한국농화학회지 제 37권 제 6호(1994)
Agricultural Chemistry and Biotechnology
Vol. 37, No. 6, pp. 487~491(1994)

팽화 처리한 나락의 결정화도, 당화효율,농약잔류량 비교

김중만* · 김동한[1] · 백승화 · 백덕순
원광대학교 농과대학 농화학과
[1]목포 대학교 생활과학대학 식품영양학과

초록 : 나락을 열풍팽화기로 팽화시켜 현미와 왕겨의 결정화도, 당화율, 농약잔류량의 변화를 비교하였다. 나락의 팽화처리로 쌀전분의 결정화도가 감소하였으나 왕겨의 결정화도는 큰 변화가 없었다. 찰벼의 팽화처리는 자숙처리에 비하여 엿기름 amylase에 의한 당화율이 높았으며 왕겨의 cellulase에 의한 가수분해율은 팽화처리시 14~30% 상승되었다. 나락의 팽화처리로 왕겨와 현미 중의 농약(diazinon)의 잔류량 감소는 메벼에서 현저하였고, 팽화전에 비하여 현미와 왕겨에서 각각 42.7%, 47.6% 잔류되었다(1994년 11월 3일 접수, 1994년 12월 12일 수리).

서 론

쌀은 1985년 이후 자급율이 100%를 상회하고 있고 소비량은 감소하고 있어[1] 재고미량이 계속 증가될 추세여서 재고미에 대한 새로운 소비형태의 개발이 시급한 문제이다.

필자 들는 전보[2]에서 쌀을 발효기질로 이용할 때 필수공정인 전분의 α화를 열풍팽화기에서 시도하여 본 결과 증자에 의한 α화 이상으로 실용적인 효과가 인정되었으며 그 적용 형태는 나락이 현미나 백미에 비하여 팽화에 탁월하게 효과적임을 확인하였다. 또한 팽화시에는 나락이 210±5℃ 에서 가열처리 되기 때문에 부산물인 왕겨 섬유소의 결정성은 가열에 의하여 파괴되어 cellulase에 의한 분해가 용이하여[3-5] 사료로 이용시 소화율의 증가를 기대할 수 있다[6,7]는 일반론에 비추어 볼 때 열풍팽화에 의한 왕겨의 사료적 가치가 예측된다. 또한 농업 구조상 농약의 사용량은 점점 증가하는 추세이어서[8] 농약의 잔류 문제가 중요한 관심이 되고 있으나[9,10] 농약의 분해는 온도의 영향을 받기 때문에[11] 열풍팽화시에도 쌀이나 왕겨 중의 잔류 농약은 감소될 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 기류식 팽화기로 팽화된 팽화미와 왕겨의 결정화도, 당화율, 농약잔류량의 변화를 비교하여 유용한 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 벼 품종은 메벼로 일반계의 대청벼와 진주벼, 통일계의 칠성벼와 청정벼를, 찰벼로는 일반계의 신선찰벼와 운봉올찰벼, 통일계의 한강찰벼로서 전보[2]와 같다.

재료의 전처리

나락은 전보[2]와 같이 열풍식 팽화기(hot air puffer 금성사 PC-110F)로 팽화시킨 후 왕겨를 분리하여 40메쉬로 되게 분쇄하였으며, Rice polisher 193-C(Model RA-150, KIYA SEISAKYSHO LTD, TOKYO, Japan)를 이용하여 왕겨층을 제거하여 얻은 현미는 cutting mill로 40메쉬 되게 분쇄한 후 4배량의 물을 가하여 100℃ 에 도달시킨 다음 10분동안 가열하여 호화시켰다.

X-ray diffraction

전보[2]와 같이 측정하였다.

쌀 가루의 당화

쌀 가루 시료 2% 현탁액 50 ml에 0.05M sodium acetate buffer(pH 4.8) 30 ml를 가하고 실온에서 2시간 진탕 추출한 2% 맥아추출액을 효소액으로 10 ml 가하여 55

Key words : Crystallinity rice, saccharification efficiency, diazinon residue, hot air puffing
Corresponding author : J.-M. Kim

℃에서 30분간 반응시킨 후 0.5N NaOH 용액 10 ml를 가하여 효소반응을 정지시키고[12] 생성되는 환원당을 DNS법[13]으로 비색정량하였다.

왕겨 cellulose의 당화

40메쉬로 분쇄한 왕겨 5g을 sodium acetate buffer(pH 4.6) 45 ml에 현탁시킨 후 2% cellulase(東京化成) 용액 2 ml를 가하여 50℃에서 3시간 반응시킨 후[14] 생성된 환원당을 DNS법으로 비색 정량하였다.

농약의 처리 및 잔류농약 정량

농약의 처리는 diazinon 1000배 희석용액에 나락을 2초간 담근 후 건조하였다. 팽화 전후의 왕겨와 현미중의 농약잔류량 분석은 다음과 같이 처리하였다. 현미는 5g, 왕겨는 2g에 acetone 50 ml를 가하여 1시간 진탕 추출한 후 잔사를 3회 acetone으로 세척하면서 여과하였다. 여액을 분액여두에 옮겨 dichlolomethane 70 ml와 증류수 200 ml, 포화 NaCl용액 20 ml를 가하여 진탕한 후 물층을 제거하고 dichlolomethane 층을 무수 Na_2SO_4로 탈수시킨 후 감압 농축하고 농축액을 hexane으로 용해시켜 gas chromatography(TRACOR 550)를 사용하여 flame photometric detector(FPD)로 다음의 조건[Column; glass column(1/4′ I.D.×100 cm L.), column materials; 1.5% OV-101+1.95% OV-210 on chromosorb W. HP. 80~100 mesh, column temperature; 210℃, detector temperature ; 200℃, gas flow rates; H_2는 100 ml/min, air는 35 ml/min, O_2는 20 ml/min, carrier N_2; 70 ml/min, injection volume; 2 μl]에서 분석하였다.

통계처리

분석한 결과는 SAS package중 ANOVA와 DMRT[15] 처리하여 유의차를 구하였다.

결과 및 고찰

X-선 회절비교

나락의 팽화처리나 자숙처리가 쌀전분의 결정화도에 미치는 영향을 검토하기 위하여 X-ray회절도를 조사한 결과는 Fig. 1과 같다.

생쌀 가루의 peak 위치는 A도형의 전형적인 특징을 나타내었으며[16] 팽화 처리하였을 경우 모든 peak는 거의 소멸되었고 자숙 처리하여 호화한 경우 4b(18.2°)와 6a(23.5°) peak는 소실되었으나 4a(17.1°)는 약간 소실되었고 3b(13.5°) peak는 급격히 상승하여 전분의 결정성은 자숙처리 보다는 팽화처리시 쉽게 무정형 상태로 전환됨을 알 수 있었다.

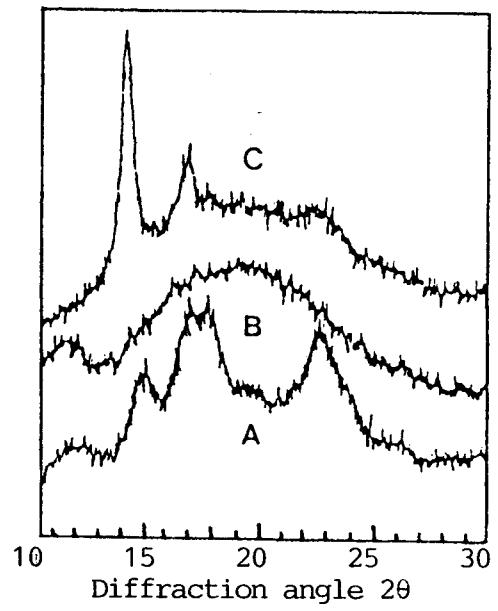

Fig. 1. X-ray diffraction pattern of rice flour samples.
A: Uncooked rice flour, B: Puffed rice flour, C: Cooked brown rice flour.

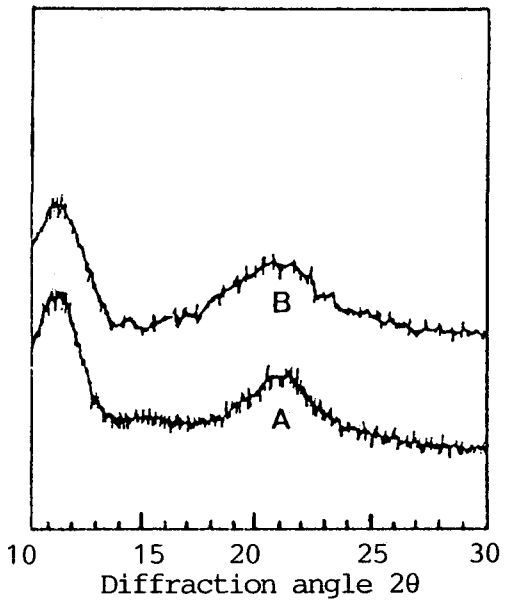

Fig. 2. X-ray diffraction pattern of paddy hull samples.
A: Raw paddy hull, B: Puffed paddy hull.

왕겨의 X-ray 회절도는 Fig. 2와 같이 회절각도 11.6°와 21.6°에서 peak가 나타나 16°와 22°에서 peak가 나타나는 결정성 섬유소의 전형적인 특징과는 차이가 있었다. 이는 왕겨의 조성이 celluose 이외에 hemicellulose 등이 다량 함유되어 있기 때문인 것으로 사료되며 팽화처리 후 얻어지는 왕겨의 경우 11.6°일 때의 peak는 약간 소실되지만 21.6°의 peak는 폭이 넓어 지면서 peak높이의 변화는 없었다. 이것으로 미루어 보아 나락의 팽화처리시 210±5℃ 에서 55±5초의 단시간 가열처리되기 때문에 왕겨 섬유소의 결정성은 일부가 무정형으로 전환되는 것으로 생각 되었다.

효소 당화 비교

쌀 가루를 팽화처리 또는 자숙처리하여 엿기름 amylase에 의한 당화정도를 비교한 결과는 Table 1과 같이 생쌀 가루의 당생성량은 품종에 관계없이 30.11~50.73 mg/g으로 낮았으나 팽화나 자숙처리에 의한 당생성량은 256.09~364.04 mg/g로 급격히 증가하여 찰벼는 팽화처리가, 메벼는 자숙처리시 당생성량이 높았다.

품종 간에는 찹쌀은 한강찰벼의 팽화처리구에서, 멥쌀은 진주벼와 대청벼의 자숙처리구에서 당화율이 높았다($p<0.01$). 이는 amylose함량이 증가함에 따라 팽화율이 낮았던 Villareal 등[17]의 보고로 미루어 보아 찹쌀이 멥쌀에 비하여 팽화율이 높기 때문에[2] 찹쌀 팽화미는 물의 침투가 용이하여 amylase가 전분입자에 쉽게 침투되어 작용할 수 있었던 것으로 생각되었다.

나락의 팽화처리시 가열처리되는 왕겨의 cellulase에 의한 가수분해율은 Table 2와 같이 무처리 왕겨의 경우 가수분해율은 한강찰벼 왕겨에서 제일 높았으며 팽화처리에 의하여 Fig. 2에서 볼 수 있는 바와 같이 왕겨의 결정화도는 큰 변화가 없었으나 왕겨의 가수분해율은 현저히 증가하였고 가수분해 증가율은 신선찰벼와 진주벼에서 29.97%와 29.54%로 제일 높아 왕겨의 화학 조성도 품종에 따라 차이가 있는 것으로 사료되었다($p<0.01$). 팽화처리에 의한 왕겨의 가수분해율 증가는 축산업에서 섬유질 조사료의 공급이 필수적이고[18] 조사료의 소화율 향상을 위해 끊임없이 노력하고 있는 실정[19]이어서 농산가공 부산물의 이용 측면에서 볼 때 매우 바

Table 1. Comparison of saccharification ratio between raw, cooked and puffed flour from various rice

Variety	Reducing sugar (mg/g)		
	Raw flour	Cooked flour	Puffed flour
Shinsunchalbyeo	48.11± 1.19[a)] #	307.31± 1.05[e)]	320.40± 1.45[b)]
Wuonbongolchalbyeo	48.10± 0.57[a)]	302.15± 1.72[f)]	307.31± 1.85[c)]
Hangangchalbyeo	47.78± 1.43[a)]	295.53± 1.91[g)]	350.51± 0.11[a)]
Daechongbyeo	42.87± 1.38[a)]	353.45± 0.18[b)]	258.22± 1.33[f)]
Jinjubyeo	50.73± 0.87[a)]	364.04± 1.75[a)]	256.09± 0.73[f)]
Chilseongbyeo	30.11± 1.76[c)]	333.82± 1.06[c)]	284.73± 1.15[d)]
Cheongcheongbyeo	47.78± 1.93[a)]	327.27± 1.75[d)]	274.25± 0.67[e)]

Mean± AD of triplicate measurement
Means followed by a different letter in the same column are significantly difference ($p<0.01$)

Table 2. Comparison of sccharification between raw and puffed rice hull from rice varieties

Variety	Reducing sugar (mg/g)		Increased saccharification rate (%)
	Raw rice hull	Puffed rice hull	
Shinsunchalbyeo	64.08± 0.99[b)] #	91.51± 1.48[a)]	30.00± 0.60[a)]
Wuonbongolchalbyeo	63.43± 1.75[b)]	73.73± 0.85[e)]	14.00± 1.60[e)]
Hangangchalbyeo	70.27± 1.43[a)]	89.78± 1.18[b,a)]	21.70± 1.50[c)]
Daechongbyeo	62.78± 1.56[b)]	85.18± 0.96[c)]	26.30± 1.90[b)]
Jinjubyeo	62.14± 1.08[b)]	88.20± 1.32[b)]	30.00± 1.20[a,b)]
Chilseongbyeo	63.43± 0.45[b)]	77.69± 1.05[d)]	18.00± 1.60[d)]
Cheongcheongbyeo	61.49± 1.73[b)]	71.64± 0.99[e)]	14.20± 0.40[e)]

Mean± SD of triplicate measurement
Means followed by a different letter in the same column are significantly difference ($p<0.01$)

Table 3. Comparison of diazinon residues in brown rice and rice hull (unit: ppm)

Variely	Untreated		Puffed	
	Brown rice	Rice hull	Brown rice	Rice hull
Shinsunchalbyeo	0.43± 0.01[e)] #	18.26± 0.04[d)]	0.31± 0.03[b,c)]	12.60± 0.15[c)]
Wuonbongolchalbyeo	0.92± 0.02[b)]	29.16± 0.20[a)]	0.40± 0.02[a)]	15.63± 0.30[a)]
Hangangchalbyeo	0.52± 0.03[d)]	17.96± 0.62[d)]	0.39± 0.03[a)]	11.90± 0.31[d)]
Daechongbyeo	0.01± 0.03[a)]	28.46± 0.30[a)]	0.33± 0.02[b)]	9.70± 0.10[e)]
Jinjubyeo	0.68± 0.01[c)]	25.43± 0.40[b)]	0.23± 0.02[d)]	13.30± 0.30[b)]
Chilseongbyeo	0.70± 0.02[c)]	28.20± 0.40[a)]	0.26± 0.01[c,d)]	8.16± 0.06[f)]
Cheongcheongbyeo	0.87± 0.03[b)]	23.30± 1.64[c)]	0.27± 0.01[c,d)]	10.03± 0.20[e)]

Mean± SD of triplicate measurementMeans followed by a different letter in the same column are significantly difference ($p<0.01$)

람직한 현상이었다.

잔류농약의 비교

나락에 diazinon을 처리하여 팽화처리에 의한 현미와 왕겨중의 잔류정도를 비교한 결과는 Table 3과 같이 팽화처리 전의 경우 왕겨는 17.96~29.16 ppm, 현미는 0.43~1.01 ppm으로 왕겨나 현미중의 잔류량은 달라 왕겨의 농약흡수 및 투과정도는 품종에 따라 다름을 알 수 있었다($p<0.01$).

나락의 팽화처리로 왕겨는 8.16~15.63 ppm, 현미는 0.23~0.40 ppm으로 농약의 잔류량은 팽화전에 비하여 52.4%와 57.4%로 현저히 감소하였다. 메벼와 찰벼를 비교하여 볼 때 정도의 차이는 있으나 왕겨와 현미 모두 찰벼 보다 메벼에서 팽화처리에 의한 감소가 심하였는데 이는 메벼가 amylose 함량이 높기 때문에 상대적으로 팽화시간이 길었던데[2] 그 원인이 있는 것으로 생각되었다($p<0.01$). 210± 5℃ 에서 1분 정도의 가열처리로 곡물중의 잔류농약이 상당량 휘발이나 열분해에 의하여 감소시킬 수 있는 것으로 생각되어 나락의 팽화처리는 농약에 오염된 곡류의 가공이나 왕겨의 사료로의 전환시 효과적일 것으로 기대되었다.

감사의 글

본 연구는 1994년도 원광대학교 연구비 지원으로 이루어졌으며, 농약분석에 도움을 주신 농촌진흥청 농약연구소 송병훈 박사님께 진심으로 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. 91농협연감 (1991) 농업협동조합 중앙회 p48
2. 김중만, 김동한, 백승화, 최용배, 한성희 (1994) 벼품종과 도정단계에 따른 열풍팽화특성, 한국농화학회지, 37(2), 72-76
3. 정대성, 문두식 (1978) Cellulase에 의한 목재당화에 관한 연구. 한국임학회지 38, 13-18
4. Fan, L. T., Y. H. Lee, D. H. Beardmore and M. M. Gharpuray (1982) The nature of lignocellulosics and their pretreaments for enzymatic hydrolysis, *Adv. Biochem. Eng.* 23, 157-187
5. Saddler, J. N., H. H. Browell and L. P. Clermont (1982) Enzymatic hydrolysis of cellulose and various pretreated wood fraction, *Biotechnol. Bioeng.* 24, 1389-1402
6. 우창명, 이서래 (1972) 농산폐기물의 성분분석 및 효소분해에 관한 연구. 한국식품과학회지 4, 300-308
7. Millett, M. A., A. J. Baker, W. C. Feist. R. W. Mellenberger and L. D. Satter (1970) Modifying wood to increase its in vitro digestibility. *J. Animal Sci.* 31, 781-788
8. 박창규 (1981) 농약산업분야, 한국농화학회 20년 기념 symposium p. 115-122
9. 백옥련, 노정구, 김택제 (1982) 수도용 농약 후치왕, 오트란의 작물 및 토양에서의 잔류와 분해. 한국농화학회지 25, 93-98
10. 이영득 박순만, 박영선, 박창규 (1987) 소형 수도배구중 carbofuran의 흡수이행 및 잔류특성, 한국환경농학회지 6, 31-37
11. 이해근, 홍종욱 (1983) 토양 중 Phorate의 분해와 대사. 한국농화학회지 26, 97-103
12. 이성동, 유영홍 (1973) 주정발효용 효소제 제조조건이 amylase 활성에 미치는 영향. 한국식품 과학회지 5, 224-230
13. Miller. G. L. (1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal.*

Chem. 31, 426-428
14. Lee, Y. H. and L. T. Fan (1982) Kinetic studies of enzymatic hydrolysis in insoluble cellulose: Analysis of the initial rates, *Biotechnol. Bioeng.* 24, 2383-2406
15. SAS (1987) "SAS series packege" SAS institute Inc. Cary, nc
16. Zobel, H. F. (1964) Methods in carbohydrate chemistry (IV) Academic press. New York. N. Y., p109
17. Villareal, C. P. and B. O. Juliano (1987) Varietal differences in quality characteristics of puffed rices, *Ceral Chem.* 64, 337-342
18. 신형태, 박윤창 (1980) 화학적 처리에 의한 볏짚의 사료가치 증진에 관한 연구, 한국축산학회지 21, 34-64
19. 맹원재, 한인규, 하종규 (1977) 저질조사료의 사료가치 증진에 관한 연구, 한국영양사료 연구회 기술회지 1: 1-29

Comparison of Relative Crystallinities, Saccharification Effeciency and Diazinon Residue of Varietal Puffed Paddy

Joong-Man Kim*, Dong-Han Kim, Seung-Hwa Baek and Duck-Soon Baek (Department of Agricultural Chemistry, College of Agriculture, Wonkwang University, Iri Cheonbug, 570-749, Korea, and Department of Food and Nutrition, College of Home Ecology, Mokpo National University, Muan, Cheonnam, 534-729, Korea)

Abstract : Relative crystallinities, saccharification efficiency, and diazinon(pesticide) residues of rice and rice hull puffed by hot air puffer were investigated. Crystallinities of rice starch in the puffed rice were decreased as compared to those in cooked rice, and those of rice hull were slightly decreased as compared to those in raw hull. By puffing of glutinous rice, the saccharification efficiency treated with malt amylase was higher than in cooked rice, and hydrolysis ratio of rice hull by cellulase was also increased from 14% to 30% by puffing. The residual contents of diazinon of the puffed rice and rice hull were decreased to 42.7% and 47.6%, respectively. In addition, its decreasing rate in nonglutinous rice were higher than that of glutinous rice.