

## 침수 및 대기 발아방식과 키토산 처리가 현미발아에 미치는 영향

이 준 임기택 홍지향 이종욱 최영수 이양봉 최성문 정종훈

### Effects of Germinating Types of Water-soaking & Air-exposure and Chitosan Treatment on Brown Rice Germination

J. Lee K. T. Lim J. H. Hong C. O. Rhee Y. S. Choi Y. B. Lee S. M. Choi J. H. Chung

#### Abstract

The effects of germinating types and treatments of acetic acid, water-soluble and water-insoluble chitosan on the germination ratio and sprout length of brown rice were investigated in this study. The treatment of 0.001% acetic acid improved the germination ratio and sprout growth of brown rice in the germinating types of a air-exposure method after water-soaking (Type II) and a repetitive method of water-soaking & air-exposure (Type III), not water-soaking method (Type I). The treatment of water-soluble chitosan with higher concentration caused higher germination ratio and faster sprout growth. The treatment of water-insoluble chitosan repressed the germination and the sprout growth of brown rice. The germination ratios of brown rice germinated by the Type III were higher than those by Type I and Type II for all the treatments of acetic acid and water-soluble & water-insoluble chitosan as more than 97% germination ratio. Also, the Type III method accelerated the sprout growth of brown rice compared with Type I and Type II.

**Keywords :** Water-soaking, Air-exposure, Chitosan Treatment, Germination Ratio, Sprout Length

#### 1. 서론

백미에 비해 현미가 건강에 관심이 많은 현대인들에게 몸에 좋다는 것은 널리 알려진 사실이다. 그러나 현미는 조리가 어렵고 식감 및 소화율이 떨어지는 등의 단점으로 소비가 제한 받고 있다. 현미를 발아시키면 현미 속에 잠들어 있던 효소가 일제히 활성화 된다. 이에 따라 고혈압 예방, 비만억제, 신경안정 등의 생리활성 기능에 효과가 있다고 알려져 있는 감마아미노뷰티릭산( $\gamma$ -aminobutyric acid, GABA) 등의 기능성 성분이 현미 싹 길이 약 2.5 mm에 이를 때까지 급격히 증진되거나 생성 된다. 또한 현미 발아 시 현미 속에 잠들어 있던 효소가 활성화되고, 단백질의 질적 변화, 미량 영양소의 증가, 탄수화물

의 소화율 증가 및 반영양적 요소의 감소나 제거가 이루어지는 등 다양한 변화가 일어나기 때문에 발아에 의한 식품의 영양적 가치를 증대시키려는 연구가 많이 이루어지고 있다(Kim and Lee, 1997; 이, 1998; 이, 1999). 발아 현미에 관한 연구 결과로 발아조건 관련 특허가 약 70여건, 기타 발아조건 및 건조 방법에 대한 연구, 기능성분인 GABA에 대한 연구, 가공 원료로서 이용에 대한 연구 등이 있다. 일본에서는 발아현미를 이용한 건강 기능성 제품이 다양하게 판매되고 있고 소비가 증가하고 있으며, 국내에서도 2003년부터 C업체에서 발아현미밥이 시판되면서 발아현미 가공제품이 두유, 음료, 생식, 죽 등 다양한 제품으로 확산되고 있다. 이에 따라서 국내 발아현미 소비량도 큰 폭으로 증가하고 있다(Kum et al., 2004). 이런 여건의 변화

This study was conducted by the research fund supported by Agricultural R&D Promotion Center (ARPC). The article was submitted for publication in May 2006, reviewed and approved for publication by the editorial board of KSAM in June 2006. The authors are J. Lee, Graduate Student, Chonnam National University, K. T. Lim, Graduate Student, J. H. Hong, Visiting Researcher, Research Institute for Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, C. O. Rhee, Professor, Y. S. Choi, Associate Professor, Chonnam National University, Y. B. Lee, Associate Professor, Pukyong National University, S. M. Choi, Graduate Student, Chonnam National University, J. H. Chung, Associate Professor, Dept. of Biosystems & Biomaterials Science and Engineering, Seoul National University, Korea. The corresponding author is Jong Hoon Chung, Associate Professor, Dept. of Biosystems & Biomaterials Science and Engineering, Seoul National University, Seoul, 151-742, Korea; Tel & Fax: +82-2-880-4601; E-mail: <jchung@snu.ac.kr>

에 따라 양질의 발아현미를 안정적으로 생산할 수 있는 생산 공정과 작업 시간을 단축시키는 제조 기술 및 시스템 개발이 요구되고 있다. 그러나 기존 발아현미 제조 공정은 약 일주일 정도의 시간이 소요되고 있으며, 제조과정과 발아 시간이 길어 질수록 발아 시 생성되는 악취나 곰팡이 등의 유해 요소가 발생할 가능성이 높다(Oh and Choi, 2000). 종자의 발아는 종피의 산소투과성, 삼투성, 배의 생리적 불안전 등과 연계된 휴면, 종자의 충실도 등에 영향을 받으므로 이러한 요인들을 개선하기 위한 화학적 처리가 요망된다. 따라서 발아현미 품질을 높이고, 생산 공정을 단축시키는 제조기술 및 시스템 개발이 필요하다. 이에 천연고분자이고 항균성이 있는 키토산을 사용하여 침수 및 대기 발아방식에 따라 키토산처리가 현미 발아율 및 발아속도에 미치는 영향을 구명하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

초산처리, 수용성 키토산(Mw: 30만, Ja Kwang Co., Korea) 처리, 불용성 키토산 처리(Mw: 200,000, DD; 98% Tachoon

Co., Korea)가 현미 발아에 미치는 영향을 구명하기 위해서 발아실험을 하였다. 본 실험에 사용된 현미는 2004년산(품종: 동진)으로 전남 장성 진원농협에서 구입하였다. 시료는 처리당 정선된 현미 50립을 사용하였으며 함수율은 14% 이었다. 발아시험용 Petri-dish(직경: 9 cm, 높이: 1.5 cm)바닥에는 흡습지(TY2, Advantec Co., Japan)를 2장씩 넣고 처리용액(77 g)은 12시간마다 교환해 주었다. 항온항습기에서의 발아조건 온도는 25℃, 상대습도는 80%이었다. 항온·항습기에서 총 60시간 동안 현미발아과정을 관찰 측정하였으며, 발아된 현미 싹의 길이는 디지털버니어캘리퍼스(CD-15CD, Mitutoyo Co., Japan)를 사용하여 12시간마다 측정하였다. 시료의 발아 길이는 50립의 평균값으로 계산하였다. 발아방법 I(Type I)은 60시간 동안 초산, 수용성키토산, 불용성키토산에서 계속 침수(수중)발아 실험, 발아방법 II(Type II)은 초산, 수용성키토산, 불용성키토산에 12시간 동안 침수발아 후 48시간 동안 대기발아 실험, 발아방법 III(Type III)은 초산, 수용성키토산, 불용성키토산에 12시간 침수 후 12시간 대기발아시키는 즉, 수중 및 대기 발아를 12시간씩 반복하는 발아실험 방법이다(그림 1).

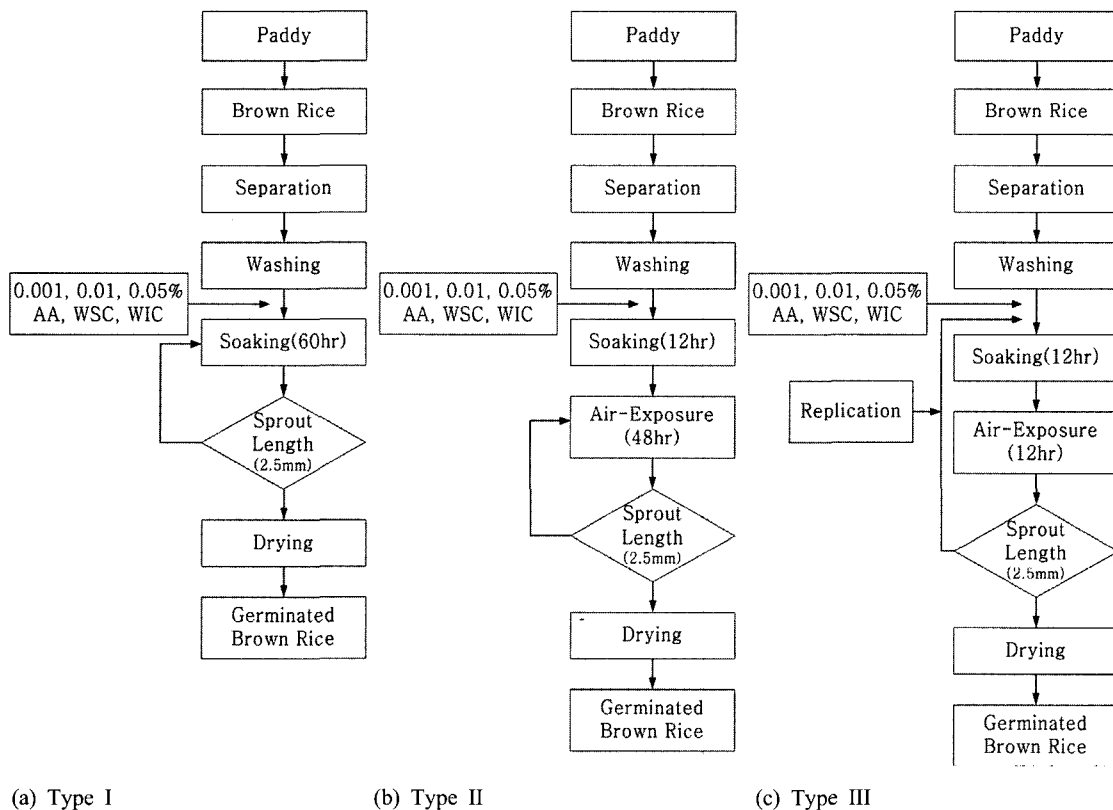


Fig. 1 Flow chart of germination test of brown rice.

Type I: Soaking in water for 60 hours.

Type II: Soaking in water for 12 hours and air-exposure for 48 hours.

Type III: Soaking in water for 12 hours and air-exposure for 12 hours repeatedly.

(AA: acetic acid solution, WSC: water soluble chitosan, WIC: water insoluble chitosan)

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 침수 발아방식, Type I

그림 2는 묽은 초산용액, 수용성키토산 용액, 불용성키토산 용액 그리고 대조군으로 증류수에서 현미를 계속하여 침지시킬 경우 수중발아율(Type I)을 나타낸 것이다. 60시간 발아시킨 후 현미 발아율은 무처리군에서는 약 89%로 나타났으며, 초산용액에서는 약 65%-90%, 수용성키토산 용액에서는 약 90%-94% 수준으로 나타났다(그림 2). 그러나 불용성키토산 용액에서 발아시킨 경우에는 60시간 발아시킨 후 발아율이 50%이하로 매우 낮게 나타났다.

초산용액의 처리군에서는 농도가 높은 0.05%인 경우 농도 0.01%와 0.001% 경우에 비해 발아율이 65%로 매우 낮게 나타난 것으로 보아 초산의 농도는 0.01% 이하가 적합하며, 초산 농도가 높으면 대체적으로 발아를 억제시키는 것으로 사료되었다. 발아초기에는 초산용액이 휴면 타파 및 발아에 어

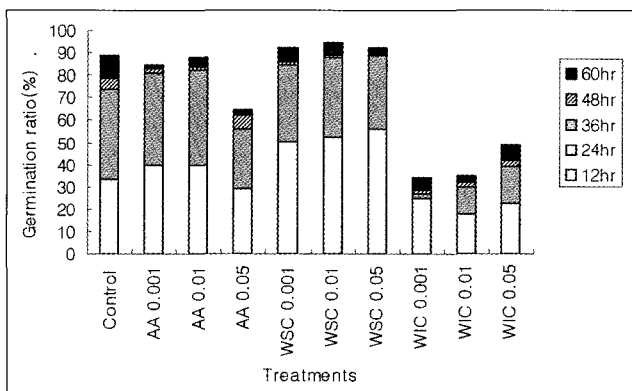


Fig. 2 Effects of AA, WSC, WIC on the germination ratio of brown rice by Type I. (AA: acetic acid solution, WSC: water soluble chitosan, WIC: water insoluble chitosan)

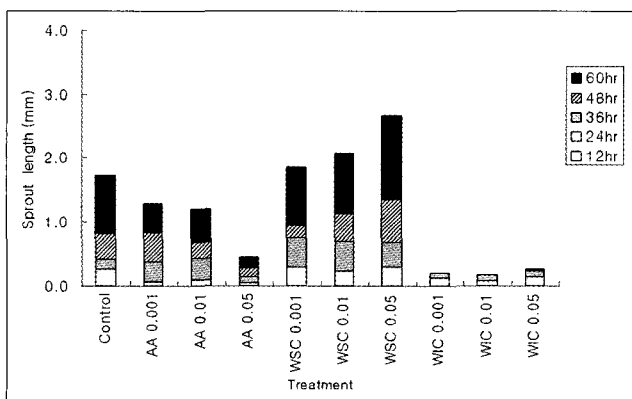


Fig. 3 Effects of AA, WSC, WIC on growth of brown rice sprouts by Type I. (AA: acetic acid solution, WSC: water soluble chitosan, WIC: water insoluble chitosan)

는 정도 기여하는 것으로 나타났으나 낮은 산성도는 시간이 지날수록 발아 촉진에 저해를 주었다. Khan 등(1973)은 고농도의 유기용매 처리는 세포막 단백질의 변성을 초래하여 물질 투과를 조절하는 막의 기능이 상실됨으로써 발아 촉진 물질 및 발아억제 물질 모두가 누출되어 종자활력이 상실된다고 하였다.

수용성키토산 용액의 경우에는 0.001%, 0.01%, 0.05%의 농도 모두에서 발아율이 90%이상으로 높게 나타났으며, 특히 초기에는 농도 0.05%에서 발아율이 높게 나타났고, 최종 60시간 후 발아율은 농도 0.01%에서 가장 높은 약 94%를 나타내었다.

Type I의 발아방식에서 현미싹의 길이를 비교한 결과 그림 3과 같이 수용성키토산 용액, 무처리군, 묽은 초산용액 순으로 잘 성장하였고, 불용성키토산 용액에서는 발아율이 낮은 것처럼 싹이 거의 자라지 않았다.

60시간 발아시킨 후 무처리군에서는 약 1.8 mm의 싹이 자란 반면 초산용액에서는 1.5 mm 이하로 자랐으며, 수용성키토산 용액에서는 싹이 약 2.0 mm 이상 2.7 mm 정도까지 성장하였다. 초산용액에서는 발아율과 마찬가지로 농도가 높을수록 싹이 성장하질 못하였다. 수용성키토산 용액에서는 60시간이 지난 후 농도 0.001%에서는 싹의 길이가 약 2 mm, 농도 0.05%에서는 싹의 길이가 약 2.7 mm 정도까지 자라서 수용성키토산 농도가 높을수록 현미 싹이 잘 자라함을 알 수 있었다. 침수발아 방식에서는 수용성키토산 용액에서의 현미 발아가 발아율과 싹의 성장 측면에서 다른 처리군에 비해 가장 좋게 나타났다. 이는 Yoo 등(1999)이 언급한 것과 마찬가지로 식물종자의 키토산처리와 종자에 발아촉진과 생육촉진에 증진하는데 있어 생리적 활성 효과가 있는 것으로 판단되었다.

#### 나. 침수후 대기 발아방식, Type II

현미발아시 현미를 12시간 물에 침지한 후 48시간 현미를 반쯤 공기에 노출시켜 대기발아 시키는 방식 Type II에서, 초산, 수용성키토산, 불용성키토산 처리에 따른 발아율은 그림 4와 같이 나타났다. 불용성 키토산을 제외하고 묽은 초산용액과 수용성키토산 용액에서 발아시킨 처리군들은 무처리군에 비해 초기발아율과 최종발아율이 높은 것으로 나타났다.

불용성키토산을 처리군에서는 60시간 동안 발아율이 약 28%-60% 내외로 나타났고 무처리군에서는 약 82%정도로 나타났으나, 초산용액과 수용성키토산을 처리한 군에서는 발아율이 각각 약 87%-96%와 90%-93%로서 높게 나타났다.

묽은 초산용액에서는 용액이 묽을수록, 수용성키토산에서

는 농도가 높을수록 발아율이 높게 나타나는 것으로 나타났다. 특히, 불용성키토산 처리군은 용매인 초산과의 혼합시 낮은 산성도로 인해서 발아가 억제되는 것이 관찰되었다.

초산, 수용성키토산, 불용성키토산 처리에 따라 12시간 침수 발아후 연이어 48시간 대기발아를 시킨 현미의 싹 길이는 그림 5와 같이 나타났다.

처리를 하지 않은 대조군의 경우 60시간 경과후 싹의 길이가 약 1.3 mm로서 Type I과 Type III의 무처리 대조군의 싹 길이가 각각 약 1.8 mm와 약 2.1 mm에 비해 성장도가 떨어졌다. 초산 처리군에서 60시간 발아시킨 후의 싹의 길이는 0.001% 농도에서 약 2.2 mm, 0.01% 농도에서 약 1.5 mm, 0.05% 농도에서는 약 0.8 mm로 나타났다. 초산농도 0.001, 0.01, 0.05%순으로 초산의 농도가 진해질수록 성장 및 발아가 저해되었다. 초산용액 0.001% 처리군은 2.5 mm까지의 성장을 비교해 볼 때 대조군에 비하여 발아시간이 1.34배 단축되었다. 초산농도 0.01% 이상의 농도에서는 대조군에 비해서 발아가 억제되었다. 이는 Hemmat(1985)등이 언급한 것과 마찬가지로

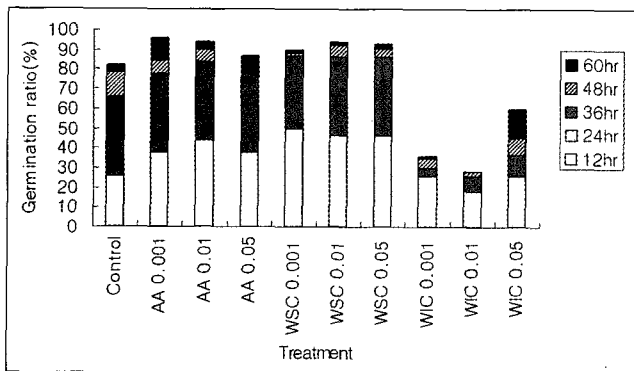


Fig. 4 Effects of AA, WSC, WIC on the germination ratio of brown rice by Type II. (AA: acetic acid solution, WSC: water soluble chitosan, WIC: water insoluble chitosan)

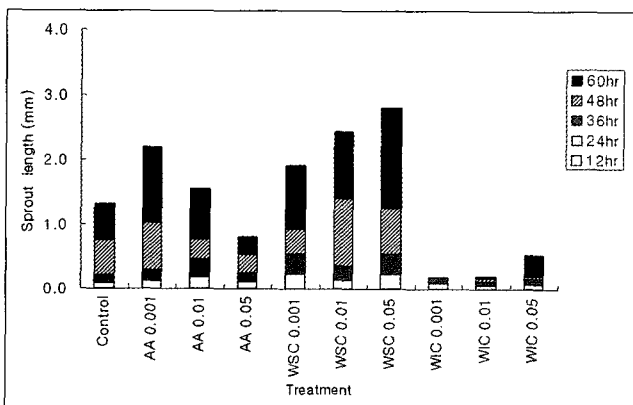


Fig. 5 Effects of AA, WSC, WIC on growth of brown rice sprouts by Type II. (AA: acetic acid solution, WSC: water soluble chitosan, WIC: water insoluble chitosan)

로 침지용액의 초산 농도가 높아 유근 정단에 손상을 가하여 발아력이 상실된 것으로 판단되었다.

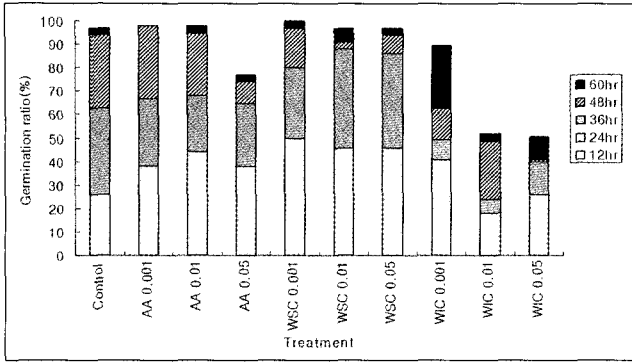
수용성키토산 용액 처리군들은 36시간 후부터 무처리군에 비하여 두드러진 싹 성장을 보여 주었다. 특히 60시간 지난 후에 수용성키토산 처리군에서의 현미 싹 길이는 농도 0.001%에서 약 1.9 mm, 농도 0.01%에서 약 2.5 mm, 농도 0.05%에는 약 2.8 mm를 나타냈다. 0.05% 수용성키토산용액 처리군은 2.5 mm까지의 성장을 비교해 볼 때 대조군에 비하여 약 1.47배(27.3시간) 발아시간이 단축되었다. 또한 수용성키토산 처리군은 무처리 대조군과 다른 처리군들에 비해 가장 발아율도 높고 성장속도도 높았다.

불용성 키토산 용액 처리군은 60시간의 발아시간 후의 싹의 길이가 0.2-0.5 mm 정도로서 농도에 관계없이 대조군에 비하여 발아가 매우 억제되는 것을 알 수 있었다. 이는 침지 발아 실험에서와 마찬가지로 pH 4 이하의 산성에서는 현미 발아가 억제되는 것으로 사료되었다.

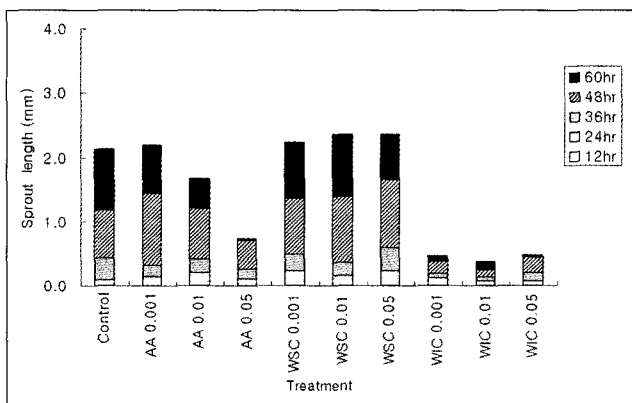
침수 후 대기 발아방식에서도 수용성키토산용액 처리군이 타처리군에 비해 발아율과 현미 싹의 성장 측면에서 가장 우수하였다.

#### 다. 침수 및 대기의 반복적용 발아방식, Type III

Type III의 발아방식이 Type I과 Type II의 발아방식에 비해 모든 처리군에서 발아율이 매우 높게 나타났으며(그림 6), 60시간 재배후의 현미 싹의 길이도 무처리군에서는 아주 양호하게 나타났다(그림 7). Type III의 발아방식에서 무처리대조군에서는 발아율이 약 97%, 0.001%와 0.01%의 초산용액에서는 약 98%, 0.05%의 초산용액에는 약 76%, 수용성키토산 처리군에서는 약 97%-99%, 그리고 0.001% 불용성키토산 용액에서는 약 88%, 0.01%와 0.05%의 불용성키토산 농도에서는 각각 약 52%와 51%를 나타냈다(그림 6). 발아초기의 발아율도 수용성키토산용액에서 타처리군에 비해 높게 나타났으며, 최종 발아율도 97%이상 100%까지 가장 높게 나타났다. 수용성키토산 처리군에서 발아방식간에 발아율을 비교해 보면 Type III가 약 97%-100%, Type II가 약 90%-93%, Type I이 약 92%-94%로서 Type III가 가장 높게 나타났다. 또한, 세가지 발아방식간의 무처리대조군 발아율을 비교해 보면, Type III가 약 97%로 가장 우수하였고, 그 다음에 Type I의 약 89% 그리고 Type II의 약 82% 순이었다. 초산용액의 처리군에서도 농도가 낮은 0.001%와 0.01%의 처리군에서는 발아율이 약 98%이상으로 다른 발아방식에 비해 높게 나타났으나 농도 0.05%에서는 발아율이 약 76%로 낮게 나타났다. 불용성키토산 처리군에서는 다른 발아방식에 비해 상대



**Fig. 6** Effects of AA, WSC, WIC on the germination ratio of brown rice by Type III. (AA: acetic acid solution, WSC: water soluble chitosan, WIC: water insoluble chitosan)



**Fig. 7** Effects of AA, WSC, WIC on growth of brown rice sprouts by Type III. (AA: acetic acid solution, WSC: water soluble chitosan, WIC: water insoluble chitosan)

적으로 발아율이 높게 나타났으나 절대적으로는 다른 발아방식처럼 낮게 나타났다.

60시간 발아시킨후 현미 싹의 길이를 비교해 보면 무처리 대조군에서는 약 2.1 mm, 초산용액 0.001%, 0.01%, 0.05%에서 각각 2.2 mm, 1.7 mm, 0.7 mm를 나타냈고, 수용성키토산용액에서는 약 2.3-2.4 mm, 불용성키토산용액에서는 0.3-0.5 mm를 나타냈다(그림 7). 수용성키토산용액 처리군에서 가장 싹이 잘 자랐고, 그 다음에는 0.001%의 초산용액과 무처리군에서 잘 자랐으며, 상대적으로 농도가 높은 초산용액과 불용성키토산용액에서는 싹이 잘 자라지 못하였다.

**라. 발아방식에 따른 발아율과 싹의 성장 비교**

발아율을 발아방식에 따라 비교하면 Type III의 침수 및 대기의 반복적용 발아방식이 다른 발아방식에 비해 우수하였다. 발아율이 무처리 대조군에서는 Type III, Type I, Type II 순으로 높았고, 초산 처리군에서는 Type III, Type II 그리고 Type I 순으로 높았으며, 수용성키토산 처리군에서는 Type

III가 가장 높았고, Type II와 Type I은 비슷하였다. 불용성키토산 처리군의 발아율은 Type III가 약 51%-88%로서 상대적으로 높았고, Type II와 Type I은 비슷하여 27-60%로 낮게 나타났다.

현미 싹의 성장은 모든 처리군에서 종합적으로 볼 때 Type III가 전체적으로 우수한 것으로 판명되었다. 무처리대조군에서는 60시간 경과 후 싹 성장에서는 Type III 발아방식이 가장 좋았고, 그 다음에는 Type I 그리고 Type II의 순으로 나타났다. 수용성키토산 처리군에서는 싹의 성장이 모든 발아방식에서 다른 처리군들에 비해 양호하였고, 특히 발아방식 Type I과 Type II에서는 키토산 농도가 높을수록 성장효과가 크고, 발아방식 Type III에서 농도의 효과는 크지 않았다. 초산 처리군에서는 초산의 농도가 높을수록 모든 발아방식에서 성장이 억제되고, 불용성키토산 처리군에서는 모든 발아방식에서 성장이 억제되었다.

**마. 초산과 키토산 처리가 발아율과 싹의 성장에 미치는 영향**

농도가 0.01%이하의 초산용액 처리군에서는 발아율이 Type II의 무처리 대조군보다 약 10% 이상 높게 나타났고, Type I과 III에서는 무처리군과 비슷하게 나타났다. 특히 초산 처리군에서는 발아율이 Type III, Type II 그리고 Type I의 순으로 높게 나타났으며, 초산농도가 0.05% 이상에서 모든 발아방식에서 발아율이 낮게 나타났다. 계속 침지하여 발아하는 Type I에서는 초산용액 처리가 싹의 성장을 억제하였지만, Type II와 III의 대기발아가 있는 경우에는 0.001% 초산용액이 싹 성장을 촉진하는 것으로 나타났다. 그러나 초산농도가 0.01% 이상에서 싹 성장 억제현상이 나타났다.

수용성키토산 처리군은 다른 처리군에 비해 모든 발아방식에서 60시간 발아후 발아율도 약 90-98%, 싹 성장 길이가 1.8-2.8 mm로 수용성키토산 처리효과가 우수하였다. 수용성키토산을 처리한 세 가지 발아방식 중에서 침수와 대기를 반복 적용하는 발아방식, Type III에서 발아율이 약 97%-100%로 가장 높게 나타났으며, Type I, II도 약 90-94%로 비슷하게 나타났다. 수용성키토산의 농도가 높을수록 Type I, II의 발아방식에서는 현미싹의 성장효과가 높게 나타났으나, Type III에서는 그 효과는 적었다. 수용성키토산의 처리는 모든 발아방식에서 현미 발아율과 싹 성장에 효과적인 것을 알 수 있었다.

현미 싹 길이가 2.5 mm에 도달할 때의 발아시간을 T<sub>2.5</sub>(hr)로 나타내었을 경우, 수용성키토산 0.05%의 농도에서 세 가지 발아방식에 따른 발아 단축시간과 발아율을 비교하여 표 1에 나타내었다. 이 때 발아율은 Type III에서 가장 높았다.

Table 1. Germination ratio and T<sub>2.5</sub> of brown rice according to germinating types in water-soluble chitosan (WSC) treatments

Ger. method	WSC (%)	Ger. ratio (%)	T <sub>2.5</sub> (hr) / Control T <sub>2.5</sub> (hr)	T <sub>2.5</sub> Ratio (%)
Type I	0.05	92.0	58.5 / 70.2	83.3
Type II	0.05	92.7	57.5 / 84.8	67.8
Type III	0.05	96.7	62.3 / 64.6	96.4

\* Note: T<sub>2.5</sub> means the germination time (hr) required for 2.5 mm sprout length.

T<sub>2.5</sub> Ratio (%) means {T<sub>2.5</sub> (hr) / Control T<sub>2.5</sub> (hr)} x 100.

그리고 수용성키토산과 무처리군의 T<sub>2.5</sub>의 발아시간은 Type I에서 각각 58.5, 70.2시간, Type II에서는 각각 57.5, 84.8시간, Type III에서는 각각 62.3, 64.6시간을 나타내었다. 무처리군에서만 발아시간을 비교해 보면 발아방식 Type III가 가장 짧은 T<sub>2.5</sub>의 발아시간을 나타내었고, 수용성키토산 처리군에서는 Type II가 가장 짧은 시간을 나타내었다. 그리고 무처리군의 T<sub>2.5</sub>에 대한 수용성키토산처리군의 T<sub>2.5</sub>의 발아시간 단축비율은 67.8%로 Type II에서 가장 효과적이었다. 현미 발아율과 싹 성장을 종합적으로 고려할 때 Type III 방식의 수용성키토산처리가 가장 효과적인 것으로 사료되었다.

불용성키토산 처리는 세가지의 발아방식 모두에서 발아율이 낮게 나타났고, 싹의 성장도 억제됨을 알 수 있었다.

Type II에 비하여 최고 약 20시간, Type I에 비해 약 6시간 빠른 성장 촉진효과를 나타내었다. 이에 Type III 발아방식처럼 침수와 대기발아의 반복이 현미 싹의 성장을 촉진하는 것으로 나타났다.

- 바. 화학적 처리 중에서 싹 길이가 2.5 mm에 도달하는 발아시간 T<sub>2.5</sub>가 가장 빠른 것은 Type II 처리의 수용성키토산 0.05% 처리군으로, 57.5시간 만에 2.5 mm까지 성장하였다.
- 사. 세 가지 발아방식에서 pH 4 이하의 낮은 산성도를 나타내는 초산, 불용성키토산 용액을 처리한 결과 처리용액 농도가 높아질수록 현미 싹의 성장 및 발아율이 무처리군에 비하여 억제되었다.

#### 4. 요약 및 결론

본 연구는 묽은 초산, 수용성 및 불용성 키토산의 화학적 처리가 현미 발아율과 싹 성장 촉진에 미치는 영향을 구명하였다.

- 가. 0.001% 묽은 초산용액 처리가 침수후 대기발아(Type II), 침수와 대기 반복발아(Type III)의 두 방식에서는 현미 발아율의 증가와 싹 성장촉진의 효과가 있었으나 초산농도가 높은 경우에는 역효과가 일어났다. 그리고, 계속해서 침수 발아하는 방식(Type I)에서는 발아율의 증가와 싹 성장 효과는 없었다.
- 나. 현미 발아시 수용성키토산을 처리한 경우에 세가지 모든 발아방식에서 농도가 높을수록 높은 발아율과 싹 성장촉진을 가져왔다.
- 다. 불용성키토산 처리는 세가지의 모든 발아방식에서 발아율 저조 및 싹 성장 억제를 가져왔다.
- 라. 발아율은 모든 처리군에서 공히 침수와 대기발아를 반복하는 방식(Type III)이 다른 발아방식에 비해 97% 이상으로 나타났다.
- 마. 세 가지 발아방식중 무처리군만의 T<sub>2.5</sub>를 비교해 보면 Type III인 침지발아 및 대기발아의 반복적용 처리가

#### 참고 문헌

1. 이은웅. 1999. 수도작. 향문사. pp. 60-64, 168-169, 318-324.
2. 이창호. 1998. 현미의 기능성. 식품기술. 11(1): 3-6.
3. Hemmat, M., G. W. Zeng, and A. A. Khan. 1985. Response of intact and scarified culy dock (*Rumex crispus*) seeds to physical and chemical stimuli. *Weed Sci.* 33: 658-664.
4. Kim S. S. and W. J. Lee. 1979. Characteristics of germinated rice as a potential raw materials for Sikhe production. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 29(1): 101-106. (In Korean)
5. Khan, A. A., K. L. Tao, and C. H. Roe. 1973. Application of chemicals in organic solvents to dry seeds. *Plant Physiol.* 52: 79-81.
6. Kum, J. S., B. K. Choi, H. Y. Lee, J. D. Park and H. J. Park. 2004. Physicochemical properties of germinated brown rice. *Korean J. Food Sci. Technol.*, Vol. 11(2): 182-188. (In Korean)
7. Oh, S. H. and Y. G. Choi. 2000. Production of the quality germinated brown rices containing high r-aminobutyric acid by the chitosan application. *Korean. J. Biotechnol. Bioeng.* 15: 615-620. (In Korean)
8. Yoo, Y. K., Kang, S. W. and Kim, K. H. 1999. Growth and flowering in *Lilium oriental* hybrid Casablanca by chitosan treatment. *Research of Natural Resources.* 2: 17-23. (In Korean)