

## 열처리 덱스트린을 이용한 난소화성 덱스트린의 제조

우동호 · 문태화\*

삼양제넥스 식품연구소, \*서울대학교 대학원 농생명공학부식품공학과

### Preparation of Indigestible Dextrin from Pyrodextrin

Dong-Ho Woo and Tae-Wha Moon\*

Samyang Genex Food Research Center

\*Department of Food Science and Technology, Seoul National University

#### Abstract

The indigestible dextrin I was prepared by hydrolyzing pyrodextrin with thermostable  $\alpha$ -amylase. The mean values of indigestible fraction and dietary fiber of indigestible dextrin I prepared from yellow dextrin were 50.0% and 25.0%, respectively. Also the indigestible dextrin II was prepared by removing low molecular weight saccharides containing glucose with ethanol from enzyme hydrolysate of pyrodextrins. Over 80% of glucose and maltose in initial enzyme hydrolysate were removed, therefore the indigestible fraction and dietary fiber of the indigestible dextrins increased. The indigestible dextrin from ethanol precipitate of enzyme hydrolysate of yellow dextrin by  $\alpha$ -amylase and amyloglucosidase showed a higher contents of indigestible fraction and dietary fiber than ethanol precipitates by any other enzyme combination, and its mean values were 83.6% and 62.8%, respectively. Consequently, it was found that the indigestible dextrins which are resistant to starch-hydrolysing enzyme can be easily prepared from pyrodextrin, and presumed that they can perform physiological functions as soluble dietary fiber.

Key words : indigestible dextrin, pyrodextrin, dietary fiber, enzyme hydrolysate, ethanol precipitate

#### 서 론

전분을 물에 분산하고, 호화시켜 산 또는 효소로 가수분해하여 얻는 덱스트린과 구분하여 전분의 분말 자체를 가열하여 제조한 것을 열처리 덱스트린(pyrodextrin)이라 하며, 이는 1804년 Bouillon-Lagrange의 보고를 시작으로 개발이 계속되어 변성전분의 출발점이라 할 수 있다. 난소화성 덱스트린의 원료인 열처리 덱스트린은 기본적으로 전분의 구조와 비슷하며, 긴 전분의 분자가 보다 짧은 사슬로 가수분해되어 열처리 덱스트린 효액의 점도는 같은 농도에서 전분호액보다 낮다. 또한, 열처리 덱스트린의 종류에는 백색 덱스트린(white dextrin), 황색 덱스트린(yellow dextrin) 및 British gum이 있는데, 백색 덱스트린은 약 120°C의 비교적 저온과 높은 산침가로 열처리하여 착색을 최대

한 방지하면서 제조하며, 황색 덱스트린은 160°C 이상에서 열처리되어 담황색 내지 갈색을 띠는 분말로 냉수에 완전히 용해되고, 60% 용액에서도 노화되지 않는다. 그리고 British gum은 산촉매를 사용하지 않고, 소량의 알칼리를 첨가하여 보통 180~200°C로 열처리하여 제조한다<sup>(1)</sup>. 열처리 과정 중에 전분 분자에서 일어나는 구조적 변화는 완전히 규명되어 있지 않으나, 열처리에 의해 분해와 동시에 전이 및 재조합이 일어나 amylase로 분해되기 어렵다고 추정된다.<sup>(2)</sup> 또, Ohkuma 등<sup>(3)</sup>은 전분으로부터 제조한 열처리 덱스트린은 glucose가 1→4 또는 1→6 결합한 것을 주채로 하고 미량의 1→3 및 1→2 결합도 포함하며, 이와 같은 복잡한 구조로 인해 각종 소화효소에 저항성을 나타낸다고 보고하였으며, Mizoguchi<sup>(4)</sup>는 열처리 덱스트린의 복잡한 구조가 식이섬유로서의 생리기능을 발휘한다고 보고하였다.

한편, 식이섬유는 '인체 소화효소의 작용을 받기 어려운 난소화, 흡수성의 식품성분'이라고 정의<sup>(5,6)</sup>를 내릴 수 있는데 소화효소에 의해 가수분해되지 않고, 소화관을 통과하여 어떠한 생리작용을 나타내는 물질이

Corresponding author : Dong-Ho Woo, Food Research Center, Samyang Genex, 285 Gajwa-dong, Seo-gu, Incheon 404-250, Korea  
Tel : 82-32-570-8230  
Fax : 82-32-570-8255  
E-mail : dhwoo@gencx.co.kr

라고 할 수 있으며, Tsuji<sup>(6)</sup>는 전분에서 유래된 난소화성 덱스트린도 저분자의 수용성 식이섬유의 범주에 포함된다고 보고하였다. 또한, 식이섬유의 생리적 효과는 오래전부터 대변량의 증가에 의한 변비 개선효과가 보고<sup>(7)</sup>되어 왔으며, 최근 증가하고 있는 대장암, 허혈성 심질환, 당뇨병, 고혈압 등 성인병의 한 원인<sup>(8-10)</sup>으로서 식생활에 따른 식이섬유의 부족이 지적되면서 종래 찌꺼기 정도로 취급되던 섬유성분은 제 6의 영양소로 자리매김하고 있다<sup>(5)</sup>. 특히, 수용성 식이섬유는 장내 체류시간이 길며, 장내에서 발효되어 pH를 저하시키고, 장의 점질 물질을 많게 하며, 혈청 및 조직내 유해 콜레스테롤을 감소시키는 등 지질대사 개선효과가 우수한 것으로 보고되었다<sup>(11-13)</sup>. 그러나, 최근 선진국들의 영양조사 결과를 보면 일일 지방 섭취는 증가하고, 섬유성분의 섭취는 급격히 감소하고 있는 실정<sup>(14,15)</sup>이며, 우리나라 사람들의 식이섬유 섭취량이 선진국에 비해 결코 높지 않고 꾸준히 감소되어 이와 관련된 질환의 발병율은 더욱 증가할 것으로 예상<sup>(16-17)</sup>되기 때문에 경제적인 방법으로 식이섬유를 얻을 수 있는 가공 방법의 개발이 절실히 요구된다고 하겠다. 따라서, 본 연구에서는 각종 식품용 증량제로서 시판되고 있는 외국산 열처리 덱스트린 2종을 이용하여 처리 조건별로 난소화성 덱스트린을 제조하였으며, 난소화성 획분 및 식이섬유 함량을 분석하여 수용성 식이섬유로서의 이용 가능성을 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

난소화성 덱스트린의 제조에 백색(A.E. Staley Co., USA) 및 황색(Cerestar Co., USA) 덱스트린을 사용하였으며, 내열성  $\alpha$ -amylase(Termamyl 120LS)와 amylogucosidase(AMG 300L)는 Novo사(USA)제품을 사용하였고,  $\beta$ -amylase(BBA-1500)는 Finsugar사(Finland)의 제품을, 전이효소(Transglucosidase S)는 Amano사(Japan) 제품을 사용하였다. 또한, 난소화성 획분(indigestible fraction)과 식이섬유(dietary fiber)의 분석에 식이섬유 분석용 효소 kit(Sigma)를 사용하였고, 열처리 덱스트린의 효소반응 후 여과시 Toyo 5A(Advantec, Japan), GF/B, GF/F(Whatman, UK) 및 membrane filter(Metricel, Gelman Sciences, USA)를 사용하였다. 그리고, 정제를 위해 양이온(SK 1B, 삼양사) 및 음이온 교환수지(WA 30, 삼양사)를 사용하였고, Amberlite 200 및 Amberlite IRA-67(Sigma)을 사용하였다. 식이섬유의 분석을 위해 sodium phosphate와 acetone(Yakuri

Co., Japan) 그리고 공업용 에탄올(95% 이상, 대정화금사)을 사용하였다.

### 난소화성 덱스트린 I의 제조

정속 교반기(Chemy Stirrer B-100, EYELA, Japan)로 80~90°C의 열수를 교반하면서 황색 덱스트린을 30%(w/w)로 첨가하여 완전히 용해시킨 다음 1N NaOH 표준용액으로 pH를 5.8로 조절한 후 미리 95°C까지 가열된 항온수조내에서 교반하면서 내열성  $\alpha$ -amylase를 열처리 덱스트린 대비 각각 0.1, 0.2 및 0.3%(v/w)로 첨가하여 1, 2 및 3시간 동안 반응시켰다. 반응 종료 후 분말활성탄을 덱스트린 대비 0.7%(w/w) 첨가하여 끓는 시점에서 10초간 처리한 다음 Toyo 5A여과지를 이용하여 진공 aspirator(A-3S, EYELA, Japan)로 여과하였다. 이어서, glass filter를 이용하여 GF/B, GF/F로 활성탄을 제거한 후 최종 membrane filter를 거친 다음 rotary vacuum evaporator(NE-1V, EYELA, Japan)로 40%(w/w)까지 농축하였고, 4%(w/w) NaOH로 활성화시킨 음이온 교환수지(WA 30)를 효소처리액의 2배 부피로 첨가한 후 40°C로 조절된 항온수조에서 정속교반기로 24시간 동안 교반하여 탈색한 다음 GF/B로 여과하였다. 회석된 효소반용액은 다시 40%(w/w)로 농축하고, 활성화시킨 혼합수지(음이온과 양이온교환수지를 부피비로 2:1로 섞은 것)를 2배 부피로 첨가한 후 탈색과 동일한 조건으로 탈염하였다. 시료를 40%(w/w)로 농축한 다음 분무건조기(NIRO, Denmark)로 분말화하였다. 또한, 효소 반응시 기질인 열처리 덱스트린의 농도를 30 및 40%(w/w)로 변화시키고, 내열성  $\alpha$ -amylase를 기질 대비 각각 0.1 및 0.15%(v/w)로 첨가한 후 95°C로 조절된 항온수조에서 3시간동안 각각 반응시켰다. 반응 종료 후의 전 과정은 전술한 조건과 동일하게 하였다.

### 난소화성 덱스트린 II의 제조

백색 덱스트린을 열수에 30%(w/w)의 농도로 용해하고, pH조절 후 내열성  $\alpha$ -amylase를 0.05, 0.1 및 0.2%(v/w)수준으로 첨가하여 95°C에서 2시간 반응시킨 다음 1N HCl로 pH를 3으로 낮추고, 95°C에서 10분간 유지하여 효소를 실패시켰다. 이어서, pH를 5.5로 조절한 후  $\beta$ -amylase 및 전이효소를 기질 대비  $\alpha$ -amylase와 동일한 수준으로 동시에 첨가하여 55°C에서 48시간 반응시킨 다음 이후 활성탄 처리부터 탈염과정까지 전과 동일하게 처리하여 총 27개의 시료를 제조한 후 상대적으로 난소화성 획분이 높은 6개의 효소첨가 조건을 선별한 다음 반복 제조하였다. 효소반용액의 농

도를 30%(w/w)로 한 다음 고품분의 증량비로 8배의 공업용 에탄올을 첨가하여 상온에서 3시간 방치하였을 때 형성된 침전물과 상층액을 분리한 다음 침전물의 수율을 구하고, HPLC를 이용한 당분석을 통해 에탄올 침전 후 DP1과 DP2의 제거율을 계산하였으며, 침전물의 난소화성 확분을 분석하였다. 또한, 내열성  $\alpha$ -amylase를 0.1, 0.2 및 0.3%(v/w) 수준으로 첨가하여, 2시간 반응 후 효소를 실패시키고 pH를 4.5로 조절한 다음 amyloglucosidase를 기질 대비 0.1, 0.2 및 0.3%(v/w) 수준으로 첨가하여 55°C에서 24시간 반응시킨 후 90°C에서 10분간 가열로 실패시키고, 전이효소를 두 효소와 같은 수준으로 첨가하여 48시간 반응시켰다. 활성탄 처리부터 탈염과정까지 전과 동일하게 처리하여 총 27개의 시료를 제조한 후 상대적으로 난소화성 확분이 높은 6개의 효소첨가 조건을 선별한 다음 반복 제조하였고, 이후 전술한 바와 같이 에탄올을 처리하여 분석하였다. 그리고, 내열성  $\alpha$ -amylase를 0.05, 0.1 및 0.2%(v/w) 수준으로 첨가하여 2시간 반응 후 효소를 실패시키고, amyloglucosidase를 동일한 수준으로 첨가하여 24시간 동안 반응시켰고, 이후 처리 조건 및 분석은 동일하게 하였다.

한편, 황색 덩스트린을 30%(w/w)로 열수에 용해시키고,  $\alpha$ -amylase를 0.3%(v/w)로 3시간 단독 처리한 경우,  $\alpha$ -amylase [0.3%(v/w), 2시간 반응] 처리 후 전이효소 [0.1%(v/w), 24시간 반응]를 처리한 경우,  $\alpha$ -amylase [0.3%(v/w), 2시간 반응] 처리 후  $\beta$ -amylase와 전이효소를 각각 0.1%(v/w)씩 동시에 첨가하여 24시간 반응시킨 경우, 그리고  $\alpha$ -amylase [0.3%(v/w), 2시간 반응] 처리 후 amyloglucosidase [0.1%(v/w), 12시간 반응]를 처리한 경우로 구분하여 시료를 제조하였다. 전과 동일하게 정제한 후 30%(w/w) 농도로 조절하고, 증량비로 반응액 고품분의 5배에 해당하는 공업용 에탄올을 첨가한 후 상온에서 3시간 방치하여 침전물을 얻었고, 이를 증류수에 용해 후 농축하여 잔여 에탄올을 제거하였다. 그리고 열처리 덩스트린 30%(w/w) 용액에 amyloglucosidase를 0.05, 0.1 및 0.2%(v/w) 수준으로 첨가하고, 12 또는 24시간 동안 반응시킨 다음 전과 같은 조건으로 에탄올 침전을 형성시켰다. 또한, 열처리 덩스트린 30%(w/w) 용액에  $\alpha$ -amylase를 0.2%(v/w) 첨가하여 2시간 처리한 다음  $\beta$ -amylase를 0.05 또는 0.1%(v/w) 수준으로, 그리고 전이효소를 0.05, 0.1 및 0.2%(v/w) 수준으로 동시에 첨가하여 24시간 반응시킨 후 효소반응액의 농도를 40%(w/w)로 조절하고, 전과 같은 조건으로 에탄올 침전을 형성시켰다. 또, 열처리 덩스트린 용액의 농도를 40%(w/w)로 조절하고,  $\alpha$ -

amylase를 0.2%(v/w) 첨가하여 2시간 처리한 다음 amyloglucosidase를 0.05%(v/w) 수준으로 첨가하여 48시간 반응시켜 시료를 제조한 후 효소반응액의 농도를 각각 30, 35, 40 및 45%(w/w)로 조절하여 전과 같이 에탄올 침전을 형성시켰다.

#### 열처리 덩스트린의 분석

원료로 사용된 열처리 덩스트린의 수분, 조단백 및 조회분은 AOAC방법<sup>(18)</sup>에 따라 정량하였다. 또한, 유동성, 수용성 고품분 및 환원당은 미국의 Corn Refiners Association에서 제정한 Standard Analytical Methods (SAM)<sup>(19)</sup>를 이용하였다. 유동성은 증류수 107 mL를 사용하여 표준화된 funnel을 통하여 흘릴 때 아래의 매스실린더에 정확히 100 mL가 되는 시간을 측정(36초)하여 같은 시간 동안 열처리 덩스트린 용액(50°C)을 표준화된 funnel에 흘렸을 때의 시료 부피를 읽어 측정하였다. 수용성 고품분은 시료 5 g을 200 mL 증류수에 용해하고 2시간 정도 항온수조(25°C)에서 방치한 후 여과지(Whatman No.2)로 거른 다음 여액 20 mL를 중발접시에 취해 건조오븐으로 50°C에서 24시간 동안 가열하여 수분을 완전히 제거한 후 잔류물의 무게를 측정하고, 일정 factor를 곱해 구하였다. 그리고 환원당은 열처리 덩스트린 10 g을 증류수 200 mL에 용해시킨 다음 20 mL를 취해 포도당의 양으로 정량하였다. 시료의 D.E.(dextrose equivalent)는 어는점과 D.E.와의 상관관계를 이용하는 방법<sup>(20)</sup>으로 측정하였는데, digital refractometer(RX-1000, ATAGO, Japan)를 이용하여 시료용액의 농도를 10%(w/w)로 조절한 후 cryoscope (Fiske Associates, USA)를 사용하여 시료의 어는점을 측정하고, D.E.와의 상관관계를 나타낸 표를 이용하였다. 또한, amylose의 함량은 Sowbhagya 등<sup>(21,22)</sup>이 고안한 iodine용액과의 친화력을 이용한 방법으로 분석하였으며, 열처리 덩스트린을 10%(w/w) 농도로 증류수에 용해한 다음 membrane filter로 여과한 후 혼합 이온교환수지로 탈염하고, 최종 농도를 3%(w/w)로 조절하여 syringe filter(Acrodisc, 0.2  $\mu$ m, Gelman Sci., USA)를 통과시킨 다음 HPLC(Waters Co., USA)로 당 조성을 분석하였다. 분석조건은 용리액은 초순수로 하고, 컬럼은 Aminex Carbohydrate HPX-87C(7.8  $\times$  300 mm, Bio-Rad, USA)를 사용하였으며, 유속은 분당 0.6 mL, 컬럼온도는 85°C로 하였고, 검출기로는 RI detector를 사용하였다.

#### 에탄올 처리에 의한 저분자 당류의 제거율 및 침전 수율

효소처리한 당액의 당조성은 전술한 바와 같은 조

진으로 분석하였다. 난소화성 성분을 증가시키기 위해 에탄올을 이용한 효소반응액 중의 DP1과 DP2의 제거율은 HPLC상의 초기 효소반응액 중의 DP1과 DP2 함량으로부터 에탄올 처리 후 침전의 DP1과 DP2 함량을 뺀 다음 초기 효소반응액 중의 DP1과 DP2 함량으로 나누어 백분율로 나타내었다. 또한, 에탄올 처리에 의해 형성된 침전의 수율은 생성된 침전물의 고형분 양을 초기 효소반응액의 고형분 양으로 나누어 백분율로 나타내었다.

#### 난소화성 획득

수용성 식이섬유의 난소화성 획득 분석법<sup>(3,23)</sup>을 이용하였다. 즉, 시료 1g을 정확히 측정하여 증류수 50 mL에 용해시키고, 0.1 N NaOH용액으로 pH를 6.0으로 조절한 후 95°C로 조절된 항온수조에 담고, 교반하면서 식이섬유 측정용 효소 kit 중 내열성  $\alpha$ -amylase 0.1 mL를 첨가하고, 알루미늄 호일로 마개를 하여 30분간 반응시킨 후 상온으로 냉각하였다. 다시 0.1 N NaOH용액으로 pH를 7.5로 조절하고, 위의 효소 kit 중 protease(500 mg을 초순수 10 mL에 용해시킨 것) 0.1 mL를 넣고, 60°C에서 30분간 반응시킨 후 상온으로 냉각한 다음 0.1 N HCl용액으로 pH를 4.5로 조절하였다. 이어서, 위의 효소 kit 중 amyloglucosidase 0.1 mL를 넣은 후 60°C에서 30분간 반응시켜 효소처리를 완료하고, 반응액을 SUS재질의 비이커에 옮겨 0.3 g의 활성탄을 첨가한 후 끓는 시점에서 5초간 유지하여 효소를 실패시켰다. 상온으로 냉각한 후 GF/B 및 membrane filter로 활성탄을 완전히 제거한 다음 총 부피를 100 mL로 조절하고, glucose 함량은 glucose oxidase의 작용원리를 이용하는 glucose analyzer (Biochemistry Analyzer YSI 2700 SELECT, YSI Co., USA) 및 혈청 glucose test kit(MBL Co.)로 측정하였다. 나머지 여과액은 활성화시킨 Amberlite 혼합수지로 탈염하고, 회전진공증발기를 이용하여 5%(w/w)로 농축한 다음 HPLC로 당조성을 분석하여 아래의 계산식들에 의해 난소화성 획득의 mg(식 1)과 %(식 2)를 각각 구하였다. 이때, HPLC의 분석조건으로 용리액은 초순수, 컬럼은 Sugar-Pak 1 column(6.5×300 mm, Bio-Rad, USA)사용시 유속은 분당 0.4 mL, 온도는 80°C로 하였고, Aminex Carbohydrate HPX-87C(7.8×300 mm, Bio-Rad, USA)사용시 유속은 분당 0.6 mL, 컬럼온도는 85°C로 하였으며, 시료의 injection volume은 0.1 mL이고, 검출기로는 공히 RI detector를 사용하였다.

난소화성 획득(mg)

$$= \frac{\text{HPLC 상의 난소화부 피크 면적}}{\text{HPLC 상의 포도당 피크 면적}} \times \text{glucose(mg)} \quad (1)$$

$$\text{난소화성 획득(\%)} = \frac{\text{난소화성 획득(mg)}}{\text{시료의 무게(mg)}} \times 100 \quad (2)$$

#### 식이섬유 함량

난화성 덱스트린의 식이섬유 함량은 식품공전<sup>(23)</sup> 및 Prosky-AOAC법<sup>(24,25)</sup>을 이용하였다. 즉, 시료 1g을 정확히 측정하여 250 mL 삼각플라스에 옮기고, 0.05 M phosphate buffer(pH 6.0) 50 mL에 용해시킨 다음 95°C로 조절된 항온수조에 담고 교반하면서 식이섬유 측정용 효소 kit 중 내열성  $\alpha$ -amylase 0.1 mL를 첨가하고, 알루미늄 호일로 마개를 하여 30분간 반응시킨 후 상온으로 냉각하였다. 다시 1 N NaOH용액으로 pH를 7.5로 조절하고, protease(500 mg을 초순수 10 mL에 용해시킨 것) 0.1 mL를 넣어, 60°C에서 30분간 반응시키고 상온으로 냉각한 다음 1 N HCl용액으로 pH를 4.5로 조절하고, 위의 효소 kit 중 amyloglucosidase 0.3 mL를 넣은 후 60°C에서 30분간 반응시켜 효소처리를 완료하고, 반응액을 1 L 비이커에 옮긴 다음 95% 에탄올 600 mL를 60°C로 가열한 후 혼합하고, 상온에서 1시간 방치하였다. 미리 무게를 측정한 여과지(GF/B)를 glass filter에 걸고 효소반응액을 통과시켜 에탄올에 의해 형성된 침전을 걸러내는데, 이때 통과속도가 점점 느려지면 새로운 여과지로 교환하면서 여과하였다. 걸러진 침전물은 78%에탄올 60 mL, 95% 에탄올 40 mL, 그리고 아세톤 20 mL를 이용하여 계속 씻어 준 다음 여과지는 50°C의 건조오븐에서 24시간 동안 건조하여 형성된 침전물의 무게(A)를 정확히 측정하였다. 또한, 침전물의 단백질(B) 및 회분 함량(C)을 측정하여 식(3)으로 식이섬유의 함량을 계산하였다.

$$\text{식이섬유 함량(\%)} = \frac{A - B - C}{\text{시료의 무게(g)}} \times 100 \quad (3)$$

#### 결과 및 고찰

열처리 덱스트린의 일반성분, 주요성 고형물, 환원당, amylose 함량 및 당조성

열처리 덱스트린의 일반성분을 비롯한 수용성 고형물, 환원당, amylose 함량 및 당조성은 Table 1에 나타

Table 1. Typical analysis of yellow dextrin and white dextrin

	Yellow dextrin <sup>1)</sup>	White dextrin <sup>2)</sup>
Raw material	Corn starch	Corn starch
Moisture (%)	4.7 <sup>3)</sup>	3.4
Crude ash (%)	0.02	0.10
Crude protein (%)	0.43	0.25
pH (5 g/water 150 g)	4.0	5.0
Fluidity (mL)	75 (65 g/water 107 g)	73 (75 g/water 107 g)
Water solubles (%)	94.0	98.0
Reducing sugar (%)	3.06	2.90
Dextrose Equivalent (D.E.)	5.3	6.5
Amylose content (%)	4.34	6.67
Indigestible fraction (%) <sup>4)</sup>	50.0	35.9
Sugar composition (%) <sup>5)</sup>	DP1	0.78
	DP2	0.49
	DP3	ND <sup>6)</sup>
	DP4+	97.83
	Unknown	0.90

<sup>1)</sup>Pyrodextrin obtained from Cerestar (USA).

<sup>2)</sup>Pyrodextrin obtained from A.E.Staley (USA).

<sup>3)</sup>Mean of triplicate determination.

<sup>4)</sup>Analyzed by HPLC method.

<sup>5)</sup>Analyzed with an Aminex Carbohydrate HPX-87C column, 7.8×300 mm (flow rate: 0.6 mL/min, column temp.: 85, RI detector).

<sup>6)</sup>Not detected.

내었다. 황색 및 백색 덱스트린 모두 94%와 98%의 수용성 물질로 나타나 냉수 가용성을 알 수 있었고, D.E. 및 환원당이 측정되어 산첨가에 의한 열처리로 인해 분해가 일어났음을 알 수 있었다. 또한, amylose 함량은 황색 덱스트린이 4.34%, 백색 덱스트린이 6.67%로 나타났는데, 일반옥수수전분이 20~26% 수준<sup>(1)</sup>이라고 볼 때 amylose 함량이 대폭 감소하여 분자구조의 재배열이 발생되었음을 알 수 있었다. 일반적으로, 전분은 가열에 의해  $\alpha$ -D-(1→6)결합이 일부 분해되지만,  $\alpha$ -D-(1→4)결합이 주로 분해되어 분자구조가 더욱 복잡하게 되고, 또한, 생성된 glucose와 올리고당들은 고온의 산 존재하에서 더욱 고분자의 물질로 재조합된다고 보고하였다<sup>(2)</sup>. 열처리 덱스트린 자체의 난소화성 획득을 HPLC법으로 분석한 결과, 황색 덱스트린이 50%, 백색 덱스트린이 35.9%로 나타나 황색 덱스트린이 전분 가수분해효소에 보다 저항성이 큰 복잡한 분자구조라고 추정되었다. 그리고, HPLC를 이용하여 당 조성을 분석한 결과 두 열처리 덱스트린 모두 DP1, DP2, DP3 등 저분자의 당류가 검출되었는데, 백색 덱스트린이 상대적으로 더 많이 분해된 것으로 확인되었으며, 또한 분자량이 낮은 미확인 물질이 검출되었는데, 대부분은 전분의 열처리에 의해 glucose잔기가 분해되어 발생하는 levoglucosan(1,6-anhydro- $\beta$ -D-glucopyranose) 및 furfural 등과 같은 보다 저분자의 휘발성 물질이라고 추정되었다<sup>(3)</sup>.

#### 난소화성 덱스트린 I의 성분 특성

난소화성 덱스트린을 제조하기 위해 Table 1과 같은 이화학적 특성의 황색 덱스트린을 사용하였다. 내열성  $\alpha$ -amylase의 첨가량, 반응시간 및 기질농도를 변화시키면서 제조한 난소화성 덱스트린 I의 성분 특성을 Table 2와 3에 나타내었다. 열처리 덱스트린 I의 제조 과정에서 발생하는 산취 및 가열취는 정제 과정을 통해 완전히 제거되었고,  $\alpha$ -amylase를 단독 처리하여 제조된 난소화성 덱스트린 I의 성분 특성은 효소 첨가량, 반응시간 및 기질 농도에 뚜렷한 영향을 받지 않는 것으로 나타났으며, 난소화성 덱스트린 I의 난소화성 획득 및 식이섬유 함량은 각각 50% 및 25%의 평균치를 나타내어 원료 열처리 덱스트린과 거의 유사하였다. 따라서, 난소화성 덱스트린의 최종적인 특성은 열처리 덱스트린의 기본적인 이화학적 성질과 직접적인 관계가 있다고 생각되었고, 이와 같이 열처리 덱스트린이 갖는 효소저항성으로 인해 식이섬유의 소재로서 이용 가능할 것으로 추정되었다<sup>(4)</sup>.

#### 에탄올을 이용한 저분자 당류의 분리를 통한 난소화성 덱스트린 II의 수율 및 성분 특성

난소화성 획득과 식이섬유 함량이 보다 높은 난소화성 덱스트린을 제조하기 위해 먼저 Table 1과 같은 이화학적 성질을 지닌 백색 덱스트린을 이용하였다. 기질에 내열성  $\alpha$ -amylase처리 후  $\beta$ -amylase 및 전이효소

**Table 2. Effect of amount of enzyme added and reaction time on indigestible fraction and dietary fiber content of indigestible dextrin I prepared from Cerestar yellow dextrin**

$\alpha$ -amylase (%;v/w)	Reaction time (hr) <sup>1)</sup>	pH (10%;w/w)	D.E. <sup>2)</sup>	Indigestible fraction (%) <sup>3)</sup>		Dietary fiber content (%) <sup>4)</sup>
				Sugar-Pak	Aminex	
0.1	1	5.0	10.4	47.8	48.7	24.1
	2	4.7	9.6	47.5	48.3	22.5
	3	4.8	10.3	47.5	48.4	23.3
0.2	1	5.0	11.4	47.2	48.8	23.7
	2	4.8	11.1	47.2	48.1	24.0
	3	4.7	10.7	44.9	45.6	24.9
0.3	1	5.0	11.4	45.6	47.0	23.9
	2	4.6	11.1	45.5	46.6	22.2
	3	4.5	10.9	42.9	46.2	23.1

<sup>1)</sup>Concentration of pyrodextrin : 30%(w/w), reaction temperature: 95°C, pH 5.8.

<sup>2)</sup>Dextrose equivalent analyzed by a cryoscope.

<sup>3)</sup>Sugar-Pak 1 column, 6.5×300 mm (flow rate: 0.4 mL/min, eluent: H<sub>2</sub>O, column temperature: 80°C, RI detector).

Aminex Carbohydrate HPX-87C, 7.8×300 mm (flow rate: 0.6 mL/min, eluent: H<sub>2</sub>O, column temperature: 85°C, RI detector).

<sup>4)</sup>Dietary fiber content analyzed by Prosky-AOAC method.

**Table 3. Effect of substrate concentration on indigestible fraction and dietary fiber content of indigestible dextrin I prepared from Cerestar yellow dextrin**

$\alpha$ -amylase (%;v/w)	Substrate conc. <sup>1)</sup>	pH (10%;w/w)	D.E. <sup>2)</sup>	Indigestible fraction (%) <sup>3)</sup>		Dietary fiber content (%) <sup>4)</sup>
				Sugar-Pak	Aminex	
0.15	30	4.9	9.6	49.9	48.7	25.0
	40	4.9	11.5	50.0	49.5	24.5
0.2	30	4.8	10.6	49.1	48.7	26.2
	40	4.8	12.1	49.5	48.5	24.9

<sup>1)</sup>Concentration of pyrodextrin (%;w/w), reaction temperature: 95°C, time: 3 hr, pH 5.8.

<sup>2)</sup>Dextrose equivalent analyzed by a cryoscope.

<sup>3)</sup>Sugar-Pak 1 column, 6.5×300 mm (flow rate: 0.4 mL/min, eluent: H<sub>2</sub>O, column temperature: 80°C, RI detector).

Aminex Carbohydrate HPX-87C column, 7.8×300 mm (flow rate: 0.6 mL/min, eluent: H<sub>2</sub>O, column temperature: 85°C, RI detector).

<sup>4)</sup>Dietary fiber content analyzed by Prosky-AOAC method.

를 동시에 처리한 30%(w/w) 반응액의 고형분 대비 증량비로 8배의 95% 에탄올을 혼합하여 상온에서 3시간 방치하였을 때 형성된 침전의 특성을 Table 4에 나타내었다. 생성된 침전의 D.E.는 11.8~17.2수준이었고, DP1과 DP2가 각각 88.9~93.8%와 84.5~89.6%까지 제거되어 난소화성 확분은 원료 열처리 덱스트린의 35.9%에서 51.9~57.0% 수준으로 증가하였다. 또한, 침전의 수율은 36~47%였고, 대체로 수율이 낮을수록 난소화성 확분은 증가하는 경향을 보였다. 그리고, 기질에 내열성  $\alpha$ -amylase처리 후 amyloglucosidase 및 전이효소를 별도로 처리한 30%(w/w) 반응액에 전술한 바와 같이 동일하게 에탄올을 처리하여 얻어진 침전물의 특성을 Table 5에 나타내었다. 침전의 D.E.는 18.6~20.1 수준이었으며, DP1과 DP2가 각각 96.9~98.2%와 92.5~97.8%까지 제거되어 난소화성 확분은 75.5~81.8% 수준으로 증가하였으나, 수율은 10~15% 수준이었다. 또한, 기질에 내열성  $\alpha$ -amylase처리 후 amyloglucosidase

를 처리한 30%(w/w) 반응액의 에탄올 침전은 Table 6과 같은 특성을 나타내었다. 침전의 D.E.는 13.3~20.4 수준이었으며, DP1과 DP2가 95.2~98.7%와 91.9~98.5%까지 제거되어 난소화성 확분은 최대 95.8% 수준까지 증가하였고, 침전의 수율은 10~25%였는데, 수율이 낮을수록 난소화성 확분은 증가하는 경향을 보였다. 따라서, 난소화성 확분이 보다 증가된 난소화성 덱스트린 II를 제조하기 위해서는 DP1수준까지 가수분해하는 amyloglucosidase를 필히 사용하여야 하며, 최종 시료의 수율은 원료 열처리 덱스트린의 효소저항성과 밀접하게 관계한다고 생각되었다.

한편, 황색 덱스트린을 기질로 하고 내열성  $\alpha$ -amylase 단독 처리시 반응시간을 3시간으로 한 경우,  $\alpha$ -amylase를 2시간 처리한 후 전이효소를 24시간 처리한 경우,  $\alpha$ -amylase처리 후  $\beta$ -amylase 및 전이효소를 동시에 첨가하여 24시간 처리한 경우, 또한,  $\alpha$ -amylase처리 후 amyloglucosidase를 12시간 처리한 경우로 구분하여 각

**Table 4. Yield and indigestible fraction of ethanol precipitate<sup>1)</sup> of Staley white dextrin treated with  $\alpha$ -amylase,  $\beta$ -amylase, and transglucosidase**

$\alpha$ -Amylase <sup>2)</sup> (%;v/w)	$\beta$ -Amylase <sup>3)</sup> (%;v/w)	TG <sup>4)</sup> (%;v/w)	D.E. <sup>5)</sup>	Yield <sup>6)</sup> (%)	Elimination <sup>7)</sup> (%)		Indigestible fraction <sup>8)</sup> (%)
					DP1	DP2	
0.05	0.05	0.05	11.8	47	91.5	88.5	52.6
0.05	0.05	0.1	12.0	45	93.8	89.6	52.9
0.1	0.2	0.1	14.3	43	91.8	85.5	56.3
0.2	0.2	0.05	13.9	42	92.4	87.9	51.9
0.2	0.2	0.1	17.2	40	88.9	84.5	56.8
0.2	0.2	0.2	16.8	36	92.3	87.6	57.0

<sup>1)</sup>Ethanol was added 8-fold by weight fraction to the final 30%(w/w) enzyme hydrolysate (treatment time/temperature: 3 hr/25°C).

<sup>2)</sup>Concentration of pyrodextrin: 30%(w/w), reaction temperature: 95°C, time: 2 hr, pH 5.8.

<sup>3,4)</sup> $\beta$ -amylase and transglucosidase were added simultaneously to the solution hydrolyzed by  $\alpha$ -amylase (reaction temperature : 55°C, time: 48 hr, pH 5.5).

<sup>5)</sup>Dextrose equivalent analyzed by a cryoscope.

<sup>6)</sup>Yield = (solid content of precipitate after ethanol treatment/solid content of final enzyme hydrolysate)×100

<sup>7)</sup>Elimination = (DP1 or DP2 of final enzyme hydrolysate by HPLC analysis) - (DP1 or DP2 of precipitate after ethanol treatment by HPLC analysis)/(DP1 or DP2 of final enzyme hydrolysate by HPLC analysis)×100

<sup>8)</sup>Indigestible fraction analyzed by HPLC with an Aminex Carbohydrate HPX-87C column (7.8×300 mm, flow rate: 0.6 mL/min, eluent : H<sub>2</sub>O, column temperature: 85°C, RI detector).

**Table 5. Yield and indigestible fraction of ethanol precipitate<sup>1)</sup> of Staley white dextrin treated with  $\alpha$ -amylase, amyloglucosidase, and transglucosidase**

$\alpha$ -Amylase <sup>2)</sup> (%;v/w)	AMG <sup>3)</sup> (%;v/w)	TG <sup>4)</sup> (%;v/w)	D.E. <sup>5)</sup>	Yield <sup>6)</sup> (%)	Elimination <sup>7)</sup> (%)		Indigestible fraction <sup>8)</sup> (%)
					DP1	DP2	
0.1	0.2	0.3	20.1	11	97.8	95.2	75.5
0.3	0.1	0.2	19.5	15	96.9	92.5	74.8
0.3	0.1	0.3	19.2	14	97.4	94.7	78.4
0.3	0.2	0.2	18.8	11	98.0	97.8	74.7
0.3	0.3	0.2	18.6	11	98.0	95.8	78.7
0.3	0.3	0.3	19.3	10	98.2	96.3	81.8

<sup>1)</sup>Ethanol was added 8-fold by weight fraction to the final 30%(w/w) enzyme hydrolysate (treatment time / temperature: 3 hr/25°C).

<sup>2)</sup>Concentration of pyrodextrin: 30%(w/w), reaction temperature: 95°C, time: 2 hr, pH 5.8.

<sup>3)</sup>Amyloglucosidase (reaction temperature: 55°C, time: 24 hr, pH 4.5).

<sup>4)</sup>Transglucosidase (reaction temperature: 55°C, time: 48hr, pH 5.5).

<sup>5)</sup>Dextrose equivalent analyzed by a cryoscope.

<sup>6)</sup>Yield = (solid content of precipitate after ethanol treatment/solid content of final enzyme hydrolysate)×100

<sup>7)</sup>Elimination = (DP1 or DP2 of final enzyme hydrolysate by HPLC analysis) - (DP1 or DP2 of precipitate after ethanol treatment by HPLC analysis)/(DP1 or DP2 of final enzyme hydrolysate by HPLC analysis)×100

<sup>8)</sup>Indigestible fraction analyzed by HPLC with an Aminex Carbohydrate HPX-87C column (7.8×300 mm, flow rate: 0.6 mL/min, eluent: H<sub>2</sub>O, column temperature: 85°C, RI detector).

각 제조한 다음 30%(w/w) 반응액의 고형분 대비 5배 중량의 95% 에탄올을 혼합하고, 상온에서 3시간 방치했을 때 생성된 침전의 수율 및 성분 특성을 Table 7에 나타내었다. 난소화성 획분과 식이섬유 함량을 고려할 때  $\alpha$ -amylase처리 후 amyloglucosidase를 처리하여 발생되는 저분자 당류를 에탄올로 제거하는 것이 가장 효과적임을 알 수 있었으며, 침전의 수율도 38.3%를 나타내어 대체로 백색 텍스트린보다 효소저항성이 큼을 알 수 있었다. 또한, 수율이 낮을수록 난소화성 획분과 식이섬유 함량은 증가하는 경향을 보였다. 그리고, 기질에 amyloglucosidase의 첨가량을 변화시키면

서 단독으로 반응시킨 30%(w/w) 반응액을 전술한 바와 같이 에탄올을 처리하였을 때 생성된 침전의 수율 및 성분 특성을 Table 8에 나타내었다. 효소 첨가량을 0.2%(v/w)로 하고, 반응시간을 12시간에서 24시간으로 연장시키면, 침전 수율은 35.5%에서 31.8%로 감소하였으나, 난소화성 획분은 73.6%에서 80.5%로 증가하였고, 식이섬유 함량도 54.8%에서 60.6%로 증가하였다. 따라서,  $\alpha$ -amylase의 처리를 생략하고, amyloglucosidase를 직접 기질인 열처리 텍스트린과 반응시킴으로써 공정의 단순화를 기대할 수 있었다. 또한, 기질에  $\alpha$ -amylase처리 후  $\beta$ -amylase 및 전이효소를 동시

**Table 6. Yield and indigestible fraction of ethanol precipitate<sup>1)</sup> of Staley white dextrin treated with  $\alpha$ -amylase and amyloglucosidase**

$\alpha$ -Amylase <sup>2)</sup> (%;v/w)	AMG <sup>3)</sup> (%;v/w)	D.E. <sup>4)</sup>	Yield <sup>5)</sup> (%)	Elimination <sup>6)</sup> (%)		Indigestible fraction <sup>7)</sup> (%)
				DP1	DP2	
0.05	0.05	18.9	22	95.2	92.8	82.1
0.05	0.1	20.4	20	95.5	93.4	88.0
0.05	0.2	19.2	20	96.1	94.9	88.2
0.1	0.05	16.9	25	95.2	91.9	78.3
0.1	0.1	18.8	19	96.1	93.1	88.8
0.1	0.2	17.8	15	97.1	96.4	75.1
0.2	0.05	13.3	13	98.4	98.5	93.2
0.2	0.1	13.8	11	98.6	98.1	92.8
0.2	0.2	14.5	10	98.7	97.9	92.8

<sup>1)</sup>Ethanol was added 8-fold by weight fraction to the final 30%(w/w) enzyme hydrolysate (treatment time/temperature: 3 hr/25°C).

<sup>2)</sup>Concentration of pyrodextrin: 30%(w/w), reaction temperature: 95°C, time: 2hr, pH 5.8.

<sup>3)</sup>Amyloglucosidase (reaction temperature: 55°C, time: 24 hr, pH 4.5)

<sup>4)</sup>Dextrose equivalent analyzed by a cryoscope.

<sup>5)</sup>Yield = (solid content of precipitate after ethanol treatment/solid content of final enzyme hydrolysate)×100

<sup>6)</sup>Elimination = (DP1 or DP2 of final enzyme hydrolysate by HPLC analysis) - (DP1 or DP2 of precipitate after ethanol treatment by HPLC analysis) / (DP1 or DP2 of final enzyme hydrolysate by HPLC analysis)×100

<sup>7)</sup>Indigestible fraction analyzed by HPLC with an Aminex Carbohydrate HPX-87C column (7.8×300 mm, flow rate: 0.6 mL/min, eluent: H<sub>2</sub>O, column temperature: 85°C, RI detector).

**Table 7. Effect of combination of the enzymes on the indigestible fraction and dietary fiber content of ethanol precipitate<sup>1)</sup> obtained from enzyme hydrolysate of Cerestar yellow dextrin**

$\alpha$ -Amylase	Enzyme <sup>2)</sup> (%;v/w)			D.E. <sup>3)</sup>	I.F. <sup>4)</sup> (%)		Yield <sup>7)</sup> (%)	Dietary fiber content <sup>8)</sup> (%)
	$\beta$ -Amylase	TG	AMG		G.A. <sup>5)</sup>	Kit <sup>6)</sup>		
0.3	-	-	-	6.9	66.0	66.3	69.0	33.4
0.3	-	0.1	-	9.6	67.3	68.3	62.0	39.9
0.3	0.1	0.1	-	10.3	69.4	70.3	58.7	45.4
0.3	-	-	0.1	13.6	77.2	78.9	38.3	58.3

<sup>1)</sup>Ethanol was added 5-fold by weight fraction to the final 30%(w/w) enzyme hydrolysate (treatment time/temperature: 3 hr/25°C).

<sup>2)</sup>Concentration of pyrodextrin: 30%(w/w).

$\alpha$ -Amylase (reaction temperature: 95°C, reaction time: 2, 3 hr, pH: 5.8).

Transglucosidase (reaction temperature: 55°C, reaction time: 24 hr, pH: 5.5).

$\beta$ -Amylase and transglucosidase were added simultaneously to the solution hydrolyzed by  $\alpha$ -amylase (reaction temperature: 55°C, time: 24 hr, pH: 5.5).

Amyloglucosidase (reaction temperature: 55°C, reaction time: 12hr, pH: 4.5)

<sup>3)</sup>Dextrose equivalent analyzed by a cryoscope.

<sup>4)</sup>Indigestible fraction analyzed by HPLC with Sugar-Pak 1 column.

<sup>5,6)</sup>Glucose content, determined by glucose analyzer and glucose test kit, was used for calculation of the indigestible fraction.

<sup>7)</sup>Yield = (solid content of precipitate after ethanol treatment/solid content of final enzyme hydrolysate)×100

<sup>8)</sup>Dietary fiber content analyzed by Prosky-AOAC method.

에 반응시킨 다음 최종 난소화성 덱스트린의 수율을 증가시키기 위해 40%(w/w)농도의 효소반응액에 고형분 대비 5배중량의 에탄올을 처리하였을 때 생성된 침전의 수율 및 성분 특성은 Table 9에 나타내었다. 수율은 70% 이상을 보였으나, 난소화성 확분 및 식이섬유 함량은 최대 64.8%와 38.6%로 나타나 효과적이지 못함을 알 수 있었다. 그리고, 기질에  $\alpha$ -amylase처리 후 amyloglucosidase를 0.05%(v/w) 수준으로 첨가하여 48시간 동안 반응시켜 제조한 효소 반응액의 농도

를 30, 35, 40, 45%(w/w)로 각각 조절한 다음 각농도의 고형분 대비 5배의 중량의 에탄올을 첨가하여 상온에서 3시간 방치한 후 생성된 침전의 성분 특성을 Table 10에 나타내었다. 에탄올 첨가 전 효소반응액의 농도가 증가할수록 침전의 D.E. 및 수율은 증가하는 경향을 보인 반면에 난소화성 확분과 식이섬유 함량은 뚜렷하게 감소하는 경향을 보였다. 효소 반응액의 농도를 30%(w/w)로 한 경우 에탄올 침전의 난소화성 확분과 식이섬유 함량은 각각 83.6% 및 62.8%를 나타내



**Table 8. Indigestible fraction and dietary fiber content of ethanol precipitate<sup>1)</sup> of Cerestar yellow dextrin treated with amyloglucosidase**

AMG <sup>2)</sup> (%;v/w)	Reaction time (hr)	D.E. <sup>3)</sup>	pH (10%;w/w)	I.F. <sup>4)</sup> (%)		Yield <sup>7)</sup> (%)	Dietary fiber content <sup>8)</sup> (%)
				G.A. <sup>5)</sup>	Kit <sup>6)</sup>		
0.05	24	12.0	5.4	73.9	72.7	41.0	40.5
0.1	24	13.3	5.4	77.0	77.4	34.9	51.4
0.2	12	13.7	5.4	75.5	73.6	35.5	54.8
0.2	24	14.4	5.3	79.7	80.5	31.8	60.6

<sup>1)</sup>Ethanol was added 5-fold by weight fraction to the final 30%(w/w) enzyme hydrolysate (treatment time/temperature: 3 hr/25°C).

<sup>2)</sup>Concentration of pyrodextrin: 30%(w/w).

Amyloglucosidase (reaction temperature: 55°C, pH: 4.5).

<sup>3)</sup>Dextrose equivalent analyzed by a cryoscope.

<sup>4)</sup>Indigestible fraction analyzed by HPLC with a Sugar-Pak 1 column.

<sup>5,6)</sup>Glucose content, determined by glucose analyzer and glucose test kit, was used for calculation of the indigestible fraction.

<sup>7)</sup>Yield = (solid content of precipitate after ethanol treatment/solid content of final enzyme hydrolysate)×100

<sup>8)</sup>Dietary fiber content analyzed by Prosky-AOAC method.

**Table 9. Indigestible fraction and dietary fiber content of ethanol precipitate<sup>1)</sup> of Cerestar yellow dextrin treated with  $\alpha$ -amylase,  $\beta$ -amylase, and transglucosidase**

$\alpha$ -Amylase <sup>2)</sup> (%;v/w)	$\beta$ -Amylase <sup>3)</sup> (%;v/w)	TG <sup>4)</sup> (%;v/w)	D.E. <sup>5)</sup>	pH (10%;w/w)	I.F. <sup>6)</sup> (%)		Yield <sup>9)</sup> (%)	Dietary fiber content <sup>10)</sup> (%)
					G.A. <sup>7)</sup>	Kit <sup>8)</sup>		
0.2	0.05	0.05	13.2	5.8	57.5	64.8	75.0	35.2
0.2	0.05	0.1	13.6	6.0	55.1	57.5	74.2	36.7
0.2	0.05	0.2	14.9	5.8	55.7	59.2	70.9	38.6
0.2	0.1	0.05	14.0	5.8	57.0	56.9	74.3	37.1
0.2	0.1	0.1	14.9	5.9	54.0	60.3	74.1	38.1
0.2	0.1	0.2	15.2	5.6	57.5	56.3	70.4	37.7

<sup>1)</sup>Ethanol was added 5-fold by weight fraction to the final 40%(w/w) enzyme hydrolysate (treatment time/temperature: 3hr/25°C).

<sup>2)</sup>Concentration of pyrodextrin: 30%(w/w).

$\alpha$ -Amylase (reaction temperature: 95°C, time: 2 hr, pH 5.8).

<sup>3,4)</sup> $\beta$ -Amylase and transglucosidase were added simultaneously to the solution hydrolyzed by  $\alpha$ -amylase (reaction temperature : 55°C, time: 24 hr, pH 5.5).

<sup>5)</sup>Dextrose equivalent analyzed by a cryoscope.

<sup>6)</sup>Indigestible fraction analyzed by HPLC with Sugar-Pak 1 column.

<sup>7,8)</sup>Glucose content, determined by glucose analyzer and glucose test kit, was used for calculation of the indigestible fraction.

<sup>9)</sup>Yield = (solid content of precipitate after ethanol treatment/solid content of final enzyme hydrolysate)×100

<sup>10)</sup>Dietary fiber content analyzed by Prosky-AOAC method.

었다. 또한, Wolfrom 등<sup>(26)</sup> 및 Geerdes 등<sup>(27)</sup>은 전분으로부터 제조한 열처리 덱스트린은 본래 전분의 결합 구조외에 1→3 및 1→2결합도 존재하면서 더욱 고도로 분지된 형태의 복잡한 고분자의 물질로 재조합된다고 보고하였다. 열처리 덱스트린을 이용하여 제조한 난소화성 덱스트린은 이와 같은 구조적인 특징으로 인해 각종 효소에 대해 저항성을 나타내는 식이섬유로서의 역할이 가능한 것으로 추정<sup>(28,29)</sup>되었으며, 감자 열처리 덱스트린에서 유래된 난소화성 덱스트린을 이용한 동물실험에서 비만과 당뇨를 예방하는 효과가 있었다고 보고하였다.<sup>(30)</sup>

따라서, 이상의 실험 결과에서 제시한 바와 같이 상업적으로 제조되는 열처리 덱스트린을 이용하여 수용성의 난소화성 덱스트린을 용이하게 제조할 수 있었

으며, 효소에 대한 *in vitro* 저항성을 나타냄으로써 식이 섬유로서의 다양한 생리 효과를 기대할 수 있었다.

## 요 약

열처리 덱스트린을 내열성  $\alpha$ -amylase로 가수분해함으로써 난소화성 덱스트린 I을 제조하였다. 황색 덱스트린으로부터 제조한 난소화성 덱스트린 I의 난소화성 획득과 식이섬유 함량의 평균치는 각각 50%와 25%였다. 또한, 열처리 덱스트린의 효소반응액으로부터 에탄올 처리에 의해 glucose를 포함하는 저분자의 당류를 제거함으로써 난소화성 덱스트린 II를 제조하였다. 초기 효소반응액의 80% 이상의 glucose와 maltose가 제거되어 난소화성 획득과 식이섬유 함량이 증가하였

**Table 10. Effect of concentration of Cerestar yellow dextrin hydrolysate treated with  $\alpha$ -amylase and amyloglucosidase on indigestible fraction and dietary fiber content of ethanol precipitate<sup>1)</sup>**

Concentration of enzyme hydrolysate <sup>2)</sup> (%;w/w)	D.E. <sup>3)</sup>	Indigestible fraction <sup>4)</sup> (%)		Dietary fiber content <sup>7)</sup> (%)
		G.A. <sup>5)</sup>	Kit <sup>6)</sup>	
30	14.5	76.4	83.6	62.8
35	18.4	71.8	74.6	57.3
40	20.1	69.6	71.4	48.6
45	23.8	66.1	67.5	47.0

<sup>1)</sup>Ethanol was added 5-fold by weight fraction to the final enzyme hydrolysate (treatment time/temperature: 3 hr/25°C).

<sup>2)</sup>Concentration of pyrodextrin for enzyme reaction: 40%(w/w).

$\alpha$ -Amylase [0.2%(v/w), reaction temperature: 95°C, time: 2 hr, pH 5.8].

Amyloglucosidase was added to the solution hydrolyzed by  $\alpha$ -amylase (0.05%v/w, reaction temperature: 55°C, time: 48 hr, pH 4.5).

<sup>3)</sup>Dextrose equivalent of ethanol precipitate analyzed by a cryoscope.

<sup>4)</sup>Indigestible fraction analyzed by HPLC with a Sugar-Pak 1 column.

<sup>5)</sup>Glucose content, determined by glucose analyzer and glucose test kit, was used for calculation of the indigestible fraction.

<sup>7)</sup>Dietary fiber content analyzed by Prosky-AOAC method.

다.  $\alpha$ -amylase 및 amyloglucosidase에 의한 황색 덱스트린의 가수분해액의 에탄올 침전으로 제조된 난소화성 덱스트린이 다른 효소 조합보다 높은 함량의 난소화성 획득 및 식이섬유를 나타내었으며, 각각 평균 83.6%와 62.8%였다. 따라서, 전분 가수분해 효소에 저항성을 갖는 난소화성 덱스트린은 열처리 덱스트린으로부터 용이하게 제조될 수 있으며, 수용성 식이섬유로서의 생리효과를 발휘할 수 있을 것으로 추정되었다.

## 문헌

- Kennedy, H.M. and Fischer, A.C. Starch and dextrans in prepared adhesives, pp. 30-35, 593-610. In: Starch-Chemistry and Technology. Whistler, R.L., Bemiller, J.N. and Pascall, E.F. (Eds.). Academic Press, New York, USA (1984)
- Wurzburg, O.B. Converted starches, pp. 17-40. In: Modified starch-Properties and uses. CRC Press, Florida, USA (1986)
- Ohkuma, K., Matsuda, I., Katta, Y. and Hanno, Y. Pyrolysis of starch and its digestibility by enzymes. Denpun Kagaku 37: 107-114 (1990)
- Mizoguchi, N. Indigestible dextrin 'PINE-FIBER' and its applications for foods. New Food Industry 31: 24-28 (1989)
- Tsuji, K. Dietary fiber and health. Clin. Nutr. 73: 677-680 (1988)
- Tsuji, K. Physiological functions of dietary fiber, pp. 1-12. In: Advanced Food Ingredients Forum. Advanced Food Ingredients Council, Tokyo, Japan (1995)
- Yamatoya, K., Kuwano, K., Suzuki, J., Mitamura, T. and Sekiya, K. Effect of hydrolyzed guar gum on frequency and feeling of defecation in humans. Oyo Toshitsu Kagaku 42: 251-257 (1995)
- Satouchi, M., Wakabayashi, S., Ohkuma, K., Figiwar, K. and Matsuoka, A. Effects of indigestible dextrin on bowel movements. J. Jpn. Nutr. 51: 31-37 (1993)
- Fruichi, Y., Taniguchi, A., Horibe, A., Umekawa, H., Takahashi, T., Katsuro, M. and Imai, T. Effects of water-soluble dietary fiber prepared from corn hull on lipid metabolism in rats. J. Jpn. Nutr. Food Sci. 47: 29-34 (1994)
- Tsuji, K. Dietary fiber and hypertension. Clin. Nutr. 84: 275-279 (1994)
- Superko, H.R., Haskell, W.L., Sawrey-Kubicek, L. and Farquhar, J.W. Effects of solid and liquid guar gum on plasma cholesterol and triglyceride concentrations in moderate hypercholesterolemia. Am. J. Cardiol. 62: 51-55 (1988)
- Woo, D.H., Kang, H.S., Lee, Y.S., Park, Y.J. and Lee, H.S. Effects of indigestible dextrin on lipid metabolism in rats fed normal or high fat diet. Korean J. Nutr. 31: 981-990 (1998)
- Kang, H.S., Lee, Y.S. and Park, Y.J. : Effects of indigestible dextrin on large intestinal functions and fecal states of rats. Korean J. Nutr. 31: 991-998 (1998)
- Watanabe, T, Kuga, T. and Takai, Y. Intake of water soluble, water insoluble and total dietary fibers by the Japanese. Jpn. J. Nutr. 52: 119-129 (1994)
- Oku, T. Dietary fiber and large bowel cancer. J. Korean Soc. Food Nutr. 25: 539-549 (1996)
- Lee, H.S. Dietary fiber intake of Korean. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 26: 540-548 (1997)
- Kang, H.J. and Song, Y.S. Dietary fiber and cholesterol metabolism. J. Korean Soc. Food Nutr. 26: 358-369 (1997)
- AOAC. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA (1996)
- SAM. Standard Analytical Methods of the Member Companies. 4th ed. Corn Industries Research Foundation, Washington, DC, USA (1982)
- Marchal, L.M., Jonkers, J. and Tramper, J. The use of freezing-point depression for the theoretical dextrose equivalent measurement. Starch 48: 220-224 (1996)

21. Sowbhagya, C.M. and Bhattacharya, K.R. Simplified determination of amylose in milled rice. *Starch* 31: 159-163 (1979)
22. Shanthi, A.P., Sowbhagya, C.M. and Bhattacharya, K.R. Simplified determination of water-insoluble amylose content of rice. *Starch* 32: 409-411 (1980)
23. Korea Foods Industry Association, Food Codex (1997)
24. Prosky, L., Asp, N.G., Schweizer, T.F., Devries, J.W. and Furda, I. Determination of insoluble, soluble, and total dietary fiber in foods and food products. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 71: 1017-1023 (1988)
25. Prosky, L., Asp, N.G., Furda, I., Devries, J.W., Schweizer, T.F., and Harland, B.F. Determination of total dietary fiber in foods and food products. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 68: 677-679 (1985)
26. Wolfrom, M.L. and Thompson, A. Occurrence of the (1R3)-linkage in starches. *J. Am. Chem. Soc.* 78: 4116-4117 (1956)
27. Geerdes, J.D., Lewis, B.A. and Smith, F. The constitution of corn starch dextrin. *J. Am. Chem. Soc.* 79: 4209-4212 (1957)
28. Nomura, M., Nakajima, Y. and Abe, H. Effects of long-term administration of indigestible dextrin as soluble dietary fiber on lipid and glucose metabolism. *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.* 45: 21-25 (1992)
29. Wakabayashi, S., Satouchi, M., Nogami, Y., Ohkuma, K. and Matsuoka, A. Effect of indigestible dextrin on cholesterol metabolism in rat. *J. Jpn. Soc. Nutr. Food Sci.* 44: 471-478 (1991)
30. Wakabayashi, S. and Hoshii, Y. Food and sugar preparation containing indigestible dextrin. *European Patent* 582,518 (1992)

---

(1999년 12월 27일 접수)