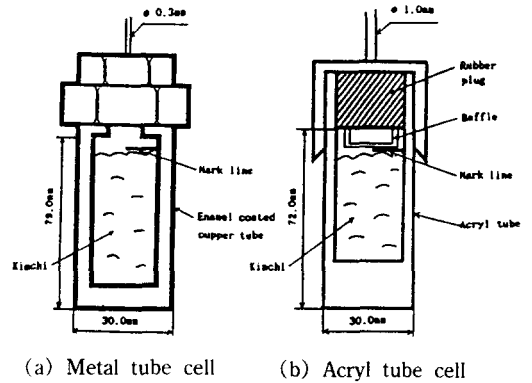


Fig. 2. Structure of Kimchi fermenting cell

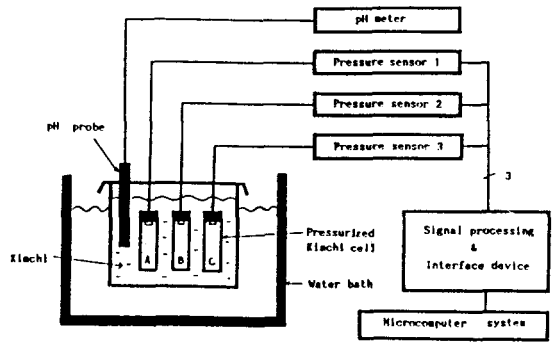


Fig. 3. Structure of kimchi fermentation system with gas pressure detecting device

있었다.

발효관내 압력계측 값을 이용한 김치숙성 곡선의 작성 김치를 25℃에서 발효시켜본 결과 Fig. 3의 A, B, C 발효관에서 Fig. 4와 같은 압력변화를 보였다. 압력변화 곡선은 2단계의 증가와 정체현상을 보여주었다. 수차례 반복시험 결과 이와 같은 독특한 곡선을 얻을 수 있었으며 압력계측 값으로 김치숙성 곡선을 작성할 수 있었다.

이 김치숙성 곡선이 정상적인 김치발효하에서 이루어졌는가를 확인하기 위하여 김치통에 담긴 김치의 pH 변화를 측정하여 비교하여 보았다. 김치의 pH는 압력 증가의 첫번째 정체기부터 급격히 하강하여 압력증가의 두번째 정체기에 완만해짐을 보여 주어 김치가 정상적으로 발효되고 있음을 알 수 있었다.

이와 같이 2단계 압력증가 현상은 전 등⁽¹¹⁾에 의하여 밝혀진 김치발효 관여 주요 미생물의 동적인 변화와 잘 일치한다고 볼 수 있다.

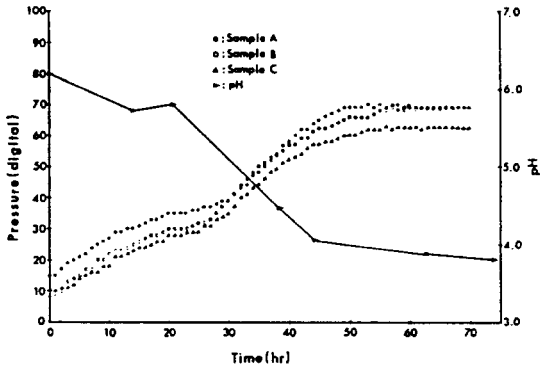


Fig. 4. Relationships between pressure and pH values during kimchi fermentation at 25°C

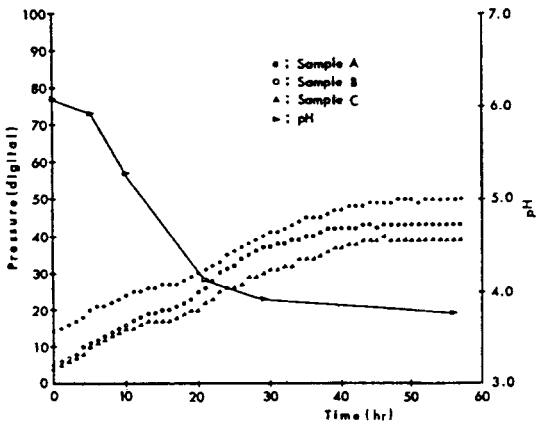


Fig. 5. Relationships between pressure and pH values during kimchi fermentation at 30°C

김치발효 온도가 압력기준 김치숙성 곡선에 미치는 영향

김치발효 상태를 압력기준으로 계속할 수 있다면 김치발효에 미치는 온도의 영향 등도 충분히 감지할 수 있어야 한다. 따라서 김치발효를 5°C 상승시킨 30°C에서 발효시킨 결과 Fig. 5와 같은 압력변화 곡선을 얻었는데 이 곡선의 양상은 Fig. 4와 잘 일치하였다. 그러나 김치숙성 곡선상에서 첫번째 정체가 나타나는 시간이 훨씬 단축되는 결과를 명확히 보여주었다.

김치통에 담긴 김치의 pH 변화 역시 20°C 발효시 보다 빠른 첫번째 압력증가의 정체가 급격히 하강함을 볼 수 있었다.

이는 20°C보다 30°C에서 발효시키는 김치가 빠르게 숙성되고 있는 상태를 잘 monitoring한 결과이며 이로써 동 김치센서는 김치의 발효상태를 잘 계속할 수 있음을 입증하였다.

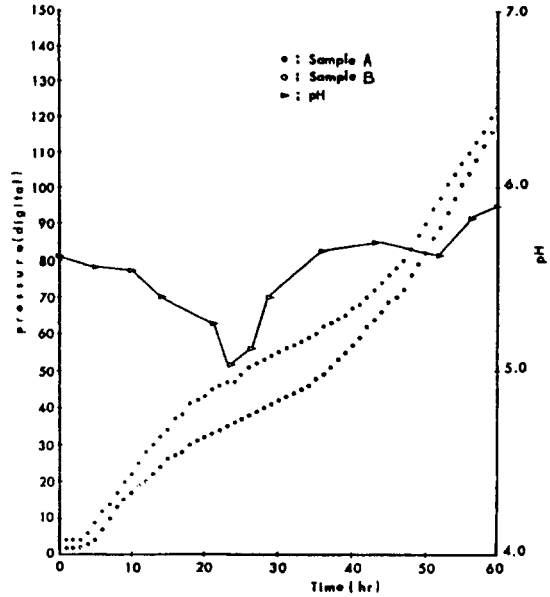


Fig. 6. Relationships between pressure and pH value during abnormal kimchi fermentation at 25°C

김치발효 공정의 이상발효 감지

김치압력 센서를 활용하여 계속되는 숙성 곡선을 이용하면 김치발효 상태를 관찰할 수 있을 것이므로 김치발효를 비정상 상태로 유도시켜 보았다. 즉, 신선도가 좋지 않은 배추를 사용하여 저염도로 제조한 김치를 25°C에서 발효시킨 결과 Fig. 6과 같은 압력변화 곡선을 얻었는데, 이는 Fig. 4, 5와는 달리 압력변화를 보였으며 완전한 압력증가 정체가 나타나지 않았다.

이 때의 김치통내 pH 변화는 초기 압력증가 감소기에 하강함을 보인 후 다시 상승하는 결과를 보였으며 60시간 후 김치통 내용물이 부패되어 있었다. 이는 정상 김치숙성 곡선을 벗어나는 것을 센서로서 감지할 수 있었음을 의미하며 화면표시 방법에 의하여 김치의 부패를 잘 monitoring할 수 있었다.

이상의 연구결과로 미루어 볼 때 김치발효시 발생하는 발효관내 가스압력 변화는 김치숙성 상태와 매우 긴밀한 관계를 가지며, 이를 김치발효 상태의 지표로 이용할 수 있음을 보여주었다.

요 약

김치의 발효상태를 monitoring할 수 있는 압력측정 sensor와 감시장치를 설계, 제작하였다. 본 시스템은 밀폐형 발효관(31.5 ml)과 strain gauge 타입의 압력 sensor, 741 Op. Amp.와 ADC0809를 사용하여 제작한 신

호가공 장치로 구성하였으며 퍼스널 컴퓨터와 접속하여 사용하였다. 배추김치는 플라스틱 용기에 담가 25°C와 30°C에서 발효시켰으며 발효상태는 김치를 넣은 발효관으로 monitoring하였다. 압력곡선 형태의 김치발효 곡선을 얻을 수 있었으며 이는 2단 압력증가 양식을 갖는 김치숙성 곡선을 보여주었다.

감사의 말

본 연구는 산학협동재단의 연구비 지원으로 이루어졌습니다.

문헌

1. 천중희, 이혜수 : 김치의 휘발성 유기산과 이산화탄소에 관한 연구. 한국식품과학회지, 8(2), 90(1976)
2. 유진숙, 이혜수 : 김치의 휘발성 향미 성분에 관한 연구. 한국식품과학회지, 9(2), 116(1977)
3. 전재근 : 봄배추 품종별 김치가공 적성. 한국농화학회지, 24(3), 194(1981)
4. Rodney Zaks and Austin Lesea : *Microprocessor Interfacing Techniques*. 3rd ed., Sybex Inc., U.S.A. (1979)
5. Robert F. Coughlin and Frederick F. Driscoll : *Operational Amplifiers and Linear Integrated Circuits*, Korean Student(ed), 연합출판, 서울 (1984)
6. Motorola : *MPX X-ducer Manual*
7. 권영안, 전재근 : 마이크로 컴퓨터 제어 종국제어장치와 브리 코오지 제조의 자동화. 한국식품과학회지, 20(3), 326(1988)
8. 전재근, 강준수 : 마이크로 컴퓨터 감압건조시스템의 제작운동과 풋고추의 감압건조 특성. 한국농화학회지, 30(1), 65(1987)
9. 전재근 : 마이크로 프로세서를 이용한 가정용 김치제조기의 개발. 산학협동재단연구보고서(1987)
10. 최부돌, 전재근 : 마이크로 컴퓨터 계측 및 제어시스템을 활용한 식품건조 중 자료의 수집과 제어. 한국식품과학회지, 19(3), 200(1987)
11. 전재근, 김호식 : 김치발효 중의 세균의 동적 변화에 관한 연구. 원자력 논문집, 6, 112(1966)

(1990년 6월 28일 접수)