

β-Glucanase를 이용한 보리전분 분리공정의 개발

서 호 찬

고려대학교 생명공학연구소

Development of Isolation Process of Barley Starch Using β-glucanase

Ho-Chan Seo

Institute of Biotechnology, Korea University, Seoul 136-701, Korea

Abstract

For the development of technique for isolation of naked barley starch from Youngsan variety, optimum conditions of the isolation process were investigated. The effect of blending was examined and the results showed that 29.7% starch yield was obtained by 6 times of blending. After the blending, the barley starch contained 3.2% protein, 0.7% fat, 0.4% fiber, 0.4% ash and 2.8% β-glucan. The optimum conditions of β-glucanase treatment were studied and the results showed that the amount of β-glucanase and barley flour-water ratio were 60,000 unit and 1/2, the optimum steeping temperature, pH were 45°C and 6.5, respectively. The effect of alkali treatment which would be supposed to increase the yield and purity of the barley starch was also examined. 76.7% starch content was obtained by 2 hr of alkali treatment. After all the treatment of isolation process, the barley starch finally contained 0.2% protein and 0.1% β-glucan.

Key words: barley, starch, β-glucan, β-glucanase

I. 서 론

보리의 전분입자는 배유세포내에 불규칙적으로 깔려있는 단백질에 싸여 있으며 배유세포간을 에워싸는 matrix 물질이 일반적으로 pectin인데 비해 보리의 경우는 단백질이 middle lamella의 형태로 되어 있다^{1,2)}. 배유부를 에워싸고 있는 세포벽은 70~75% β-glucan, 20~25% arabinoxylan, 3~5% protein, 2% mannan으로 구성되어 있으며 β-glucan과 arabinoxylan이 융단모양의 구조로 단단히 결합하고 있는 형상^{3,4)}을 하고 있기 때문에 전분을 분리하기 위해서는 배유세포 바깥의 β-glucan을 분해시켜 배유부 세포벽을 제거한 후 단백질에 싸여있는 전분입자를 노출시켜야 하는 문제점이 있다. 보리의 β-glucan은 β-1,3; 1,4-mixed linkage로 구성되어 있는 고분자 다당류로서 전분분리 제조공정시 높은 점성물질로 인해 여과과정을 지연시키므로 이런 난점을 해결하고자 온수 추출법⁵⁾, autoclave법⁶⁾, alkali 처리법^{7,8)}, perchloric acid 처리법⁹⁾ 등의 연구가 진행되고 있다. 최근 효소적인 방법에 의해 효과적으로 β-glucan을 제거시키는 방법과 정량법이 보고되었다^{10,11)}. β-Glucan의 제거 및 정량에 사용되는 β-glucanase에는 cellulase(EC 3.2.1.4), laminarinase(EC 3.2.1.6), lichenase(EC 3.2.1.73)가 있으며 그 중 보리 배유부 세포

벽의 β-glucan에 대해 특이적으로 작용하는 효소로서는 endo-1,3; 1,4-glucanase(lichenase)이다⁹⁾.

보리로부터 전분을 분리하는 방법으로는 MacMaster 등^{12,13)}이 보고한 wet-milling법이 있었으나 전분의 수율에 있어서 만족할 만한 결과를 얻지 못하였으며 Dimler 등¹⁴⁾에 의해 alkali 처리법이 개발되었으나 Georing 등¹⁵⁾은 대규모의 공장생산에 있어서 여러가지 문제점을 안고 있어 공정상의 개발이 필요하다고 하였다. 국내에서 보리전분의 분리에 사용한 방법은 대부분 alkali 처리법이였으며 권 등¹⁾이 보고한 효소적 처리법에 의한 보리전분의 분리에 관한 연구를 제외하고는 지금까지 보리의 이용을 위한 김 등^{16,18)}의 물리적, 화학적 특성을 연구한 소수의 보고가 있었을 뿐 아직 초보적 단계에 머물러 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 보리로부터 전분 분리공정을 개발하기 위해 blending 처리, β-glucanase 처리 및 alkali 처리를 병행한 전분 분리공정의 최적조건을 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용한 보리(*Hordeum vulgare* L.)는 쌀보리 품종인 영산보리로서 1997년 7월에 구입하였으며 저

Table 1. Approximate composition of naked barley

Composition	Unit: %	
	Unpearled barley	85% pearled barley
Moisture	12.2 ± 1.1	11.9 ± 1.8
Crude protein	12.3 ± 0.2	10.1 ± 0.3
Crude fat	2.3 ± 0.2	2.1 ± 0.3
Crude fiber	3.2 ± 0.6	2.2 ± 0.1
Ash	1.8 ± 0.2	1.1 ± 0.3
Starch*	50.7 ± 0.2	53.7 ± 0.4

All data calculated on dry basis.

*Starch content was measured in barley flour 100 g.

장 중에 변질되는 것을 방지하기 위해 일광 건조시킨 후 4°C의 저온실에서 보관하였다. 보리의 도정은 Satake grain testing mill(Satake Co., Japan)를 사용하여 85%로 하였으며 시료의 일반성분을 분석한 결과는 Table 1과 같다. 조곡과 85% 도정된 정맥을 비교하여 볼 때 피층에 해당하는 15%가 도정에 의해 제거되어 모든 성분이 감소된 것을 알 수 있었으나 쌀보리의 종구가 다른 곡물에 비해 깊어서 도정을 해도 제거되지 않아 조섬유 함량이 2.2%로 남아 있었다.

2. 일반성분 분석

쌀보리 및 전분시료의 일반성분의 분석은 AOAC법¹⁹⁾에 따라 수분은 상압가열 건조법, 단백질은 micro kjeldahl 법, 지방은 soxhlet 추출법, 회분은 직접 회화법, 섬유는 작열 감량법으로 각각 측정하였다. 전분의 백색도는 백색 tile를 표준물질로 하여 spectrophotometer(Hunterlab Co., USA)로 측정하였다.

3. β-Glucanase의 정제

β-Glucan정량 및 전분 분리공정에 사용한 β-glucanase는 부분정제된 Cereflo 200 L(Novo Co., Denmark)를 사용하였으며 정량에 방해가 되는 α-amylase를 제거하기 위해 Ballance의 방법²⁰⁾에 따라 20 mM sodium acetate buffer(pH 6.0)로 평형시킨 CM-cellulose column chromatography에 주입하여 NaCl를 1.5 M까지 gradient를 행하여 정제하였다. 정제된 β-glucanase의 활성은 1 mg/ml β-glucan을 기질로 하여 30°C, pH 6.5에서 측정 한 결과 1분당 1 μmole의 환원당을 생성하는 효소량을 1 unit로 정하였다.

4. β-Glucan 정량

β-Glucan정량은 Henry의 방법²¹⁾을 변형하여 측정하였다. 시료 100 mg을 정확히 취하여 cap tube에 담고 80%(v/v) EtOH 5 ml를 가해 수조에서 5분간 끓여 시료

에 존재하는 효소를 불활성화시키고 soluble sugar를 제거한 후 원심분리(3,000 rpm, 10분)하고 침전물에 80% (v/v) EtOH 처리를 반복한 다음 50 mM sodium acetate buffer(pH 6.5) 5 ml를 가해 현탁시키고 정제된 β-glucanase 0.1 ml를 넣어 30°C에서 30분간 반응시켰다. 반응이 끝난 후 원심분리하여 상등액 0.2 ml에 0.5% p-hydroxy benzoic acid hydrazide 용액 0.8 ml를 혼합하여 100°C에서 4분간 끓인 후 증류수 4 ml를 가하고 415 nm에서 흡광도를 측정하였다.

5. 전분함량 측정

전분함량은 Suzuki 등²²⁾이 보고한 편광계법에 따라 측정하였다. 전분 1 g에 pH 1.8로 조정된 0.54% CaCl₂ 용액을 30 ml 가하고 역류냉각기가 부착된 전열기에 100°C에서 30분간 가열하고 냉각시킨 후 4% SnCl₄·5H₂O 용액 5 ml를 가해 5분 동안 정치하여 여과시킨 여액을 편광계로 선광도를 측정한 후 다음과 같은 식으로 계산하였다.

$$\text{Starch content (\%)} = \frac{\text{선광도} \times 100}{203^\circ \times 2 \times S / 100}$$

203°: 전분의 비선광도

S: Sample (g)

각 분획의 회수율은 보리시료의 건조중량에 대한 각 분획의 건조중량 비를 백분율(%)로 계산하였다.

$$\text{회수율(\%)} = \frac{\text{각 분획의 건조중량 (g, dry weight)}}{\text{보리의 건조중량 (g, dry weight)}} \times 100$$

6. Blending 처리

보리 100 g을 취해 증류수 300 ml를 가하고 40°C 항온기에서 2시간 동안 tempering을 시킨 후 증류수로 5~6회 세척하고 2배의 증류수를 가하여 waring blender (Biohomogenizes Co., Switland)로 2분간 처리하고 100 mesh체로 통과하지 못한 잔존물을 회수하여 다시 waring blender로 2분간 처리하였으며 100 mesh체에 여과된 시료는 원심분리(5,000 rpm, 10분)를 하여 백색전분과 갈색맥분층으로 구분하여 각각의 회수율과 성분분석을 하였다.

7. β-Glucanase 처리

Blending 처리에서 분리된 백색전분과 갈색맥분층을 혼합하여 β-glucanase 30,000 unit, 맥분 100 g에 대한 물의 양 300 ml(1:3), 온도 30°C에서 6시간 침지시킨 것

을 기본적인 조건으로 하여 β -glucanase 첨가량, 맥분과 물의 비율, 반응온도, pH, 침지시간 등에 따른 최적조건을 조사하였다.

8. Alkali 처리

β -Glucanase 처리에서 회수된 백색전분과 갈색맥분층을 혼합하여 시료에 3배의 0.2% NaOH 용액을 가해 각각 침지시간을 달리하여 교반한 후 200 mesh체로 여과하고 phenolphthalein 지시약에 대해 alkali 반응이 없어질 때까지 증류수로 중화하여 건조시킨 시료를 성분분석을 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. Blending 처리

1) Blending 횟수에 따른 회수율

보리는 배유부가 다른 곡물에 비해 단단하고 외피는 연하기 때문에 제분을 할 경우 제분에 따른 손실이 크며 맥강이 맥분자체에 혼입이 되어 전분의 백도와 품질을 저하시키는 문제점이 있다. 권 등²³⁾은 이러한 단점을 보완하고자 보리에 일정량의 수분을 함유시키는 tempering 처리를 하여 제분을 할 경우 회수율의 증가와 회분의 함량이 감소된 결과를 보고하였다. 이 보고를 토대로 맥강이 맥분에 혼입되는 것을 방지하고 전분의 회수율을 높이기 위해 tempering 과정을 거쳐 blending 처리를 하였다. 보리 100 g에 300 ml의 증류수를 가하고 40°C 항온기에 2시간 동안 tempering 처리를 한 다음 waring blender로 2분간 blending을 하여 100 mesh체로 sieving 하는 과정을 반복하면서 횟수에 따른 각 분획의 회수율을 조사하였다(Table 2). Blending 횟수가 증가함에 따라 백색전분과 갈색맥분층은 증가되고 손실이 감소되는 경향을 보였으며 6회 처리했을 경우 백색전분이 29.7%, 갈색맥분층이 36.9%의 높은 회수율을 나타냈다.

2) 각 분획의 성분분석

Table 2. Yield distribution of fractions of naked barley in various blending times

Blending times	Yield			
	White starch	Brown barley flour	Bran and germ	Other losses
2	19.8±0.6	19.0±0.2	10.8±0.3	49.4±0.5
4	25.2±0.2	33.3±0.1	10.3±0.3	30.5±0.0
6	29.7±0.2	36.9±0.3	9.9±0.0	21.8±0.2
8	29.8±0.1	37.1±0.3	9.8±0.1	21.5±0.0

All data calculated on dry basis.

Table 3. Approximate composition of two fractions of barley after blending treatment

Composition	Product fraction	
	White starch	Brown barley flour
Crude protein	3.2 ± 0.1	10.1 ± 0.1
Crude fat	0.7 ± 0.2	2.7 ± 0.2
Crude fiber	0.4 ± 0.0	0.5 ± 0.1
Ash	0.4 ± 0.2	0.8 ± 0.1
β -glucan	2.8 ± 0.1	5.0 ± 0.0
Starch	83 ± 0.1	0.3 ± 0.1

All data calculated on dry basis. Blending was treated for 6 times.

Blending 처리를 6회하고 100 mesh체로 sieving하여 배아, 종구층을 제거한 다음 원심분리(5,000 rpm, 10분)하여 분리한 백색전분과 갈색맥분층의 성분분석 결과는 Table 3과 같다. 백색전분의 경우 sieving에 의해 배아, 종구층이 제거되었기 때문에 지방, 섬유소, 회분함량이 정맥에 비해 급격한 감소를 보였으며 β -glucan 함량도 정맥의 3.5%에서 2.8%로 감소되었다. 특히 단백질 함량은 정맥의 10.1%에서 3.2%를 나타냈는데 이는 권 등²³⁾이 보고한 보리 배유부 세포 내의 단백질 구성 중에 수용성 단백질인 albumin과 globulin이 제거가 된 결과라고 생각된다. 갈색맥분층의 경우에는 단백질, 지방, 섬유소, 회분 및 β -glucan 함량이 백색전분에 비해 높은 함량을 나타냈으며 갈색맥분층의 전분함량이 70.3%으로 상당량의 전분을 함유하고 있어 이를 분리하기 위해 β -glucanase 처리를 하였다.

3. β -glucanase 처리

1) β -glucanase 첨가량에 의한 영향

Blending 처리에 의해 수용성 단백질과 β -glucan이 용출되어 함량의 감소를 보였으나 상당량의 제거가 되지 않은 β -glucan에 의해 전분분리 효과가 낮기 때문에 효소적 처리에 의해 β -glucan을 제거하여 전분을 효과적으로 분리하기 위해 lichenase(1→3; 1→4- β -D-glucan hydrolase)를 이용하여 10,000~100,000 unit으로 맥분의 효소적 제분을 행한 Saulnier 등²⁴⁾의 보고를 토대로 β -glucanase를 30,000 unit, 60,000 unit 및 120,000 unit 첨가하여 전분의 단백질, β -glucan 함량의 용출효과를 조사하였다(Fig. 1). β -Glucanase를 60,000 unit 첨가하였을 때 β -glucan은 blending 처리 후 얻어진 전분보다 2.1%가 감소한 0.7%의 함량을 보였으며 단백질은 2.2%가 감소한 1.0%로 나타났으며 전분함량은 6.2%가 증가된 49.2%를 나타냈다.

2) 맥분과 물의 비율에 의한 영향

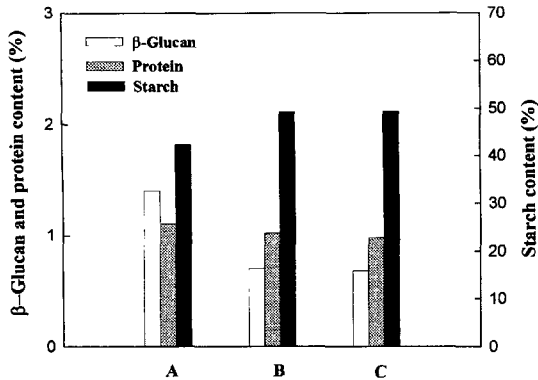


Fig. 1. Variation of β-glucan, protein and starch contents of barley starch at various amount of β-glucanase in β-glucanase treatment.

A: 30,000 (unit/100 g barley), B: 60,000 (unit/100 g barley), C: 120,000 (unit/100 g barley)

권 등²³⁾은 효소적 방법으로 분리하는 경우, 보리에 대한 물의 비율이 효소의 농도, 효소 반응조건 등에 관련이 있다고 보고하였다. 이를 토대로 정제된 β-glucanase가 물의 양에 따른 반응조건과 단백질 및 β-glucan 성분의 용출에 영향이 있을 것이라고 사료되어 β-glucanase를 60,000 unit 첨가한 조건에서 맥분 100 g에 대한 물의 비율을 각각 달리하였을 때의 용출효과를 조사하였다(Fig. 2). 맥분과 물의 비율이 1/2일 때 β-glucan 함량은 0.3%, 단백질 함량은 0.9%를 나타내었으며 다른 물의 양에 조건과 비교하여 볼 때 효과적인 용출을 보였다. 이의 결과는 1/2의 비율일 때 β-glucanase가 맥분에 존재하는 β-glucan을 제거할 수 있는 최적 효소반응 조건임을 알 수 있었다.

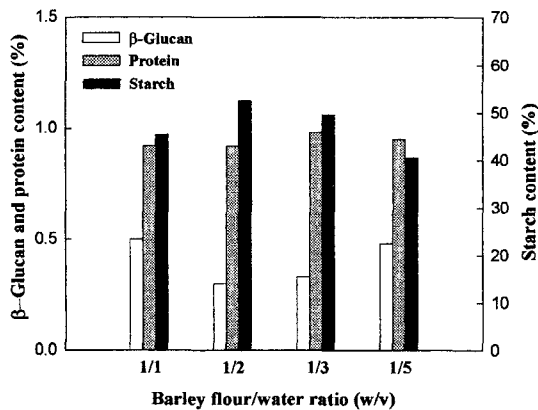


Fig. 2. Variation of β-glucan, protein and starch contents of barley starch at various barley flour/water ratio in β-glucanase treatment.

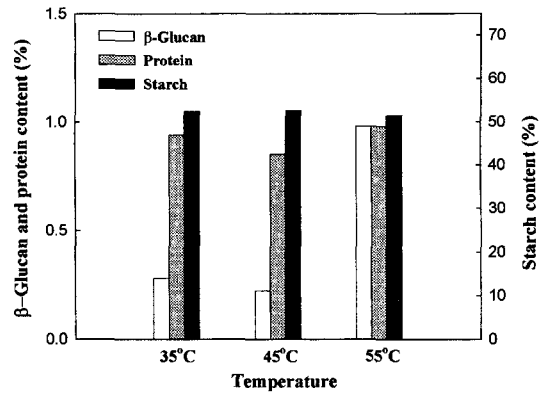


Fig. 3. Variation of β-glucan, protein and starch contents of barley starch at various temperature in β-glucanase treatment.

3) 온도 및 pH에 의한 영향

일반적인 효소반응에 미치는 환경인자를 조사하기 위해 본 효소(Cereflo 200 L)의 최적 효소반응 조건인 40°C와 pH 6.3를 기준으로 온도 및 pH에 따른 성분의 용출효과를 조사하기 위해 β-glucanase 60,000 unit, 물의 양 1/2의 조건에서 각각 온도를 달리하여 조사한 결과(Fig. 3) 45°C에서 β-glucan 함량이 0.2%, 단백질 함량이 0.9%로 가장 효과적인 용출의 결과를 보였다. 한편 0.1 M NaOH와 acetic acid로 pH를 각각 조정하여 pH에 따른 영향을 조사한 결과(Fig. 4) pH 6.5에서 β-glucan 함량이 0.2%, 단백질 함량이 0.7%로 가장 높은 효과를 보였다.

4) 침지시간에 의한 영향

맥분 100 g에 대한 β-glucanase 첨가량 60,000 unit, 물의 양 1/2, 온도 45°C 및 pH 6.5의 조건에서 침지시

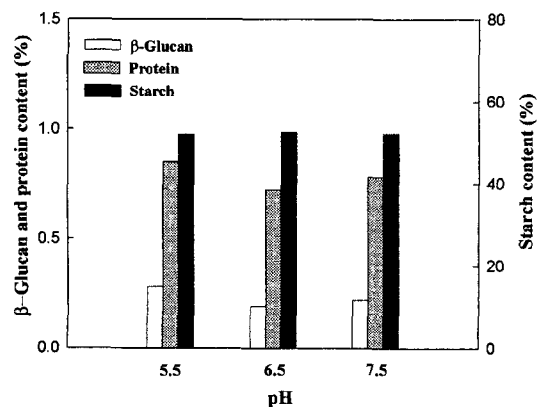


Fig. 4. Variation of β-glucan, protein and starch contents of barley starch at various pH in β-glucanase treatment.

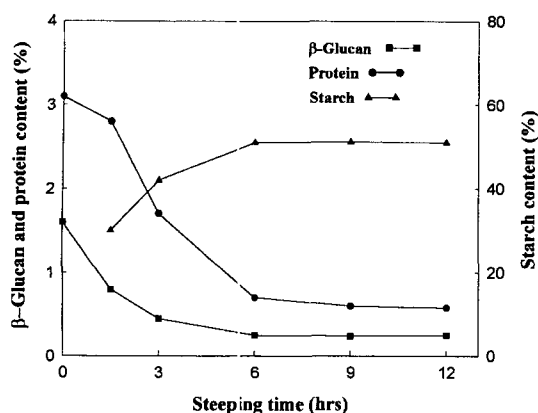


Fig. 5. Changes in β -glucan, protein and starch contents of barley starch during steeping in β -glucanase treatment.

간에 따른 단백질, β -glucan 함량과 전분함량의 변화를 조사한 결과는 Fig. 5와 같다. β -Glucan은 효소의 분해 작용으로 침지 3시간까지 급속히 감소되다가 침지 6시간 때 0.2%의 가장 낮은 함량을 보였으며 그 이후의 시간에서는 용출의 효과가 없었다. 그 반면에 단백질은 침지 1시간까지는 완전히 감소되다가 β -glucan이 제거가 됨에 따라 급속히 용출되는 경향을 보여 침지 6시간 때 0.7%로 낮은 함량을 나타냈다. 또한 전분함량도 점차적으로 증가하다가 침지 6시간 때에 52.2%의 높은 함량을 보이고 6시간 이후의 조건에서는 차이를 보이지 않았다. 이상과 같은 결과로 β -glucanase 처리에 의해 보리 배유부 세포벽의 주성분인 β -glucan이 제거됨에 따라 전분을 둘러싸고 있는 단백질의 용출이 용이하게 되었으며 전분함량도 향상시켰음을 확인할 수 있었다. 그러나 단백질 함량이 여전히 높은 수치를 나타내서 전분의 순도가 떨어질 뿐만 아니라 갈색미분층에서 전분함량이 48.9%를 함유하고 있어 전분의 수율을 증대시키고 단백질을 효과적으로 제거하기 위해 alkali 처리를 하였다.

4. Alkali 처리

1) 침지시간에 의한 영향

Goering 등¹⁵⁾은 NaOH 용액을 사용한 alkali 처리에서 단백질을 효과적으로 제거시켜 전분의 순도를 높였다는 보고를 하였다. 또한 김 등^{16,17)}이 보고한 전분의 화학적 호화에 따르면 0.3% 이상의 NaOH 용액을 사용하면 전분의 호화가 개시된다고 하였다. 이를 토대로 0.2% NaOH 용액을 사용하여 침지시간을 달리하여 단백질, β -glucan 및 전분함량을 조사한 결과는 Fig. 6과 같다. 침지 2시간 때에 β -glucan의 alkali 용해성 β -glucan이 용출이 되어 그 함량이 0.1%의 감소를 보였으며 또한 단

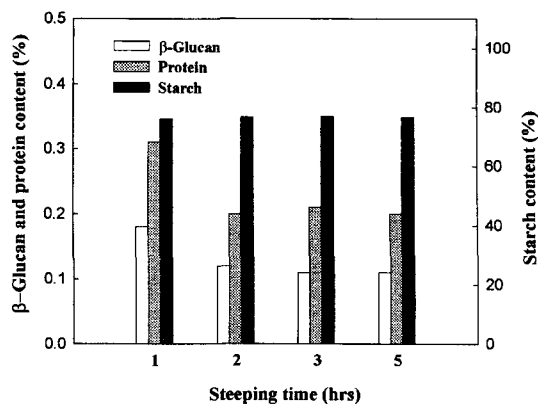


Fig. 6. Variation of β -glucan, protein and starch contents of barley starch at various steeping time in alkali treatment.

백질 용출효과도 대단히 커서 β -glucanase 처리 후 분리한 전분과 비교하여 볼 때 0.5%가 감소된 0.2%를 나타냈다. 이에 따른 전분의 함량도 24.7%가 증가된 76.7%를 보였다. 이는 Goering 등¹⁵⁾이 0.2% NaOH 용액을 사용한 alkali 처리에서 침지 2시간에 단백질을 효과적으로 제거시켰다는 결과와 일치하였다.

IV. 요약

보리로부터 전분을 분리하는 공정을 개발하기 위해 blending 처리, β -glucanase 처리 및 alkali 처리를 병행한 최적조건을 검토하였다. Blending 처리에 의한 전처리 효과를 조사한 결과 blending 처리를 6회 했을 경우에 전분수율이 29.7%로 나타났으며 단백질 3.2%, 지방 0.7%, 섬유소 0.4%, 회분 0.4%, β -glucan 2.8%를 함유한 전분을 분리하였다. 단백질과 β -glucan의 용출효과를 조사하기 위해 β -glucanase 처리의 최적조건을 검토한 결과 β -glucanase 첨가량 60,000 unit, 맥분과 물의 양 1/2, 반응온도 45°C, pH 6.5, 침지 6시간 때에 효과적인 용출을 보였다. 전분의 수율증대와 순도를 높이기 위해 0.2% NaOH 용액을 사용한 alkali 처리조건을 조사한 결과 침지 2시간 때에 전분함량은 β -glucanase 처리 후의 전분함량과 비교하여 볼 때 25%가 증가한 76.7% (w/w)로 나타났으며 단백질 0.2%, β -glucan 0.1%의 최종 전분을 분리하였다.

참고문헌

1. 권태완, 최홍식, 최원상, 김종태: 대맥으로부터 대맥분, 대맥전분, 배아 및 기타 유용성분의 분리제조 방법, 특허

제 20572호, pp. 107(1985).

2. 최원상, 최홍식, 권태완: 보리곡립의 조직구조와 화학적 성분 조성, *한국영양식량학회지* **12**(4): 420(1983).
3. Fincher, G.B.: Morphology and chemical composition of barley endosperm cell walls. *J. Inst. Brew.*, **81**: 116(1975).
4. De Haas, B.W. and Goering K.J.: Chemical structure of barley starches. *Die Stärke*, **24**(5): 145(1972).
5. Fleming, I.A. and Kawakami K.: Studies of the fine structure of β-D-glucans of barley extracted at different temperature. *Carbohydrate Research*, **57**: 15(1977).
6. Anderson, M.A., Cook, J.A. and Stone, B.A.: Enzymatic determination of 1,3:1,4-β-glucans in barley grain and other cereals. *J. Inst. Brew.*, **84**: 233(1978).
7. Palmer, G.H. and Mackenzie, C.I.: Levels of alkali-soluble β-D-glucan in cereal grains. *J. Inst. Brew.*, **92**: 461(1986).
8. Wood, P.J., Paton, D. and Siddiqui, I.R.: Determination of β-glucan in oats and barley. *Cereal Chem.*, **54**(3): 524(1983).
9. Ahluwalia, B. and Ellis, E.E.: A rapid and simple method for the determination of starch and β-glucan in barley and malt. *J. Inst. Brew.*, **90**: 254(1984).
10. Alan, H.S. and Karl, K.H.: Purification of barley starch by protein extraction. *Starch/Stärke*, **43**(10): 387(1991).
11. Bhatt, R.S. and Rossnagel, B.G.: Comparison of pearled and unpearled canadian and japanese barleys. *Cereal Chem.*, **75**(1): 15(1998).
12. MacMasters, M., Slatter, R.L. and Jaeger, C.M.: The possible use of oats and other small grains for starch production. *Am. Miller Processor.*, **75**(1): 82(1947).
13. MacMasters, M. and Rist, C.E.: Small grains for starch production. *Econ. Botany*, **5**: 338(1951).
14. Dimler, R.J., Davis, H.A., Rist, C.E. and Hilbert, G.E.: Production of starch from wheat and other cereal flours. *Cereal Chem.*, **21**(6): 430(1944).
15. Goering, K.J. and Imsande, J.D.: Barley flour composition and use for starch production. *J. Agr. Food Chem.*, **8**: 368(1960).
16. 김용휘, 김형수: 보리전분의 특성에 관한 연구 제1보. 보리전분의 입경분포, amylose 함량, blue value에 대하여. *한국식품과학회지*, **8**(1): 42(1974).
17. 김용휘, 김형수: 보리전분의 특성에 관한 연구 제2보. 보리전분의 호화온도 및 알칼리수에 대하여. *한국식품과학회지*, **8**(1): 42(1976).
18. 김오복, 김 관, 김성근: 쌀보리 전분의 성질 비교. *한국식품과학회지*, **17**(1): 33(1985).
19. A.O.A.C., Official methods of analysis. Association of official analytical chemists. Washington D.C. 14th(1984).
20. Ballance, G.M.: Purification of a specific endo-β-glucanase from *Bacillus subtilis* for β-glucan quantitation. *Cereal Chem.*, **62**(2): 148(1985).
21. Henry, R.J.: A simplified enzymic method for the determination of (1 → 3) (1 → 4)-β-glucans in barley. *J. Inst. Brew.*, **90**: 178(1984).
22. 鈴木繁男, 中村道德: 澱粉科學實驗法, 朝倉書店, pp. 11(1979).
23. 권태완, 안병윤, 최원상, 최홍식: 보리의 효소적 제분 및 이용에 관한 연구. *식품과학회지*, **18**(1): 30(1986).
24. Saulnier, L., Gevaudan, S. and Thibault, J. F.: Extraction and partial characterisation of β-glucan from the endosperms of two barley cultivars. *J. Cereal Science*, **19**: 171(1994).

(1999년 4월 28일 접수)