

압출 성형기를 이용한 쌀 이유식 개발에 관한 연구

이철호* · 조진호* · 김지용**

(* 고려대학교 식품공학과, **기전여자전문대학)

Development of Rice-Based Weaning Food by Using Extrusion Cooking Technology

Lee, Cherl-Ho* · Cho, Jeen-Ho* · Kim, Ji-Yong**

*Dept. Food Tech., Korea Univ. Anamdong 5ka 126-16, Seoul Korea

**Dept. Food Tech., Kijeon Wemen's Junior Coll. Jeonju 177-1, Korea

Abstract

The effect of thermo-stable amylase treatment during the extrusion cooking of rice on the physical properties of rice extrudate was investigated in order to prepare rice-based weaning food product. Short-grain rice powder was mixed with Thermamyl(15U/Kg rice powder) and cooked by using either single-screw extruder or twin-screw extruder. The solubility, viscosity, residual enzyme activity and starch molecular size distribution of the extrudates were determined. The solubility of rice powder increased from 39.1% to 69.9% and the viscosity decreased 10000 cP to 500 cP by single-screw extrusion at 100°C die temperature, but substantial amount(37.8%) of enzyme activity was remained in the extrudate. By using twin-screw extruder having 100°C at the compression section and 150°C at the metering section, a desirable product of high solubility(60%) and low viscosity(350~1450 cP) but low residual enzyme activity(2.5%) was obtained. The GPC pattern showed that a substantial reduction in the starch molecular size was taken placed during the twin-screw extruder treatment with Thermamyl.

I. 서 론

사람의 식성과 음식에 대한 기호도는 성장과정중 장시간에 걸쳐 여러가지 요소에 의하여 형성되는 것이지만 그 중 가장 중요한 요소는 모유에서 음식물 섭취로 전환되는 이유기의 음식의 맛과 종류라고 인식되고 있다.

우리나라는 전통적으로 쌀 미음과 장조림을 주로하는 이유식을 사용하여 왔으나^{1,2} 1960년대 이후 구미의 병조림 이유식과 70년대 이후 우유와 곡물을 조합한 서구식 분말 이유식이 도입되어 급속도로 소비가 확산 되고 있다³. 이와 같은 서구식 이유식은 자라나는 어린이들의 식성을 급격히

서구화 시키는 가장 큰 원인이 되는 것으로 한국의 맛을 지닌 한국형 이유식의 개발 보급이 시급한 실정이다.

쌀을 주원료로한 이유식의 경우 가장 문제가 되는 것은 쌀의 높은 점도로 인하여 죽이나 미음의 열량밀도가 너무 낮아지는 것이다^{4,5}. 알파화 미분 분산액의 점도를 낮추는 방법으로는 아밀라제 처리에 의한 부분 텍스트린화가 전통적으로 사용 되어 왔으나 최근에는 압출조리 공정에 의한 전분 입자의 부분 텍스트린화 현상이 보고 되고 있다¹³. 쌀의 경우 압출 조리에 의하여 미분 분산액의 점도는 감소되며 원료 미분의 수분함량이 낮을 수록 점도 감소가 크게 일어나는 것이 확인 된바 있다⁶.

본 연구에서는 쌀가루 압출시 내열성 아밀라제를 첨가함

으로서 일어나는 압출조리 미분의 물성변화 특히, 점도 변화를 조사하고 이윅식 베이스로 사용할 수있는 가능성을 검토하였다.

II. 실험 재료 및 방법

1. 실험재료

가. 원료

실험에 사용한 원료는 1993~94년산 일반미를 시중에서 구입하여 사용하였다. 일반 성분 분석은 A. O. A. C. 방법에 의거하여 분석하였다.

나. 효소

본 실험에 사용한 효소는 *Bacillus licheniformis*로부터 분리한 내열성 Amylase인 Thermamyl 120LS(NOVO 사)이다. 이 효소의 최적 활성 온도는 90℃이다*

본 실험에서는 편의상 1 Unit를 다음과 같이 정의하였다.

* 1U: 100mg maltose/min/g enzyme

다. 압출조리 사입시료의 전처리

쌀을 분쇄기(경창기계공업사, 서울)로 분쇄하여 입자크기를 약 30~60mesh 정도로 한 후, Horbert mixer(Model 1-A200)에서 효소(Thermamyl, 15U/Kg rice powder)와 함께 물을 가수하여 수분함량을 23%로 조절하여 20분간 충분히 혼합시킨 뒤, 4℃ 냉장실에서 24시간 방치시켜 수분이 평형상태에 도달하게 한 후 압출 조리에 사용하였다. 또한 효소의 작용시간에 따른 효과를 시험하기 위하여 같은 조건으로 수분함량을 조절한 후 5일간 냉장실에 보관한 후 압출조리하였다.

2. 압출조리

가. 단축 압출 조리기

본 실험에 사용된 단축 압출 조리기는 자가발열형 압출조리기(Fig. 1)로 고려대학교 식품재료공학 실험실에서 자체 제작한 것으로 사용된 스크류는 root 직경이 증가하고 pitch 직경은 감소하는 것이다. 바렐은 직경이 59.4mm이며 외부에서 가열 또는 냉각을 할 수 있도록 제작되었다. 사출구의 직경은 3.5mm이고 길이는 10mm인 원통형이고 L/D는 9.38이다.

나. 쌍축 압출 조리기

쌍축 압출 조리기는 백상기계공업(주)에서 제작한 실험용 압출조리기(Fig. 2)로서 실험에 사용한 스크류는 동방향이다. 바렐의 내부직경은 31.2mm이고 L/D는 바렐이 5개일 경우 22.0(이하 Long-shaft)이고, 바렐이 4개일 경우 17.3(이하 Middle-shaft)이다.

다. 운전 조건

단축 압출조리기에서는 스크류의 회전속도는 200rpm, 원료의 투입속도는 180g/min으로 고정하여 사출구의 온도를 100℃, 계량부위의 온도를 150℃로 조절하였다. 각각의 운전 조건에서 나온 시료는 단축 압출조리기에서 나온 시료와 상대 비교하였다.

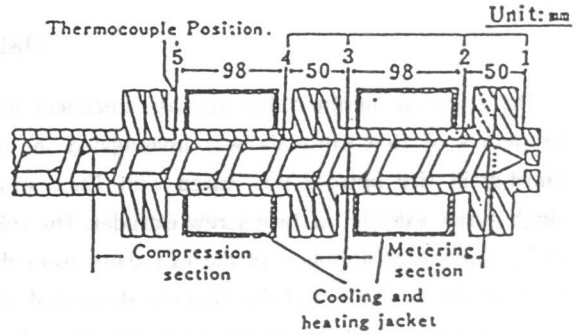


Fig. 1. Cross section of single-screw extruder barrel.

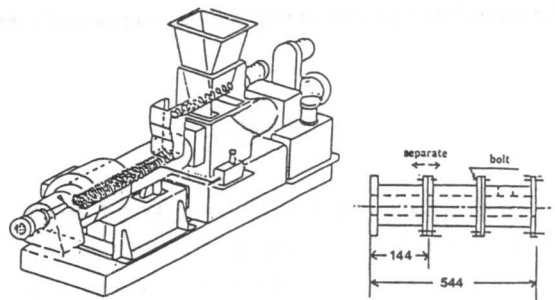


Fig. 2. Laboratory twin-screw extruder and the barrel structure.

쌍축 압출조리기에서는 스크류의 회전속도를 200과 300rpm으로 조절하고, 원료의 투입속도는 120g/min으로 고

정하였다. 효소의 반응을 도모하기 위하여 압축부위의 온도는 95℃~100℃로 조절하였고, 반응후 효소의 활성을 제거하기 위해 계량부위의 온도를 150℃로 조절하였다. 각각의 운전조건에서 나온 시료는 단축 압출조리기에서 나온 시료와 상대비교하였다.

3. 실험방법

가. 쌍축 압출조리기에서의 체류시간 측정

체류시간은 계량부위의 온도가 정상상태에 도달 했을 때 원심사입구에 적색 2호색소를 0.1g투입한 후 사출구를 통해 나온 압출조리물을 적색이 보이지 않을 때까지 10초 간격으로 채취하여 시간경과에 따른 색도 변화를 Color and color differential meter(TCAI-sw. Tokyo Denshor Co.)로 측정하여 평균 체류시간을 계산하였다⁹.

나. Solubility 측정

압출미분의 solubility는 40mesh이하의 압출미분 2g을 50ml 원심 분리관에 넣고 효소의 잔존활성을 제거하기 위해 0.2M acetate buffer (pH3.5) 30ml을 가한 후 10분간 vortexing한 다음 3000xg에서 20분간 원심분리하였다. 상등액은 미리 항량을 구한 수분정량 수기에 넣어 고형분 함량을 구한 후 상등액의 건조무게와 시료무게의 비를 백분율로 나타내었다^{10~13}.

다. 점도 측정

압출미분의 점도는 Brookfield synchroelectric viscometer (LVT type)를 사용하여 30℃에서 측정하였다. 압출미분에 0.2M Acetate buffer, (pH3.5)를 가해 각각의 농도별로 분산시킨 후 # 4 spindle로 60rpm에서 측정하였다^{14~16}.

라. 효소의 잔존활성 측정

35mesh이하의 압출미분 1g을 50ml 원심분리관에 넣고 0.0043M CaCl₂를 넣은 0.2M acetate buffer (pH5.6) 9ml을 가한 후 5분간 vortexing한 뒤 10000xg에서 원심분리하여 그 상등액을 채취하였다. 이 상등액 1ml을 10배 희석한 후 1ml을 취하여 2% soluble starch 50ml에 넣고 37.5℃에서 10분간 반응시킨 후 생성된 환원당 양을 DNS방법¹⁷으로 정량하였다. 효소의 잔존활성은 위에서 측정된 효소력을 원료 쌀에 첨가된 효소력에 대한 상대활성으로 나타내었다^{10,17,18}.

마. Gel permeation chromatography

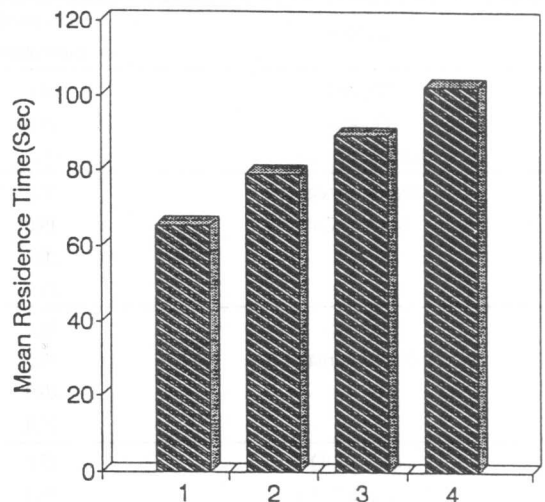
크로마토그래피용 gel로는 Sepharose CL-2B(Pharmacia Fine Chemicals)를, eluent로는 0.2N KOH용액을 만든 다음 이용액 2ml을 취하여 크로마토그래피용eluent로 사용하였다. Eluent의 flow rate는 peristaltic pump를 사용하여 30ml/hour로 고정시켰으며, 한 tube당 3ml씩 취하였다^{20~22}.

III. 결과 및 고찰

1. 원료의 일반성분

원료로 사용한 일반미의 일반성분은 다음 같다.

composition	(%)
moisture	13.5
crude protein	6.84
crude fat	1.36
carbohydrate	77.94
crude ash	0.36



1. Rpm 300 - Long shaft(L/D:22.0) 2. Rpm 200 - Long shaft
3. Rpm 300 - Middle shaft(L/D:17.3) 4. Rpm 200 - Middle shaft

Fig. 3. Changes in mean residence time of rice in the twin-screw extruder operated at 150℃ by different screw speed and screw length.

2. 압출기 내부의 체류시간

쌍축 압출조리기의 체류시간(Fig. 3)은 스크류 rpm에 따라 확실한 차이를 보였다. 특이할 만한 점은 long-shaft에서의 체류시간이 middle-shaft 에서의 체류시간 보다 작은 것이다. Long-shaft내 시료의 사출구쪽으로의 진행과정에서 사출구에서부터 압축부위까지 시료가 pitch를 완전히 채워지기 전에 원료가 반응하여 사출구외부로 분출되기 때문으로 사료된다.

3. 압출 미분의 수용성 (Solubility)

압출미분의 수용성은 효소 첨가효과가 매우 큰 것으로 나타났다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 효소처리 하지 않은 압출미분의 경우 solubility가 39.1% 정도에 지나지 않았으나 단축 압출조리에서의 압출미분과 쌍축 압출조리에서의 압출미분 둘다 50%이상의 solubility를 나타냈다. 특히 단축 압출조리에서의 압출미분이 69.9% 정도의 높은 수치를 나타냈는데 이는 자가발열형 압출조리기내에서 생성되는 높은 증밀립 변형력에 기인한다고 볼 수 있다. 또한 효소처리하여 5일

간 냉장고내에 저장한 후 압출조리한 압출미분의 경우 단축 압출에 의한 압출미분보다는 solubility가 낮게 나왔으나 비교적 높은 수치를 보이고 있다.

4. 압출 미분의 점도

압출미분의 점도는 Fig. 5와 Fig. 6에서 보는 바와 같다.

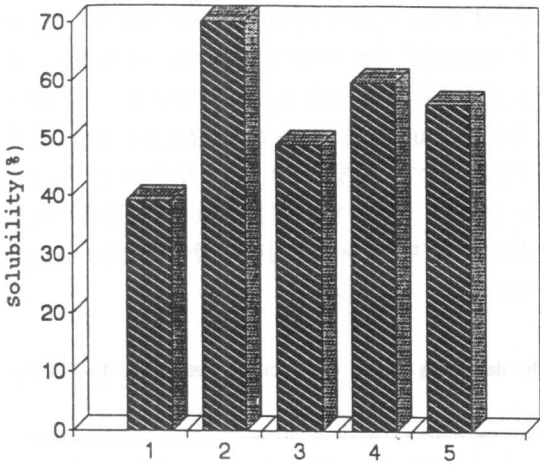
단축 압출조리 Fig. 5에서는 사출구의 온도가 100℃에서 채취한 압출미분의 경우가 제일 낮은 점도를 나타냈다. 시판 시중 이유식의 이유 농도가 20%~25% 정도이고 이때의 점도가 500~2000cP이다(Table 1). 즉 100℃에서 제조된 압출미분의 점도가 20~25%에서 200~725cP이므로 이유식을 위한 원료로 매우 적합하다고 할 수 있다. 쌍축압출조리 Fig. 6에서는 L/D차이에 의한 점도 차이는 보이지 않고 있으나, 원료 미분에 효소처리후 5일간 저장한 다음 제조한 압출미분의 경우 단축압출조리에 의해 제조한 100℃ 압출미분보다는 점도가 높으나 시판 이유식의 점도 범위에 적합한 350~1450cP를 나타내고 있다. 즉 효소처리 후 aging하는 동안 효소가 기질에 반응하여 전분을 dextrin 단위로 파괴하여 점도를 낮추고 있음을 알 수 있다.

Table 1. Viscosity of commercial weaning food product at their recommended concentration in water.

Sample	Recommended concentration(%)	Viscosity (cP)	Major ingredient	
Agi-meal Optima (Namyang S. Co.)	24.0	460	G.R.	35.0%
	25.0	600	Skim Milk	20.0%
	26.0	750	Carbohyd	17.9%
Mamma-meal (Ma-il Y. Co)	18.0	150	G.R.	23.0%
	19.0	325	Skim Milk	21.8%
	20.0	510	Carbohyd	13.1%
	21.0	850		
Cerelec (Nestle Korea)	18.0	320	G.R.	36.0%
	19.0	550	Skim milk	30.0%
	20.0	755	Carbohyd	11.9%
	21.0	1,110		
Agi-meal IQ (Namyang Y. Co.)	17.0	150	G.R.	49.8%
	18.0	300	Skim milk	20.1%
	19.0	475	Carbohyd	16.7%
	20.0	775		
Step Royal (Namyang Y. Co.)	23.0	875	G.R.	46.0%
	25.0	1,500	Skim milk	18.0%
	27.0	2,800		

G.R.: Gelatinized Rice Powder

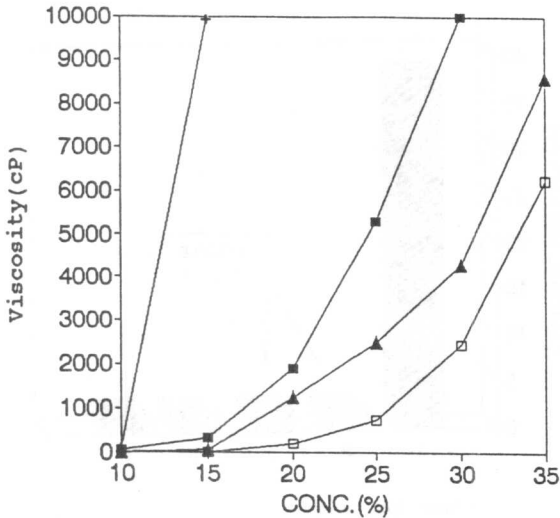
Carbohyd.: Carbohydrates



1. Single, Rpm200(No Enzyme), Die Temp. 100°C
2. Single, Rpm200, Die Temp. 100°C
3. Twin, Rpm 300-Middle shaft, Compres. Sect. 100°C, Meter. Sect. 150°C
4. Twin, Rpm 300-Long shaft, Compres. Sect. 100°C, Meter. Sect. 150°C
3. Twin, Rpm 300-Long shaft(5days aging), Compres. Sect. 100°C, Meter. Sect. 150°C

Fig. 4. changes in the solubility of rice extrudates treated in different extrusion condition.

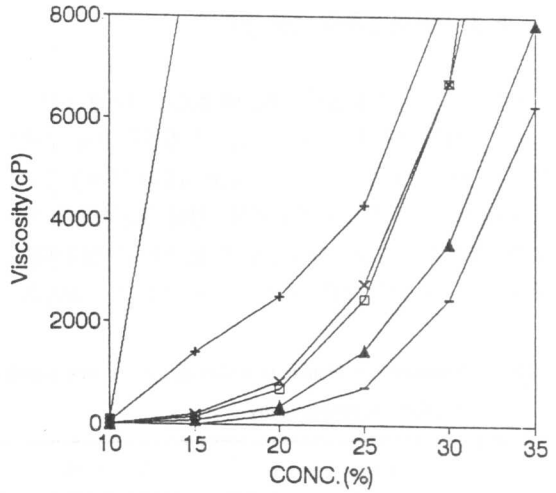
(Single: Single-screw extuder, Twin: Twin-screw extruder)



- + Rpm200-140°C(No enzyme)
- Rpm200-100°C(No enzyme)
- Rpm200-100°C(Thermamyl 15U/Kg rice powder)
- ▲ Rpm200-140°C(Thermamyl 15U/Kg rice powder)
- Single, 100°C(Thermamyl)

Fig. 5. Vissosity of Rice extrudates treated by single-screw extrusion cooker operated at different conditions.

(100°C and 140°C are die temperatures)



- Single, 140°C(No enzyme)
- + Single, 140°C(Thermamyl)
- Twin, long shaft, compres. sect. 100°C, meter. sect. 150°C(Thermamyl)
- ▲ Twin, long shaft, compres. sect. 100°C, meter. sect. 150°C(Thermamyl), 5days aging
- × Twin, middle shaft, compres. sect. 100°C, meter. sect. 150°C(Thermamyl)
- Single, 100°C(Thermamyl)

Fig. 6. Vissosity of Rice extrudates treated with either single-screw extruder or Twin-screw extruder operated at different condition.

5. 첨가 효소의 잔존활성

쌍축 압출조리의 목적은 압출미분의 점도를 단축 압출조리로 제조된 미분의 점도수준으로 유지하면서 효소의 잔존활성을 낮추는 데 있다.

Fig. 7, 8은 쌍축 압출조리의 효소활성제거 효과를 보여주는 그래프이다. 단축 압출조리에 의해 제조된 압출미분의 잔존활성 측정결과 100°C에서 제조된 압출미분의 잔존활성이 37.9%로 가장 높게 나타났는데 이는 내열성 amylase인 Thermamyl의 반응온도가 90°C 정도이기 때문에 100°C 처리시 효소활성이 상당수준 유지되나 140°C 처리시 다소 불활성화되었다. 한편 계량부위 온도를 150°C로 맞춘 쌍축 압출조리 시험에서는 대부분의 경우 효소 잔존활성이 2.2~2.5% 정도의 낮은 수치를 보임으로서 단축 압출조리기의 단점을 보완할 수 있었다.

6. 쌀 전분의 분자량 분포 변화

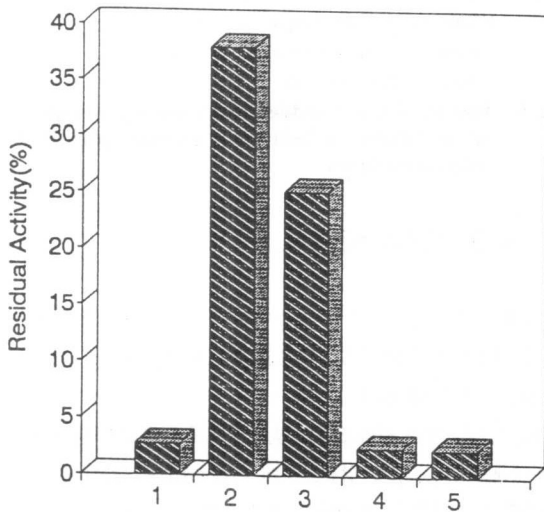
쌀 이유식의 제조 실험에서 원료에 효소를 처리한 효과가 점도나 용해도등에 현저하게 나타났음을 실험을 통해 알 수 있었다. 따라서 효소처리에 의한 압출 미분의 분자량 분포를 확인하여 효소 처리 효과를 확인하였다. Fig. 9, 10은 원료 쌀가루의 분자량 분포와 비교한 각 조건에서의 압출미분의 분자량 분포이다. 그림에서 보는 바와 같이 효소 처리후

분자량 분포는 원료 쌀가루에 비해, 혹은 효소 처리하지 않은 압출미분에 비해 분자량이 매우 작은 쪽으로 치우친 점을 확인 할 수 있다. 또한 효소를 첨가하여 압축부위 100℃, 계량부위 150℃로 조정된 쌍축 압출조리기로 만든 미분은 계량부위 100℃로 조정된 단축 압출조리기에 의한 미분보다는 분자량이 높지만 계량부위 온도 140℃로 조정된 단축 압출조리기의 미분보다는 분자량이 작은 것으로 나타났다 (Table 2).

Table 2. Proximate molecular size distribution of rice starch in the defferently treated rice products determined by Gel Permeation Chromatography

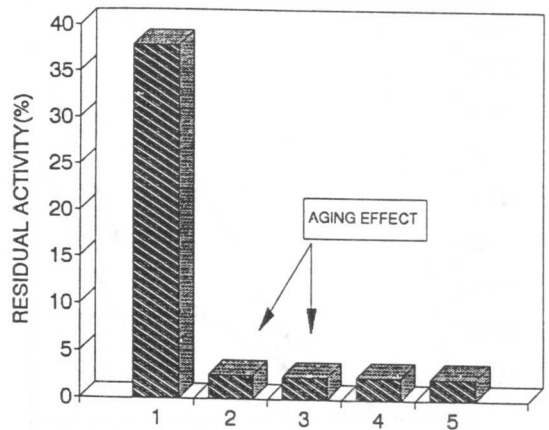
Sample	$> 2 \times 10^6$	$2 \times 10^6 - 5 \times 10^5$	$5 \times 10^6 - 8 \times 10^4$	$< 8 \times 10^4$
Raw rice	43.05	54.78	2.16	0
No enzyme, 100℃(S)	32.20	50.38	15.76	1.66
Enzyme, 100℃(S)	15.13	31.93	34.33	18.61
Enzyme, 140℃(S)	29.56	55.62	13.53	1.29
Enzyme, 150℃(T)	24.07	34.81	28.68	12.44

(S): Single-screw extruder (T): Twin-screw extruder



1. Single, 200rpm, 100℃(No Enzyme)
2. Single, 200rpm, 100℃(Thermamyl 15U/Kg rice)
3. Single, 200rpm, 140℃(Thermamyl 15U/Kg rice)
4. Twin, 300rpm, Long shaft, 150℃, (Thermamyl 15U/Kg rice)
5. Twin, 300rpm, middle shaft, 150℃, (Thermamyl 15U/Kg rice)

Fig. 7. Residual enzyme activity in the rice extrudates treated with either single-screw extruder or twin-screw extruder at different operation conditions.



1. Single, 100℃-200rpm
2. Twin, 300rpm(5days aging)
3. Twin, 200rpm(5days aging)
4. Twin, 300rpm
5. Twin, 200rpm

Fig. 8. Residual enzyme activity in the rice extrudates treated with twin-screw extruder (Long shaft, 150℃)

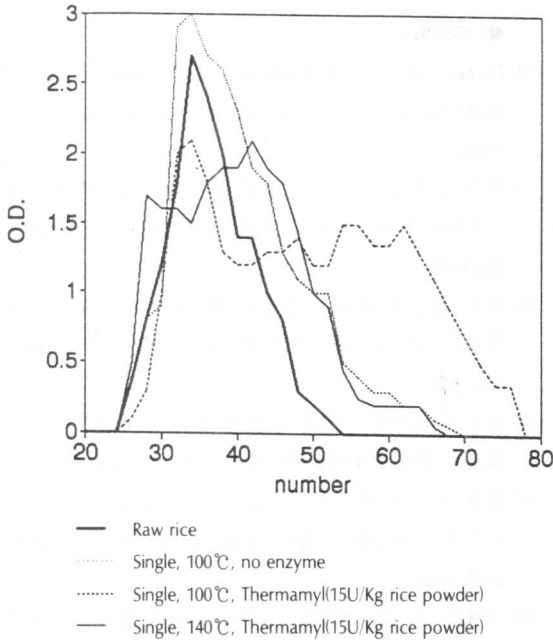


Fig. 9. GPC pattern of rice starch in the extrudate treated with single-screw extruder.

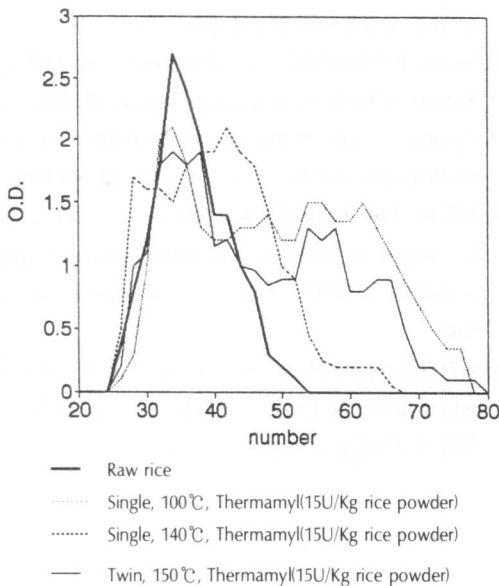


Fig. 10. Comparison of GPC pattern of rice starch in the extrudates treated with different extruders.

IV. 결 론

단축 압출조리시 내열성 효소를 첨가하여 계량부위온도를 100°C로 조절할 경우 점도저하, 분자량 감소, 용해도증가

등의 양호한 물성을 가진 미분을 얻을 수 있었으나 첨가한 효소의 잔존활성이 높은 값을 나타내었다. 이와같이 높은 잔존활성을 가진 미분을 이유식의 베이스로 이용할 수 없다. 잔존활성을 줄이기 위해 단축 압출조리기의 온도를 140°C로 높이면 미분의 점도증가, 용해도 감소 등 물성 열화 현상이 일어난다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 쌍축 압출조리기를 사용하여 단축 압출성형시 나타나는 장점은 그대로 유지하면서 잔존활성을 제거하기 위한 목적으로 효소 첨가 효과를 관찰하였다. 압축부위 온도를 100°C로 조절하여 내열성 아밀라제의 작용을 도모하고 계량부위의 온도를 150°C로 가열하여 효소활성을 감소시키고 점도가 낮고 용해도가 높으면서 잔존 효소활성이 거의 없는 미분을 만들 수 있었다.

적 요

한국형 이유식 개발에 사용할 수 있는 쌀의 가공법에 관하여 연구하였다. 쌀을 주원료로 하는 이유식은 쌀 전분의 높은 점도로 인하여 필요한 수준의 영양농도를 맞추기가 어려우므로 쌀의 압출 조리 공정에 내열성 아밀라아제를 첨가하여 압출 조리 미분의 수용성을 높이고 점도를 낮추는 공정 조건을 수립하였다. 쌀 가루에 내열성 아밀라아제 Thermamyl 을 15U/Kg 수준 첨가 혼합한 후 단일축 스크류 압출 조리기(Single-screw extruder)와 쌍축 스크류 압출 조리기(Twin-screw extruder)를 이용하여 가공하고 제조물의 수용성, 점도, 잔존 효소 활성 및 전분 분자량 분포등을 조사하였다.

효소 처리된 쌀가루를 단일축 스크류 압출 조리기의 사출구 온도를 100°C로 조절하여 조리할 때 압출 미분의 수용성은 원료쌀의 39.1%에서 69.9%로 증가하였으며 점도는 10000cP에서 500cP로 감소하였으나 잔류 효소 활성이 37.8% 남아있었다. 이 문제를 해결하기 위하여 쌍축 스크류 압출 조리기를 이용하여 압축부위 온도 100°C, 계량부위 온도 150°C로 조절하므로서 높은 수용성(60%), 낮은 점도(300-1450cP)와 잔존효소 활성이 거의 없는(2.5%) 압출미분을 얻을 수 있었다. 이들 제품의 전분을 Gel Permeation Chromatography로 분석한 결과 쌍축 스크류 압출 조리기에서 위의 조건으로 조리한 경우 분자량의 감소현상이 뚜렷이 나타남을 확인하였다.

인용문헌

- 1) 이선자, 일부 농촌지역 어린이들의 젓떼기 실시 방법시기 및 보충식에 대한 조사, *최선의학*, **17**, 979 (1974)
- 2) 전승규, 어린이의 영양 개선책, *소아과*, **23**(2), 12 (1980)
- 3) 이현금, 우리나라 이유식의 시안, *소아과*, **23**(2), 24 (1980)
- 4) NASH, A. H., 신선영; 한국 아동의 영양 실태와 이유식 개발, *식품과 영양*, **2**(1), 32 (1981)
- 5) 윤숙경, 이영춘, 반고체 이유보충식에 관한 연구 (Ⅲ), *한국영양학회지*, **19**(10), 3 (1986)
- 6) 류기영, 이철호; 쌀가루의 수분함량과 입자 크기에 따른 extrudate의 물성학적 성질, *한국식품과학회지*, **20**(4), 463 (1988)
- 7) A.O.A.C.: Official Methods of Analysis, 11th ed., The Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C., p. 123(1970)
- 8) Novo Nordisk: Product sheet of Thermamyl, Denmark, (1990)
- 9) Altomare, R. E. and Ghossi, P.: An analysis of residence time distribution patterns in a twin-screw cooking extruder. *Biochemical Progr.*, **2**, 157(1986)
- 10) Likimani, T. A., Sofos, J. N., Maga, J. A. and Haper, J. M. : Extrusion cooking of corn/soybean mix in presence of thermostable α -amylase. *J. of Food Sci.*, **56**(1), 99(1991)
- 11) Bhattacharya, M., Mauna, M. A. and Kaufman, R. E.: Textural properties of extruded plant protein blends. *J. of Food Sci.*, **51**(4), 988(1986)
- 12) Gomez, M. H. and Aguilera, J. M.; Changes in the starch fraction during extrusion-cooking of corn. *J. of Food Sci.*, **48**, 378(1983)
- 13) Gomez, M. H. and Aguilera, J. M.; A physicochemical model for extrusion of corn starch, *J. of Food Sci.*, **49**, 40 (1984)
- 14) 한억, 김정상, 이현유, 김영명, 신동화: 드럼건조에 의한 알파미분의 물리화학적 특성, *한국식품과학회지*, **20**(3), 392(1988)
- 15) 한억, 김정상, 이현유, 김영명, 민병용: 압출성형에 의한 알파미분의 물리화학적 특성. *한국식품과학회지*, **16**(4), 470(1988)
- 16) 김주봉, 김영숙, 이신영, 변유량: 쌀 전분 호화액의 텍스트로픽 성질. *한국식품과학회지*, **16**(4), 517(1984)
- 17) 육철, 황윤희, 백운화, 박관화: 전분 분해 효소첨가와 종이봉지를 이용한 식혜의 제조방법. *한국식품과학회지*, **22**(3), 296(1990)
- 18) 차재호, 권기하, 박관화, 장학길: 고단백 쌀가루의 제조 및 이용. *한국식품과학회지*, **16**(4), 470(1988)
- 19) 한국생화학회; D-니트로살리실릭산에 의한 탄수화물 정량 방법, *실험생화학*, 탐구당, p. 161 (1991)
- 20) Nordin, P.; Fractionation of starch dextrans on Sephadex. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, **99**, 101(1961)
- 21) Yamada, T., Taki, M. and Tsu-shi: Fractionation of maize starch by gel-chromatography. *Die Stärke*, **28**, 374(1976)
- 22) Taki, M., Taki, A., Yoshida, K., Hisamatsu, M. and Yamada, T. ; Analysis of starches by GPC and a new starch sample preparation method, *J. of Jpn. Soc. Starch Sci.*, **34**(4), 279 (1987)
- 23) 이강권: Extrusion공법을 이용한 쌀 이유식 제조에서 amylase첨가가 물성변화에 미치는 효과, *고려대학교 대학원 석사학위논문*(1992)