KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.
Vol. 29, No. 1, pp. 101~106 (1997)

식혜원료로의 활용가능성 검토를 위한 발아미의 특성 조사

김석신 · 이원종*
가톨릭대학교 식품영양학과, *강릉대학교 식품과학과

Characteristics of Germinated Rice as a Potential Raw Material for *Sikhe* Production

Suk Shin Kim and Won Jong Lee*
Department of Food Science and Nutrition, The Catholic University of Korea
**Department of Food Science, Kang Nung National University*

Abstract

This study was carried out to examine the possibility of using brown rice or paddy as raw materials for *sikhe*. Brown rice and paddy were soaked in water at 15°C for 2 days and then germinated at 15, 20, 25, 30°C for upto 10 days. The higher the germination temperature, the higher the germination speed, the increase of α-amylase activity, and the increase of extract amount and its sugar content. The viscosity of extract rapidly decreased first and then slightly increased during germination. The activities of α-amylase of germinated brown rice and paddy were much smaller than those of germinated barley; however, the extract amount and its sugar content of germinated brown rice and paddy were similar to those of germinated barley. The germinated brown rice can be used for *sikhe* not as a saccharifying agent but as a substitute for white rice.

Key words: *sikhe*, brown rice, paddy, barley, germination

서 론

식혜는 우리나라의 고유한 전통 음료이기 때문에 국외에는 이와 관련된 연구자료가 거의 없으나 국내에서는 식혜에 대한 연구[1-11]가 꾸준히 진행되어 왔으며, 특히 UR협약과 WTO출범 등 여건변화에 대응하기 위한 집중적인 전통식품 개발연구 추세에 맞물려 더욱 관심을 끌고 있다. 이러한 추세에 발맞추어 일부 식품업체에서 식혜를 캔음료로 제조, 시판하여 커다란 호응을 얻은 바 있다.

그러나 전통적인 식혜는 우리나라 사람의 기호에는 맞지만 주원료인 백미 중의 전분을 맥아 중의 효소로 당화시킨 당류를 주성분으로 하기 때문에 그 식품영양학적 가치는 열량원 또는 단맛 제공에 그치고 있다. 따라서 열량보다 영양을 중요시하는 현대인의 식품선택 경향에는 맞지 않으며, 특히 섬유질, 비타민, 미네랄, 단백질 등에 대한 요구도를 만족시키기 위해서는 새로운 타입의 식혜제품을 개발 보급할 필요가 있다.

Corresponding author: Suk Shin Kim, Department of Food Science and Nutrition, The Catholic University of Korea, Bu-chon, Kyonggi-do 422-743, Korea

이렇듯 영양을 강화시키는 동시에 기존 식혜의 특성을 살리기 위해 원료 백미의 일부 또는 전부를 현미로 대체하는 방안을 생각할 수 있다. 실제로 한 식품업체가 현미를 원료로 식혜를 제조, 시판한 바 있으나 소비자의 관심을 크게 끌지 못하였는데 그 이유는 현미식혜의 관능적 특성이 기존의 백미식혜와 달랐기 때문일 가능성이 높다.

따라서, 백미대신 현미를 원료로 사용한다는 단순한 개념에서 벗어나 어떤 형태로든 가공한 현미를 사용하므로써 기호도를 높혀야 할 것이다. 현미가공의 한 방안으로서 발아시킨 현미의 사용을 생각할 수 있는데 이 경우 현미 조직의 연화나 관능성 향상은 물론 식혜의 당화속도나 당화의 정도도 높일 수 있으리라 예상된다. 그러나 현미에 대한 연구는 식이 섬유 함량[12], 지질 함량[13], 비타민 및 무기질 함량[14], 저장성[15], 포장저장[16], 현미추출물의 기능성[17], 쌀발아음료[18] 등에 국한되어 있고, 현미의 발아특성 및 현미식혜 제조 등에 관한 연구는 체계적으로 시도된 바 없다.

이에따라 본 연구에서는 현미식혜 개발 연구의 일환으로 발아미의 식혜 원료 활용 가능성을 검토하기 위해 현미와 벼의 발아특성을 조사하고 이를 보리 엿

기름의 경우와 비교한 결과를 우선 보고하고자 한다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 벼는 1995년산 일품벼로서 농총진흥청을 통해 수원의 농가에서 구입한 후 농촌진흥청에 있는 현미기로 왕겨를 제거하여 현미를 얻었고, 보리(겉보리)는 1995년산 올보리로서 농촌진흥청에서 분양받았다.

발아시험 및 엿기름 제조

현미, 벼 및 보리를 15°C의 물에 담그어 15°C의 항온기(Cold Lab Chamber KMC 1302-L, Vision Scientific Co., Ltd., Korea) 내에서 2일간 또는 수분함량이 45% 이상이 될 때까지 침지시켰다. 침지시킨 보리는 15°C에서 그리고 침지시킨 현미 및 벼는 15, 20, 25 및 30°C의 4가지 온도조건의 항온기 내에서 어두운 상태로 일정기간(최대 10일간) 발아시켰다. 매일 일정량의 발아곡물을 취해 잎눈의 길이를 재고 발아율을 측정하였다. 발아가 끝나면 -20°C의 냉동고에서 24시간 동결시킨 후 동결건조기(Labconco Freeze Drier 5, Labconco Corp., Kansas City, MO, USA)를 사용하여 압력 100 μmHg, 응축기 온도 -50°C에서 수분함량 7-15%될 때까지 10시간 이상 건조하여 방습포장재(polyester 12 μm/aluminum foil 9 μm/nylon 15 μm/polypropylene 60 μm)에 기밀포장하였다.

수분함량 측정

수분함량은 AACC method 44-15A[19]를 기준으로 삼아 약간 수정하여 측정하였다. 즉, 현미, 벼, 보리의 수분함량은 130°C에서 1시간 건조하여 구했으며, 수침시킨 현미, 벼, 보리와 발아시킨 현미, 벼, 보리는 생화학적 변화를 중단시키기 위하여 일단 동결건조시켜 수분함량을 구한 다음 105°C에서 3시간 건조하여 최종 수분함량을 구하였다.

추출물 함량

발아시킨 후 동결건조한 엿기름(현미, 벼, 보리)의 추출물 함량은 AOAC Official Method 935.30[20]을 약간 변형하여 측정하였다. 분쇄한 시료 20 g에 135 mL의 증류수(68°C)를 넣고 8개의 비이커가 달린 masher (Eber Bros. Metal Co., U.S.A.)를 이용하여 46°C에서 1시간 유지한 후 내용물을 20°C로 냉각한 다음 증류수를 첨가하여 내용물의 무게를 180 g으로 조절한 후 여과하였다. 여액의 비중을 20°C의 수조에서 pycnometer를 이용하여 측정한 후 AOAC Official Method 970. 90[20]의 환산표를 이용하여 P (degree Plato)를 구한 다음 다음 식에 의해 추출물 함량을 계산하였다.

$$E=P\ (800+M)/(100-P)$$
$$E'=100\ E/(100-M)$$

여기서 P=degree Plato (당화액 100 g 중의 추출물의 g수), M=엿기름의 수분함량(%), E=추출물 함량, E'=건물기준 추출물 함량

α-Amylase 활력 측정

동결건조 엿기름(현미, 벼, 보리)의 α-amylase 활력은 AOAC Official Method 955.22[20]에 의해 측정하였다. 분쇄한 엿기름 5 g에 0.5% NaCl 용액 100 mL를 가해 20°C에서 2.5시간 추출한 후 여과하고 여액 20 mL를 0.5% NaCl 용액으로 100 mL로 희석한 다음 희석액 10 mL와 limit dextrin 용액 20 mL를 혼합한 후 20°C의 수조에 넣고 시간별로 1 mL씩 취해 묽은 요오드 용액 5 mL씩 들어 있는 비색관에 가해 α-amylase color disk와 색을 비교하여 호화소요시간을 구한 후 다음 식에 의해 α-amylase 활력을 계산하였다.

$$\alpha\text{-amylase unit}=0.24/(\text{엿기름 양(g)}\times\text{호화시간(분)})$$

당화액의 점도 및 당도의 측정

당화액의 점도는 AOAC Official Method 974.07[20]에 의하여 증류수를 표준으로 삼아 20°C에서 Oswald점도계로 측정하였으며 용액이 모세관을 통과하는데 걸리는 시간을 2회 반복 측정하여 centipoise (cP) 단위로 보고하였다. 당화액의 당도는 Brix 당도계(Atago Refractometer, Japan)로 측정하였다.

결과 및 고찰

발아 중 잎눈의 성장

일반적으로 보리 엿기름 제조의 최적온도로 알려진 15°C의 조건에서 현미, 벼, 및 보리의 발아 상태를 최대 10일간 관찰하였으며 발아상태는 잎눈(acrospire)의 길이를 알곡 자체의 길이로 나눈 값을 기준으로 판단하였다. Table 1에 나타낸 바와 같이 90% 이상의 발아율을 보이는 기간이 보리의 경우 현미나 보리에 비해 훨씬 짧은 것으로 관찰되었다. 또한 Fig. 1에서와 같이 15°C의 조건에서 보리는 2일째부터 잎눈의 성장이 관찰되었으나 현미와 벼는 3일째부터 잎눈이 성장하였

Table 1. Germination time (days) required for brown rice, paddy, and barley to show germination (%) above 90.0

Temperature (°C)	Germination time (days)		
	Brown rice	Paddy	Barley
15	6-7	7-8	4-5
20	6-7	7-8	-
25	3-4	3-4	-
30	2-3	3-4	-

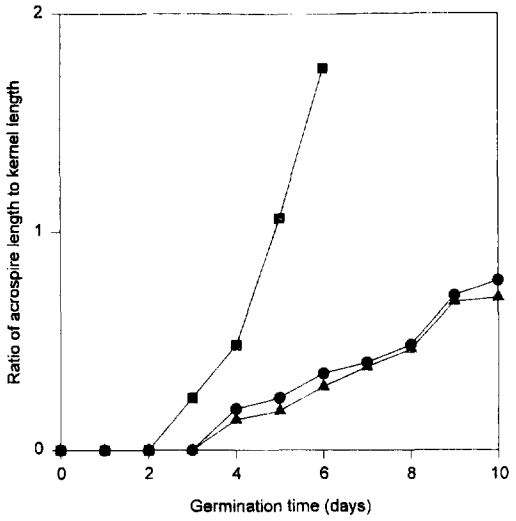

Fig. 1. Growth of acrospire relative to the kernel length during germination of brown rice, paddy and barley at 15°C. ●—●: Brown rice 15°C, ▲—▲: Paddy 15°C, ■—■: Barley 15°C.

으며, 보리가 4일-5일 사이에 잎눈의 길이가 알곡 길이보다 길어지기 시작한데 비해 현미와 벼는 10일이 경과하여도 알곡 자체의 길이보다 짧은 것으로 나타나 15°C의 조건에서 보리보다 발아 속도가 느린 것으로 판단되었다. 이러한 차이는 보리가 한냉한 조건에서 잘 자라는 반면 쌀이 온난한 기후에서 잘 자라는 재배 속성 차이에 기인되는 것으로 생각되었다. 그리고 벼보다 현미의 발아속도가 다소 빠른 것은 왕겨의 제거에 따라 수분의 침투나 공기와의 접촉이 원활해졌기 때문이라 추측되었다.

이에 따라 현미와 벼의 발아 최적온도를 구하기 위해 15, 20, 25, 30°C의 4개 온도 조건에서 발아상태를 관찰한 결과 Table 1에서와 같이 온도가 오를수록 90% 이상의 발아율을 보이는 기간이 단축되었다. 또한 Fig. 2에서 알 수 있듯이 현미나 벼 모두 온도가 오를수록 발아속도가 빨라졌으며 15°C와 20°C의 발아패턴과 25°C와 30°C의 발아 패턴이 서로 달랐다. 즉,

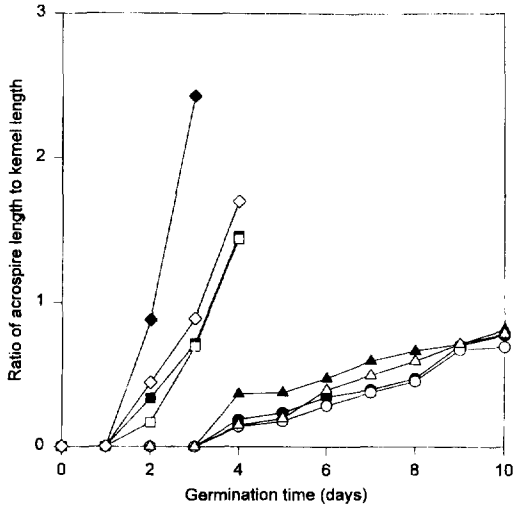

Fig. 2. Growth of acrospire relative to the kernel length during germination of brown rice and paddy at 15, 20, 25 and 30°C. ●—●: Brown rice 15°C, ○—○: Paddy 15°C, ▲—▲: Brown rice 20°C, △—△: Paddy 20°C, ■—■: Brown rice 25°C, □—□: Paddy 25°C, ◆—◆: Brown rice 30°C, ◇—◇: Paddy 30°C.

15~20°C에서의 발아속도가 저속패턴인데 비해 25~30°C에서의 발아속도는 고속패턴을 보여 주었다. 25~30°C의 경우 3일~4일 사이에 잎눈의 길이가 알곡 길이보다 길어지기 시작하므로 실제작업시 현실성이 있는 작업조건이라 판단되었다. 다만 30°C의 경우 발아중에 곰팡이 번식의 우려가 있으며 종자를 소독하더라도 변질가능성이 여전히 남아 있기 때문에 발아시킨 현미나 벼를 식용할 경우 30°C보다는 25°C가 적합한 발아 조건이라 판단하였다. 이는 최근 김 등[18]이 벼의 발아 중 생리활성물질 생성에 적합한 최적발아 온도를 27°C로 보고한 것과 유사하였다. 또한 동일한 온도에서는 현미의 발아속도가 벼보다 빠른데 이는 왕겨의 제거로 겨층이 노출되어 환경과의 상호반응이 빨라졌기 때문이라 생각된다.

발아 중 α-amylase 활성의 변화

일반적으로 곡물의 발아 중 α-amylase 활성이 급격히 증가하는 것으로 알려져 있어 발아온도에 따른 현미와 벼의 α-amylase 활성 변화를 날짜별로 조사하여 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 3에서 쉽게 알 수 있듯이 현미와 벼의 α-amylase 활성 변화는 Fig. 2의 잎눈의 성장과 거의 유사한 15~20°C의 저속패턴과 25~30°C의 고속패턴을 보였으며 동일한 온도에서는 현미의 경우가 벼보다 α-amylase 활성 증가가 빠른 것으로 나타났다. 비록 25~30°C에서 α-amylase 활성 증가가 크다고

하더라도 보리보다는 활성도의 절대값이 훨씬 작은 것으로 나타났다. 즉, Fig. 4에 나타낸 바와 같이 25°C에서 발아시킨 현미나 벼의 α-amylase 활성은 15°C에서 발아시킨 보리의 α-amylase 활성의 1/6 정도의 활성을 나타내므로 당화를 위한 엿기름 용도로는 쓸 수 없으나 현미 자체 전분의 액화나 나아가 당화를 촉진시킬 수 있으므로 현미식혜 제조시 당화 속도의 촉진과 현미 조직의 연화에 도움이 되리라 예상되었다.

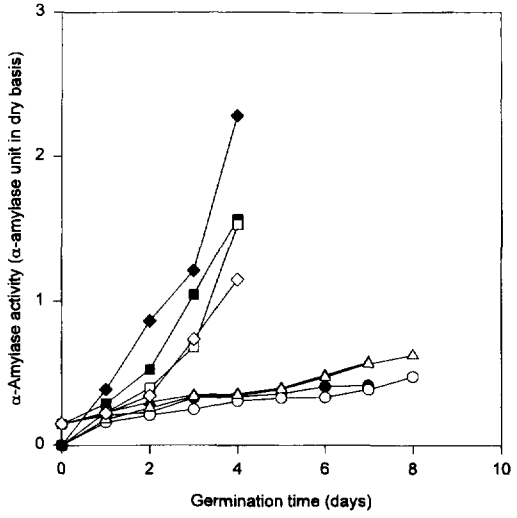

Fig. 3. Changes in α-amylase activity of brown rice and paddy during germination at 15, 20, 25 and 30°C. ●—●: Brown rice 15°C, ○—○: Paddy 15°C, ▲—▲: Brown rice 20°C, △—△: Paddy 20°C, ■—■: Brown rice 25°C, □—□: Paddy 25°C, ◆—◆: Brown rice 30°C, ◇—◇: Paddy 30°C.

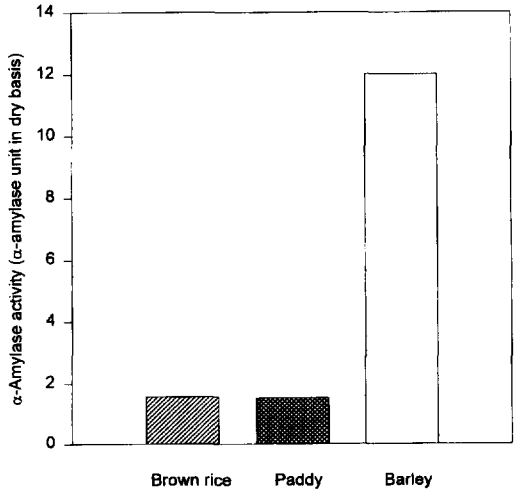

Fig. 4. Comparison of α-amylase activity of brown rice and paddy germinated at 25°C for 4 days with that of barley germinated at 15°C for 3 days.

발아 중 추출물의 함량, 당도 및 점도의 변화

발아 중 현미와 벼의 추출물 함량의 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 추출물 함량이 건물량의 50% 정도를 점유하는데 걸리는 시간을 기준으로 볼 때 현미의 경우 15°C에서 6일 걸리던 것이 30°C에서는 1일 걸릴 정도로 온도가 오를수록 추출물 함량 증가 속도가 빨랐다. 벼의 증가패턴도 현미의 경우와 유사하였으나 벼가

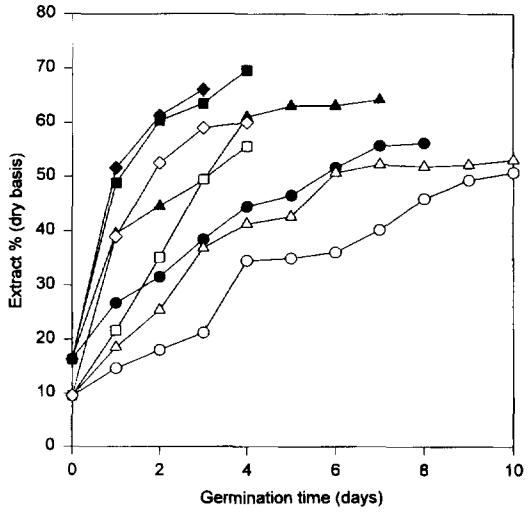

Fig. 5. Changes in extract% of brown rice and paddy during germination at 15, 20, 25 and 30°C. ○—○: Paddy 15°C, ▲—▲: Brown rice 20°C, △—△: Paddy 20°C, ■—■: Brown rice 25°C, □—□: Paddy 25°C, ◆—◆: Brown rice 30°C, ◇—◇: Paddy 30°C.

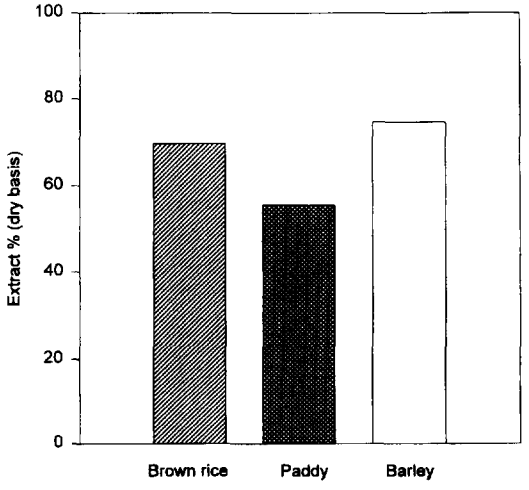

Fig. 6. Comparison of extract% of brown rice and paddy germinated at 25°C for 4 days with that of barley germinated at 15°C for 3 days.

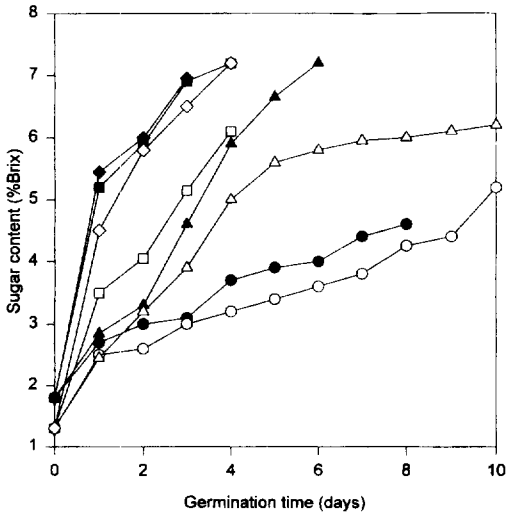

Fig. 7. Changes in sugar content of brown rice and paddy during germination at 15, 20, 25 and 30°C. ●—●: Brown rice 15°C, ○—○: Paddy 15°C, ▲—▲: Brown rice 20°C, △—△: Paddy 20°C, ■—■: Brown rice 25°C, □—□: Paddy 25°C, ◆—◆: Brown rice 30°C, ◇—◇: Paddy 30°C.

현미보다 추출물 함량이 낮은 것은 고형물중 추출물의 생성에 기여할 수 없는 왕겨를 함유하기 때문이라 생각된다. 발아 현미와 벼의 추출물 함량은 발아시킨 보리의 경우와 비교할 때 크게 차이가 나지 않는데 (Fig. 6) 이로부터 발아 현미나 벼 자체를 보리 엿기름 대용으로는 쓸 수 없지만 발아 현미를 발아시키지 않은 현미대신 식혜원료로 사용할 경우 당화속도도 빨라지고 현미자체의 조직감도 백미식혜처럼 부드러워지리라 예측된다.

발아 중 현미와 벼의 당함량의 변화를 Fig. 7에 나타내었다. Fig. 7에서 알 수 있듯이 현미와 벼의 당함량 변화는 Fig. 5의 추출물함량 변화와 거의 유사한 패턴을 보였으며 동일한 온도에서는 현미의 경우가 벼보다 당함량 증가속도가 빠른 것으로 나타났다. Fig. 8에서 보는 바와 같이 발아 현미와 벼의 당함량은 발아 보리의 경우와 비교해 볼 때 커다란 차이는 없는 것으로 나타났다. 이로부터 발아 현미나 벼 자체는 엿기름 대용이 될 수는 없지만 발아 현미를 식혜원료로 사용할 경우 앞의 추출물의 경우처럼 식혜의 당화속도 증대나 현미의 조직 연화 효과를 기대할 수 있다고 판단되었다.

현미와 벼의 발아 중 추출물의 점도를 관찰한 결과를 Fig. 9에 나타내었다. 현미나 벼 모두 발아기간이 경과함에 따라 추출물의 점도가 낮아지다가 다소 증가하는 상태를 보였는데 초기에 점도가 감소하는 것

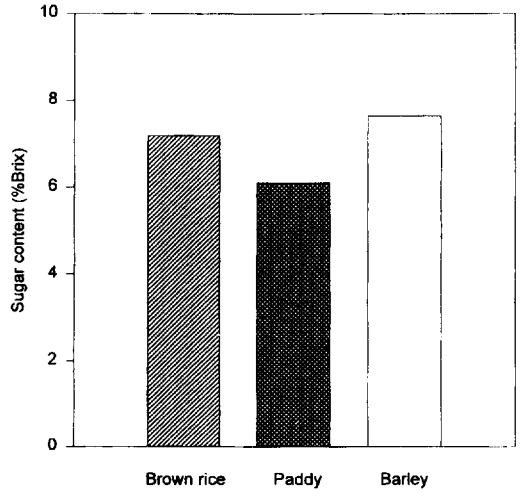

Fig. 8. Comparison of sugar content of brown rice and paddy germinated at 25°C for 4 days with that of barley germinated at 15°C for 3 days.

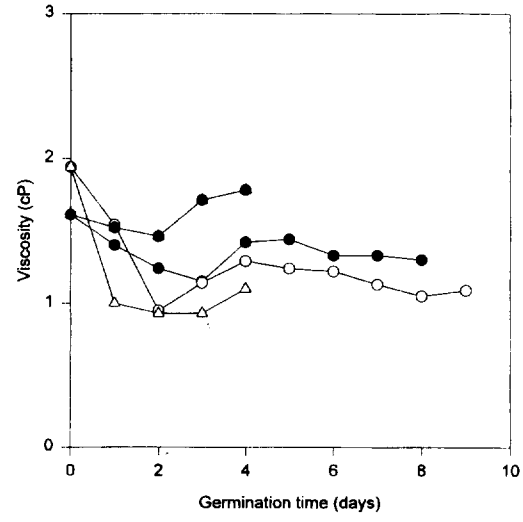

Fig. 9. Changes in viscosity of brown rice and paddy during germination at 15 and 25°C. ●—●: Brown rice 15°C, ○—○: Paddy 15°C, ▲—▲: Brown rice 20°C, △—△: Paddy 20°C.

은 전분의 액화에, 그 후 점도가 증가하는 것은 당의 형성에 기인되는 것으로 판단되었다.

요 약

식혜원료로의 활용가능성 검토를 위해 현미와 벼를 15°C에서 2일간 침지한 후 15, 20, 25, 30°C에서 최대 10일간 발아시키면서 잎눈의 성장, α-amylase의 활력,

추출물의 함량, 당도, 및 점도를 관찰하였다. 발아온도가 오를수록 현미와 벼의 발아속도, α-amylase의 활성 증가 속도, 추출물의 함량 및 그 당도 증가 속도 모두 빨라졌으며, 추출물의 점도는 발아일수 경과에 따라 먼저 감소하다가 그 후 증가하는 경향을 보였다. 발아 현미와 벼의 α-amylase의 활력은 발아 보리보다 작았으나 추출물의 함량 및 그 당도는 큰 차이가 없었다. 식혜제조시 발아 현미나 벼를 보리 엿기름 대신 사용할 가능성은 없으나 발아 현미를 백미 대신 식혜 원료로 사용할 경우 현미 자체를 원료로 사용한 경우보다 당화속도도 빠르고 당화 후 현미의 물성도 백미처럼 부드러울 수 있으리라 예상되었다.

감사의 글

본 연구는 1996년도 가톨릭대학교 교비연구비에 의해 수행된 연구결과의 일부이며 연구비지원에 감사드립니다. 또한 일품벼 구매를 도와주신 농촌진흥청 최해춘박사님과 올보리 시료를 분양해 주신 서세정 박사님께도 아울러 감사드립니다.

문 헌

1. 조순옥 : 당화력이 강한 맥아 침수시간, 쌀의 종류와 취반방법에 따른 식혜의 비교 연구. 대한가정학회지, **21**, 79 (1983)
2. 남상주, 김광옥 : 재료의 양과 감미료를 달리한 식혜의 관능적 특성. 한국식품 과학회지, **21**, 197 (1989)
3. 문수재, 조혜정 : 식혜에 대한 조리과학적 검토. 대한가정학회지, **16**, 43 (1978)
4. 이효지, 전희정 : 식혜 제조의 과학적 연구. 대한가정학회지, **14**, 685 (1976)
5. 이종순 : 식혜 조리과정에서 α-starch 당화요인에 관한 연구. 성심논문집, 제2집, 100 (1970)
6. 유영기 : 고체배양에 의한 감주 제조에 관한 연구. 중앙대학교 석사학위논문 (1985)
7. 김복선, 이택수, 이명환 : 식혜의 당화과정 중 성분 변화, 산업미생물학회지, **12**, 125 (1984)
8. 최청, 석호문, 조영재, 임성일, 이우제 : 전통 안동 식혜의 제조 공정 확립에 관한 연구. 한국식품과학회지, **22**, 724 (1990)
9. 최청, 임성일, 석호문 : 전통 안동 식혜의 숙성과정 중 성분 변화. 한국영양식량학회지, **20**, 381 (1991)
10. 최청, 손규목 : 유산균을 이용한 전통 안동 식혜의 제조 방법에 관한 연구. 한 국식문화학회지, **7**, 259 (1992)
11. 육철, 조석철 : 습열처리 변성 쌀을 이용한 식혜제조. 한국식품과학회지, **28**, 1119 (1996)
12. 이희자, 변시명, 김형수 : 현미와 백미의 식이섬유에 관한 연구. 한국식품과학회지, **20**, 576 (1988)
13. 이희자, 이현주, 변시명, 김형수 : 현미와 백미의 지질함량 및 중성지질의 조성 에 관한 연구. 한국식품과학회지, **20**, 585 (1988)
14. 김성곤, 최홍식 : 현미입 내의 칼슘, 인, 철, 비타민 B_1 및 B_2 의 분포에 관한 연구. 한국식품과학회지, **11**, 122 (1979)
15. 신명곤, 민봉기, 김동철 : 저장중 현미의 품질 특성 변화, 한국영양식량학회지, **20**, 276 (1991)
16. 한재경, 김관, 강길진, 김성곤 : 현미의 포장 저장중 지방산 조성 및 헥사날의 변화에 의한 저장성 예측. 한국식품과학회지, **28**, 897 (1996)
17. 전향숙, 김인호, 김현정 : 현미추출물이 Mitomycin C로 유발된 CHL 세포의 염색체 이상에 미치는 영향. 한국식품과학회지, **27**, 1003 (1995)
18. 김현정, 전향숙, 이상효 : 쌀발아음료 제조의 최적화. 식품과학과 산업, **28**(2), 61 (1995)
19. American Association of Cereal Chemists, Inc.: *Approved Methods of the American Association of Cereal Chemist.* 8th ed., St. Paul, Minnesota, USA (1983)
20. AOAC International: *Official Methods of Analysis of AOAC Intenational.* 16th ed., Aelington, Virginia, USA (1995)

(1996년 12월 30일 접수)