

식혜제조과정 중 밥알의 형태 변화

전은례 · 김경애* · 정난희

전남대학교 식품영양학과, *전남대학교 사범대학 가정교육과

Morphological Changes of Cooked Rice Kernel During Saccharification for *Sikhe*

Eun-Raye Jeon, Kyung-Ae Kim* and Lan-Hee Jung

Department of Food and Nutrition, Chonnam National University

*Department of Home Economics Education, Chonnam National University

Abstract

Growth of acrospire length from germinated covered barley with 1.5~2.0 times length of buds had the highest amylase activity for 9 days at 15°C. When the extraction of malt was carried out at 50°C for 3.5 hr., total sugar, reducing sugar, sweetness determined by refractometer and amylase activity were the highest, and 2.33%, 1.61%, 3.4 brix(%), 28,332 units, respectively. The *sikhe* saccharificated at 60°C for 8 hr. showed total sugar content increased to 3.90~9.27% in nonwaxy rice, 4.19~11.91% in waxy rice, and reducing sugar-content increased 3.30~7.61% in nonwaxy rice, 3.31~9.11% in waxy rice. Also, brix was increased to 3.6~10.8 brix (%) in nonwaxy rice, 3.6~12.8 brix(%) in waxy rice, as saccharification time increased. The amylase activity was decreased as saccharification time was increased. And pH was gradually decreased according to time increase, however, it changed little after 4 hr. Morphology of cooked rice kernel during saccharification for *sikhe* gradually enlarged the oval for hydrolyzed starch granule by increasing saccharification time.

Key words: *Sikhe*, morphological changes, saccharification

I. 서 론

식혜는 우리 나라 고유의 대표적인 음청류 중의 하나이며, 지애밥에 맥아의 효소추출액을 가하여 적당한 온도로 유지시켜서 맥아의 amylase로 하여금 밥의 전분을 당화시켜 maltose, glucose 등이 생성되어 감미와 특유의 풍미가 생성된 것¹⁾으로 감주²⁾라고도 하고, 이³⁾에 의하면 밥알의 전분질을 완전히 당화 용출시켜 비중을 가볍게 하며 섬유소만 남은 밥알의 형태가 깨끗이 유지되어 식혜물인 당액에 떠오르게 하는 것이 식혜라고 하였다.

최근에는 일부 식품업체에서 식혜를 캔 음료로 대량생산하여 전통식품에 대한 관심의 고조, 건강식품과 기능성 식품에 대한 욕구확대, 천연식품에 대한 선호 등을 추구하는 소비자들에게 큰 호응을 얻고 있다.

식혜에 관한 연구로는 식혜제조에 관한 연구^{4,5)}, 엿기름에 관한 연구^{6,7)}, 맥아제조에 관한 연구^{11,12)}, 식혜의 당화과정 중 성분변화¹³⁾, 재료의 양과 감미료를 달린 식혜의 관능적 특성에 관한 연구¹⁴⁾ 등이 있다. 식혜제

조과정 중 겉보리 길이^{11,12)}, 엿기름 추출 조건에 따라 당도와 효소활성이 다르며^{9,10)}, 당화과정 중의 쌀, 찹쌀, 감자, 고구마 전분립 변화를 관찰한 결과 amylose와 amylopectin의 일부 분자들이 맥아 효소액에 의하여 가수분해되어 빠져 나가 전분립의 골격만이 관찰되어 구멍이 뚫어진 것을 볼 수 있었다고 하였다¹⁵⁾. 즉, 식혜밥알은 섬유소와 기타물질로 구성되어 있음을 알 수 있는데, 이에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 식이섬유는 인간의 소화체계에 의해서 분해되지 않는 식물성 물질로 수분 결합력이 커서 비만증 예방, 당뇨병 예방, 심장 및 순환계 질환예방, 동맥경화증 억제 등의 효과를 갖는 것으로 알려져 있다^{16,17)}. 그 뿐만 아니라 김 등¹⁸⁾과 최 등¹⁹⁾은 빵과 백설기에 식이섬유를 첨가하여 식이섬유의 보강효과 뿐만 아니라 식이섬유가 전분의 노화를 지연시킨다고 보고한 바 있다.

따라서 식혜밥알의 식이섬유 공급원으로서의 활용 가능성에 대한 기초자료를 제공하고자 식혜제조과정 중의 당도, pH, 효소활성 및 식혜밥알의 형태변화 등을 연구하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

전라남도 농촌진흥원에서 1997년에 수확한 동진벼 품종의 멥쌀과 신선벼품종의 찹쌀을 구입하여 사용하였으며, 엿기름 제조에 사용한 겉보리는 광주광역시 양동시장에서 구입하여 사용하였다.

2. 엿기름 제조

겉보리를 정선한 후 15°C의 증류수로 3회 씻고, 2일간 침지시켰다가 건져 시루에 담고 젖은 형겉을 덮어 15°C의 항온기에 방치시켰다. 하루에 2~3회씩 물을 분무하여 싹이 트게 하였으며, 발아과정에서 발아를 균일하게 하기 위하여 1일 2회 물에 담가 뿌리의 엉킴을 풀어주고 위아래가 고루 섞여 맥아의 잎눈의 길이 성장이 같도록 하였다. 맥아 잎눈의 길이는 발아 중의 것을 24시간마다 일정량 취한 후 겉보리의 끝에서 잎눈의 길이를 재서 평균치를 구했으며, 싹의 길이가 난알의 약 1.5배~2.0배(1.20 cm~1.95 cm)일 때 건조, 분말화하여 2겹의 폴리에틸렌 백에 밀봉하여 -20°C의 냉동고에 보관하면서 시료로 사용하였다.

3. 엿기름 효소 추출물의 제조

엿기름 분말 50 g을 형겉주머니에 넣고 50°C의 물 500 ml를 가하고 50°C로 유지되는 항온조에서 5분 간격으로 50회씩 3번 주무른 후 4시간 침수시켜 상층액을 취하였다.

4. 식혜의 제조

쌀 50 g을 취하여 증류수로 3회 씻은 후 증류수 60 g을 가하여 25°C의 항온기에서 멥쌀은 50분 동안, 찹쌀은 30분 동안 침지한 후 증기 솥에서 상압으로 30분간 증자하였다. 효소 활성이 가장 높은 3시간 30분 침수시킨 효소액에 지애밥을 골고루 섞은 후 amylase 활성 적은인 60°C로 유지되는 항온조에서 8시간 동안 당화시켰다.

5. Amylase 활성 측정

엿기름의 amylase 활성은 Fuwa의 방법을 변형한 서등의 방법⁹⁾으로 측정하였다. 40 mM 인산 완충용액(pH 6.0)으로 만든 1% 가용성 전분용액 0.5 ml를 시험관에 넣고 37°C 항온수조에서 예열하였다. 효소액을 0.1 ml 가하고 5분간 반응시킨 후, 0.1N HCl 1 ml를 가하여 반응을 정지시켰다. 이 반응물을 0.5 ml 취해 요오드 용액(0.2 g I₂, 2 g KI를 100 ml에 용해시킨 것)

을 5 ml 가한 후 흡광광도계를 이용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이러한 방법에 의해 잔존하는 가용성 전분양을 측정함으로써 역가를 측정하였으며, 이 때 amylase 1 unit는 효소 1 ml가 1분간 분해한 가용성 전분 1 µg의 양으로 정의하였다.

6. 당도 측정

식혜 제조과정 중의 당도는 굴절당도계(PR-1, ATAGO Co., LTD., Japan)를 사용하여 측정하였다.

7. 환원당과 총당 함량 측정

식혜 제조과정 중 당화액의 환원당은 DNS법²⁰⁾으로, 총당은 페놀-황산법²¹⁾을 이용하여 그 함량을 측정하였다. 즉, 1,000배 희석한 식혜당화액 1 ml에 5% phenol 1 ml와 진한 황산 5 ml를 가해 정치시킨 후 470 nm에서 비색 정량하여 총당 함량을 구하였다. 표준 당으로는 maltose를 사용하였다.

8. pH 측정

식혜 제조과정 중의 pH는 pH meter(420A, Orion Co., U.S.A)를 사용하여 각 시료마다 실온에서 측정하였다.

9. 당화과정 중 식혜 밥알의 형태 변화 관찰

당화과정 중 식혜 밥알을 0시간, 1시간, 2시간, 3시간, 4시간, 5시간, 6시간, 7시간, 8시간 후에 각각 취하여 증류수로 씻어, 씻은 액의 당도를 굴절당도계로 측정했을 때 0.0 brix(%)일 때의 식혜밥알을 냉동고(-50°C)에 하룻밤동안 방치한 후 내부를 Microslicer로 자르고 진공용 비이커에 넣어 동결건조기(EF-4, Edwards Freeze Dryer, Modulyo., England)에서 15시간 동안 건조시켰고, 그 자른 표면은 금으로 도금시켜 전도성을 갖게 한 다음, 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, JEOL JSM-5400, Japan)을 사용하여 가속전압 15kV, Phototime 100초, 1,000배의 배율로 관찰하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 맥아 제조시 발아일수 경과에 따른 잎눈 길이 변화

엿기름 제조의 최적온도인 15°C에서 겉보리의 발아 상태는 Fig. 1과 같다. 3일째 겉보리의 잎눈 성장이 관찰되었으며, 9일째에 잎눈 길이가 서 등¹⁰⁾과 조¹²⁾가 amylase 활성이 가장 높다고 보고한 1.5배~2.0배(1.20 cm~1.95 cm)인 것이 관찰되었다. 강 등¹³⁾의 싹의 길이가 1 cm~2 cm일 때 4일째(20°C)와 김 등²²⁾의 6일째와는

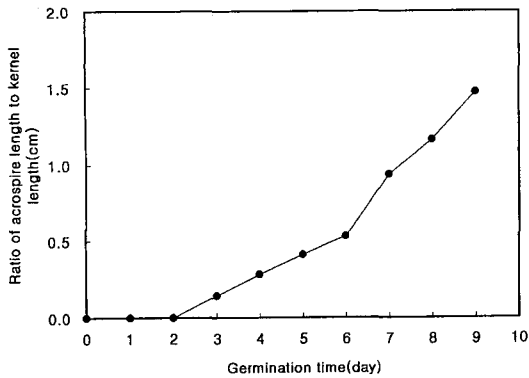


Fig. 1. Growth of acrospire relative to the kernel length during germination of covered barley at 15°C.

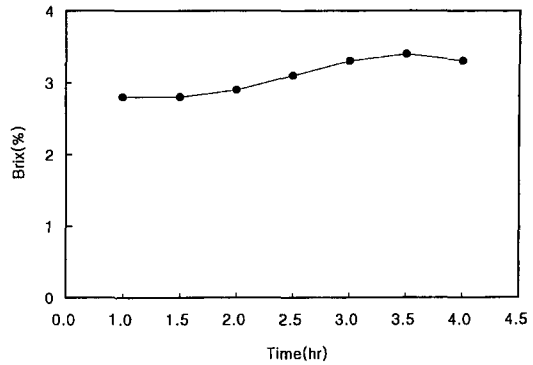


Fig. 2. Changes in brix during saccharification for malt extract at 50°C.

다소 차이가 있었는데 온도차이에 기인한 것으로 사료 된다.

2. 엿기름의 추출물의 시간에 따른 변화

겉보리를 이용하여 제조한 엿기름 50 g에 물 500 ml를 가하고 50°C에서 각각 시간에 따른 총당과 환원당을 측정된 결과는 Table 1과 같다. 총당과 환원당은 추출시간이 증가할수록 증가하는 경향을 보이다가 3시간 30분에서 가장 높았고 4시간에는 다소 감소하는 것을 볼 수 있었다. 굴절당도계로 측정된 당도 변화는 Fig. 2와 같이 총당과 환원당의 결과와 일치하였다. amylase활성 변화도 Fig. 3과 같이 3시간 30분 침수시켰을 때 가장 높은 값을 보였다. 이는 서 등¹⁰⁾과 조¹²⁾의 결과와 같은 양상을 보였다. 이 결과로 보아 엿기름 가루를 50°C에서 3시간 30분 동안 침수시켰을 때 당도와 효소활성이 가장 높음을 알 수 있었다.

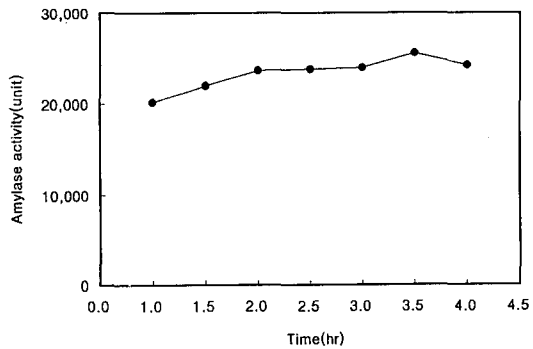


Fig. 3. Amylase activity during saccharification for malt extract at 50°C.

Table 1. Changes in total sugar and reducing sugar during saccharification for malt extract at 50°C

	Saccharification (hr)						
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
Total sugar (%)	1.75	1.78	1.84	1.99	2.23	2.33	2.21
Reducing sugar (%)	1.17	1.18	1.18	1.53	1.56	1.61	1.49

3. 당화과정 중 총당과 환원당의 변화

당화과정 중 총당과 환원당 함량을 측정된 결과는 Table 2와 같이 당화시간의 경과에 따라 총당이 멥쌀의 경우 당화초기에 3.90%에서 8시간에는 9.27%로 증가하였고, 찰쌀의 경우 당화초기에 4.19%에서 8시간에는 11.91%로 증가하였다. 환원당도 시간이 경과함에 따라 멥쌀의 경우 당화초기에 3.30%에서 8시간에는 7.61%로 증가하였고, 찰쌀의 경우 당화초기에 3.31%에서 8시간에는 9.11%로 증가하였다. 총당과 환원당 모두 멥쌀보다 찰쌀이 더 높은 값을 보였는데 이는 강 등¹⁵⁾의 결과와 일치함을 보였다. 당화시간의 경

Table 2. Changes in total sugar and reducing sugar during saccharification for sikhe at 60°C

		Saccharification (hr)								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
Total sugar (%)	Nonwaxy rice	3.90	3.93	4.89	6.95	6.95	7.36	7.67	9.26	9.27
	Waxy rice	4.19	5.88	6.11	6.47	6.95	8.33	8.78	10.26	11.91
Reducing sugar (%)	Nonwaxy rice	3.30	3.82	4.13	5.14	5.54	5.68	6.41	7.49	7.61
	Waxy rice	3.31	4.46	4.83	4.94	5.50	6.27	6.91	7.88	9.11

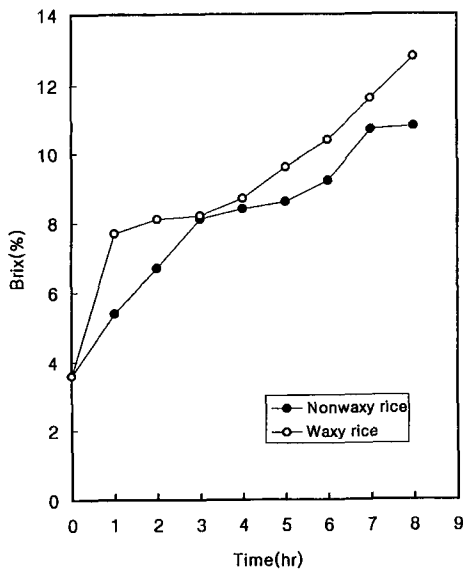


Fig. 4. Changes in brix during saccharification for *sikhe* at 60°C.

과에 따라 총당과 환원당 함량이 증가한 것은 식혜원료인 쌀 중의 전분질이 amylase작용으로 분해되어 생성된 당이 식혜액으로 많이 용출되었기 때문이다.

4. 당화과정 중 Brix의 변화

멥쌀과 찰쌀을 이용하여 식혜를 제조하는 동안의 당도를 굴절당도계를 이용하여 측정된 결과는 Fig. 4와 같다. 당화초기에 3.6%의 당도를 보이다가 당화 8시간에는 멥쌀의 경우 10.8%, 찰쌀의 경우 12.8%로 당화시간이 증가할수록 증가함을 볼 수 있었는데 이는 서 등⁹⁾의 결과와 비슷한 범위였다. 또한 멥쌀보다 찰쌀로 식혜를 제조한 식혜당화액의 경우 Brix가 더 높았는데, 이는 조¹⁾의 결과와 비슷한 양상이었다.

5. 당화과정 중 Amylase활성의 변화

멥쌀과 찰쌀을 이용하여 식혜를 제조하는 동안의 amylase역가 변화를 측정된 결과는 Fig. 5와 같다. 당화초기에 멥쌀 식혜는 25,980 units, 찰쌀 식혜는 28,443 units에서 서서히 감소하여 8시간 때에는 22,396 units, 23,964 units로 서 등⁹⁾의 결과와 비슷한 양상을 보였으나 다소 높은 값을 보였다.

6. 당화과정 중 pH변화

멥쌀과 찰쌀을 이용하여 식혜를 제조하는 동안의 pH의 변화는 Fig. 6과 같이 당화시간이 증가할수록 서서히 감소하는 경향을 보였으나 4시간 이후에는 거의

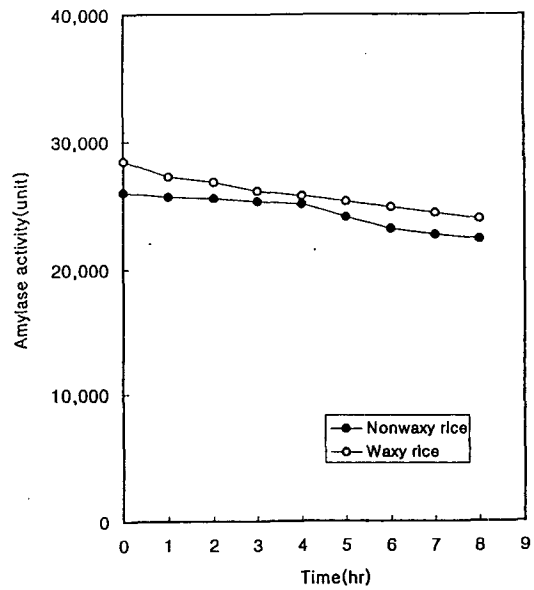


Fig. 5. Amylase activity during saccharification for *sikhe* at 60°C.

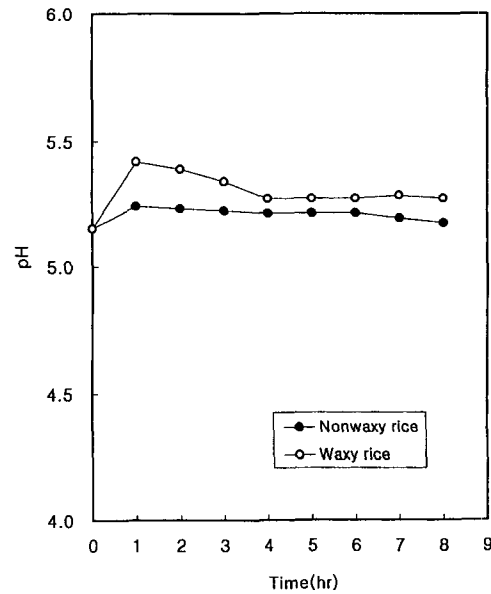


Fig. 6. Changes in pH during saccharification for *sikhe* at 60°C.

변화가 없었다. 이는 서 등⁹⁾과 김 등¹³⁾의 결과와는 비슷한 양상을 보였으나 약간 낮은 값을 보였다.

7. 당화과정 중 식혜 밥알의 형태 변화

당화과정 중 시간경과에 따라 식혜 밥알의 형태 변화는 멥쌀의 경우 Fig. 7과 같고, 찰쌀의 경우 Fig. 8과

같다. 당화시간이 증가할수록 맥아효소액에 의해 가수분해되어 빠져나가는 밥알의 전분립이 점점 증가하여 구멍이 점점 크게 뚫어진 것을 볼 수 있었다. 전분

이 빠져나가고 남은 골격은 amylose와 amylopectin의 일부 분자들과 cellulose와 기타 물질들로 생각되어 진다¹⁹⁾. amylose는 분자 중 α -1,6 결합, α -1,3 결합, β -결

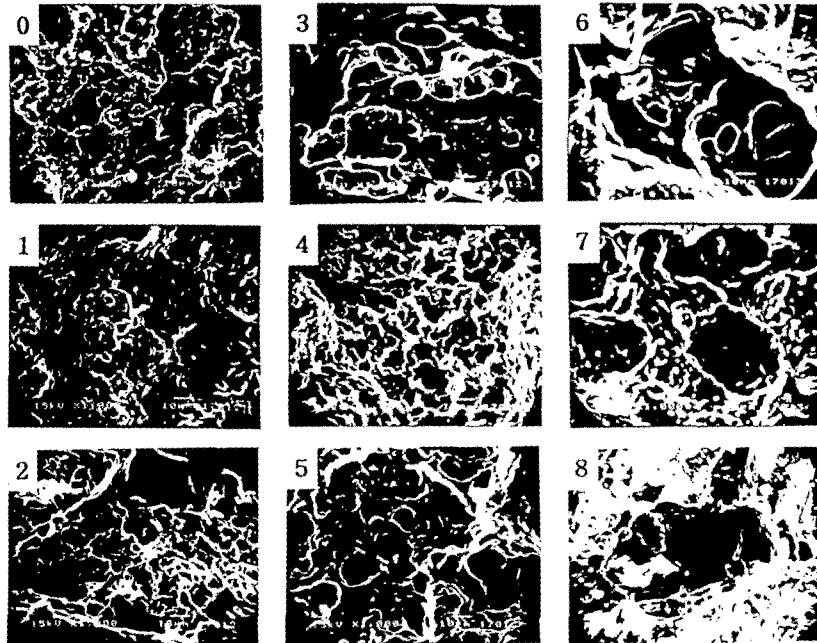


Fig. 7. Scanning electron micrograph of nonwaxy cooked rice kernel section during saccharification for *sikhe* at 60°C (×1,000).

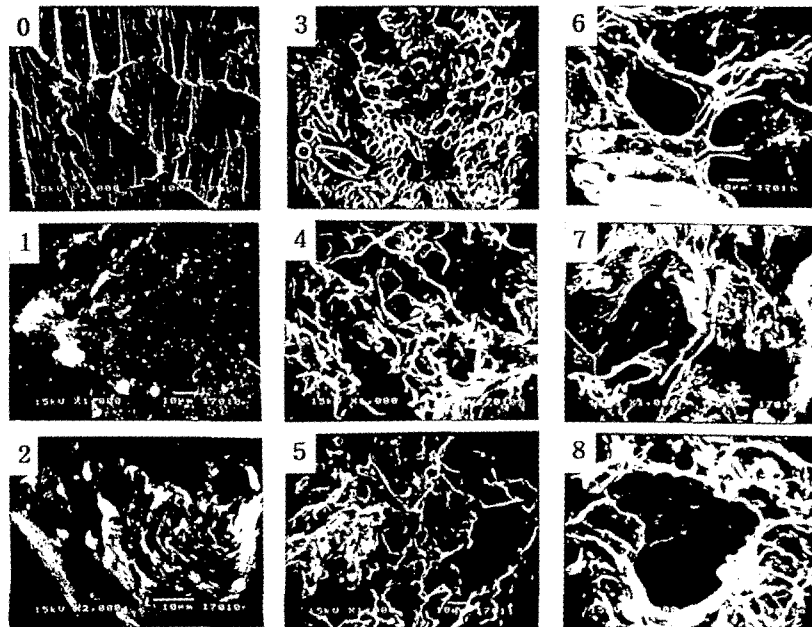


Fig. 8. Scanning electron micrograph of waxy cooked rice kernel section during saccharification for *sikhe* at 60°C (×1,000).

합 등 비정상적인 결합이 가끔 존재하며 또 포도당의 각종 ester형들이 구성단위에 섞여들어 이들이 가수분해가 되지 않았거나 amylopectin의 경우 분자내 α -1,4 결합 이외의 결합들이 인산 ester의 존재 등으로 가수분해가 전체 분자의 15~60% 정도 진행되며 가지가 많은 부분이 가수분해되지 않으므로 여기에 나타난 골격으로 이 물질들이 남아있는 것으로 생각된다.

IV. 요약

맥아제조(15°C)시 amylase 활성이 가장 높은 1.5배~2.0배(1.20 cm~1.95 cm)의 있는 길이는 9일 째에 관찰되었고, 엿기름의 추출시간에 따른 총당과 환원당은 3시간 30분에 2.33%, 1.61%로 가장 높았고 4시간에는 다소 감소하였으며, 굴절당도계로 측정된 당도와 amy-lase 활성도 3시간 30분에 3.4 brix(%), 28,332 units로 같은 양상을 보였다.

당화과정 중 당화초기에서 8시간까지 변화를 보면 총당은 멥쌀의 경우 3.90%에서 9.27%로, 찰쌀의 경우 4.19%에서 11.91%로 증가하였고 환원당도 멥쌀의 경우 3.30%에서 7.61%로, 찰쌀의 경우 3.31%에서 9.11%로 각각 증가하였다. Brix도 멥쌀의 경우 3.6 brix(%)에서 10.8 brix(%)로, 찰쌀의 경우 3.6 brix(%)에서 12.8 brix(%)로 당화시간이 증가할수록 증가하였다. amylase 활성은 당화시간이 증가할수록 감소하는 경향을 보였고 pH는 서서히 감소하다가 4시간 이후에는 거의 변화가 없었다. 식혜밥알의 형태는 당화시간이 증가할수록 가수분해되어 전분립이 빠져 나와 구멍이 점점 크게 나타남을 볼 수 있었다.

참고문헌

1. 문수재, 조혜정: 식혜에 관한 조리학적 검토. 대한가정학회지, **16**(1): 43 (1978).
2. 이철호, 김선영: 한국 전통음료에 문헌적 고찰. 한국식문화학회지, **6**(1): 50 (1991).
3. 이종순: 식혜조리과정에서 α -starch 당화요인에 관한 연구. 성신여대논문집, **2**(35): 97 (1970).
4. 이효지, 전희정: 식혜제조의 과학적인 연구. 대한가정학회지, **14**(1): 195 (1973).
5. 조경연: 식혜제조에 관한 연구. 이화여대 교육대학원 석사학위논문, (1976).
6. 육철, 황윤희, 백운화, 박관화: 전분 분해효소 첨가와 종이봉지를 이용한 식혜의 제조방법. 한국식품과학회지, **22**(3): 296 (1990).
7. 육철, 조석철: 습열처리 변성쌀을 이용한 식혜제조. 한국식품과학회지, **28**(6): 1119 (1996).
8. 이시경, 주현규, 안중국: 식혜제조시 쌀 품종이 당화에 미치는 영향. 한국식품과학회지, **29**(3): 470 (1997).
9. 서형주, 정수현, 황중현: 쌀보리, 걸보리 및 밀엿기름에 의한 식혜 제조시 특성. 한국식품과학회지, **29**(4): 716 (1997).
10. 서형주, 정수현, 김영순, 홍재훈, 이효구: 쌀보리, 걸보리 및 밀을 이용한 엿기름의 특성. 한국식품영양과학회지, **26**(3): 417 (1997).
11. 조신희: 맥아 및 식혜제조에 관한 연구. 한국조리과학회지, **6**(2): 77 (1990).
12. 조순옥: 당화력이 강한 맥아 제조 및 맥아 침수시간, 쌀의 종류와 취반방법에 따른 식혜의 비교연구. 대한가정학회지, **21**(3): 79 (1983).
13. 김복선, 이택수, 이명환: 식혜의 당화과정중 성분변화. 한국미생물학회지, **12**(2): 125 (1984).
14. 남상주, 김광옥: 재료의 양과 감미료를 달리한 식혜의 관능적 특성. 한국식품과학회지, **21**(2): 197 (1989).
15. 강선희, 김경자, 광연주: 서류의 당화과정 중 물성 및 Texture에 관한 연구. 한국조리과학회지, **7**(2): 7 (1991).
16. Vahouny, G.V.: Dietary fiber, lipid metabolism and atherosclerosis. Federation Proc., **41**: 2801 (1982).
17. 최진호, 임채환, 김재윤, 양종순, 최재우, 변태석: 비만치료식 개발을 위한 기초연구 I, 식품섭유로서의 알긴산의 비만억제효과. 한국수산학회지, **19**: 303 (1986).
18. 김영수, 하태열, 이상효, 이현유: 미강에서 추출한 식이섬유 추출물의 특성 및 제빵에의 응용. 한국식품과학회지, **29**(3): 502 (1997).
19. 최인자, 김영아: 식이섬유 첨가에 의한 백설기의 특성변화에 관한 연구. 한국조리과학회지, **8**(3): 281 (1992).
20. Miller, G.L.: Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. Anal. Chem., **13**: 426 (1959).
21. Hodge, J.E. and Hofreiter, B.T.: Methods in carbohydrate chemistry II. Whistler, R.L. and Wolfrom, M.L. (Ed.), Academic Press, pp. 338 (1962).
22. 김석신, 이원중: 식혜원료로의 활용 가능성 검토를 발아미의 특성조사. 한국식품과학회지, **29**(1): 101 (1997).

(1998년 1월 18일 접수)