

초음파 식품여과 장치의 개발

김영환 · 전재근*

서울대학교 농업생명과학대학 식품공학과

Development of Ultrasonic Filtration System for Food Materials

Young-Hwan Kim and Jae-Kun Chun*

Department of Food Science and Technology, Seoul National University

Abstract

To investigate the effect of ultrasound wave on the filtration of food slurry, an ultrasound filtration system was designed and performance test was carried out. The electrical circuitries for ultrasonic device were developed to generate 28.2 kHz of sine wave and the signal was amplified to operate a 80 watt piezoelectric ultrasound transducer. The transducer was bolted to outside of the bottom of a cylindrical stainless steel water bath of 5L capacity. Filtration unit was installed at the center and 10 cm above from the bottom of water bath. Slurry of *Daenzang*, fermented soy paste, of 10% solid content was filtered at 20°C with Whatman No. 43 filter paper at constant pressure of 600 mmHg. Filtration rate of the slurry was increased by two times compared with that of non-ultrasonic unit.

Key words: ultrasonic, acoustic, filtration, *Daenzang*

서 론

초음파는 20 kHz 이상의 소밀파로서 초기에는 군사적 목적으로 개발되었으므로 산업적 응용이 어려웠다. Langevin(1921)은 고출력 촉심기를 실용화 하였으며 Wood(1927) 등은 미립자의 응집, 유화, 콜로이드의 분산, 세포파괴 등에 관하여 연구 하였다. 1946년 이후 금속용접, 에칭, 도금, 전기광, 주조, 천공 등의 작업과 화학 공정에 활용되었으며 유속 및 수위 등의 측정과 공정 제어등에 널리 쓰이게 되었다. 또한 의학분야에서는 치료, 수술, 진단용 등에 널리 활용되고 있다(김영환과 전재근, 1991; Steinberg, 1965; Atkins *et al.*, 1965; Frederick, 1965; Erikson, 1974).

그러나 식품산업에서의 초음파응용은 비교적 최근에 시작되어 원료 및 용기의 세척, 호프 등의 단백질이나 지방의 추출, 건조, 맥주나 음료의 거품조절, 초코렛 제조, 술이나 음료의 숙성 등의 다방면에 이용되고 있으며 육류 식품의 조직 검사, 액체 식품의 점도 측정, 저장 및 반응기 내에서의 액위 측정, 식품 품질 평가 등에 응용되고 있다(Frederick, 1965; Sarker and

Wolf, 1988).

초음파 에너지는 충격력을 갖고 있으므로 그 에너지의 크기에 따라 식물체의 조직을 파괴할 수 있으며 고체표면에 부착된 물질을 이탈시킬 수 있어 과일 등의 세척이나 용기의 세척기술로 활용되고 있다(Wang, 1978). 여과 공정의 경우 형성되는 여과는 여과 저항값을 높여주고 있는데 식품과 같은 압축성 물질로 구성된 여과막은 여과공정에서 큰 문제가 되고 있어 여과막을 제거하는 번거로운 조작이 요구되고 있는 실정이다. 초음파 에너지를 식품의 여과공정에 적용할 경우 여과막의 조직을 적절히 파괴하여 여과 저항값을 낮출 가능성이 있으나 이에관한 연구는 보고되고 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 초음파 기술을 식품의 여과 공정에 활용할 수 있는지를 확인하고자 초음파 발생장치를 설계하고 초음파 여과 장치 제작에 필요한 시스템 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

재료

여료: 여과용 여재로 사용된 식품 현탁액은 된장으로 조제하였다. 콩과 보리를 2:1로 사용하여 서울대 식품공학과 식품공장에서 제조한 된장 50g을 물 5L에

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

넣어 2일간 침지시킨 다음 Waring blender로 3분간 분쇄하여 만든 현탁액을 사용하였다.

여제: 여제로는 여지(두께 0.2 mm, Whatman No. 43)를 사용하였다.

방법

여과 장치: 초음파 여과장치는 설계 제작하여 사용하였으며(Fig. 3 참조), 초음파의 주파수는 28.2 kHz 였으며, 매질은 온도를 20°C로 유지하였다.

초음파 출력검사 방법: 초음파 발진장치의 출력과 형 검사는 oscilloscope(Kenwood, DCS-7020, Japan)를 사용하였고, 기타 전기적 특성은 Digital Volt Meter (Hungchang, HC-5010, Korea)로 측정하였다. 한편, 매질중에서 유효한 초음파의 측정은 마이크(Shinkwang, SGM802, Korea)를 방수 처리한 후 진동자로 부터 높이 10 cm의 수조속 현탁액에 설치하여 oscilloscope로 측정하였고 측정된 자료는 디지털화하여 저장하였다. 또한 매질중에서 정성적인 초음파 측정은 수조 밑바닥으로부터 10 mm 부근에 알루미늄 호일(두께 0.1 mm)을 놓아, 호일에 발생하는 천공정도를 육안으로 관찰하였다.

여과방법: 초음파 여과장치를 사용하여 4L의 여료

를 600 mmHg의 정압하에서 여과하였으며, 모든 실험은 2반복으로 수행하였다.

결과 및 고찰

초음파 발진회로의 설계 및 제작

초음파의 발진회로는 28.2 kHz의 정형파를 발생시

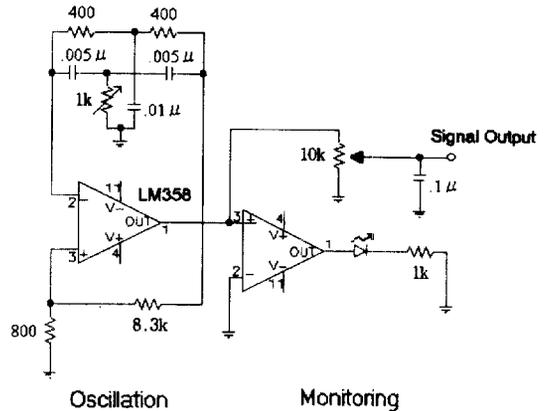


Fig. 1. The circuitry of ultrasonic oscillator.

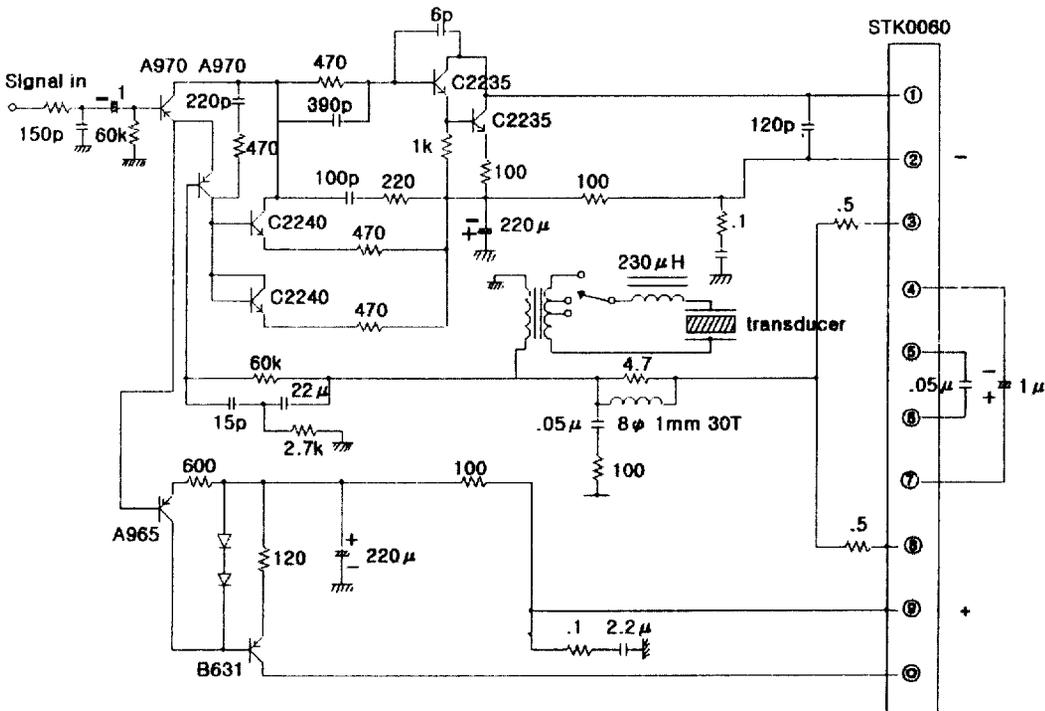


Fig. 2. The amplifier circuitry of ultrasonic wave.

키도록 Fig. 1과 같이 Op-amp LM358 등을 사용하여 Twin-T형 회로로 설계하였다(김영환과 전재근, 1991). 출력 주파수는 25~35 kHz 사이에서 변조가 가능하도록 하였고, 10 kΩ의 볼륨을 사용하여 출력 전압을 조절할 수 있도록 하였다. 그리고 초음파 진동자를 구동할 수 있도록 초음파 전력증폭회로를 트랜지스터와 STK0060 전력증폭 전용소자 등을 사용하여 70 V로 증폭하였다. 이때 Fig. 1의 3, 8번 단자의 증폭 출력신호는 matching transformer를 거쳐 transducer를 동작시키도록 하였다. 이때, 신호는 1 kΩ: 8 Ω의 변압기(70 W)를 역접합시켜 1~1.5 kV로 승압시켰다. 진동자의 용량성 임피던스를 제거하기 위해 코일을 사용하였는데, 약 230 μH의 리액턴스가 되도록 EI형 코어에 0.5 mm의 에나멜 피복동선을 감아 가감하면서 최대 전류

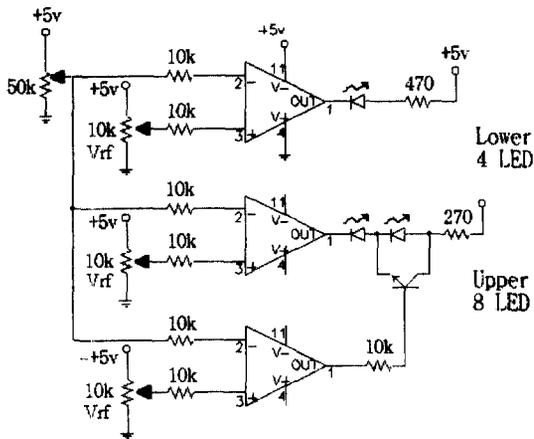


Fig. 3 The circuitry of output level meter.

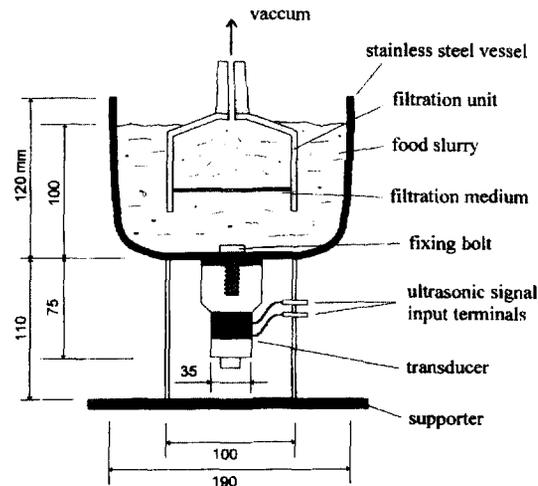


Fig. 4. Ultrasonic bath for filtration of food slurry.

치에서 고정시켰다(Fig. 2).

초음파 출력 감시 회로의 설계

여료 매질중에 방사되는 유효 초음파의 출력은 계속 monitoring 하기 어려우므로, 출력 조절볼륨을 2원으로 만들어 그중 하나에 5 V의 기준 전압을 인가한하고, 출력과 비교하여 차등전압치를 12 bit의 LED로 나타내도록 하였다. 완성된 회로도에는 Fig. 3과 같다.

초음파 여과용 수조 및 여과장치의 제작

원통형 스텐레스 스틸 용기(지름 19 cm, 두께 0.7 mm, 5 L)의 바닥 바깥에 진동자를 epoxy수지와 금속 bolt(Φ 8 mm)로 접촉한 초음파 여과용 수조를 Fig. 4와 같이 아크릴 원통(지름 9.5 cm, 두께 3 mm, 높이 110 mm)의 받침대 위에 고정시켰다. 제작된 수조내에 감압 여과기를 수직으로 설치하여 여제면이 수조의 바닥 면에 수평하게 위치시켜 진동자로 부터 출력되는 초음파가 여제에 수직으로 투사되도록 하였다. 여과장치가 설치된 수조내의 여료중에서 측정된 초음파

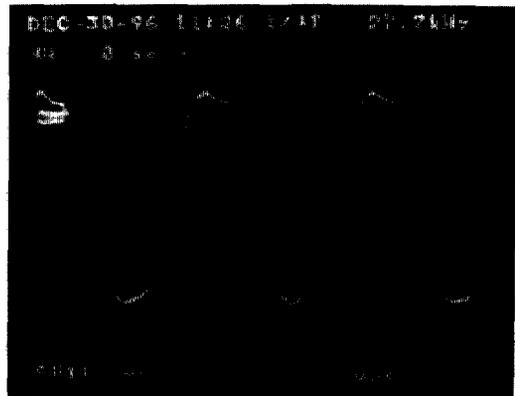


Fig. 5. Output ultrasonic signal from ultrasonic device.

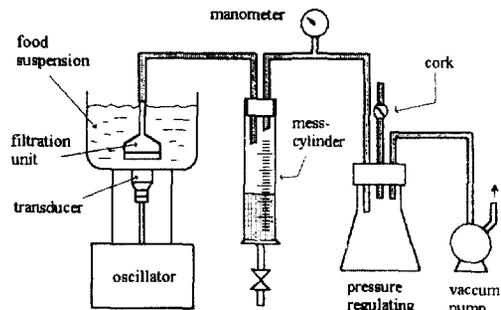


Fig. 6. Ultrasonic filtration system.

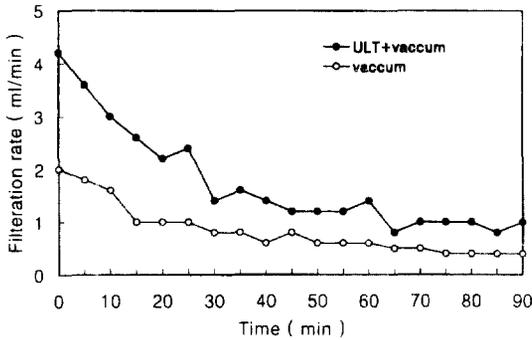


Fig. 7. Filtration curve of Daenzang.

는 Fig. 5와 같이 설계기준에 맞는 28.2 kHz의 정현파임을 확인할 수 있었다.

여과기는 Fig. 6과 같이 감압펌프에 고무튜브로 연결하였으며 여액을 메스실린더에 수집도록 하여 초음파 여과 시스템을 제작하였다.

장류 현탁액의 여과속도에 미치는 초음파의 영향

장류 현탁액을 초음파 여과 시스템을 사용하여 여과한 결과 Fig. 7과 같은 여과 곡선을 얻었다. 초음파 여과의 경우 초음파를 사용하지 않은 경우에 비하여 여과 속도가 현저히 증가함을 확인 하였는데 용량 기준으로 2배의 여과 속도 증가효과를 거두었다. 그리고 전 여과기간 중에 여과 속도를 증대 시킴을 알 수 있었다. 한편 초음파 여과시 형성된 여과박의 물리적인 조직도 육안으로 판별될 수 있을 정도의 변화가 있었다. 이와 같은 여과 속도의 증가 원인은 앞으로 규명되어야 할 과제이나 초음파의 진동 에너지가 여과박의 조직을 교란시켜 여과 저항 계수 값을 현저히 감소시킨 것으로 생각된다.

요 약

고출력의 초음파 에너지가 식품의 여과 속도에 미치는 영향을 조사하기 위하여 초음파 여과 시스템을 설계, 제작하였다. 초음파 장치에 대한 전자회로는 28.2 kHz의 정현파를 내도록 개발되었으며, 이 신호는 80

Watt의 압전 진동자를 조작하도록 증폭되었다. 진동자는 5L의 스테인레스 스틸 용기의 바닥에 볼트로 고정되었다. 여과장치는 초음파 수조의 바닥면에서 10 cm위에 설치하고, 초음파 조사하에서 10% 고형분의 된장은 20°C의 수조에서 600 mmHg하에서 정압여과할 때 여과속도는 2배로 증가되는 효과를 얻었다.

감사의 글

본 연구는 농림수산 특장연구과제의 지원으로 이루어졌으며 이에 감사를 드립니다.

문 헌

- 김영환, 전재근. 1991. 초음파 식품 여과 장치의 개발, 서울대학교 대학원 석사학위 논문.
- 전자기술연구회. 1989. 초음파 응용, 기문사, 서울, 대한민국.
- Steinberg, E.B. 1965. Ultrasonic in industry, *Proceeding of the IEEE*, **53**(10), 1292.
- Atkins, G., S.K. Kor and S. Petrucci. 1965. Ultrasonics in chemistry, *Proceedings of the IEEE*, **53**(1), 1379.
- Heath, J.L., S.L. Owens and J.W. Globe. 1980. Ultrasonic vibration as an aid in the acetic acid method of cleaning eggs, *Poultry science*, **59**, 737.
- Frederick, J.R. 1965. Ultrasonic engineering 1st ed., John Wiley & Sons.
- Erikson, K.R., F.J. Fry and J.P. Jones. 1974. Ultrasound in medicine, *IEEE transaction on sonics and ultrasonics*, **21**(3), 144.
- Dawson, L.E., C.W. Hall, E.H. Farmer and W.L. Mallmann. 1961. The use of ultrasonic energy for cleaning, *Poultry science*, **41**, 620.
- Wang, L.C. and W.J. Wolf. 1983. Soybean protein aggregation by sonication, **48**, 1260.
- Wang, L.C. 1978. Ultrasonic peptization of soybean proteins from autoclaved flakes, Alcohol-washed flakes and commercial samples, *Poultry science*, **43**, 1311.
- Wang, L.C. 1984. Ultrasonic extraction of a heat-labile 75 protein fraction from autoclaved, Defatted Soybean Flakes, *Poultry science*, **49**, 551.
- Sarker, N. and R.R. Wolfe. 1988. Potential of ultrasonic measurements in food quality evaluation, *Transactions of the ASAE*, 624.