

발아조건 및 건조방법이 발아현미의 이화학적 특성에 미치는 영향

김선림*[†] · 손영구* · 손종록* · 허한순*

*농촌진흥청 작물시험장

Effect of Germination Condition and Drying Methods on Physicochemical Properties of Sprouted Brown Rice

Sun Lim Kim*[†], Young Koo Son*, Jong Rok Son* and Han Sun Hur*

*National Crop Experiment Station

ABSTRACT: This study was carried out to investigate the effect of germination condition and drying temperature on growth and physicochemical properties of brown rice. Three brown rice seeds of Ilpumbyeo, Dasanbyeo and Heugjinjubyeo were stored at room temperature for six weeks to test the time-sequence germination viability. Relatively stable germination ratio was maintained until 2 weeks after storage. However, 3 weeks after storage, germination ratio of brown rice seeds started to decrease rapidly and their germination ratio was lower than 80%. For this reason, brown rice was recommended for seeding within 2 weeks after hulling. During the initial 5 days, germination ratio of 24 hours pre-soaking brown rice was higher about 2~3% than that of non-soaking brown rice. The 25°C was considered as the most favorable temperature for brown rice germination, because of the high germination ratio and desirable coleoptile growth of the brown rice, and little seed rotting symptoms. The scanning electron micrographs showed the structural differences between hot-air dried and freeze dried germinated-brown rice kernel. In the freeze dried germinated-brown rice, seed coat (pericarp, tegmen and aleurone layer) was mechanically disrupted from the endosperm, and many cleavages were observed among starch storing cells and starch granules. The endosperm of freeze-dried brown rice kernels formed the sponge-like structures and showed the fragile traits. For this reason, hot-air drying is considered as more suitable method than freeze drying for germinated-brown rice. The crude protein and amylose contents were slightly changed, but there were no significant differences during the germination period. Crude fiber content was decreased, but crude fat and total amino acid contents were increased as seeding days increased. A rapid increase in α -amylase activities of germinating brown rice was observed at 5 days after seeding, and α -amylase activities were decreased from 8 days after seeding. Total free sugar contents were decreased during the germination period.

There was continuous decline in the contents of sucrose and glucose until 8 days after seeding, but fructose and maltose content were gradually increased from the 5 days after seeding.

Keywords : brown rice, germination, freeze drying, hot-air drying, free sugars, α -amylase, amylose, amino acids, protein, fat, fiber.

현미는 과피(pericarp), 종피(seed coat) 및 호분층(aleurone layer)으로 구성된 미강과 배(embryo) 및 배유(endosperm)로 이루어져 있으며, 이들의 구성비율은 일반적으로 미강 5~6%, 배 2~3%, 배유 92% 정도에 해당하기 때문에 현미를 도정하면 현미의 약 92%에 해당하는 백미를 얻을 수 있다. 현미는 백미에 비하여 지방, 단백질, vitamin B1·B2가 풍부하고 식이섬유의 함량이 약 2배정도 높으며 칼슘과 철분을 비롯한 각종 무기질의 함량도 백미보다 높기 때문에 현미를 백미로 도정할 때 도정도가 높아질수록 양적 감소뿐만 아니라 호분층에 다량 함유되어 있는 각종 영양분의 감소를 초래하게 된다(Juliano & Bechtel, 1985; Kim & Cheigh, 1979; 이창호, 1998; 이은웅, 1999; Lee *et al.*, 1988).

그러나 현미는 백미와는 수분 흡수속도 및 가수량이 달라 밥짓기가 다소 번거로운 뿐만 아니라 질감도 백미에 비하여 거칠기 때문에 식미가 낮은 문제점이 지적되고 있다. 따라서 이와 같은 문제점을 개선하고자 하는 노력이 있어 왔으며 현미를 이용한 쌀음료의 개발 및 발아시킨 현미를 식혜의 원료로 이용해보려는 등 각종 시도가 이루어지고 있다(Kim & Lee, 1997; Lee & Kim, 1998).

최근 발아시킨 현미는 조직을 연화시켜 질감이 개선될 뿐만 아니라 발아과정중 각종 기능성 미량성분들이 활성화된다는 보도로 발아시킨 현미를 이용하고자 하는 관심이 고조되고 있으나 지금까지 현미의 발아특성에 관한 연구가 체계적으로 이루어진 바 없으며, 재배조건도 확립되어 있지 않은 실정이다.

[†]Corresponding author: (Phone) +82-31-290-6794 (E-mail) kims1@rda.go.kr

<Received April 24, 2001>

따라서 본 시험은 국내육성 벼품종을 공시하여 발아현미를 재배하고 재배온도 및 적정재배일수와 건조방법 등 발아에 따른 현미의 발아특성 및 이화학적 특성의 변화를 검토하고 얻어진 결과를 보고하는 바이다.

材料 및 方法

본시험은 1999년 농촌진흥청 작물시험장에서 수확된 일품벼, 다산벼 및 흑진주벼를 현미로 도정하여 공시재료로 사용하였다.

발아현미의 재배는 재배온도와 수온, 관수간격 및 시간을 일정하게 조절할 수 있도록 국내에서 제작된 살수식 재배상(WK-2160, Korea)을 사용하였다. 재배온도에 따른 현미의 생육특성을 검토하기 위하여 재배상의 온도를 23, 25 및 27°C로 각각 처리하였는데, 현미 1 kg을 망사자루에 넣고 stainless용기에 담아 재배수가 3시간 간격으로 3분간 살수되도록 조절하여 처리온도 및 발아일수에 따른 현미의 발아율 및 부패발생 정도를 조사하였다.

또한 발아일수별로 시료를 채취하여 50, 55 및 60°C에서 열풍건조 하였고, 동결건조는 채취된 시료를 -70°C에서 24시간 동안 급속동결 후 동결건조(본디로, Il Sung Eng. Co., Korea)하여 발아일수의 경과에 따른 발아현미의 이화학특성 검토를 위한 시료로 사용하였다. 열풍건조된 현미와 동결건조된 현미의 전자현미경관찰은 현미를 Gold cutting하여 SEM(LEO-440, Germany)으로 관찰하였으며, 종실경도(Hardness)는 Texture analyser(TA-XT2, England)에서 2 mm의 probe로 측정하였고, 색차는 Color & color difference meter(Minolta Chromameter CR-200, Japan)로 측정하여 Hunter value인 명도(L), 적색도(a) 및 황색도(b)로 나타냈는데, 이때 사용된 표준백판은 L=97.38, a=0.02, b=1.66이었다. 조단백질은 micro-Kjeldahl 법으로 증류(Kjeltec 2100 distillation system, Denmark)하여 질소계수 6.25를 곱하여 환산하였으며, 조지방의 함량은 Soxhtherm automatic system(Gerhardt, Germany)으로 hexane 탈지하여 측정하였다. 유리당 함량은 마쇄된 시료 0.5 g에 20 ml 증류수를 가하여 교반하고 여과지(No. 2)로 여과 후 5,000 rpm으로 15분간 원심분리 후 상등액을 0.45 µm Millipore filter 및 Sep-Pak NH₂로 여과하여 색소 및 불순물을 제거 후 Supelco LC-NH₂ Column을 사용하여 HPLC로 분석하였다. 아미노산의 분석은 Pico-Tag방법(White *et al.*, 1988)으로 분석하였는데, 시료에 6N HCl을 가하고 N₂ gas로 치환하여 Workstation에서 150°C로 1시간 가수분해 후 Sep-Pak C₁₈ cartridge로 여과하여 Methanol : Water : TEA : PITC(7:1:1:1, V/V)로 제조된 시약으로 유도체화시켜 20 µl를 Pico-Tag column (3.9×150 mm, 4 µm)에 주입하였는데, 이때 column의 온도는 47°C였다. Amylose 함량은 Juliano법(Juliano *et al.*, 1981)에 의하여 Spectrophotometer(Cary 3E, Varian, U.S.A.) 620 nm

에서 측정하였고, α-amylase의 활성은 AOAC법(AOAC International, 1995)을 변형하여 측정하여 활성도는 mg/ml로 나타내었다.

結果 및 考察

현미의 저장기간에 따른 발아율

Fig. 1은 벼(일품벼, 다산벼, 흑진주벼)를 현미로 도정후 상온에서 저장하면서 저장기간의 경과에 따른 현미의 발아율을 검토한 결과를 나타낸 것이다.

그림에서 보는 바와 같이 벼를 현미로 도정후 상온저장할 경우 저장 2주까지는 발아율에 뚜렷한 차이를 나타내지 않았으나 저장후 3주부터 발아율이 현저히 감소되는 것을 알 수 있었으며 4주 이상 저장할 경우 발아율이 80%에 미치지 못하는 것으로 나타났다.

발아현미는 백미와는 달리 현미를 일정기간 발아시킨 후 건조하여 이용하기 때문에 현미의 발아율이 낮을 경우 문제가 된다.

벼의 발아력은 품종 고유특성, 수확후 저장조건 및 각종 환경요인 등에 영향(Hoshikawa, 1989; Kozlowski, 1972; 이은웅, 1999)을 받을 뿐만 아니라 현미로 도정하는 과정중 배(embryo)의 물리적 손상여부도 현미의 발아에 영향을 미치는 요인으로 작용한다. 뿐만 아니라 벼를 현미로 도정하면 왕겨에 보호되어 있을 때와는 달리 외기에 직접 노출되기 때문에 산화되기 쉬운 뿐만 아니라 관련 효소들이 활성화되어 가수분해되기 때문에 결과적으로 발아력을 상실하는 원인이 된다고 할 수 있다. 특히, 가수분해는 지방질의 에스테르결합에 작용하여 유리지방산을 생산하게 되는데 여기에는 lipoxidase, lipase 등 여러 가지 효소들이 관여하며 저장기간중 고미취를 생성하거나 산도의 증가에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Luh *et al.*, 1991; Yasumatsu *et al.*, 1964, 1965).

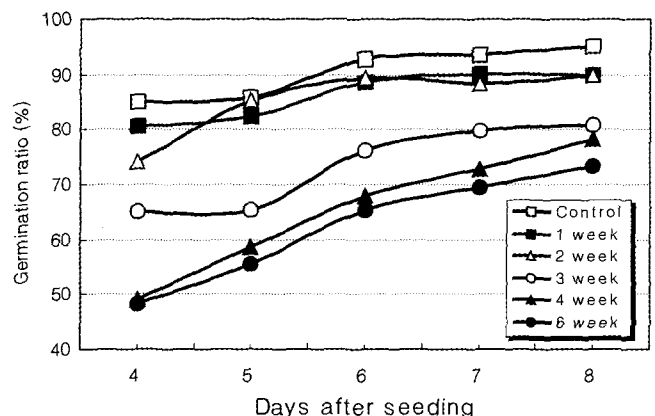


Fig. 1. Germination ratio of brown rice according to various storage periods. Each germination ratio represents the mean value of Ilpumbyeo, Dasanbyeo and Heugjinjubyeo.

콩나물 등을 비롯하여 종자가 비교적 큰 종자를 발아시킬 경우에는 발아되지 않은 개체는 육안선별이 가능할 뿐만 아니라 하배축의 발달정도로 구분할 수 있지만 현미의 경우 종자의 크기가 작아서 정상적으로 발아되지 않은 종실을 선별한다는 것은 매우 까다롭다고 할 수 있다. 따라서 발아력을 상실한 현미종자들은 건전한 종자들과 혼합되어 발아기간중 침종되어 있다가 일정기간이 경과된 후에 정상적으로 발아가 이루어진 현미종자들과 함께 그대로 건조시킬 수밖에 없기 때문에 현미의 발아율은 발아현미의 품질에 중대한 영향을 미칠 뿐만 아니라 위생상 문제가 아닐 수 없다.

따라서 현미를 발아시키고자 할 때는 도정된 현미를 2주 이내에 종자로 사용하는 것이 바람직한 것으로 판단되었다.

침종, 무침종에 따른 현미의 발아율

Fig. 2는 현미를 발아시키기전 침종처리 여부가 발아율에 미치는 영향을 비교 검토한 결과를 나타낸 것이다.

일반적으로 볍씨는 종자중량의 약 23%의 수분을 흡수하면 발아가 가능하고 발아에 요구되는 최소량의 수분을 흡수하는데 15°C에서 약 6일정도 소요한다고 한다(Hoshikawa, 1989; 이은웅, 1999). 현미의 경우 도정에 의하여 왕겨가 제거된 상태이기 때문에 수분의 흡수패턴이 정조와는 상이할 것으로 판단될 뿐만 아니라 왕겨에 함유되어 있는 ineketone, *p*-coumaric acid, S(+)-dehydrovomifoliol, momilactone-C, momilactones-A 및 -B와 같은 발아억제물질(Kato *et al.*, 1977)의 간섭도 사전에 제거된 상태라 할 수 있기 때문에 발아양상도 정조와는 상이할 것으로 판단된다.

Fig. 2에서 보는 바와 같이 현미는 치상후 4일이 경과하면서 발아가 시작되는데, 24시간 침종시킨 현미가 무침종 현미에 비하여 초기 발아율이 2~3% 증가됨을 알 수 있었다.

발아현미는 일정기간 발아시킨 현미를 건조하여 식용으로

Table 1. Germination ratio and rotting degree of brown rice at different germination temperatures and days.

Germination temp. (°C)	Days after seeding				
	4	5	6	7	8
23	55.3 (-) [†]	71.0 (-)	80.1 (-)	83.1 (-)	88.5 (+)
25	59.5 (-)	72.2 (-)	85.6 (-)	86.3 (-)	89.2 (+)
27	66.4 (-)	78.0 (-)	86.4 (+)	87.2 (++)	91.1 (++)

Each germination ratio represents the mean value of Ilpumbyeo, Dasanbyeo and Heugjinjubyeo

[†]() represents the rotting degree : - (none), + (weak), ++ (medium).

이용하는 것이기 때문에 현미는 초기발아율이 높고 발아기간이 짧아질수록 유리하다고 볼 수 있으므로 발아현미를 재배하기 위해서는 현미종자를 24시간 침종시킨 후 발아시키는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

발아온도별 발아율과 부패발생 정도

Table 1은 발아온도에 따른 현미의 발아율과 부패발생정도를 나타낸 것이며, Fig. 3은 발아온도에 따른 발아현미의 초엽장을 나타낸 것이다.

벼는 품종에 따른 변이는 있으나 최적 발아온도가 약 30~34°C인 것으로 알려져 있다(Hoshikawa, 1989; 이은웅, 1999). 일반적으로 벼를 묘로 재배하여 이앙을 목적으로 할 경우 종자소독을 하여 부패발생을 사전에 방지할 수 있으므로 발아온도가 다소 고온일지라도 그다지 문제가 되지 않는다고 할 수 있으나 발아현미는 발아후 건조하여 식용을 목적으로 재배하기 때문에 종자소독제를 처리한다는 것은 문제가 된다. 따라서 발아현미의 재배는 부패가 발생되지 않으면서 발아가 신속히 이루어질 수 있도록 재배하는 것이 매우 중요하다고 할 수 있다.

표에서 보는 바와 같이 현미를 23°C와 25°C에서 재배할 경

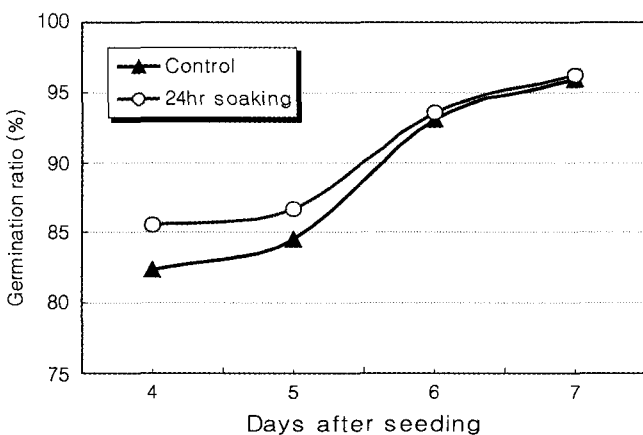


Fig. 2. Comparison of germination ratio between pre-soaking treatment of brown rice. Each germination ratio represents the mean value of Ilpumbyeo, Dasanbyeo and Heugjinjubyeo.

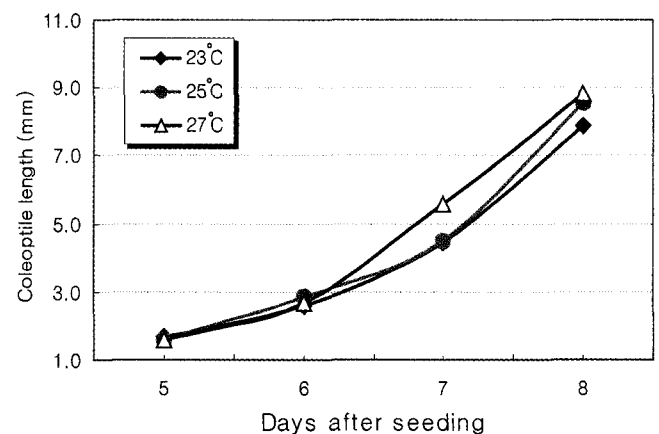


Fig. 3. Development of coleoptile length of brown rice at different germination temperature. Each values represent the mean value of Ilpumbyeo, Dasanbyeo and Heugjinjubyeo.

우 치상후 8일 이전에는 부패가 발생되지 않았으나 27°C로 재배시 발아 6일부터 부패가 발생하기 때문에 발아현미의 재배는 23°C~25°C의 범위가 적절할 것으로 판단된다. 그러나 23°C의 경우 25°C에 비하여 발아율이 낮고 27°C의 경우 초기 발아율은 높으나 부패가 발생되기 때문에 25°C가 발아현미의 재배에 유리한 것으로 판단되었다. 발아현미는 발아일수 또는 초엽장에 따라 규격화가 가능한데, Fig. 3에서 보는 바와 같이 23, 25, 27°C에서 재배할 때 치상후 6일까지는 초엽장에 차이가 없으나 7일 이후부터는 차이를 보이기 시작하였고 발아온도가 높을수록 초엽장이 길었다.

따라서 시중에서 유통되고 있는 발아현미의 초엽장이 약 2~5 mm에 해당된다는 점을 고려한다면 발아율, 부패발생정도, 발아기간 및 초엽장을 종합적으로 판단하여 발아현미를 재배하여야 원하는 규격의 발아현미 재배가 가능하다고 할 수 있다.

건조방법 및 건조온도에 따른 발아현미의 특성

Table 2는 건조방법에 따른 발아현미의 종실특성을 나타낸 것이다. 표에서 보는 바와 같이 발아시킨 현미를 열풍건조 및 동결건조법으로 건조시킬 경우 건조방법별 천립중에는 뚜렷한 차이가 없었으나 종실경도에서는 현저한 차이를 나타냈는데, 55°C로 열풍건조된 발아현미의 종실경도는 5,785 g/3.14 mm² 이었으나 동결건조된 발아현미의 종실경도는 643 g/3.14 mm² 이었다. 또한 열풍건조된 발아현미는 원료현미에 비하여 명도(L)와 황색도(b)가 증가되지만 적색도(a)는 오히려 감소되는 것으로 나타났고, 동결건조된 발아현미는 원료현미나 열풍건조된 발아현미에 비하여 L값이 현저하게 증가되지만 a값이나

Table 2. Effect of drying methods on 1000 grain weight, hardness and color difference of brown rice (Dasanbyeo) germinated for 6 days.

Drying methods	1000 grain weight (g)	Hardness (g/3.14 mm ²)	Hunter value		
			L	a	b
Brown rice [†]	23.3	4088	55.2	3.95	14.59
Hot-air [‡]	21.1	5785	57.8	3.16	15.20
Freeze	21.8	643	80.9	0.65	8.54

[†]Non-germinated

[‡]Dried at 55°C.

b값은 원료현미나 열풍건조된 발아현미에 비하여 감소되는 것으로 나타났다.

따라서 얻어진 결과를 종합적으로 판단하여 볼 때 발아현미를 동결건조하면 원료현미나 열풍건조현미에 비하여 명도가 증가되고 적색도나 황색도가 모두 낮아지기 때문에 건조현미의 종실의 외형은 매우 선명해지고 희고 깨끗해진다고 할 수 있으나 종실경도가 낮아지기 때문에 원료현미나 열풍건조현미에 비하여 외부압력에 쉽게 파손 또는 절단되기 쉬운 특성을 갖게 된다고 할 수 있다.

Fig. 4는 일품벼를 5일간 발아시킨 후 열풍건조 및 동결건조 하였을 때 전자현미경으로 관찰한 모습을 나타낸 것으로 A-1, A-2 및 A-3는 열풍건조된 현미의 종실, 종실의 종단면과 종단면을 3,000배로 확대하였을 때의 모습을 나타낸 것이고 B-1, B-2 및 B-3는 동결건조된 발아현미의 모습을 각각 나타낸 것이다.

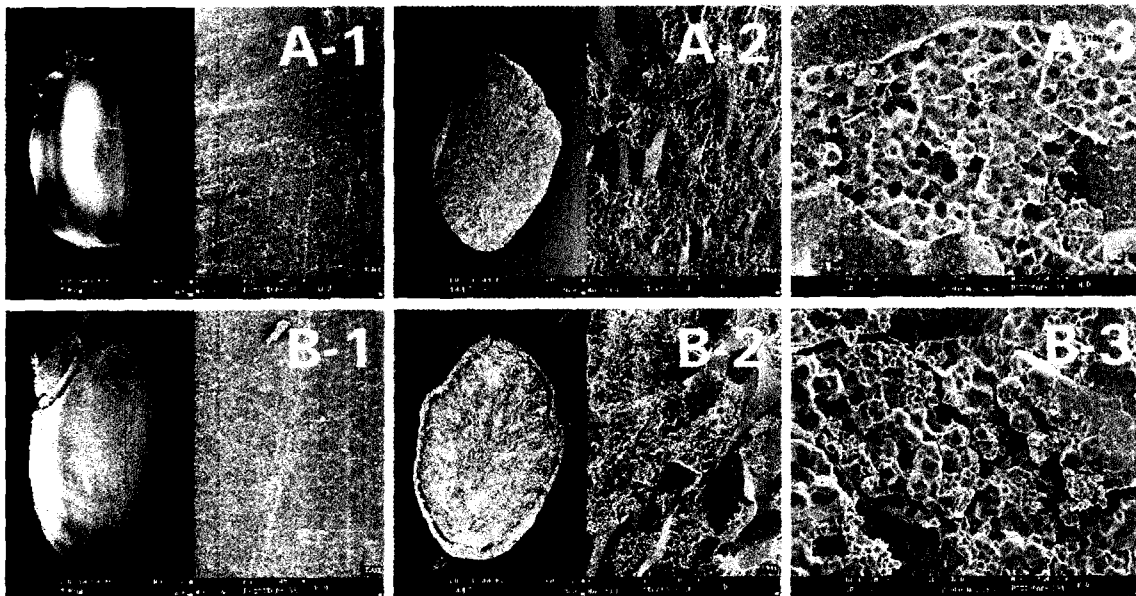


Fig. 4. Scanning electron microscopies of germinated brown rice (Ipumbyeo). A-1, B-1 : Whole kernel images of hot-air and freeze dried brown rice, respectively, A-2, B-2 : Cross section images of hot-air and freeze dried brown rice, respectively, A-3, B-3 : Magnified endosperm images(3,000) of hot-air and freeze dried brown rice, respectively.

그림에서 보는 바와 같이 열풍건조된 현미와 동결건조된 현미는 뚜렷한 형태상의 차이를 보였는데, 열풍건조된 현미의 외형은 견고한 모습을 나타내며 과피는 윤기를 띠고(A-1) 배유의 전분저장세포는 세포들간에 단단하게 결합되어(A-2) 있을 뿐만 아니라 전분입자들 간에도 비교적 단단하게 결합되어 있음(A-3)을 알 수 있었다.

그러나 동결건조된 발아현미는 동결건조의 물리적 특성상 건조에 인한 조직의 수축현상이 열풍건조에 비하여 미약하게 발생하기 때문에 종실의 크기가 열풍건조된 발아현미에 비하여 길이는 물론 폭이 다소 큰 것으로 나타났는데(B-1), 이러한 결과는 수분을 흡수하여 조직이 부풀어있던 종실을 -70°C에서 급속동결후 건조하였기 때문에 발아중인 현미종실의 원형이 그대로 유지된 결과라 하겠다. 뿐만 아니라 동결건조된 발아현미는 열풍건조된 발아현미와는 달리 종피부분(pericarp, aleurone)과 배유부분의 분리현상이 관찰되었으며(B-2) 배유의 전분저장세포간 균열현상은 물론 전분립간의 균열현상을 관찰할 수 있었다(B-3).

따라서 이상의 결과를 종합적으로 살펴볼 때 동결건조된 현미는 종실내의 수분이 탈수되는 과정에서 수분으로 채워져 있던 공간들이 수많은 간극을 형성하여 마치 sponge와 흡사한 구조로 남게 되기 때문에 외부의 자극이나 압력에 쉽게 파손되는 것으로 판단된다. 그러므로 동결건조된 발아현미를 상품화할 경우 동할립 또는 파손립이 다량으로 발생할 우려가 있으며 동결건조에 따르는 경제성도 문제점으로 지적될 수 있기 때문에 발아현미의 건조 방법으로는 열풍건조가 동결건조에 비하여 유리한 것으로 판단되었다.

Table 3은 발아현미를 열풍건조할 경우 최적건조온도를 구명하기 위하여 건조온도를 50, 55 및 60°C의 3수준으로 처리하고 건조된 발아현미의 천립중 및 종실경도를 비교 검토한 결과이다.

발아현미 재배시 현미의 발아율 및 부패발생과 더불어 문제점으로 지적되고 있는 것은 발아과정 중에 심한 불쾌취가 발생하며 건조후도 불쾌취가 남아있다는 것이다. 이와 같은 현상은 발아중인 현미에서의 왕성한 호흡작용과 효소활동에 의하여 종자내의 저장양분이 분해될 때 발생하는 각종 gas와 미생물의 번식에 의한 결과로 설명할 수 있는데, 발아과정에서 발생하는 불쾌취는 자연스러운 현상이라 할 수 있겠으나 발아

된 현미를 건조시킨 후에도 불쾌취가 남게 된다면 실로 문제가 아닐 수 없다. 따라서 발아된 현미의 건조는 이와 같은 문제점을 고려하여 건조중 영양분의 손실을 최소화하고 건조후 현미에서 불쾌취가 나지 않도록 건조조건을 확립하는 것이 중요하다고 할 수 있다.

Table 3에서 보는 바와 같이 발아현미를 50°C로 건조할 경우 천립중은 55°C나 60°C에서 건조된 현미에 비하여 높지만 현미에서 불쾌취가 남아있기 때문에 50°C로 발아현미를 건조시키는 것은 부적합한 것으로 판단되었다. 그러나 발아된 현미를 55°C와 60°C로 건조시에는 현미에서는 불쾌취가 나지 않았으며 온도에 따른 천립중에도 뚜렷한 차이를 나타내지 않았으나 종실의 경도에 있어서는 차이가 있었는데 60°C에서 건조된 현미는 경도가 55°C에 비하여 낮아지는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 60°C에서는 현미가 과건조되기 때문에 texture analyser로 측정시 일정 압력에 도달하면 종실이 파열되지 않고 오히려 절단현상을 나타내기 때문에 경도가 낮게 측정된 결과로 해석된다.

따라서 고온에서 현미를 건조하면 고온에 의한 양분의 변형 또는 소실을 초래할 우려가 있을 뿐만 아니라 유통과정에서 각종 물리적 압력으로 인하여 동할립이 다수 발생되어 상품가치가 저하될 가능성이 있다고 할 수 있겠다.

발아현미의 이화학 특성

Fig. 5와 6은 일품벼와 다산벼로 재배된 발아현미의 조단백, 조지방, 회분, 조섬유, 유리당, 아미노산, amylose 함량 및 α-amylase 활력을 나타낸 것이다.

조단백 및 amylose는 발아일수가 경과함에 따라 함량의 변화가 미미하였으나 조회분과 조섬유는 발아일수가 경과함에 따라 함량이 감소되는 것으로 나타났다.

아미노산과 조지방의 함량은 발아일수가 경과됨에 따라 증가되는 경향으로 나타났는데, 이는 단백질 분해효소에 의해 저장 단백질이 아미노산으로 분해되기 시작하면서 증가하기 때문인 것으로 판단되며 조지방의 경우 분해속도가 상대적으로 느리기 때문에 종실내 조지방의 구성비율이 점차 증가된 것으로 판단되나 이에 관한 연구는 보다 구체적으로 검토되어야 할 것으로 사료되었다.

Murata *et al.*(1968)은 18일간 발아중인 벼의 유리당의 변화

Table 3. Effect of drying temperatures on 1000 grain weight and hardness of germinated brown rice.

Drying temperature (°C)	1000 grain weight (g)				Hardness (g/3.14 mm ²)			
	Days after seeding							
	0	5	6	7	0	5	6	7
50		19.4	19.8	18.9		7220	5162	6229
55	21.9	19.0	18.8	18.6	4572	6286	5517	4240
60		19.0	18.9	18.6		4820	4514	3280

Each values represents the mean value of Ilpumbyeo, Dasanbyeo and Heuginjubyeo; Dried for 48 hours.

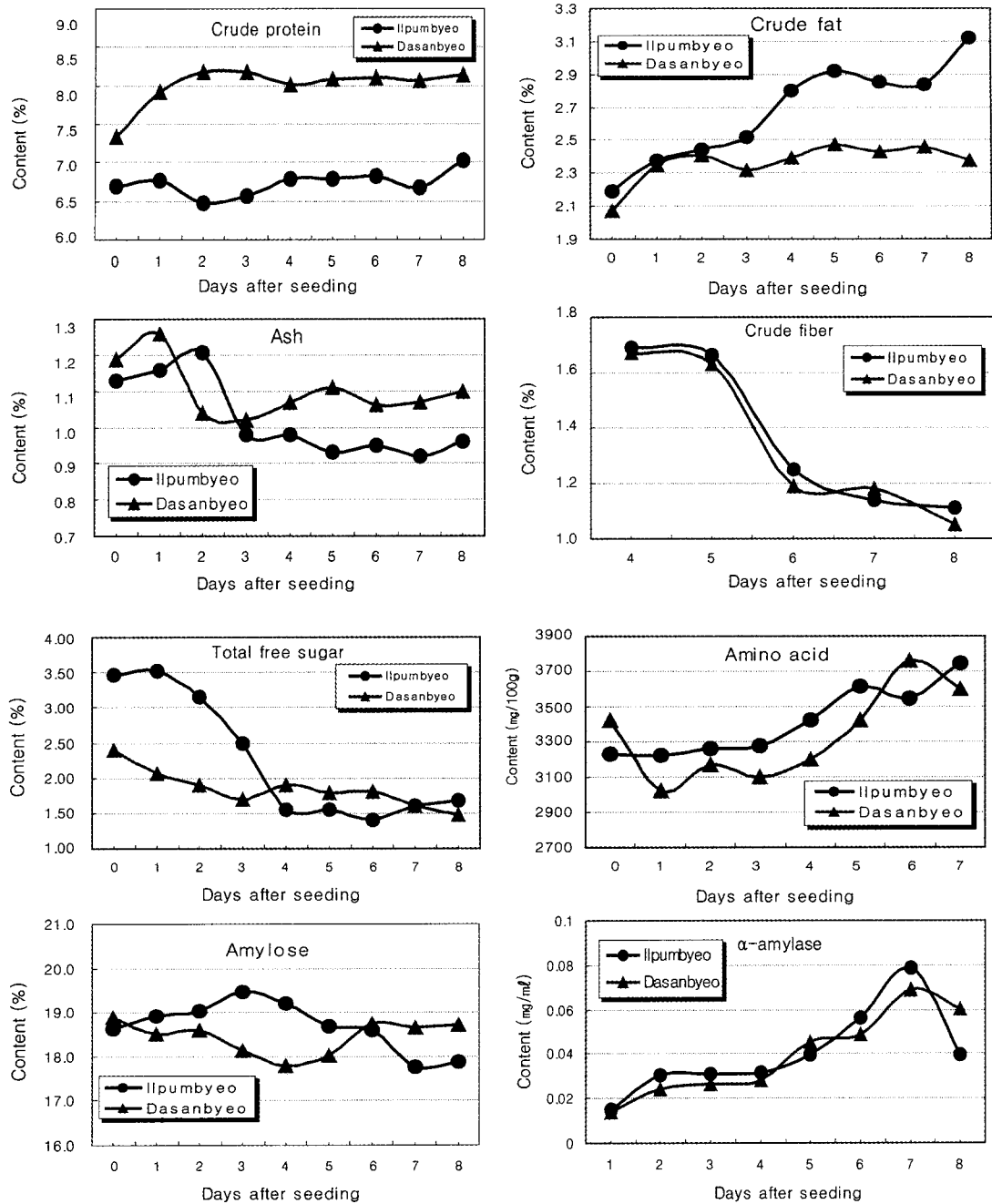


Fig. 5. Changes of chemical composition and α-amylase activity of brown rice during germination.

를 검토한 결과 sucrose는 발아후 4일까지 일시적으로 감소되지만 발아가 진행될수록 서서히 증가된다고 하였는데, 본 시험에서도 Fig. 6에서 보는 바와 같이 발아초기에는 이당류인 sucrose와 단당류인 glucose가 유리당의 주종을 이루고 있으나 발아가 진행될수록 지속적으로 감소되었고, 발아 5일부터는 단당류인 fructose가 검출되기 시작하였을 뿐만 아니라 소량으로 존재하던 maltose가 발아 5일부터는 그 함량이 증가되는 것으로 나타났다.

이와 같은 현상은 α-amylase 활력과 밀접한 관계가 있는 것으로 해석이 가능한데 Fig. 5에서 보는 바와 같이 α-amylase 활력은 발아4일까지 높지 않았으나 5일째부터 활력이 증가됨을 알 수 있다. 따라서 발아초기에는 종실에 함유되어 있던 sucrose나 glucose가 호흡의 기질로 이용되고 있음을 알 수 있었고, 발아후기로 갈수록 α-amylase 활력이 증대되면서 전분이 분해되어 maltose 함량이 증가되는 것으로 판단되었다.

발아초기에 전분입자는 주로 α-amylase 와 β-amylase의 작

- composition. Rice Chemistry and Technology. The American Association of Cereal Chemists, Inc., Minnesota. p. 17.
- Juliano B. O., C. M. Pearz, A. B. Blakeney, T. Castillo, N. Kongsree, B. Laignelet, E. T. Lapis, W.S. Marty, C. M. Paule, and B. D. Webb. 1981. International cooperative testing the amylose content of milled rice. *Staerke*. 33 : 157-162.
- Kato T., M. Tsunakawa, N. Sasaki, H. Aizawa, K. Fujita, Y. Kitahara, and N. Takahashi. 1977. Growth and germination inhibitors in rice husks. *Phytochemistry*. 16(1) : 45-48.
- Kim, S. K. and H. S. Cheigh. 1979. Radial distribution of calcium, phosphorous, iron, thiamine and riboflavin in the degermed brown rice kernel. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 11 : 122-126.
- Kim S. S., and W. J. Lee. 1997. Characteristics of germinated rice as a potential raw materials for Sikhe production. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29(1) : 101-106.
- Kozłowski T.T. 1972. Seed Biology II. Physiological ecology-A series of monographs, texts, and treaties. Academic press. pp. 103-218.
- 이창호. 1998. 현미의 기능성. *식품기술*. 11(1) : pp. 3-6.
- 이은웅. 1999. 수도작. *향문사*. pp. 60-64, 168-169, 318-324.
- Lee, H. J., S. M. Byun, and H. S. Kim. 1988. Studies on the dietary fiber of brown rice and milled rice. *Korean J. Food Sci. Technol.* 20 : 576-580.
- Lee W. J. and S. S. Kim. 1998. Preparation of Sikhe with brown rice. 1998. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29(1) : 146-150.
- Luh, B. S., S. Barber, and C. B. de Barker. 1991. Rice bran : Chemistry and Technology. Rice Production, 2nd ed., AVI, New York. p. 313.
- Murata, T., T. Akazawa, and S. Fukuchi. 1968. Enzymatic mechanism of starch breakdown in germinating rice seeds I. An analytical study. *Plant physiol.* 43 : 1899-1905.
- Sarikaya, E., T. Higasa, M. Adachi, and B. Mikami. 2000. Comparison of degradation abilities of α - and β -amylases on raw starch granules. *Process Biochemistry*. 35(7) : 711-715.
- White, J. A., R. J. Hart, and J. C. Fry. 1988. An evaluation of Waters pico-tag system for the amino acid analysis of food materials. *J. Automatic Chem.* 8(4) : 170-177.
- Yasumatsu, K. and S. Moritaka. 1964. Fatty acid composition of rice lipids and their changes during storage. *Agri. Biol. Chem.*, 28 : 257-261.
- Yasumatsu, K., S. Moritaka, and K. Ishii, H. Shimazono, and E. Fujita 1965. Studies on cereals. II. Flavor deterioration of polished rice during storage. *J. Japan. Soc. Food Nutr.*, 18 : 130-136.