

## 초음파 자극을 이용한 현미 발아촉진 기술개발

# Development of a Technique to Accelerate Germination of Brown Rice using Ultrasound Stimulus

이준*	정종훈**	홍지향**
정희원	정희원	정희원
J. Lee	J.H. Chung	J.H. Hong

### 1. 서론

현미는 백미에 비하여 지방, 단백질, 비타민 B1, B2가 풍부하고 식이섬유의 함량이 약 2배정도 높으며 칼슘과 철분을 비롯한 각종 무기질의 함량도 백미보다 높다(이 등, 1998). 이와 같이 백미에 비해 현미가 건강에 관심이 많은 현대인들에게 몸에 좋다는 것은 널리 알려진 사실이지만, 그 식감 및 소화율이 떨어지는 등의 결점으로 널리 애용되지 못하고 있다. 이에 현미를 적정 온·습도 하에서 발아시켜 싹을 틔운 발아 현미는 이런 결점을 보완할 수 있는 좋은 대안이 될 수 있다. 또한 현미를 발아시키면 현미 속에 잠들어 있던 효소가 일제히 활성화 된다. 이에 따라 고혈압 예방, 비만억제, 신경안정 등의 생리활성 기능에 효과가 있다고 알려져 있는 GABA( $\gamma$ -aminobutyric acid) 등의 기능성 성분이 싹이 2.5 mm 크기에 이를 때까지 급격히 증진되거나 새로이 생성 된다. 그리고 현미 중의 유효성분 (단백질, 미네랄, 식물섬유 등)도 증가하여 최적의 영양상태가 된다. 그러나 발아현미 제조 공정은 약 일주일 정도의 시간이 소요되고, 제조과정이 길어질수록 발아취나 곰팡이 등의 유해 요소가 발생할 가능성이 높다. 따라서 발아현미 생산 공정을 단축시키는 제조기술 및 시스템개발이 필요한 실정이다. 특히 키토산 처리는 현미 발아시 잡균의 오염을 방지할 수 있고, 양질의 발아현미를 생산할 수 있다(오 등, 2000). 이에 키토산 및 초음파 처리 등을 이용하여 현미 발아를 촉진하고 공정을 단축시키는 기술을 개발하고자 한다.

### 2. 재료 및 방법

초산처리, 수용성 키토산(Mw: 30만, Ja Kwang Co., Korea)처리, 불용성 키토산 처리(Mw; 200,000 DD; 98% Taehoon Co., Korea), 초음파 처리 등이 현미 발아촉진에 미치는 영향을 구명하기 위해서 발아실험을 실시하였다. 본 실험에 사용된 현미는 2004년산(품종: 동진)으로 전남 장성 진원농협에서 구입하였다. 시료는 처리당 정선된 현미 50립을 사용하였으며 이때 현미 함수율은 14% 이었다. Petri-dish(D: 9cm, H: 1.5cm)바닥에는 거즈를 2장씩 깔았으며 처리용액(77g)은 12시간마다 교환해 주었다. 항온항습기에서의 발아조건 온도는 25℃, 상대습도는 80%이었다. 항온항습기에서 현미발아 관찰 및 측정은 총 60시간 동안 하였으며, 발아된 현미 싹의 길이는 디지털버니어캘리퍼스(CD-15CD, Mitutoyo Co., Japan)를 사용하여 12시간마다 측정하였다. 시료의 발아 길이는 50립의 평균값으로 계산하였다.

---

\* 전남대학교 지역·바이오시스템공학과, \*\* 서울대학교 바이오시스템·소재학부

### 가. 초산처리

초산을 증류수(1차증류)에 희석하여 0.001, 0.01, 0.05% 초산용액을 만든 후 침지 실험을 실시하였다. 초산용액의 pH값은 디지털 pH측정기(420Aplus Benchtop pH Meter Orion, USA)로 측정하였는데, 각각 4.38, 3.82, 3.44 (물의 pH 7기준)이었다. 발아실험에 사용한 초산 용액은 12시간마다 새로이 조제한 용액으로 교환해 주었다.

### 나. 수용성 키토산처리

수용성 키토산 0.001, 0.01, 0.05%용액을 만들어 사용하였고, 이때 pH값은 각각 4.89, 4.28, 4.01이었다. 발아실험에 사용한 수용성 키토산 용액은 12시간마다 새로이 조제한 용액으로 교환해 주었다.

### 다. 불용성 키토산처리

불용성 키토산 0.001, 0.01, 0.05%용액을 만들어 사용하였고, 이때 pH값은 각각 3.31, 3.44, 3.82였다. 발아실험에 사용한 불용성 키토산 용액은 12시간마다 새로이 조제한 용액으로 교환해 주었다.

### 라. 28 kHz 초음파처리

초음파 발생장치(28 kHz, 290W, SD-200H, Seong dong Co., Korea)를 이용하여 수온 30℃에서 1, 5, 10, 20, 30, 60분 동안 각각 자극을 주었다.

### 마. 40 kHz 초음파 처리

초음파 발생장치(40 kHz, 150W, SD-D250H, Daihan Co., Korea)를 이용하여, 30℃ 수중에서 초음파 자극을 주었다. 처리시간은 각각 1, 5, 10, 20, 30, 60분으로 설정하였다.

### 바. 60 kHz 초음파처리

초음파 발생장치(60 kHz, 800W, sonic9420, Gowon Co., Korea)를 이용하여 수온 30℃에서 침지하여 1, 5, 10, 20, 30, 60분 동안 각각 자극을 주었다.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 초산처리

초산용액 처리에 의한 현미발아는 그림 1과 같이 나타났다. 초산용액 0.01%이하로 산성도가 pH4 이하로 낮아질수록 생리활성 및 성장촉진을 저해하였다. 반면에 초산용액 0.001%(pH 4.38)의 약산에서는 발아가 촉진되었다.

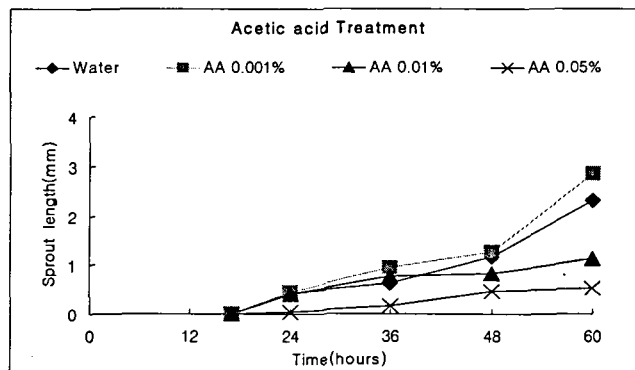


Fig. 1 The effect of acetic acid on the germination of brown rice (AA: acetic acid solution)

### 나. 수용성 키토산처리

수용성 키토산 용액이 현미발아에 미치는 영향은 그림 2와 같이 나타났으며 36시간까지는 무처리군과 비슷한 성장속도를 보여 주었다. 36시간 후부터는 수용성 키토산용액 0.05%, 0.01%, 0.001%순으로 성장이 촉진되었다. 특히 60시간 지난후에 0.05% 키토산용액 처리군은 대조군에 비하여 약 1.5배 발아가 촉진되었다.

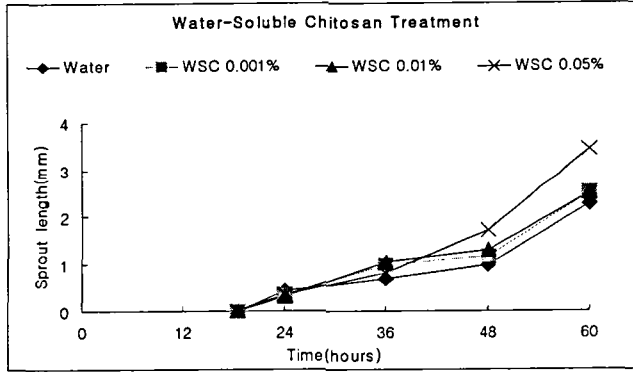


Fig. 2 The effects of water-soluble chitosan on the germination of brown rice (WSC: water-soluble chitosan)

### 다. 불용성 키토산처리

불용성 키토산 용액 처리군은 농도에 관계없이 대조군에 비하여 발아가 억제되었다. 이는 pH4 이하의 산성에서는 현미 발아가 억제되는 것으로 사료되었다.

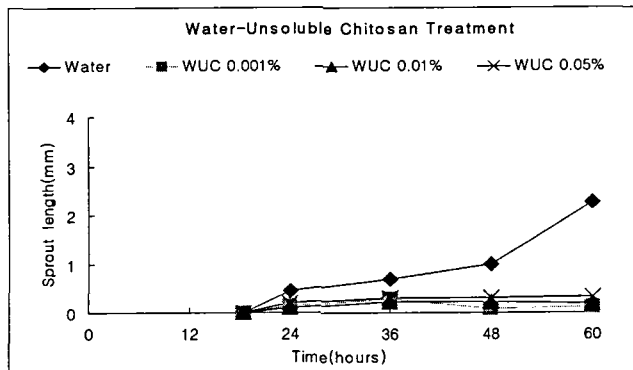


Fig. 3 The effects of water-insoluble chitosan on the germination of brown rice (WUC: water-insoluble chitosan)

### 라. 28 kHz 초음파처리

초음파 처리장치를 이용하여 수중 30°C에서 1, 5, 10, 20, 30, 60분 처리 후 시간에 따른 현미의 발아 및 성장은 그림 4와 같이 나타났다. 시간에 따라 현미 발아정도를 비교해 보면 초음파 5분, 10분, 20분, 30분 처리군이 무처리에 비해 효과적이었고, 60분의 초음파 처리에서는 현미에 지나친 자극을 주어 발열시킴으로서 효과가 없었다. 약 60시간 지난 후에는 초음파 5, 10, 20, 30분을 처리한 군에서 현미의 싹의 길이가 대조군에 비하여 약 2배 이상 촉진되었다.

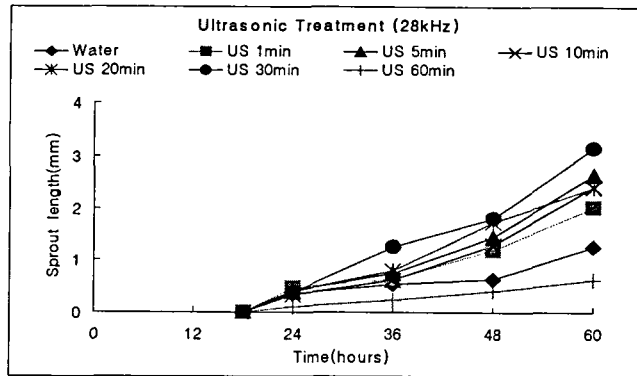


Fig. 4 The effects of 28 kHz ultrasonic on the germination of brown rice (US: ultrasound)

#### 마. 40 kHz 초음파처리

현미에 초음파처리장치를 이용해 수중 30℃에서 1, 5, 10, 20, 30, 60분 동안 각각 40 kHz 초음파 처리 후 시간에 따른 현미의 발아 및 성장은 그림 5와 같이 나타났다. 초음파를 1분, 5분, 10분 처리한 군이 20분, 30분 60분 처리한 군보다 발아촉진의 효과가 크게 나타났는데, 이는 적정 시간이상 자극을 주면 발열 등으로 곡립온도 상승으로 말미암아 그 효과가 줄어드는 것으로 나타났다. 특히, 초음파 5분 처리군에서 48시간 지난 후에 적합한 현미 싹 길이 약 2.5 mm에 가장 빨리 도달하였고, 이 시간대에 무처리인 경우에 비해 약 2배 이상의 발아 촉진효과가 있었다.

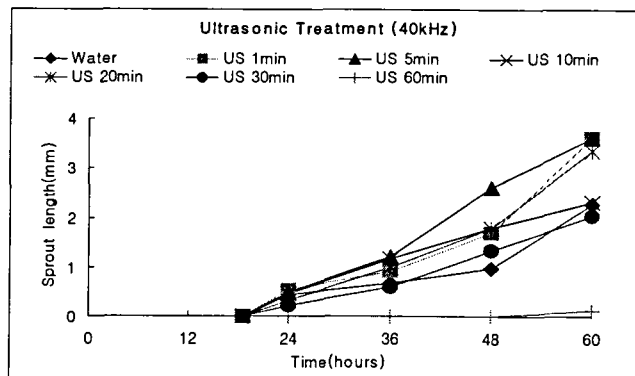


Fig. 5 The effects of 40 kHz ultrasonic treatment in the germination of brown rice (US: ultrasound)

#### 바. 60 kHz 초음파처리

초음파 처리장치를 이용하여 수중 30℃에서 1, 5, 10, 20, 30, 60분 처리 후 시간에 따른 현미의 발아 및 성장은 그림 6와 같이 나타났다. 60 kHz 처리군에서는 상대적으로 28 kHz, 40 kHz 처리군과 비교할 때 발아촉진에 대한 초음파 처리효과가 적게 나타났다. 초음파 30분 처리군이 가장 효과적이었고, 다른 처리군들도 무처리 보다는 효과적 이었다. 약 60시간 지난 후에는 초음파를 처리한 군에서 현미의 싹의 길이가 2.5-3.0 mm에 도달하였다.

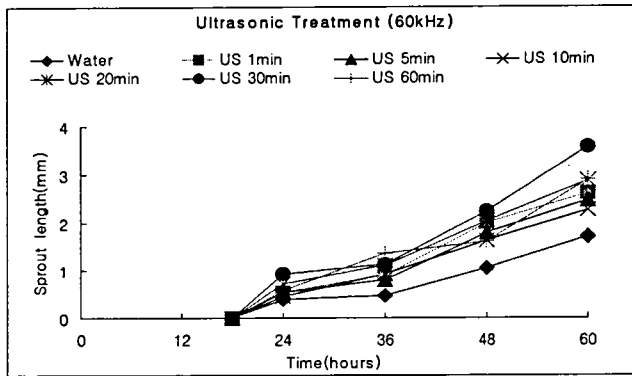


Fig. 6 The effects of 60 kHz ultrasonic on the germination of brown rice (US: ultrasound)

Table 1. Germination and  $T_{2.5}$  of brown rice affected by ultrasound 28, 40 and 60 kHz

Seed treatment	min	Germination(%)	$T_{2.5}$ (hr) / Control $T_{2.5}$ (hr)	$T_{2.5}$ Ratio(%)
28 kHz	30	92	53.7 / 74.0	73
40 kHz	5	98	47.1 / 61.8	76
60 kHz	30	94	50.41 / 68.1	74

\* Note:  $T_{2.5}$  means the germination time(hr) required for 2.5 mm sprout length.

#### 4. 요약 및 결론

현미의 발아촉진기술을 개발하기 위해 초산처리, 수용성 키토산처리, 불용성 키토산처리, 28, 40, 60 kHz 초음파를 각각 처리한 결과를 요약하면 다음과 같다.

가. 초산 0.01%이하의 농도에서는 발아가 억제 되었으며, 0.001% 농도에서 2.5 mm 성장하는데 소요되는 시간( $T_{2.5}$ )은 57.35 hr(무처리 : 75.9 hr) 이었다.

나. 수용성키토산 0.05%와 0.001% 농도에서는 발아가 촉진되었으며, 특히 0.05% 농도에서  $T_{2.5}$ 는 53.44 hr(무처리 : 61.8 hr) 이었다. 차후 키토산 농도를 조금 높여서 실험할 필요성이 있었다.

다. 불용성키토산 0.05%와 0.001% 농도에서는 모두 발아가 억제되었다. 이때 pH 값은 모두 4이하였는데, 이는 pH 4 이하에서는 현미발아가 억제됨을 알 수 있었다.

라. 초음파 28 kHz 처리에서는 30분, 40 kHz에서는 5분, 60 kHz에서는 30분 동안 자극을 받은 처리군에서 각각 무처리군에 비해 60시간 후에는 2배정도의 발아촉진 효과를 보였다. 현미 싹 2.5 mm 발아에 소요되는 시간은 초음파 처리로 발아시간이 약 25% 정도 단축되었으며, 초음파 40 kHz 5 min 처리군이 가장 발아촉진에 효과적인 것으로 나타났다.

#### 5. 참고문헌

1. 이창호. 1998, 현미의 기능성, 식품기술. 11(1):pp. 3-6.
2. Oh, S. H. and Y. G. Choi (2000), Production of the quality germinated brown rices containing high  $\gamma$ -aminobutyric acid by the chitosan application, Kor. J. Biotechnol. Bioeng. 15, 615-620.
3. Footitt, S. and M. A. Chon. 1992. Seed dormancy in red rice. VIII. Embryo acidification during dormancy-breaking and subsequent germination. Plant Physiol. 100:1196-1202.