

## 난소화성 획득이 높은 난소화성 덱스트린의 제조 방법

우동호 · 문태화\*

삼양제넥스 식품연구소, \*서울대학교 대학원 농생명공학부식품공학과

### Methods for Preparing Indigestible Dextrin with High Indigestible Fraction

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 with high indigestible fraction was prepared by treating the enzyme hydrolysate of pyrodextrin with ethanol or strongly acidic cation exchange resin(UBK 530). Optimum conditions of ethanol treatment for preparing the indigestible dextrin from  $\alpha$ -amylase and amyloglucosidase treated hydrolysate were determined based on the indigestible fraction, dietary fiber content, and yield. Ethanol was added 5-fold by weight to 30%(w/w) enzyme hydrolysate, and the mixture was kept at room temperature for 3 hr. Low molecular weight saccharides containing glucose and high molecular weight saccharides were separated by strongly acidic cation exchange resin. While initial enzyme hydrolysate by  $\alpha$ -amylase and amyloglucosidase showed 43.6% of DP1(glucose) and 51.1% of DP4+(maltotetraose and over), the indigestible dextrin collected to 50% of initial enzyme hydrolysate by treatment of cation exchange resin showed 7.1% of DP1(glucose) and 91.2% of DP4+(maltotetraose and over). In conclusion, 44.5% of indigestible fraction of initial enzyme hydrolysate increased to 78.9% after separation of low molecular weight saccharides.

Key words : indigestible dextrin, dietary fiber, separation, pyrodextrin, enzyme hydrolysate

#### 서 론

난소화성 덱스트린의 원료인 열처리 덱스트린은 과거부터 식품에 이용되어 왔으며, FAO/WHO의 일일 섭취 허용량의 상한치가 규정되지 않을 정도로 매우 독성이 적은 식품소재로 인식되어 왔다. 또, 전분 유래의 난소화성 덱스트린도 FDA에서 GRAS(Generally Recognized As Safe) 물질로 확인되었으며, 급성 독성 시험 결과 LD<sub>50</sub>치는 체중 1kg당 20g 이상으로서 매우 안전한 소재로 검증되었다<sup>(1)</sup>. 천연 소재인 전분으로부터 유래된 난소화성 덱스트린은 수용성이며, 용액이 투명하고, 점도와 감미도가 낮으며, 장내 비피더스균의 증식 인자 등으로 보고되어 있다<sup>(2,3)</sup>. 또한, 일본에서는 특정 보건용 식품으로 지정되어 식이섬유 음료를 증

심으로 소비자에게 폭넓게 인식되어 왔고, 점차 적용 분야가 식이섬유 강화를 목적으로 하는 일반 식품으로까지 확대되고 있으며, 저감미 및 저점도로 맛이나 조직감에 영향을 주지 않아 과자류에, 보수성을 갖게 함으로써 케익류에 사용 가능하고, 저칼로리 식품의 중량제 및 지방대체재로까지 사용하는 등 건강을 지향하는 기능성 식품에 응용되고 있다<sup>(4)</sup>.

한편, 전분은 열처리에 의해 분해와 동시에 전이 및 재중합이 일어나 amylase에 의해 분해되기 어렵다고 추정하고 있으나, *in vivo*에서 소화, 흡수, 대사 및 배설에 대한 연구는 최근의 일이다<sup>(2)</sup>. 그리고, Kobayashi<sup>(5)</sup>는 120°C에서 60분간 습열처리한 후 냉각함으로써 제조한 저항성 전분(resistant starch)이 amylase에 대해 저항성을 갖는다고 보고하였다. 최근까지 열처리 덱스트린을 의약품의 희석제 등으로 사용하여 왔는데, 일본에서 감자 열처리 덱스트린으로부터 난소화성 덱스트린을 만든 것이 전분을 이용한 식이섬유 개발의 시초로서, 감자 열처리 덱스트린 용액을 효소로 가수분해한 후 각종 정제 공정을 거친 다음 분무건조하였

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@genex.co.kr

다<sup>(6-9)</sup>. 또한, 제조된 난소화성 덱스트린을 이용한 동물 실험을 통해 체내 지질 대사의 개선, 당뇨의 예방, 고혈압 예방 및 대장 기능의 개선 효과가 있음이 보고되었다<sup>(10-15)</sup>. 국내에서 전분을 이용한 기능성 식품소재에 대한 연구는 올리고당류 정도이며, 최근 식이섬유에 관한 연구는 pectin과 같은 수용성 식이섬유가 케익의 노화에 미치는 영향에 대한 보고<sup>(16)</sup>, 현미와 백미의 식이섬유에 관한 보고<sup>(17)</sup> 및 cellulose, pectin, guar gum 및 polydextrose 등이 당뇨병이 유도된 쥐의 당과 지질 대사에 미치는 영향에 대한 보고<sup>(18)</sup> 등이다. 그러나, 아직까지 국내에서는 상업적으로 쉽게 이용할 수 있는 전분으로부터 유도된 열처리 덱스트린을 이용하여 수용성 식이섬유로서의 생리 효과<sup>(14,15)</sup>가 있다고 알려진 난소화성 덱스트린의 제조에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 열처리 덱스트린을 이용하여 효소 저항성이 보다 높은 난소화성 덱스트린을 제조하기 위한 에탄올의 처리 조건을 설정하였고, 또한 강산성 양이온 교환수지를 이용하여 효소 반응액 중의 저분자와 고분자 당질을 분리함으로써 난소화성 확분이 보다 높은 시료의 제조 가능성을 제시하였다.

재료 및 방법

재료

난소화성 덱스트린의 제조에 Table 1과 같은 특성을 지닌 백색(A.E. Staley Co., USA) 및 황색(Cerestar Co., USA) 덱스트린을 사용하였으며, 내열성 α-amylase (Termamyl 120LS)와 amylogucosidase(AMG 300L)는 Novo사(USA)제품을 사용하였고, β-amylase(BBA-1500)는 Finsugar사(Finland)의 제품을, 전이효소(Transglucosidase S)는 Amano사(Japan)제품을 사용하였다. 또한, 난소화성 확분(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, 분리수지로서는 Table 2와 같은 특성을 갖는 강산성 양이온 교환수지(UBK 530, Mitsubishi Kasei Co., Japan)를 사용하였다. 식이섬유의 분석을 위해 sodium phosphate와 acetone(Yakuri Co, Japan) 그리고 공업용 에탄올(95% 이상, 대정화금사)을 사용하였다.

열처리 덱스트린을 이용한 효소 반응액의 제조

정속 교반기(Chemy Stirrer B-100, EYELA, Japan)로 80~90°C의 열수를 교반하면서 황색 덱스트린을 40%(w/w)로 첨가하여 완전히 용해시킨 다음 1N NaOH

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
	DP1	1.31
	DP2	1.12
Sugar	DP3	2.03
composition (%) <sup>5)</sup>	DP4+	95.07
	Unknown	0.47

<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°C, RI detector).

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

**Table 2. Typical data of strongly acidic cation exchange resin (UBK 530)<sup>1)</sup> used for separation**

Form	Gel
Ion type	Sodium type
Color and shape	Light brown and spherical
Apparent specific gravity (v/L)	805
Moisture (%)	52.0~55.5
Exchangeable capacity (meq/mL)	1.6 Minimum
Particle size distribution	200~240 $\mu$ m (85% Minimum)

<sup>1)</sup>Cation exchange resin obtained from Mitsubishi Kasei Co. (Japan)

표준용액으로 pH를 5.8로 조절한 후 미리 95°C까지 가열된 항온수조내에서 교반하면서 내열성  $\alpha$ -amylase를 열처리 덱스트린 대비 0.2%(v/w)로 첨가하여 2시간 동안 반응시켰다. 이어서, 1 N HCl용액으로 pH를 3으로 낮춘 다음 90°C에서 10분간 유지하여 효소를 실험시키고, 다시 pH를 4.5로 조절한 후 amyloglucosidase를 기질 대비 0.05%(v/w) 첨가하여 55°C에서 48시간 동안 반응하였다. 반응 종료 후 분말 활성탄을 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-IV, EYELA, Japan)로 40%(w/w)까지 농축하였고, 4%(w/w) NaOH 용액로 활성화시킨 음이온 교환수지 (WA 30)를 효소 처리액의 2배 부피로 첨가한 후 40°C로 조절된 항온수조에서 정속 교반기로 24시간 동안 교반하여 탈색한 다음 GF/B로 여과하였다. 회색된 효소 반응액은 다시 40%(w/w)로 농축하고, 활성화시킨 혼합수지(음이온과 양이온교환수지를 부피비로 2 대 1로 섞은 것)를 2배 부피로 첨가한 후 탈색과 동일한 조건으로 탈염하였다. 시료를 40%(w/w)로 농축한 다음 에탄올 처리 실험에 이용하였다.

#### 에탄올 처리

위의 효소 반응액에 고형분 대비 중량비로 3, 5, 7 및 10배의 95% 에탄올을 첨가하여 균일하게 혼합한 다음 상온에서 3시간 방치하여 침전을 형성시켰다. 상층액을 제거하고, 증류수로 침전을 용해시킨 다음 농축하면서 잔여의 에탄올을 제거하고, 각 시료의 침전수율, 난소화성 획득 및 식이섬유 함량을 분석하였다. 또한, 동일한 효소 반응액에 고형분 대비 중량비로 5배의 95% 에탄올을 첨가하여 균일하게 혼합한 다음 상온에서 1, 3, 5, 10 및 24시간 동안 방치하여 침전

을 형성시키고 전술한 바와 같이 처리한 후 침전의 수율 등을 분석하였다. 그리고 위와 같이 제조한 효소 반응액의 농도를 20, 30, 40 및 50%(w/w)로 조절한 다음 고형분 대비 중량비로 5배의 95% 에탄올을 첨가하여 균일하게 혼합하고, 상온에서 3시간 동안 방치하여 침전을 형성시킨 후 전술한 바와 같이 처리한 다음 분석하였다.

#### 양이온 교환수지를 이용한 저분자 당류의 제거

열처리 덱스트린의 효소 반응 후 분리수지를 이용하여 효소 반응액 중의 저분자 물질을 분리함으로써 난소화성 획득을 증가시킬 수 있는지 확인하기 위해 본 실험에서는 강산성 양이온 교환수지의 일종인 분리수지를 사용하였다. 백색 덱스트린을 30%(w/w) 농도로 용해하고, 내열성  $\alpha$ -amylase를 기질 대비 0.1%(v/w) 수준으로 첨가한 후 95°C에서 2시간 동안 반응시키고, pH를 3으로 낮춰 90°C에서 10분간 유지하여 효소를 실험시킨 다음  $\beta$ -amylase 및 전이효소를 각각 0.05%(v/w)와 0.15%(v/w) 수준으로 동시에 첨가하여 55°C에서 24시간 동안 반응시킨 후 활성탄 처리를 거쳐 최종 0.45  $\mu$ m 수준까지 정제한 다음 분리 실험에 적용하였다. 분리 실험의 조건으로 효소 반응액의 농도는 28.5%(w/w)(sp. gr. = 1.22), 수지를 채운 유리 컬럼의 jacket 온도는 60°C, 당액의 통액량은 분리수지 L당 42.9 g, 당액의 유속은 분당 4.4 mL(space velocity = 0.37) 및 9.3 mL(space velocity = 0.8)로 구분하여 정량 펌프(MINIPLUS 3, Gilson Co., France)로 투입하였으며, fraction collector(DC-1200, EYELA, Japan)로 분취시 시간 간격은 전자는 5분, 그리고 후자는 3분으로 하였다. 그리고 위와 동일한 효소 반응액을 50%(w/w)로 농축한 후 분리 실험에 적용하였으며, 분리 실험의 조건으로 당액의 통액량은 분리수지 L당 고형분 62.5 g으로 하였고, 나머지 조건은 전술한 바와 동일하게 하였으며, 각 시간대별로 분취된 시료의 당조성은 HPLC(Waters Co., USA)로 분석하였다. 분석조건은 용리액을 초순수로 하고, 컬럼은 Aminex Carbohydrate HPX-87C(7.8  $\times$  300 mm, Bio-Rad, USA)를 사용하였으며, 유속은 분당 0.6 mL, 컬럼 온도는 85°C로 하였고, 검출기로는 RI detector를 사용하였다. 또한, 황색 덱스트린을 30%(w/w) 농도로 열수에 용해하고,  $\alpha$ -amylase를 기질 대비 0.2%(w/w) 수준으로 첨가하여 2시간 반응 후 실험시킨 다음 amyloglucosidase를 기질 대비 0.05%(v/w) 첨가하여 55°C에서 48시간 동안 반응시킨 후 전과 동일하게 정제한 다음 분리 실험에 적용하였다. 분리 실험의 조건으로 효소 반응액의 농도는

50%(w/w)(sp. gr. = 1.4), 당액의 통액량은 분리수지 L 당 고형분 62.5g, 당액의 유속은 분당 3.4 mL(space velocity = 0.23)로 하여 정량 투입하였고, 당액의 투입 완료 후 초순수를 계속해서 통과시켰으며, fraction collector로 분취시 시간 간격은 5분으로 하고, 초기 통액량의 고형분 대비 최종 50%(w/w)의 수율로 분취하였다.

**열처리 덱스트린의 분석**

원료로 사용된 열처리 덱스트린의 수분, 조단백 및 조회분은 AOAC방법<sup>(19)</sup>에 따라 정량하였다. 또한, 유동성, 수용성 고형물 및 환원당은 미국의 Corn Refiners Association에서 제정한 Standard Analytical Methods (SAM)<sup>(20)</sup>를 이용하였다. 시료의 D.E.(dextrose equivalent)는 어닝점과 D.E.와의 상관관계를 이용하는 방법<sup>(21)</sup>으로 측정하였으며, amylose의 함량은 Sowbhagya 등<sup>(22)</sup>이 고안한 iodine용액과의 친화력을 이용한 방법으로 분석하였고, 열처리 덱스트린의 최종 농도를 3%(w/w)로 조절하여 HPLC(Waters Co., USA)로 당조성을 분석하였는데, 조건은 전술한 바와 동일하게 하였다.

**에탄올 처리에 의한 침전의 수율**

에탄올 처리에 의해 형성된 침전의 수율은 생성된 침전물의 고형분 양을 초기 효소 반응액의 고형분 양으로 나누어 백분율로 나타내었다.

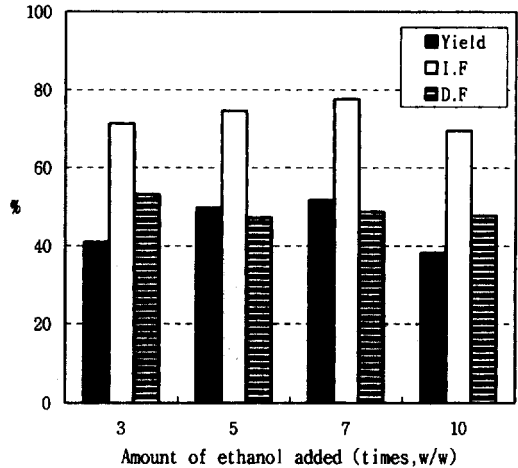
**난소화성 확분 및 식이섬유 함량**

수용성 식이섬유의 난소화성 확분 분석법<sup>(2,23)</sup>을 이용한 HPLC법으로 측정하였으며, 난화성 덱스트린의 식이섬유 함량은 식품공전<sup>(23)</sup> 및 Prosky-AOAC법<sup>(24)</sup>을 이용한 효소 중량법으로 측정하였다.

**결과 및 고찰**

**에탄올 처리 조건에 따른 난소화성 덱스트린의 수율 및 성분 특성의 변화**

황색 덱스트린을 기질로 하여 α-amylase를 0.2%(v/w) 첨가하여 반응시킨 후 amyloglucosidase를 0.05%(v/w) 첨가하여 48시간 동안 처리한 다음 정제과정을 거쳐 에탄올 처리 실험에 이용하였다. 먼저, 효소 반응액의 농도를 40%(w/w)로 조절하고, 고형분 대비 중량비로 3, 5, 7, 10배의 에탄올을 혼합한 다음 상온에서 3시간 방치하여 생성된 침전을 증류수로 용해하고, 농축하면서 잔여 에탄올을 제거한 후 각 시료의 수율, 난소화성 확분 및 식이섬유 함량을 분석한 결과는 Fig. 1과



**Fig. 1. Effect of amount of ethanol added on yield, indigestible fraction and dietary fiber content of ethanol precipitate.** (I.F: Indigestible fraction, D.F: Dietary fiber content).

같았다. 침전의 수율은 7배의 첨가량에서 51.7%로 최대를 나타내었고, 5배에서는 49.7%로 유사하였으나, 10배 첨가시에는 오히려 38.2%로 감소하는 것으로 볼 때 상대적으로 높은 에탄올 농도하에서는 비교적 고분자의 당류도 용해되었기 때문으로 생각되었다. 난소화성 확분은 5배의 첨가량에서 74.5%, 7배에서 77.6% 수준으로 나타났으며, 식이섬유 함량은 5배에서 47.2%, 7배에서 48.7%로 거의 유사한 수준으로 나타나, 5배의 첨가량으로 충분히 에탄올 처리 효과를 얻을 수 있었다. 또한, 전술한 40%(w/w)농도의 효소 반응액에 고형분 대비 중량비로 5배의 에탄올을 혼합한 다음 상온에서 1, 3, 5, 10, 24시간 동안 방치하여 생성된 침전을 전과 동일하게 처리한 다음 수율, 난소화성 확분 및 식이섬유 함량을 분석하여 Fig. 2에 나타내었다. 에탄올 혼합 후 24시간 동안 방치시 수율은 52.4%로 1시간 방치한 경우의 51.8%와 거의 차이가 없었으며, 3시간 방치한 경우에는 52.1%를 나타내었다. 난소화성 확분은 1시간에서 63.3%, 3시간에서 65.7% 그리고 24시간에서 67.5%로 나타났고, 식이섬유 함량에서는 각각 40.6%, 51.5% 및 49.0%로 나타나, 전체적으로 3시간의 방치로 충분한 처리 효과를 거둘 수 있었다. 그리고 효소 반응액의 농도를 20, 30, 40, 50%(w/w)로 조절하고 고형분 대비 중량비로 5배의 에탄올을 혼합한 다음 상온에서 3시간 동안 방치하여 생성된 침전을 전과 같이 정제한 후 각 시료의 수율, 난소화성 확분 및 식이섬유 함량을 분석하여 Fig. 3에 나타내었다. 농도를 20, 30, 40 및 50%(w/w)로 증가시키에 따

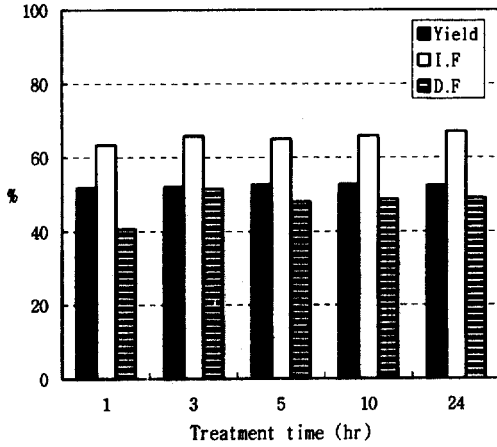


Fig. 2. Effect of treatment time after 5 times of ethanol addition by weight on yield, indigestible fraction and dietary fiber content of ethanol precipitate. (I. F: Indigestible fraction, D.F: Dietary fiber content).

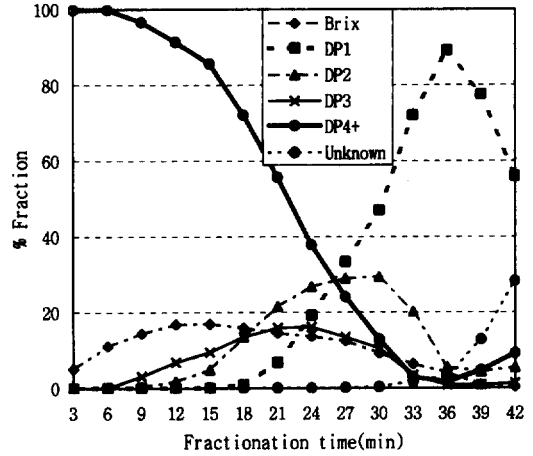


Fig. 4. Separation profile of low molecular weight fraction from enzyme hydrolysate (28.5% w/w) of white dextrin by UBK 530 resin column. (Space velocity = 0.8).

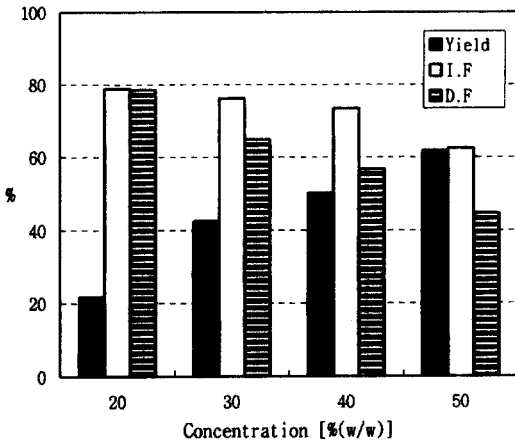


Fig. 3. Effect of enzyme hydrolysate concentration before ethanol addition on yield, indigestible fraction and dietary fiber content of ethanol precipitate. (I.F: Indigestible fraction, D.F: Dietary fiber content).

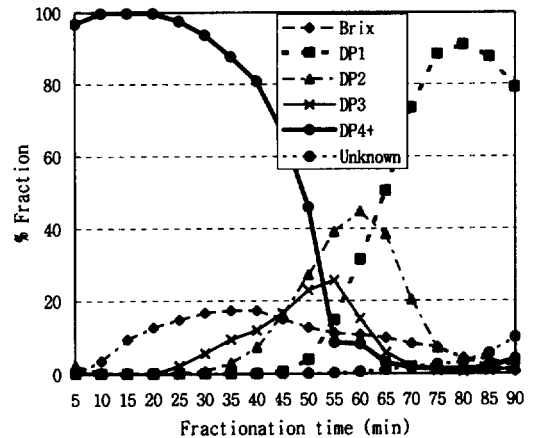


Fig. 5. Separation profile of low molecular weight fraction from enzyme hydrolysate (28.5% w/w) of white dextrin by UBK 530 resin column. (Space velocity = 0.37).

라 수율은 각각 21.0%, 42.5%, 50.1% 및 61.8%로 증가하였으나, 난소화성 획분은 역으로 78.8%, 77.3%, 74.4% 및 62.2%로 감소하였으며, 식이섬유 함량도 78.5%, 64.8%, 56.7% 및 44.6%로 감소하였다. 따라서, 난소화성 획분, 식이섬유 함량 뿐만 아니라 수율과 관련된 경제성 등을 종합적으로 고려할 때 난소화성 획분이 높은 난소화성 텍스트린을 제조하기 위한 에탄올의 처리 조건은 열처리 텍스트린을 기질로  $\alpha$ -amylase와 amyloglucosidase를 처리한 효소 반응액의 농도를 30%(w/w)로 하고, 고형분 대비 5배의 에탄올을 첨가하여 상온에서 3시간 동안 방치시키는 것이 효

율적이라고 생각되었으며, 상기의 과정을 통해 원료 열처리 텍스트린보다 전분 가수분해 효소에 더욱 저항성을 갖는 난소화성 텍스트린을 제조할 수 있었다. 감자 열처리 텍스트린을 이용하고 효소 반응 후 유기용매 등으로 취하여 난소화성 획분이 더욱 높은 난소화성 텍스트린을 제조하는 방법이 알려져 있다<sup>(8,25)</sup>. 일반적으로 전분은 가열에 의해  $\alpha$ -D-(1 $\rightarrow$ 6)결합이 일부 분해되지만,  $\alpha$ -D-(1 $\rightarrow$ 4)결합이 주로 분해되어 분자구조가 더욱 복잡하게 되고, 생성된 glucose와 올리고당들은 고온의 산 존재하에서 더욱 고분자의 물질로 재중합된다고 보고하였는데<sup>(26)</sup>, 이런 특성을 이용함으로써

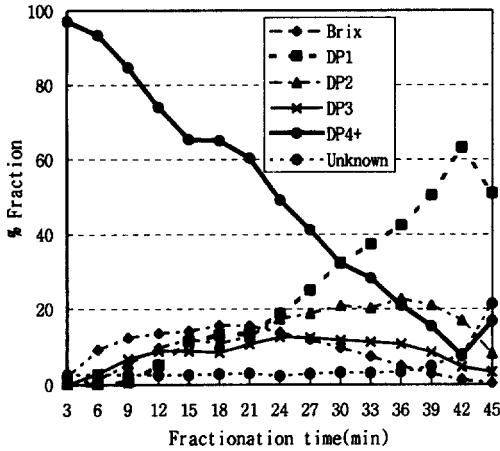


Fig. 6. Separation profile of low molecular weight fraction from enzyme hydrolysate (50%; w/w) of white dextrin by UBK 530 resin column. (Space velocity = 0.8).

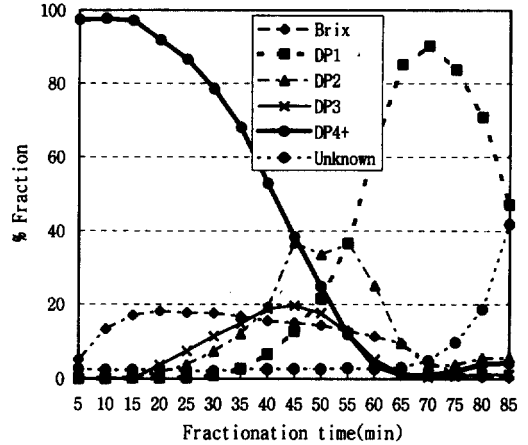


Fig. 7. Separation profile of low molecular weight fraction from enzyme hydrolysate (50%; w/w) of white dextrin by UBK 530 resin column. (Space velocity = 0.37).

전분 소화효소에 보다 저항성을 갖는 난소화성 덱스트린을 제조할 수 있었다.

분리수지를 통한 저분자 당류의 제거 및 난소화성 확분의 증대 효과

전술한 에탄올 처리법 외에 열처리 덱스트린의 효소반응 후 분리수지를 이용하여 효소 반응액 중의 고분자 부분과 저분자 부분을 각각 분리해냄으로써 난소화성 확분을 증대시킬 수 있는지를 검토하기 위해 본 실험에서는 강산성 양이온 교환수지의 일종이면서 200~240 μm의 균일한 입도를 지닌 분리수지(UBK 530)<sup>(27)</sup>를 회분식으로 적용하였다. 먼저, 백색 덱스트린을 기질로 하여 내열성 α-amylase를 처리한 후 β-amylase 및 전이효소를 동시에 반응시켜 제조한 효소 반응액의 농도를 28.5와 50%(w/w)로 조절하고, 분리수지를 채운 column에 각각 분당 9.3 mL(space velocity = 0.8) 및 4.4 mL(space velocity = 0.37)의 속도로 흘러주면서 fraction collector를 이용하여 각 시간대별로 시료를 분취한 다음 당조성 분석을 통한 고분자와 저분자 당류의 분리 양상을 Fig. 4에서 Fig. 7에 걸쳐 나타내었다. 분리 양상을 나타낸 그림에서 가장 이상적인 것은 maltotetraose 이상의 고분자와 glucose를 포함하는 저분자 당류가 겹치는 면적을 최소화하는 것인데, 같은 농도의 시료를 흘렸을 때는 통액 속도가 느릴수록 증폭되는 부분이 적어 유리하였고, 농도가 다른 시료를 동일한 속도로 흘렸을 때는 효소 반응액의 농도가 낮을수록 겹치는 면적이 적어 보다 분리가 용이함을 알 수 있었다. 그러나, 이와 같은 분리 공정을 상

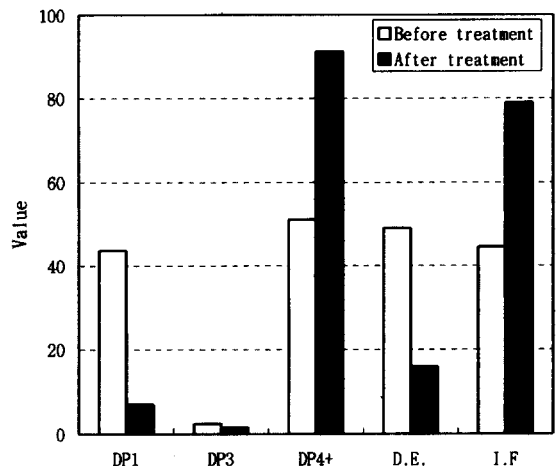


Fig. 8. Comparison of sugar composition and indigestible fraction between initial enzyme hydrolysate and indigestible dextrin prepared by treating with a cation exchange resin. (I.F: Indigestible fraction).

업화하기 위해서는 연속 공정에 대한 설계가 필요한데, 일본에서는 의사이동상이란 연속 공정을 개발하여 전분당의 분리 공정에 실제 이용하는 것으로 알려져 있다<sup>(28)</sup>. 또한, 황색 덱스트린을 기질로 하고 α-amylase와 amyloglucosidase를 처리하여 제조한 효소 반응액의 농도를 50%(w/w)로 조절한 후 분리수지를 채운 column에 분당 3.4 mL(space velocity = 0.23)의 속도로 흘러주면서 fraction collector로 초기 통액량의 고품분 대비 50%(w/w)의 수율로 분취한 시료의 당조성 및 난소화성 확분을 초기 효소 반응액과 비교하여 Fig.8

에 나타내었다. DPI(glucose)은 초기 효소반응액의 43.6%에서 분리 후 7.1%로 감소하였으며, DP4+(maltotetraose 이상)의 고분자 부분은 초기 효소 반응액의 51.1%에서 분리 후 91.2%로 상승하였고, 이로 인해 D.E.는 분리 전 49에서 분리 후 16으로 감소하였다. 그리고, 저분자 당류의 분리로 난소화성 획분은 분리 전 44.5%에서 분리 후 78.9%로 상승하여 난소화성 덱스트린의 난소화성 획분 증가를 위해 분리수지를 사용할 수 있음을 확인하였다.

따라서, 난소화성 획분이 보다 증가된 난소화성 덱스트린을 제조하기 위해서는 glucose 수준까지 가수분해하는 amyloglucosidase를 필히 사용하여야 하며, 생성된 glucose를 비롯한 저분자의 당류를 에탄올 및 분리수지로 분리하여 난소화성 획분 및 식이섬유 함량을 보다 증가시킬 수 있었는데, 이를 상업적으로 활용하기 위해서는 연속공정을 전제로 한 공정 설계가 필요할 것으로 생각되었다.

## 요 약

높은 난소화성 획분을 갖는 난소화성 덱스트린은 열처리 덱스트린의 효소 가수분해액을 에탄올 또는 강산성 양이온 교환수지(UBK 530)로 처리함으로써 제조하였다. 난소화성 획분, 식이섬유 및 수율을 고려하여  $\alpha$ -amylase와 amyloglucosidase를 반응시킨 가수분해액으로부터 난소화성 덱스트린을 제조하기 위한 에탄올 처리의 최적 조건은 에탄올을 30%(w/w) 효소 반응액에 고형분 대비 5배로 첨가하여 상온에서 3시간 동안 방치시키는 공정이었다. 포도당을 포함하는 저분자 당류와 고분자 당류를 강산성 양이온 교환수지에 의해 분리한 결과 내열성  $\alpha$ -amylase와 amyloglucosidase에 의한 초기 효소 반응액은 43.6%의 DPI(glucose)과 51.5%의 DP4+(maltotetraose 이상)를 나타낸 반면, 양이온 교환수지에 의해 초기 효소 반응액의 50%까지 분취한 난소화성 덱스트린은 7.1%의 DPI(glucose)과 91.2%의 DP4+(maltotetraose 이상)를 나타내었다. 따라서, 초기 효소 반응액의 난소화성 획분 44.5%는 저분자 당류의 분리 후 78.9%까지 증가하였다.

## 문 헌

1. Wakabayashi, S., Satouchi, M., Ueda, Y. and Ohkuma, K. Acute toxicity and mutagenicity studies of indigestible dextrin, and its effect on bowel movement of the rat. *J. Food Hyg. Soc. Japan.* 33: 557-562 (1992)
2. Ohkuma, K., Matsuda, I., Katta, Y. and Hanno, Y. Pyrolysis of starch and its digestibility by enzymes. *Denpun Kagaku* 37: 107-114 (1990)
3. Matsuda, I. and Satouchi, M. Agent for promoting the proliferation of bifidobacterium. U.S. Patent 5,698,437 (1994)
4. Mizoguchi, N. Indigestible dextrin 'PINE-FIBER' and its applications for foods. *New Food Industry* 31: 24-28 (1989)
5. Kobayashi, T. Susceptibility of heat-moisture-treated starches to pancreatic  $\alpha$ -amylase, and the formation of resistant starch by heat-moisture treatment. *Denpun Kagaku* 40: 285-290 (1993)
6. Yamada, K. and Matsuda, I. Process for preparing pyrodextrin hydrolysate by enzymatic hydrolysis. U.S. Patent 5,264,568 (1991)
7. Ohkuma, K., Hanno, Y., Inada, K., Matsuda, I. and Katta, Y. Indigestible dextrin. U.S. Patent 5,364,652 (1992)
8. Ohkuma, K., Matsuda, I. and Hanno, Y. Method for preparing low calorie dextrin. U.S. Patent 5,430,141 (1991)
9. Ohkuma, K., Hanno, Y., Inada, K., Matsuda, I. and Katsuda, Y. Process for preparing dextrin containing food fiber. U.S. Patent 5,620,873 (1995)
10. Wakabayashi, S., Satouchi, M. and Ohkuma, K. Food composite performing function of improving serum lipid. U.S. Patent 5,519,011 (1994)
11. Ohkuma, K., Wakabayashi, S., Mochizuki, Y. and Satouchi, M. Method for reducing insulin secretion. U.S. Patent 5,344,824 (1992)
12. Wakabayashi, S., Ohkuma, K. and Mochizuki, Y. Food composition having hypotensive effect. U.S. Patent 5,410,035 (1993)
13. Ohkuma, K., Wakabayashi, S. and Satouchi, M. Food composite for performing function of large bowel regulation. U.S. Patent 5,380,717 (1993)
14. 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)
15. 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)
16. Kang, K.C., Baek, S.B. and Rhee, K.S. Effect of the addition of dietary fiber on staling of cakes. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 22: 19-25 (1990)
17. Lee, H.J., Byun, S.M. and Kim, H.S. Studies on the dietary fiber of brown rice and milled rice. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 20: 576-584 (1988)
18. Park, S.H., Lee, Y.K. and Lee, H.S. The effect of dietary fiber feeding on gastrointestinal functions and lipid and glucose metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Kor. J. Nutr.* 27: 311-322 (1994)
19. AOAC. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA (1996)
20. SAM. Standard Analytical Methods of the Member Companies. 4th ed. Corn Industries Research Foundation, Washington, DC, USA (1982)

21. 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)
  22. Sowbhagya, C.M. and Bhattacharya, K.R. Simplified determination of amylose in milled rice. *Starch* 31: 159-163 (1979)
  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. Ohkuma, K., Hanno, Y., Inada, K., Matsuda, I. and Katta, Y. Indigestible dextrin. U.S. Patent 5,364,652 (1992)
  26. Wurzburg, O.B. Converted starches, pp. 17-40. In: *Modified starch-Properties and uses*. CRC Press, Florida, USA (1986)
  27. Mitsubishi Kasei, DIAION - Manual on ion exchange resin and synthetic adsorbent, pp. 207-255, Resin Business Division of Mitsubishi Kasei Co. (Ed.). Tokyo, Japan (1993)
  28. Matsuda, H. Application of chromatographic separation technology in starch sugar. *Food Chemicals* 8: 80-85 (1992)
- 
- (1999년 12월 27일 접수)