

유기산에 의한 알긴산 가수분해물의 제조

주동식* · 최용석* · 조순영*

동해대학교 관광외식산업학과, *강릉대학교 동해안해양생물자원연구센터

Preparation of the Depolymerized Alginates by Physical Treatment Processing with Organic Acids

Dong-Sik JOO⁺, Yong-Seok CHOI* and Soon-Yeoung CHO*

Department of Tourism and Foodservice Industry, Donghae University,
Donghae 240-713, Korea

*East coastal Marine Bioresources Research Center, Kangnung National University,
Kangnung 210-703, Korea

This study was carried out to prepare the depolymerized alginates by physical treatment processing with organic acids. The applied physical treatment methods were autoclaving, microwaving, and ultrasonication. Among several physical depolymerization methods, autoclaving treatment was the most effective for hydrolyzing the alginate to low molecular compounds such as oligosaccharides. Citrate was most effective catalyst in hydrolyzing alginate to some oligosaccharides among organic acids. An acceptable autoclaving conditions for hydrolyzing alginate to oligosaccharides were to treat at 110°C for 90 min and 120°C for 60 min, respectively. The maximum depolymerization percentage produced by autoclaving was 56.8%. The depolymerized alginates prepared by autoclaving at 110°C and 120°C had oligosaccharides of 3~4 and 7~8 species, respectively. The optimum condition for alginate oligosaccharides was autoclaving treatment with 0.5% citrate solution at 120°C for 90 min.

Key words: Alginate, Depolymerized alginate, Oligosaccharides, Organic acid catalyst

서 론

알긴산, 한천 및 카라기난과 같은 해조 유래 다당은 식품, 화장품, 도료 등의 공업용 첨가제로 매우 다양하게 이용되고 있다. 최근에는 해조 다당과 해조 올리고당에서 유래하는 다양한 생리 활성이 밝혀지면서 새로운 고부가가치적 이용 방안에 대한 연구가 행해지고 있는데, 해조 다당을 원료로 특정 미생물 유래 효소를 반응시켜 알긴산 (Joo et al., 1996, Takeuchi et al., 1994), 한천 (Leon et al., 1992; Groleau and Yaphe, 1977) 및 카라기난 (Potin et al., 1991; Joo et al., 1999a) 올리고당의 제조를 시도하였으며, 아울러 얻어진 올리고당 화합물의 기능 특성을 규명한 바 있다 (Duckworth and Yaphe, 1970; Joo et al., 1999b). 올리고당의 제조는 효소에 의한 분해나 합성, 산 분해에 의해 가능한데, 현재까지 개발되어 산업적으로 생산되는 올리고당은 주로 육상 식물 유래의 당질을 기질로 하여 효소적 방법으로 만들어지고 있다. 효소적 방법에 의한 올리고당의 제조는 특정 올리고당을 생산할 수 있는 효소의 확보가 가장 중요한 요소이며, 비용도 많이 드는 단점을 가지고 있다. 산 분해법은 비교적 처리 방법이 쉽지만 특정 올리고당의 생산이 어렵고, 저분자 당질이 많이 생산된다는 단점을 가지고 있다.

본 연구에서는 주요 해조 다당 중의 하나인 알긴산을 올리고당 화하기 위해 지금까지 행해진 효소적 처리 방법과는 구별되는 저농도의 유기산을 특정한 물리적 조건하에서 처리하여 알긴산의 가수분해 조건에 대하여 검토하였다.

재료 및 방법

재 료

알긴산 (Na-alginate)과 acetate, citrate, lactate, malate, succinate 등 5종의 유기산은 시판 제품 (Sigma Co., USA)을 구입하여 사용하였다.

유기산 농도 및 물리적 분해 처리 방법

유기산의 종류에 관계없이 0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 1.5 및 2.0% 농도의 용액을 이용하였다. 물리적 처리법으로 70~100°C의 가열 분해 처리는 water bath를 이용하였고, 110°C (7 Lbs 가압)와 120°C (15 Lbs 가압) 가열 처리는 고압멸균기 (Sanyo Co., MLS 3020, Japan)를 이용하였다. 또한 마이크로파 가열 처리는 마이크로파 장치 (MDS 2000, CEM Co., USA)를 이용하여 온도, 시간 및 처리강도 (power)를 조절하면서 사용하였고, 초음파 가열 처리는 고강도 초음파 처리기 (VCX 600-20 kHz, Sonics & Materials Inc., USA)를 이용하였으며, 이 때 사용한 probe는 tapered microtips (Φ3 mm)였다.

환원당 및 분해율 측정

환원당은 Somogyi-Nelson 법 (1952) 즉, 시료용액 1 mL에 구리시약 1 mL를 test tube에 각각 취하고 water bath에서 20분간 가열하여 산화 제1구리 (Cu₂O)를 생성시켰다. 여기에 몰리브덴 용액 1 mL를 가하여 발색시킨 다음, 520 nm에서 흡광도를 측정하여 maltose를 사용한 표준 검량선으로부터 환원당을 정량하였다. 분해율은 전당 (10 mg/mL, 초기 알긴산 농도)에 대한 환원당의 비

*Corresponding author: dsjoo777@yahoo.co.kr

즉, (환원당/전당)×100의 식으로 구하였다.

TLC (thin layer chromatography)

TLC는 plate (Silica gel F₂₅₄, Merck Co.) 105°C에서 1시간 가열 전처리하고 방냉한 후, 이 plate에 시료액 10 μL를 spotting한 다음, 전개용매 (isopropyl alcohol, acetone, lactic acid, 1:3:3)로 전개한 후 건조후 발색제 (aniline 4 mL, diphenylalanine 4 g, acetone 200 mL, 85% phosphoric acid 30 mL)를 분무하여 발색 (105°C, 1 hr)시켰다 (Joo and Lee, 1993).

결과 및 고찰

알긴산 분해 처리를 위한 유기산 농도 결정

각 유기산을 0.3~2.0% 농도로 만든 다음 알긴산을 1% 농도로 첨가하여 100°C, 1시간 처리하고 분해율을 확인한 결과 (Fig. 1), 유기산의 종류에 관계없이 0.7% 처리 구간까지는 분해율이 증가하였으나, 그 이상의 농도에서는 큰 변화가 없었다. 오히려 유기산 1.0% 이상의 조건에서는 분해율이 감소하는 것으로 확인되었는데, 이는 유기산의 농도가 높아짐에 따라 알긴산 분자들 사이의 엉김 현상이 두드러졌고 이것이 가열처리 과정 중에 유기산의 분해효과를 떨어뜨리는 것으로 생각되었다. 따라서 알긴산을 올리고당화하기 위한 유기산 농도는 0.3, 0.5 및 0.7%의 세 구간으로 결정하였고, 이 유기산 농도 조건하에서 각종 물리적 처리를 하였다.

유기산에 의한 알긴산의 분해 조건

온도 70°C와 80°C의 수조에서 가열처리된 시료의 경우 유기산의 종류, 농도 및 반응 시간에 관계없이 분해율이 0.5~2.0%로 거의 분해되지 않았다 (Table 1 및 2). 이는 유기산 용액 조건하에서는 상대적으로 낮은 70~80°C 정도의 온도에서도 부분적인 분해가 일어난다는 것을 확인하였으나, 분해율로 볼 때 단당이나 올리고당의 형태로 분해되는 데는 한계가 있음을 간접적으로 알 수 있었다.

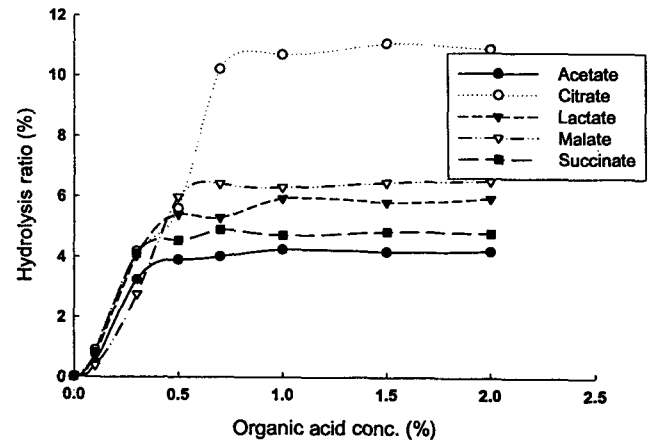


Fig. 1. Hydrolysis ratio of alginate treated with various organic acids and concentration at 100°C for 1 hr.

90°C에서는 최고 7.5%의 분해율을 보여주었으나, 전체적으로 2.0~6.0%의 분해율을 나타내었으며, 분해 시간이 길수록 분해율이 높아지는 경향을 보였다 (Table 3). 100°C 조건에서 90분간 처리로 10% 정도의 분해율을 나타내었으며 (Table 4), 이 온도 조건에서 citrate와 malate를 이용하는 것이 다른 유기산 보다는 분해에 효과적이었으나 유기산 농도와 분해 효과의 상관성은 확인할 수 없었다.

Table 5와 6에는 110°C 및 120°C에서 가압 처리한 결과를 나타내었는데, 110°C에서는 60분간 처리로 분해율이 14% 정도까지 높아졌으며, 특히 malate 처리구에서 가장 높은 분해율을 나타내었다. 120분간 가열처리로 유기산의 종류에 관계없이 20% 이상의 분해율을 나타내었다. 120°C 조건에서는 유기산의 종류에 관계없이 30분 가열처리로 20%, 60분 가열처리로 30% 정도의 분해율을 나타내었고, citrate나 malate 용액에서는 최대 55~57% 정도의 분해율을 나타내었다.

한편, 마이크로파 처리에 의한 알긴산의 유기산 분해를 시도한

Table 1. Hydrolysis ratio of alginate treated with various organic acids at 70°C

Treatment time (min)	Acetate solution			Citrate solution			Lactate solution			Malate solution			Succinate solution		
	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%
30	0.46 ± 0.02	0.49 ± 0.03	0.46 ± 0.06	0.30 ± 0.08	0.42 ± 0.06	0.24 ± 0.04	0.41 ± 0.02	0.39 ± 0.05	0.40 ± 0.05	0.51 ± 0.09	0.47 ± 0.06	0.43 ± 0.07	0.46 ± 0.10	0.53 ± 0.03	0.53 ± 0.07
60	0.47 ± 0.05	0.55 ± 0.04	0.54 ± 0.02	0.50 ± 0.05	0.57 ± 0.02	0.44 ± 0.04	0.51 ± 0.09	0.51 ± 0.07	0.67 ± 0.11	0.56 ± 0.13	0.55 ± 0.08	0.49 ± 0.04	0.53 ± 0.06	0.48 ± 0.07	0.54 ± 0.12
90	0.52 ± 0.02	0.54 ± 0.11	0.58 ± 0.02	0.66 ± 0.04	0.56 ± 0.10	0.53 ± 0.04	0.58 ± 0.03	0.54 ± 0.02	0.73 ± 0.16	0.60 ± 0.14	0.52 ± 0.11	0.51 ± 0.01	0.53 ± 0.05	0.67 ± 0.10	0.63 ± 0.08
120	0.54 ± 0.12	0.55 ± 0.02	0.57 ± 0.06	0.64 ± 0.09	0.55 ± 0.04	0.53 ± 0.15	0.58 ± 0.12	0.62 ± 0.15	0.63 ± 0.13	0.62 ± 0.12	0.54 ± 0.13	0.59 ± 0.09	0.62 ± 0.11	0.65 ± 0.14	0.68 ± 0.07

*Each data represents the mean ± S.D. from triplicates.

Table 2. Hydrolysis ratio of alginate treated with various organic acids at 80°C

Treatment time (min)	Acetate solution			Citrate solution			Lactate solution			Malate solution			Succinate solution		
	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%
30	0.65 ± 0.14	0.62 ± 0.05	0.57 ± 0.03	0.61 ± 0.06	0.50 ± 0.11	0.45 ± 0.02	0.36 ± 0.04	0.70 ± 0.02	0.57 ± 0.11	0.65 ± 0.10	0.57 ± 0.05	0.47 ± 0.02	0.55 ± 0.11	0.64 ± 0.06	0.64 ± 0.03
60	0.63 ± 0.03	0.69 ± 0.08	0.77 ± 0.05	0.73 ± 0.03	0.84 ± 0.15	0.95 ± 0.04	0.77 ± 0.08	0.87 ± 0.17	0.67 ± 0.11	1.11 ± 0.12	0.84 ± 0.03	1.08 ± 0.13	0.71 ± 0.05	0.77 ± 0.03	0.80 ± 0.10
90	0.75 ± 0.11	0.85 ± 0.14	0.94 ± 0.08	0.94 ± 0.02	1.21 ± 0.16	1.46 ± 0.13	1.27 ± 0.08	1.33 ± 0.12	1.49 ± 0.15	1.04 ± 0.08	1.40 ± 0.04	1.16 ± 0.06	0.88 ± 0.12	1.06 ± 0.17	0.99 ± 0.05
120	1.11 ± 0.05	1.88 ± 0.13	2.19 ± 0.09	2.04 ± 0.11	1.88 ± 0.08	1.94 ± 0.12	1.37 ± 0.09	2.66 ± 0.18	1.72 ± 0.15	1.35 ± 0.07	1.73 ± 0.08	2.13 ± 0.07	1.13 ± 0.06	1.28 ± 0.04	1.43 ± 0.06

*Each data represents the mean ± S.D. from triplicates.

Table 3. Hydrolysis ratio of alginate treated with various organic acids at 90°C

Treatment time (min)	Acetate solution			Citrate solution			Lactate solution			Malate solution			Succinate solution		
	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%
30	0.82* ± 0.11	0.97 ± 0.16	1.08 ± 0.09	1.02 ± 0.07	1.39 ± 0.15	1.46 ± 0.06	1.14 ± 0.04	1.15 ± 0.06	1.43 ± 0.05	1.21 ± 0.19	1.53 ± 0.16	1.62 ± 0.17	0.98 ± 0.13	1.21 ± 0.18	1.21 ± 0.17
60	1.31 ± 0.15	1.63 ± 0.14	1.85 ± 0.21	1.73 ± 0.12	2.26 ± 0.11	2.66 ± 0.15	1.76 ± 0.18	2.04 ± 0.16	2.60 ± 0.15	1.92 ± 0.16	2.38 ± 0.09	2.55 ± 0.22	1.59 ± 0.12	1.86 ± 0.18	1.99 ± 0.16
90	1.92 ± 0.22	2.43 ± 0.15	2.59 ± 0.13	2.82 ± 0.14	3.27 ± 0.18	4.59 ± 0.23	2.64 ± 0.17	3.11 ± 0.12	3.44 ± 0.13	3.11 ± 0.25	3.66 ± 0.21	4.40 ± 0.20	2.37 ± 0.15	2.76 ± 0.16	3.08 ± 0.18
120	3.33 ± 0.14	3.91 ± 0.25	4.06 ± 0.26	4.78 ± 0.29	6.44 ± 0.25	6.65 ± 0.32	4.73 ± 0.18	5.51 ± 0.23	5.71 ± 0.15	5.13 ± 0.19	6.09 ± 0.36	7.42 ± 0.41	3.77 ± 0.23	4.77 ± 0.24	4.74 ± 0.26

*Each data represents the mean ± S.D. from triplicates.

Table 4. Hydrolysis ratio of alginate treated with various organic acids at 100°C

Treatment time (min)	Acetate solution			Citrate solution			Lactate solution			Malate solution			Succinate solution		
	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%
30	1.65* ± 0.11	1.80 ± 0.21	1.90 ± 0.16	2.11 ± 0.28	2.61 ± 0.24	2.72 ± 0.28	2.14 ± 0.21	2.56 ± 0.25	2.92 ± 0.22	2.39 ± 0.19	3.00 ± 0.26	2.80 ± 0.18	1.83 ± 0.17	2.34 ± 0.25	2.39 ± 0.29
60	3.54 ± 0.12	3.98 ± 0.26	4.17 ± 0.42	4.79 ± 0.28	5.64 ± 0.35	11.05 ± 0.38	4.52 ± 0.29	5.40 ± 0.37	5.69 ± 0.41	2.70 ± 0.25	6.12 ± 0.38	6.13 ± 0.44	4.24 ± 0.23	4.52 ± 0.22	4.99 ± 0.20
90	5.12 ± 0.42	6.24 ± 0.31	4.91 ± 0.32	8.14 ± 0.44	10.80 ± 0.45	11.09 ± 0.40	8.80 ± 0.43	10.72 ± 0.54	10.68 ± 0.46	10.44 ± 0.54	10.83 ± 0.61	10.56 ± 0.50	8.41 ± 0.43	7.49 ± 0.30	10.58 ± 0.49
120	5.20 ± 0.32	6.08 ± 0.41	6.98 ± 0.46	8.90 ± 0.49	9.77 ± 0.54	10.68 ± 0.55	9.13 ± 0.42	9.00 ± 0.35	9.56 ± 0.57	9.50 ± 0.54	9.54 ± 0.51	10.47 ± 0.57	8.33 ± 0.34	8.87 ± 0.45	9.49 ± 0.56

*Each data represents the mean ± S.D. from triplicates.

Table 5. Hydrolysis ratio of alginate treated with various organic acids at 110°C in autoclave

Treatment time (min)	Acetate solution			Citrate solution			Lactate solution			Malate solution			Succinate solution		
	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%
30	4.16* ± 0.31	5.10 ± 0.42	5.19 ± 0.36	1.24 ± 0.35	1.77 ± 0.46	3.18 ± 0.53	1.15 ± 0.32	1.19 ± 0.44	1.69 ± 0.28	2.37 ± 0.25	2.86 ± 0.37	3.51 ± 0.29	1.21 ± 0.31	2.56 ± 0.42	3.07 ± 0.25
60	7.80 ± 0.44	9.30 ± 0.52	10.01 ± 0.53	9.90 ± 0.42	11.65 ± 0.61	12.48 ± 0.64	10.22 ± 0.38	10.89 ± 0.48	12.66 ± 0.71	10.34 ± 0.56	14.11 ± 0.54	13.36 ± 0.47	8.60 ± 0.33	11.75 ± 0.60	11.72 ± 0.64
90	14.42 ± 0.71	16.61 ± 0.82	17.79 ± 0.94	19.7 ± 0.89	25.25 ± 1.56	23.06 ± 1.89	18.03 ± 1.91	20.66 ± 2.44	22.39 ± 2.15	20.15 ± 1.18	22.83 ± 2.36	22.66 ± 2.49	15.67 ± 3.04	18.34 ± 3.17	19.11 ± 3.09
120	14.88 ± 2.44	21.82 ± 3.06	20.93 ± 2.48	20.85 ± 3.21	21.62 ± 2.06	21.80 ± 2.15	21.09 ± 3.13	21.11 ± 2.47	25.80 ± 3.38	22.25 ± 3.36	25.48 ± 2.69	22.90 ± 2.08	19.87 ± 2.15	19.56 ± 3.81	23.87 ± 3.10

*Each data represents the mean ± S.D. from triplicates.

Table 6. Hydrolysis ratio of alginate treated with various organic acids at 120°C in autoclave

Treatment time (min)	Acetate solution			Citrate solution			Lactate solution			Malate solution			Succinate solution		
	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%
30	14.01* ± 1.98	15.72 ± 2.27	17.42 ± 2.31	17.90 ± 3.11	20.27 ± 3.41	21.28 ± 3.57	18.30 ± 2.39	20.38 ± 3.45	19.95 ± 3.64	19.12 ± 3.19	23.04 ± 3.46	22.57 ± 3.31	16.74 ± 2.82	18.03 ± 2.59	19.42 ± 2.34
60	21.90 ± 1.58	26.44 ± 2.31	25.70 ± 3.51	26.54 ± 4.05	31.34 ± 4.53	29.46 ± 3.69	26.71 ± 2.89	30.78 ± 4.19	31.99 ± 4.75	28.46 ± 3.27	29.78 ± 4.50	35.42 ± 3.09	24.33 ± 3.31	29.89 ± 3.17	30.82 ± 2.69
90	37.55 ± 3.74	40.72 ± 3.84	37.90 ± 4.11	46.2 ± 3.74	49.42 ± 4.49	37.86 ± 4.27	36.45 ± 3.58	37.31 ± 4.16	47.15 ± 5.03	37.93 ± 4.23	41.46 ± 3.04	46.11 ± 4.27	37.66 ± 4.01	45.40 ± 4.51	40.54 ± 4.13
120	39.53 ± 3.39	42.46 ± 4.18	44.67 ± 4.86	46.81 ± 4.73	54.42 ± 3.62	56.77 ± 4.28	45.05 ± 4.02	49.45 ± 4.16	54.77 ± 4.12	47.52 ± 4.27	51.23 ± 3.64	55.56 ± 4.37	42.07 ± 3.23	47.92 ± 4.37	52.21 ± 4.17

*Each data represents the mean ± S.D. from triplicates.

결과, 80°C에서 마이크로파 처리는 유기산의 종류와 농도, 처리 시간에 관계없이 분해율이 1% 미만이었으며 (Table 7), 100°C에서는 5% 정도의 분해율을 나타내었다 (Table 8). 마이크로파 처리의 경우는 처리조건에 관계없이 고온가압 처리와는 달리 낮은 분해율과 높은 점도 저하를 나타내었는데, 이는 알긴산 분해 형태가 고온가압처리와 마이크로파 처리가 서로 다르다는 것을 나타내는 결과로 생각되어졌다. 즉, 고온가압처리로 단당이나 올리고당의 형태까지 분해되는 반면, 마이크로파 처리는 부분 분해되지만 올리고당의 형태까지는 분해되지 않는다는 것을 알 수 있었다. 초음파 처리 시료의 경우 조건에 관계없이 거의 분해되지 않았다 (Table 9). 전체적으로 가열 처리 조건과 방법에 관계없이 알긴산 분해에는 citrate와 malate가 가장 효과적이었다. 아울러 유기산의 농도의 경우 0.3%와 0.5%는 분해율에서 확연한 차이를 보여주었으나, 0.5%와 0.7%는 큰 차이를 확인할 수 없었다. 따라서 효율적인 알긴산 분

해를 위한 유기산의 경우 citrate나 malate, 유기산의 농도의 경우 0.5%, 처리 조건의 경우 120°C의 고온가압 처리가 적절하였다. 한편, 효소 처리법과 유기산 처리법의 분해율을 단순히 비교하여 보면 유기산 처리법이 최대 56.8% 정도로 효소 처리법의 35% (Joo et al., 1996)보다 약 20% 정도 분해율이 높은 것으로 나타났다. 이는 효소 처리법이 알긴산의 특정 부위에 제한적으로 작용하여 분해하는 반면, 유기산은 불특정 부위를 자유롭게 분해할 수 있는 특징이 있기 때문인 것으로 생각된다.

알긴산 분해물의 TLC 형태

각 분해 시료의 당질 조성을 간접적으로 확인하기 위해 TLC를 행한 결과, 효소 처리법에서의 TLC 결과와 비교해 볼 때 (Joo et al., 1996), 유기산의 종류, 농도 및 분해 시간에 관계없이 처리온도가 100°C 이하의 조건에서는 올리고당으로 판단되는 획분이 거

Table 7. Hydrolysis ratio of alginate treated with various organic acids at 80°C using microwave system

Treatment time (min)	Acetate solution			Citrate solution			Lactate solution			Malate solution			Succinate solution		
	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%
60	0.76* ± 0.11	0.73 ± 0.15	0.42 ± 0.22	0.70 ± 0.14	1.02 ± 0.17	0.37 ± 0.11	0.98 ± 0.22	0.65 ± 0.12	0.34 ± 0.03	0.95 ± 0.18	0.46 ± 0.10	0.40 ± 0.09	0.88 ± 0.13	0.44 ± 0.16	0.44 ± 0.08
90	0.64 ± 0.12	0.72 ± 0.25	0.59 ± 0.14	0.84 ± 0.07	0.89 ± 0.25	1.06 ± 0.18	1.12 ± 0.15	1.01 ± 0.16	1.01 ± 0.19	0.82 ± 0.17	0.99 ± 0.12	1.08 ± 0.21	0.92 ± 0.13	1.16 ± 0.27	0.91 ± 0.07

*Each data represents the mean ± S.D. from triplicates.

Table 8. Hydrolysis ratio of alginate treated with various organic acids at 100°C using microwave system

Treatment time (min)	Acetate solution			Citrate solution			Lactate solution			Malate solution			Succinate solution		
	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%	0.3%	0.5%	0.7%
60	2.89* ± 0.22	2.32 ± 0.24	4.27 ± 0.21	6.34 ± 0.30	5.33 ± 0.28	4.93 ± 0.33	2.69 ± 0.17	4.13 ± 0.19	6.92 ± 0.35	2.69 ± 0.23	4.02 ± 0.35	4.36 ± 0.16	2.91 ± 0.18	4.14 ± 0.13	4.47 ± 0.28
90	3.14 ± 0.26	3.95 ± 0.22	3.80 ± 0.17	5.88 ± 0.26	6.65 ± 0.23	5.50 ± 0.15	3.36 ± 0.21	4.22 ± 0.29	6.27 ± 0.16	4.59 ± 0.13	5.34 ± 0.18	5.81 ± 0.25	3.82 ± 0.14	5.49 ± 0.20	3.55 ± 0.24

*Each data represents the mean ± S.D. from triplicates.

의 확인되지 않았다. 반면 110°C 및 120°C의 분해 조건에서는 각각 3~4개 및 7~8개의 올리고당획분이 확인되었다 (Fig. 2). 분해 시간이 경과할수록 TLC 상에서 낮은 증합도의 획분으로 이행되는 것을 확인할 수 있었고, 이는 고온가압 처리시에 올리고당획분의 생산을 목적으로 할 경우, 처리 온도 및 시간의 조절이 중요한 것으로 판단되었다. 본 연구에서는 0.5% citrate나 malate로 120°C 조건에서 60~90분 가압가열처리가 적절한 것으로 나타났으며, 식품 첨가물로 문제가 없는 citrate를 이용한 조건 즉, 0.5% citrate, 120°C, 90분 가열 처리가 최적의 조건으로 판단되었다.

요 약

유기산을 이용한 알긴산의 분해 및 올리고당화 조건을 검색한 결과, 유기산 종류와 농도에 관계없이 100°C 이하의 온도 조건은 알긴산을 올리고당으로 분해하는데는 적절하지 못하였다. 반면, 110°C와 120°C 조건은 유기산 종류와 농도에 따라 다소의 차이는 있었으나 올리고당화할 수 있는 조건이었으며, 마이크로파 처리나

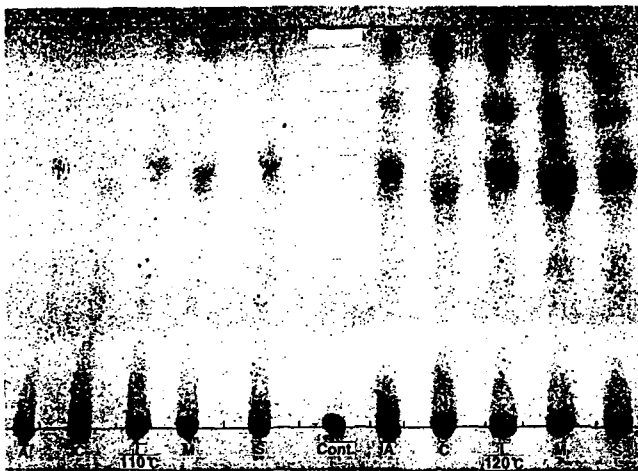


Fig. 2. TLC pattern of alginate hydrolysates treated with organic acid at 110°C and 120°C. A, acetate; C, citrate; L, lactate; M, malate; S, succinate.

초음파 처리와 같은 물리적 가열 처리 방법은 알긴산 분해에 효과적인 방법이 아닌 것으로 확인되었다. 분해율의 측면에서 최적 분해 조건은 citrate나 malate로 120°C에서 120분 가압가열처리하는 조건이었으나, TLC 상에서 110°C에서는 3~4개, 120°C 처리 조건은 7~8개의 올리고당획분이 확인되었다. 이상의 결과로 미루어 보아 유기산을 이용한 알긴산 올리고당 생산은 0.5% citrate를 이용하여 120°C에서 90분 동안 가압가열처리하는 것이 최적의 조건이었다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 지정 강릉대학교 동해안 해양생물자원 연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참 고 문 헌

- Durkworth, M. and W. Yaphe. 1970. Thin-layer chromatographic analysis of enzymic hydrolysates of agar. *J. Chrom.*, 49, 482~487.
- Groleau, D. and W. Yaphe. 1977. Enzymatic hydrolysis of agar; purification and characterization of β -neogagarotetraose hydrolase from *Pseudomonas atlantica*. *Can. J. Microbiol.*, 23, 672~679.
- Joo, D.S. and E.H. Lee. 1993. Purification of extracellular enzyme produced by *Vibrio* sp. AL-145. *J. Korean Soc. Food Nutr.*, 22, 234~239. (in Korean).
- Joo, D.S., J.S. Lee, J.J. Park, S.Y. Cho, H.K. Kim and E.H. Lee. 1996. Preparation of oligosaccharides from alginic acid by enzymatic hydrolysis. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 28, 146~151 (in Korean).
- Joo, D.S., S.Y. Cho, J.S. Lee, E.H. Lee and S.T. Yang. 1999a. Purification and characterization of carrageenase from *Pseudomonas alcaligenes* JCL-43. *Korean J. Life Sci.*, 9, 414~422 (in Korean).
- Joo, D.S., S.Y. Cho, E.H. Lee and S.T. Yang. 1999b. Preparation of carrageenan oligosaccharides using carrageenase from *Pseudomonas alcaligenes* JCL-43 and its functional properties. *Korean J. Life Sci.*, 9, 423~429 (in Korean).
- Leon, O., L. Quintana, G. Peruzzo and J.C. Slebe. 1992. Purification and properties of an extracellular agarase from *Alteromonas* sp.

- strain C-1. Appl. Environ. Microbiol., 58, 4060~4063.
- Potin, P., A. Sanseau, Y. Le Gall, C. Rochas and B. Kloareg. 1991. Purification and characterization of a new kappa-carrageenase from marine *Cytophaga*-like bacterium. Eur. J. Biochem., 201, 241~246.
- Somogyi, M. and N. Nelson. 1952. Notes on sugar determination. J. Biol. Chem., 195, 19~23.
- Takeuchi, T., K. Murata and I. Kusakabe. 1994. A method for depolymerization of alginate using the enzyme system of *Flavobacterium multivolum*. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 41, 505~511.
-
- 2002년 10월 2일 접수
2003년 1월 4일 수리