

초음파 처리가 현미발아 촉진에 미치는 영향

Effects of ultrasound treatments on acceleration of brown rice germination

이준*	정중훈**	최영수*	홍지향**	최성문*
정회원	정회원	정회원	정회원	정회원
J. Lee	J.H. Chung	Y.S. Choi	J.H. Hong	S.M. Choi

1. 서론

초음파란 음파와 마찬가지로 매개물질을 통한 진동으로서 일반 사람의 청각으로는 감지할 수 없는 20 kHz 이상의 고주파 영역의 압력파이다. 이러한 초음파를 액체매질 속으로 조사하면 공동화(cavitation)로 인해 미세한 공동화기포(cavitation bubble)로 성장하며, 충분히 성장한 기포가 폭발적으로 파열하는 진행과정을 거치게 된다. 그런데 기포가 성장하는 과정에 수용액의 증기가 기포 내로 유입되고 또한 기포 내에 에너지가 축적되어 기포내부의 온도와 압력이 매우 높아진다. 충분히 성장된 기포가 폭발적으로 파열될 때 기포내의 고온고압가스가 순간적으로 방출되면서 충격파를 발생한다. 이와 같은 작용을 이용하여 현미표면의 이물질들을 세척하고 발아 촉진을 위한 자극을 줄 수 있다. 현미를 발아시키면 현미 속에 잠들어 있던 효소가 일제히 활성화된다. 이때 특히 고혈압 예방, 비만억제, 신경안정 등의 생리활성기능에 효과가 있는 것으로 알려진 GABA(γ -aminobutyric acid) 등의 기능성 성분이 현미 싹 길이 2.5 mm에 이를 때까지 급격히 증진되거나 새로이 생성된다. 그러나 발아현미 제조 공정은 약 일주일 정도의 시간이 소요되고, 제조과정이 길어질수록 발아취나 곰팡이 등의 유해 요소가 발생할 가능성이 높다(오 등, 2000). 따라서 발아현미 생산 공정을 단축시키는 제조기술 및 시스템 개발이 필요한 실정이다. 이러한 제조기술 및 시스템 개발을 위한 기초 연구로서 초음파처리가 현미발아에 미치는 영향을 구명하고자 본 연구를 수행하였다.

2. 재료 및 방법

본 실험에 사용된 현미는 2004년산(품종: 동진)으로 전남 장성 진원농협에서 구입하였다. 시료는 처리 당 정선된 현미 50립을 사용하였으며 이때 현미 함유율은 14% 이었다. 주파수별 초음파 자극 처리가 발아촉진에 미치는 영향을 구명하기 위해서 세 가지 형태의 발아실험을 실시하였다. 초음파 자극을 위해서 28 kHz 초음파세척기(SD-200H, Seong dong Co., Korea), 40 kHz 초음파세척기(SD-D250H, Daihan Co., Korea), 60 kHz 초음파세척기(sonic9420, Gowon Co., Korea)를 사용하였으며, 각각은 초음파 강도와 수온 조절이 가능하다. 항온·항습기(GCS, Labtech, Co., USA)에서의 발아온도는 25°C, 상대습도는 80%로 하였다. 항온·항습기에서 현미 발아 관찰 및 측정은 총 60시간 동안 하였으며, 발아된 현미 싹의 길이는 디지털버니어캘리퍼스

* 전남대학교 생물산업공학과, ** 서울대학교 바이오시스템·소재학부

(CD-15CD, Mitutoyo Co., Japan)를 사용하여 12시간마다 측정하였다. 발아 시험용 Petri-dish (D: 9cm, H: 1.5cm) 바닥에는 흡습지(TY2, Advantec Co., Japan)를 2장씩 깔았으며 처리용액 (증류수 77g)은 12시간마다 교환해 주었다. 시료의 발아된 싹의 길이는 50립의 평균값으로 계산하였다.

모든 발아실험은 3회 반복하여 평균편차를 구하였으며, 각 평균값의 유의적인 차이를 통계 S/W인 SAS(SAS, institute Co., USA)의 분산분석(ANOVA) Duncan's test로 유의성을 검정하였다. 현미에 초음파 자극의 처리를 한 후에 발아방식은 다음과 같은 3가지 방법을 사용하였다.

1. Type I은 28, 40, 60 kHz 초음파처리 후 60시간 동안 증류수에 계속 침지(수중)발아 실험.
2. Type II는 28, 40, 60 kHz 초음파처리 후 12시간 동안 증류수에 침종발아 후 48시간 동안 대기발아 실험.
3. Type III는 28, 40, 60 kHz 초음파처리 후 12시간 증류수에 침종 후 12시간 대기발아를 하는 수중 및 대기발아의 12시간씩 반복하는 발아시험, 여기서 각각의 초음파도 12시간마다 반복 적용하였다.

3. 결과 및 고찰

세 가지 발아방법 현미 싹의 길이가 2.5 mm($T_{2.5}$)에 가장 빨리 도달하는 방법은 Type I이었다. 따라서 Type I의 실험 결과를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

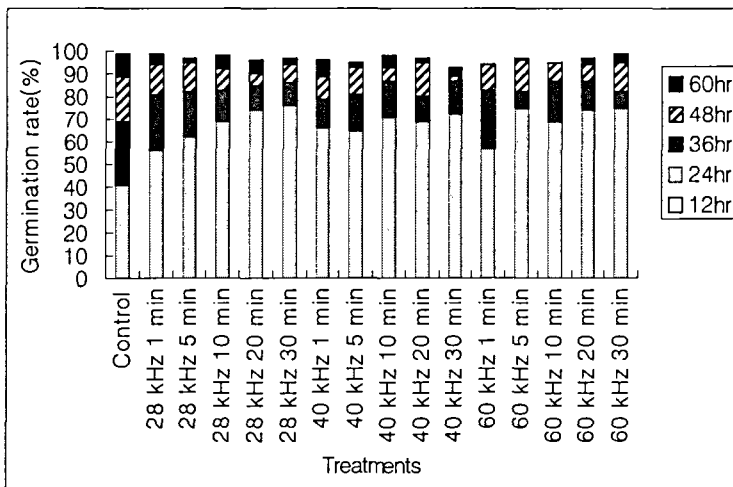


Fig. 1 The effects of 28, 40, 60 kHz ultra-sound on the germination rate of brown rice

그림 1은 각각의 초음파 자극에 따른 현미의 발아율을 나타낸 그림이다. 초기 24시간동안의 발아율은 그림에서 보는 것과 같이 초음파 자극시간이 길어질수록 점점 좋아지는 것을 알 수 있었다. 그러나 시간이 지날수록 전체적으로 발아율은 좋았다.

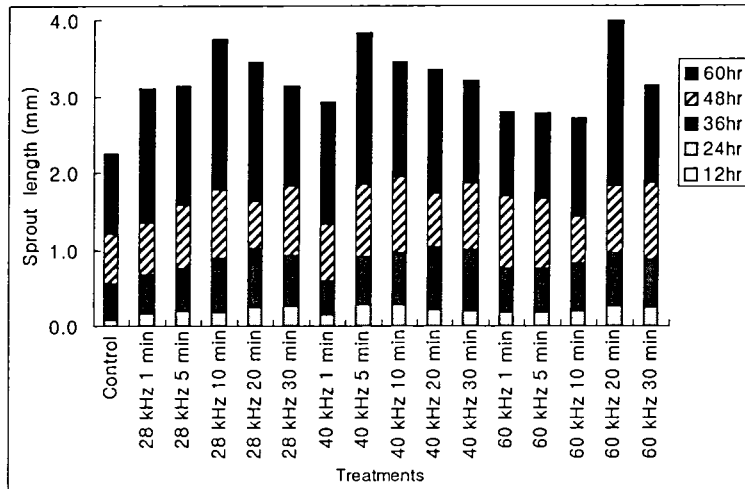


Fig. 2 The effects of 28, 40, 60 kHz ultra-sound on length of brown rice sprouts

그림 2는 초음파 자극에 따른 현미 싹의 성장 길이를 나타내었다. US 28, 40, 60 kHz에서 성장이 제일 빠른 처리는 각각 10, 5, 20분 자극을 주었을 때였다. 특히 초음파 적용 시간 등을 고려할 때 US 40 kHz 5분 처리한 실험군이 최적으로 판단되었다. 60시간 후 성장 길이는 3.837 mm 이었다. 또한 $T_{2.5}$ ratio가 0.825로 무처리에 비하여 1.2배 단축되었다.

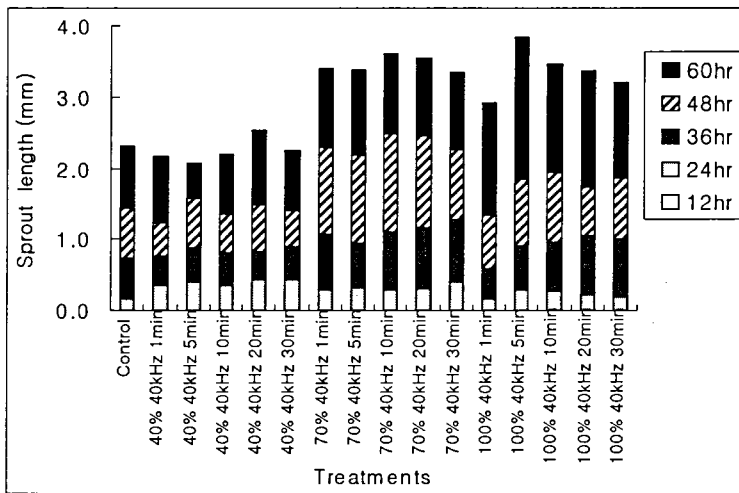


Fig. 3 The effects of 40 kHz ultra-sound strength 40~100% treatment on length of brown rice sprouts

40 kHz에서 초음파 강도(40, 70, 100%)에 따른 현미의 발아 및 성장은 그림 3과 같이 나타났 다. 초음파 강도 40%(0.137 W/cm²)에서는 60시간 후 20분 처리군이 2.526 mm 성장하였고, 초음파 강도 70%(0.241 W/cm²)에서는 10분 처리군이 3.598 mm, 100%(0.344 W/cm²)에서는 5분 처리군이 3.837 mm로 빠른 성장을 보였다($p < 0.0001$). 초음파 강도 강(100 %)에서 $T_{2.5}$

ratio는 각각 5, 10, 20, 30, 1분순으로 나타났다. 모든 처리군이 무처리에 비하여 발아 촉진 효과가 있었다. 40 kHz 5분 처리 이상에서는 초음파 적용시간이 길어질수록 성장이 점점 적어지는 것을 관찰할 수 있었다. 이는 적정 시간이상 자극을 주면 곡립 내부온도 상승에 따라 생체조직 손상으로 말미암아 성장촉진 효과가 줄어드는 것으로 판단되었다. 다음 표 1은 Type I에서 초음파 주파수에 따른 현미 발아율과 $T_{2.5}$ 를 나타낸 표로써 40 kHz 5분 처리군이 가장 빠른 성장효과를 보이는 것을 알 수 있다.

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

Seed treatment	min	Germination rate(%)	$T_{2.5}$ (hr) / Control $T_{2.5}$ (hr)	$T_{2.5}$ Ratio(%)
28 kHz	10	98.0	52.3 / 62.9	83.14
	20	96.0	53.6 / 62.9	85.21
40 kHz	5	94.7	51.9 / 62.9	82.51
	10	98.0	52.3 / 62.9	83.14
60 kHz	20	96.7	57.1 / 62.9	90.77

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

4. 요약 및 결론

초음파 자극(20, 40, 60 kHz; 1, 5, 10, 20, 30분)을 주어 현미발아 및 생리활성에 최적인 주파수, 적용시간을 구명하고자한 세 가지 형태의 발아 실험의 결과는 다음과 같다.

1. 현미의 초기 휴면 타파에는 Type III의 초음파 반복자극이 가장 좋은 효과를 나타내었다. 그러나 반복 자극으로 인한 스트레스로 인해서 무처리에 비해서 현미 싹의 성장은 저해되었다.
2. 초음파 40 kHz 강도별 40, 70, 100%(0.137, 0.241, 0.344 W/cm²) 처리를 하였을 때 강도 70 ~ 100%일 때 좋은 성장을 나타내었다.
3. 모든 처리군 중에서 $T_{2.5}$ 가 가장 좋게 나타난 처리군 들은 Type I 처리의 28 kHz 10, 20분 처리, 40 kHz 5, 10분 처리, 60 kHz 20분 처리였다($p < 0.0001$). 초음파 적용시간 등의 경제성을 고려할 때 최적 초음파 주파수 및 적용시간은 40 kHz 0.344 W/cm², 5분으로 판단하였다. 이때 $T_{2.5}$ 는 51.9시간 이었다.

5. 참고문헌

1. 김일두, 김문식 등, 2001. 초음파를 이용한 발아현미 제조방법. 국내공개특허 제 2001-0074128
2. 이종락, 1997. 초음파와 그 사용법, 세화
3. Oh, S. H. and Y. G. Choi, 2000. Production of the quality germinated brown rices containing high r-aminobutyric acid by the chitosan application. Kor. J. Biotechnol. Bioeng. 15: 615-620.