

건조 방법이 한천의 물리·화학적 특성에 미치는 영향

김옥도·김육용·이남걸*·조영제*·이강호*
명신화학공업주식회사, *부경대학교 식품공학과

Effect of Drying Methods on Physicochemical Properties of Agar

Oc-Do KIM, Yuck-Yong KIM, Nahm-Gull LEE*, Young-Je CHO* and Kang-Ho LEE*

Myeong Shin Chemical Ind. Co., LTD., Yangsan 626-840, Korea

*Department of Food Science and Technology, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

To investigate the effect of drying methods on the physicochemical properties of agar, gel strength, viscosity, melting and setting point, and phase transition by differential scanning calorimetry (DSC) during its heating were determined. In addition the structural differences of agar powder by scanning electron microscope (SEM) was examined.

The most shortest onset temperature of gel strength increase was extruding method among any other methods.

Viscosity of agar with hot air method, 400.00 cps at 45°C, was markedly increased, but with spraying and extruding ones were little change.

The melting and setting point, and the temperature for maximum endothermic and enthalpy for agar with extruding one, 80.01°C, 36.05°C and 61.72°C, 0.73 cal/g, respectively, were lowest among the drying ones. But in the case of reheating after gelling, there were little change in all methods. Observing the surface structure of agar with SEM, extruding method showed the most unstable with absorptive property.

Key words : agar, gel strength, viscosity, melting and setting point, thermal properties

서 론

한천은 홍조류의 세포벽 구성 성분인 점질성의 난소화성 복합 다당류로서 일종의 식이 섬유원으로 (Matsuhashi, 1977; 林·岡崎, 1970), 2종류의 다당류 즉 agarose와 agaropectin의 혼합물이며, 그 비율은 각각 70%와 30%를 차지하고 있다 (Duckworth and Yape, 1971). 그리고, 온도의 변화에 따라서 가역적으로 sol과 gel로 변화하는 성질을 가지고 있으므로 식품첨가물, 미생물의 배지, 전기 영동의 지지체로서 널리 사용되고 있다 (Patil and Kale, 1973).

한천 및 그와 유사한 복합 다당류들의 분자형에 대하여 온도의 변화에 따른 sol과 gel의 상전환 추정 구조에 대한 연구 결과는 많으며 (Piculell et al., 1992, 1994; Rochas et al., 1989; Piculell and Rymden, 1989),

고온에서는 agarose와 agaropectin의 직쇄상 분자 구조가 무질서하게 실가닥(糸狀)처럼 늘어져 있고 그 사이에 다량의 물을 함유하고 있는 구조를 가진다. 그러나, 용액의 온도를 내리면 분자의 일부가 가교결합을 형성하기 시작하며, 그 이하의 온도에서는 규칙적인 입체 구조가 형성되어 밀도가 증가하고 가교결합이 완료된 강한 gel 구조가 형성된다 (Arnott, 1974; Rochas et al., 1990; Zhang et al., 1992; Nilson et al., 1989).

본 연구에서는 생리적 기능을 가지며 식품뿐만 아니라 많은 분야에 이용되고 있는 한천을 시료로, 용융점을 인위적으로 낮추어 상변화에 필요한 열전이를 감소시킴으로서 이용을 간편화하기 위하여, 열풍 건조, 분무 건조 및 압출 성형과 같은 건조 방법이 한천의 물리 화학적 및 조직학적 특성 변화에 미치는

영향에 대해 비교 검토하였다.

재료 및 방법

1. 시 료

명신화성공업주식회사(경남 양산시 소재)에서 일 반적인 한천 제조 방법에 따라서 제조한 액상한천을 열풍 건조, 분무 건조 및 압출 성형 건조 등의 건조 방법을 달리하여 제조한 것을 시료로 사용하였다.

2. 건조 방법

열풍 건조는 터널식 열풍 건조기(SANDVIK process systems, Italy)를 사용하여 130°C에서 30분간 건조하였고, 분무 건조는 분무 건조기(Model Niro A/S, Denmark)를 사용하였으며, 이 때 분무 노즐의 크기는 1.5 mm, 노즐 분사 속도는 40.0 m/sec, 노즐 압력은 45 kg/cm²였고, chamber내의 습도는 5.0%, 온도는 130°C였다. 압출 성형 건조는 이축 압출 성형기(Model FE-STINA-60, Namsung, Korea)를 사용하였으며, 이 때 스크류 두께 44 mm, 길이 700 mm, 바렐 길이 704 mm, L/D 16, 스크류 조합은 60 mm 전진 스크류 4개, 40 mm 전진 스크류 2개, 20 mm 역회전 스크류 1개, 40 mm 전진 스크류 2개, 20 mm 역회전 스크류 1개, 40 mm 전진 스크류 2개, 20 mm 역회전 스크류 1개, 40 mm 전진 스크류 2개, 20 mm 역회전 스크류 1개, 40 mm 전진 스크류 1개 및 20 mm 전진 스크류 1개로 구성하였으며, die는 2 mm×2 mm(지름가두께)의 원형 구멍 1개, 바렐내의 온도 140°C, 압력 49 bar, 스크류 회전수 400 rpm이었다.

3. 실험 방법

1) 겔강도(gel strength)의 측정

Nikan-Sui법(林·岡崎, 1970)에 따라 측정하였다. 즉, 각종 방법으로 건조하여 조제한 분말 한천을 1.5% 용액이 되도록 증류수를 가한 뒤에, 가열하면서 각 온도에서 일정량(200 ml)을 취하여 원심분리(3000 rpm, 10분)한 상층액을 원통관(지름 8.5 cm×높이 6.0 cm)에 주입하여 마개를 한 후에, 25°C로 유지되는 항온기에 24시간 동안 방치하여 응고시켰다. 이것을 겔 강도계(Kiya Seisakusho Ltd., Japan)를 사용하여 겔

강도를 측정하였다.

2) 점도(viscosity)의 측정

1.5% 한천 용액이 되도록 증류수를 가하고 가열 용해한 다음, 냉각하면서 각온도에서 점도계(Viscometer, Model BM, Toimec Inc., Japan)를 사용하여 점도를 측정하였다.

3) 용융점(melting point) 및 응고점(setting point)의 측정

용융점은 0.8% 한천 현탁액 10 ml를 온도 중심점에 온도계를 부착한 시험관에 취한 후에, 항온조에 넣고 항온조의 온도를 5°C/min로 승온하면서 한천 입자가 완전히 없어질 때의 온도를 용융점으로 하였다. 또한, 응고점은 1.0% 한천 현탁액을 교반 가열하여 완전히 녹인 뒤에, Pappas et al.(1987)의 방법으로, 10 ml를 온도 중심점에 온도계를 부착한 시험관에 취한 후에 100°C로 조정된 항온조에 넣고 항온조의 온도를 5°C/min로 감온하면서 한천 용액의 겔이 형성(유동성 소실)될 때의 온도를 응고점으로 하였다.

4) 겔화 상전이의 열분석

한천의 겔화에 의한 상전이(phase transition)를 측정하기 위하여 Donovan et al.(1983)과 Biliaderis et al.(1980)의 방법으로 시차주사 열량분석기(Differential scanning calorimetry, Model DSC-7, Perkin-Elmer, U.S.A.)를 사용하여 측정하였다. 즉, 한천 분말과 증류수를 1:15(w/w)의 비율로 섞어 stainless steel sample pan에 넣고 o-ring을 끼워서 밀봉한 다음, 질소 기류하에서 5°C/min의 승온 속도로 30°C부터 150°C까지 가열하여 흡열 곡선을 얻었다. 그리고, 150°C까지 가온한 stainless steel sample pan을 25°C 냉장고에 24시간 방치하여 한천액을 응고시킨 다음에 동일 조건으로 가열하여 흡열 곡선을 얻었다. 이때 온도와 enthalpy는 표준 시료인 Indium(m.p.=156.6°C, heat of fusion=6.8 cal/g)으로 보정하였으며, DSC thermogram에 나타나는 흡열 곡선의 면적으로부터 standard program(Perkin-Elmer, U.S.A.)을 이용하여 enthalpy를 계산하였다.

5) 주사 전자 현미경(scanning electron microscope, SEM)에 의한 표면 구조의 관찰

Pappas et al.(1987)의 방법에 따라 100 mesh로 체 통과하여 통과한 한천 건조 분말 0.2g을 이중 투명 테이프가 부착된 aluminum plate에 도포하여 부착시키

고 동결 건조하여 시료내의 수분을 완전히 제거하였다. 이것을 gold-palladium mix로 코팅하고 상온에서 5분간 건조하여 주사 전자 현미경 (Philips scanning electron microscope, Model EDAX SEM 535M, Denmark)으로 가속 전압 15 kV로 증착하여 5,000배율로 표면 구조를 관찰하였다.

결과 및 고찰

1. 겔강도 (gel strength)의 변화

건조 방법에 따른 분말 한천의 겔강도를 Fig. 1에 나타내었다. 열풍 건조 한천의 경우는 80°C부터 겔강도가 증가하여 115°C에서 1,070.00 g/cm²로 최대값을 나타내었고, 그 이상의 온도에서는 일정하게 유지되었다. 분무 건조 한천은 열풍 건조 한천보다 저온인 55°C부터 겔강도가 증가하여 85°C에서 820.59 g/cm²로 겔강도의 최대값을 나타낸 후에는 일정한 값을 유지하였다. 그리고 압출 성형 건조 한천은 35°C부터 겔강도가 증가하여 70°C에서 501.78 g/cm²로 최대값을 나타낸 후에 일정하게 유지되었다. 건조 방법을 달리 하여 조제한 한천의 겔강도 증가 시작 온도는 압출 성형 건조, 분무 건조 그리고 열풍 건조 한천의 순으로 낮게 나타났다. 또, 겔강도가 최대값을 나타내는 온도와 그 값은 열풍 건조 한천에서 115°C와 1,070.00 g/cm², 분무 건조 한천에서 90°C와 850.00 g/cm² 그리고 압출 성형 건조 한천에서 80°C와 523.28 g/cm²였다. 가열중에 겔강도의 증가는 한천 제조시의 건조 방법에 따라서 다른 양상을 나타내었다. 즉, 열풍 건조 한천, 분무 건조 한천, 압출 성형 건조 한천의 순으로 겔강도값이 높게 나타났으며 또 겔강도가 최대로 되는 온도도 높았다.

이와 같이, 압출 성형 건조와 분무 건조 한천이 열풍 건조 한천보다 겔강도의 증가 온도가 낮고 그 최대값이 낮은 것은, 압출 성형 건조 및 분무 건조시에 순간적인 수분 증발과 고온, 고압에 의한 분자 구조의 파괴와 결합력의 약화 그리고 저분자화되므로 물성적 특성이 변화하여 수분 흡수가 용이하게 되고 이로 인해 낮은 온도에서 용해하기 쉬운 구조로 전환되었기 때문인 것으로 생각된다 (Tayeb et al., 1989; Mercier and Fellet, 1975; Pappas et al., 1987).

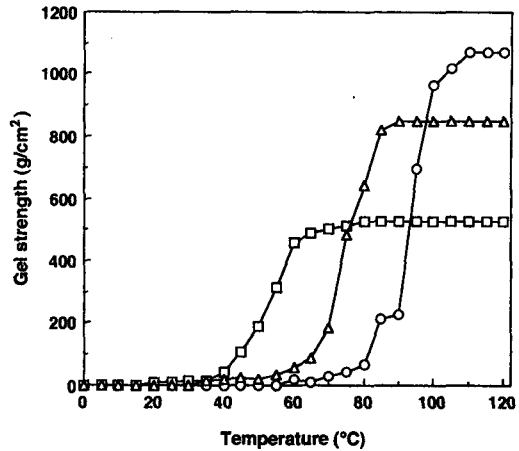


Fig. 1. Effect of drying methods on gel strength of 1.5% agar solution during heating.

○: Hot air drying
△: Spray drying
□: Extrusion drying

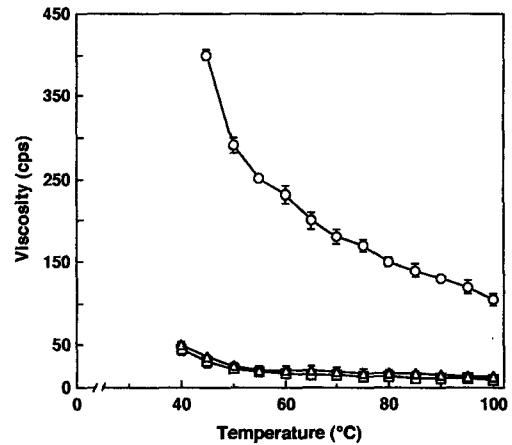


Fig. 2. Effect of drying methods on viscosity of 1.5% agar solution during cooling.

○: Hot air drying
△: Spray drying
□: Extrusion drying

2. 점도 (viscosity)의 변화

건조 방법에 따른 한천의 점도 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 열풍 건조 한천의 경우, 100°C에서 점도가 105.14 cps의 값이었으나 온도가 저하할수록 점도는 상승하여 75°C에서 170.50 cps였고 45°C에서 400.00 cps로 상승한 다음 이 온도 이하에서는 겔화하였다. 한편, 분무 건조 및 압출 성형 건조 한천은 열풍 건조 한천과는 달리 100°C에서도 낮은 점도를 나타내었으며 온

Table 1. Effect of drying methods in melting and setting point of agar solution

Drying method	Melting point(°C)	Setting point(°C)
Hot air.	110.17 ± 2.14	40.53 ± 1.22
Spray	90.05 ± 3.05	39.54 ± 1.09
Extrusion	80.01 ± 1.47	36.05 ± 1.03

도가 저하해도 점도의 상승은 거의 관찰되지 않았고, 50°C 이하의 저온에서 약간 상승하였으며 40°C 이하에서는 겔화하였다.

3. 용융점 (melting point) 및 응고점 (setting point)의 변화

건조 방법을 달리한 한천의 용융점 및 응고점을 측정 한 결과를 Table 1에 나타내었다. 용융점은 열풍 건조 한천이 110.17°C, 분무 건조 한천이 90.05°C, 그리고 압출 성형 건조 한천이 80.01°C로, 압출 성형 건조 한천이 가장 낮았다. 한편, 응고점도 열풍 건조 한천이 40.52°C, 분무 건조 한천이 39.54°C 그리고 압출 성형 건조 한천이 36.05°C로 압출 성형 건조 한천이 가장 낮았다. 이와 같이 압출 성형 건조 한천에서 용융점 및 응고점이 낮은 결과는 고온, 고압에서의 순간적인 압력 저하로 인하여 팽화율이 증가되어 압출 성형물의 결합 구조가 파괴되고 저분자화되기 때문에 sol과 gel의 전환에 필요한 에너지가 감소하므로 용융점 및 응고점이 저하한다는 보고 (Mercier and Feillet, 1975; Gomez and Aguilera, 1984; Faubion and Hosoney, 1982)와 일치하였다. 그리고, 분무 건조 한천도 고온하에서 건조되기 때문에 용융점 및 응고점이 열풍 건조 한천보다 낮은 것으로 생각된다.

4. 겔화 상전이의 변화

건조 방법을 달리한 한천의 상변화에 의한 열전이 (thermal transition)를 측정하기 위하여 한천과 증류수를 중량비로 1 : 15로 하여 제조한 현탁액을 시차주사 열량 분석기를 사용하여 5°C/min의 승온 속도로 30°C에서 150°C까지 가열하여 얻은 흡열 곡선을 Fig. 3에 나타내었다. 열풍 건조 한천에서는 81.2°C, 분무 건조 한천에서는 60.1°C, 그리고 압출 성형 건조 한천에서는 41.3°C에서 각각 3.12 mW, 5.67 mW 및 10.07 mW로 흡열이 개시되었으며, 흡열 개시점의 온도는 열풍 건조 한천, 분무 건조 한천 그리고 압출 성형 건조 한천의

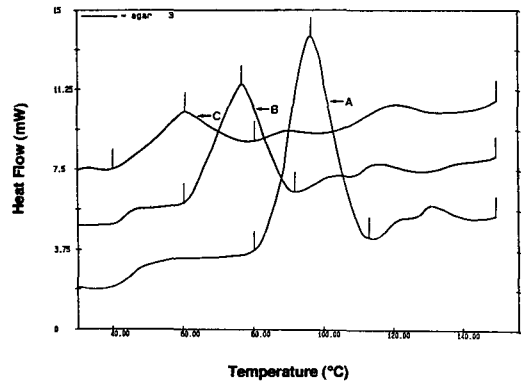


Fig. 3. DSC thermograms of agar suspension showing effect of drying method.

- A: Hot air drying**
- B: Spray drying**
- C: Extrusion drying**

순으로 높았다. 최대 흡열을 나타내는 온도와 흡열값은 열풍 건조 한천에서 각각 95.5°C와 13.13 mW, 분무 건조 한천에서 76.4°C와 11.26 mW, 그리고 압출 성형 건조 한천에서는 61.7°C와 10.07 mW로, 최대 흡열점의 온도와 그 온도에서의 흡열값은 압출 성형 건조 한천에서 가장 낮았다. 또한, 흡열이 완료되는 온도와 흡열값은 열풍 건조 한천에서 112.1°C와 3.89 mW, 분무 건조 한천에서 89.5°C와 5.75 mW, 그리고 압출 성형 건조 한천에서 80.5°C와 8.44 mW로, 흡열 완료점의 온도는 압출 성형 건조 한천에서 가장 낮았으나 흡열값은 열풍 건조 한천에서 가장 높았다. Table 2에 시차주사 열량 분석기를 이용하여 열풍 건조, 분무 건조 및 압출 성형 건조 한천의 흡열 개시 온도 (To), 최대 흡열점의 온도 (Tp), 흡열 완료 온도 (Tc) 및 그 흡열 peak 면적으로 부터 구한 엔탈피 (ΔH)값을 나타내었다. 엔탈피값도 열풍 건조 한천에서 3.22 cal/g, 분무 건조 한천에서 1.53 cal/g 그리고 압출 성형 건조 한천에서 0.73 cal/g의 순으로, 압출 성형 건조 한천에서 가장 낮았다.

상기의 시차 주사 열량 분석기로 150°C까지 가온

Table 2. Effect of drying methods on thermal properties of agar suspension (heating rate=5°C/min)

Drying method	To ¹ (°C)	Tp ² (°C)	Tc ³ (°C)	ΔH ⁴ (cal/g)
Hot air	81.20	95.51	112.14	3.22
Spray	60.11	76.45	89.54	1.53
Extrusion	41.30	61.72	80.50	0.73

¹ Onset temperature

² Peak temperature

³ Conclusion temperature

⁴ Enthalpy

한 열풍 건조 한천, 분무 건조 한천 및 압출 성형 건조 한천의 시료가 담겨 있는 stainless steel sample pan을 25°C 냉장고에 24시간 방치하여 한천액을 응고시킨 후에, 재가열이 흡열 반응에 미치는 영향을 검토하기 위하여 동일 조건의 질소 기류하에서 5°C/min의 승온 속도로 30°C부터 150°C까지 재가열한 흡열 곡선을 Fig. 4에 나타내었다. 흡열개시점의 온도는 열풍 건조 한천에서 79.82°C, 분무 건조 한천에서 78.71°C 그리고 압출 성형 건조 한천에서 79.65°C로 거의 동일하였으며, 최대 흡열점의 온도와 흡열값도 열풍 건조 한천에서 93.07°C와 14.21 mW, 분무 건조 한천에서 93.71°C와 14.53 mW, 그리고 압출 성형 건조 한천에서 98.26°C와 14.60 mW로 시료에 따른 큰 차이를 나타내지 않았다. 또, 흡열 완료점의 온도와 흡열값은 열풍 건조 한천에서 113.23°C와 3.76 mW, 분무 건조 한천에서 111.61°C와 6.56 mW 그리고 압출 성형 건조 한천에서 115.19°C와 4.44 mW였다. 건조 방법에 따른 엔탈피값도 열풍 건조 한천에서 3.17 cal/g, 분무 건조 한천에서 3.18 cal/g 그리고 압출 성형 건조 한천에서 3.16 cal/g으로 거의 동일하였다.

이상과 같이, 시차 주사 열량 분석기를 이용하여 열풍 건조 한천, 분무 건조 한천 및 압출 성형 건조 한천의 흡열 개시 온도(T_o), 최대 흡열점의 온도(T_p), 흡열 완료 온도(T_c) 및 엔탈피(ΔH)의 변화를 측정된 결과, 이들 값이 압출 성형 건조 한천에서 가장 낮았는데, 그 이유는 압출 성형시의 고온, 고압에 의한 분자 구조의 파괴와 결합력의 약화 및 저분자화 되므로서 물성적 특성이 변화하여 수분 흡수가 용이하게 되고 낮은 온도에서도 용해하기 쉬운 구조로 전환된다는 보고(Tayeb et al., 1989; Mercier and Feillet, 1875)와 같이, 낮은 온도에서도 쉽게 상의 전이가 일어났기 때문으로 생각된다.

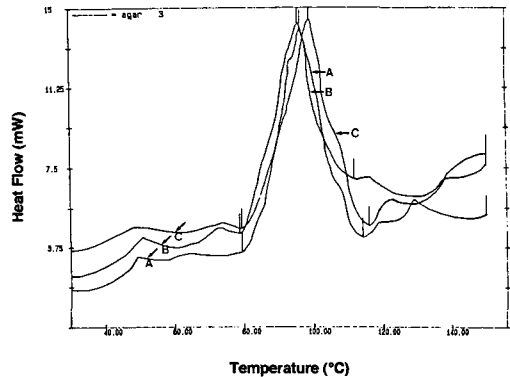


Fig. 4. DSC thermograms of reheated agar gel showing effect of drying method.

**A: Hot air drying
B: Spray drying
C: Extrusion drying**

흡열 곡선에서의 개시 온도(T_o)와 완료 온도(T_c)는 상전이의 최초와 최종 온도를 나타낸다는 보고(Donovan, 1977)와 같이 개시 온도에서 한천의 상전이가 시작되어 용해(sol화)되기 시작하여 완료 온도에서 완전히 상전이가 완료되어 완전 용해 상태(sol상)가 된다고 생각되며, 이 온도점이 용융점과 일치하는 경향을 보였다. 또 압출 성형 건조 한천에서 흡열 반응에 의한 엔탈피가 가장 낮게 나타나는 결과는 Peak 면적으로 부터 구한 엔탈피는 상전이에 필요한 흡열 에너지로서 엔탈피가 클 수록 상전이가 일어나기 어렵다는 Donovan(1977)의 보고로 부터 압출 성형 건조시는 상전이가 용이하기 때문에 낮은 값을 나타내었다고 생각된다.

시차 열량 분석기로 가열한 sample pan을 냉각하여 한천을 응고시킨 후에 동일 조건으로 재가열했을 때의 흡열 곡선은 열풍 건조 한천, 분무 건조 한천 및 압출 성형 건조 한천 모두 흡열 개시 온도, 최대 온도,

완료 온도 및 엔탈피가 거의 비슷하였는데, 이러한 결과는 냉각에 의한 겔의 응고시에 가교 결합이 형성되어 정상적인 분자 구조가 형성되고 agarose와 agaropectin의 결합력이 강화되어 고유의 한천의 용융점으로 전환되었기 때문이라 생각된다. 그리고 압출 성형과 분무 건조에 의한 한천의 물리 화학적 및 물성적 특성 변화로 인한 용융점의 저하는 가역적인 반응을 알 수 있었다.

5. 주사 전자 현미경 (SEM)에 의한 표면 구조의 변화

열풍 건조 한천, 분무 건조 한천 및 압출 성형 건조 한천을 100 mesh로 체통하여 통과한 분말 한천을 주사 전자 현미경으로 5,000배율로 표면 구조를 관찰한 결과를 Fig. 5에 나타내었다. 열풍 건조 한천은 아주 단단하고 완벽한 구조로 물리적인 손상이 없고 균열이나 미세 기공 및 굴곡과 요철의 형성이 관찰되지 않는 대단히 안정한 표면 구조를 형성하고 있었다. 그러나, 분무 건조 한천은 열풍 건조 한천과는 다르게 많은 미세 입자들이 느슨하게 붙어 있는 구조를 형성하고 있었으며, 입자들의 결합이 느슨하고 외부의 물리적인 힘에 의해 부서지기 쉬운 다공질 구조로 외부에 노출되는 표면적이 넓어서 수분 흡수가 용이하고 열에 불안정한 구조를 형성하고 있었다. 그리고, 압출 성형 건조 한천은 열풍 건조 한천의 구조와 유사하나, 입자 자체에 균열이 형성되어 있었고 입자 구조의 결합도 약하게 보였으며, 균열로 인해 입자의 표면적이 증가되어 균열 사이로 수분의 침투가 용이하고 열에 의해 용해되기 쉬운 불안정한 상태를 유지하고 있었다.

이상의 표면 구조의 관찰은 시차주사 열량분석기로 측정한 용융점과 깊은 상관을 나타내었다. 즉, 열풍 건조 한천은 아주 단단하고 완전한 구조로 표면적이 작으며 입자간의 내부 결합력이 강한 구조를 형성하고 있었으므로 수분의 흡수 및 열에 용해되기 어려우므로 용융점이 높고, 반면에 분무 건조 한천과 압출 성형 건조 한천은 미세 입자들이 다량으로 느슨하게 붙어 있는 구조를 형성하고 있어서 외부의 물리적인 힘에 의해 부서지기 쉬운 다공질 구조로 외부에 노출되는 표면적이 넓고, 균열, 굴곡 및 요철이 심하여 불안정한 구조를 형성하여 용해되기 쉬운 입자 구조로

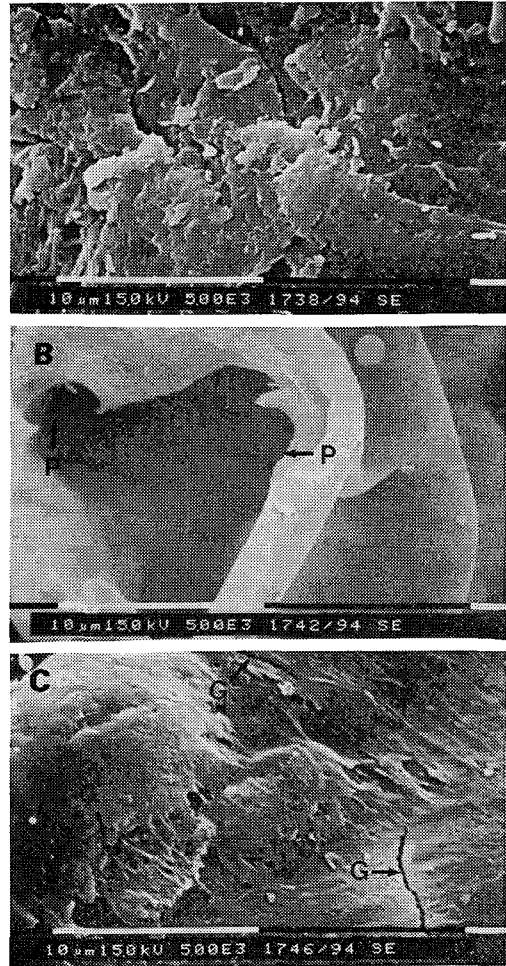


Fig. 5. SEM micrographs of agar powder produced by various drying method (5,000X).
A: Hot air drying
B: Spray drying
C: Extrusion drying
P: Pore
G: Gap

되어 있었으므로, 용융점이 낮은 것으로 해석된다.

Mercier and Feillet (1975)과 Gomez and Aguilera (1984)는 압출 성형물의 전자 현미경에 의한 표면 구조를 관찰해 보면 구조 자체는 단단하지만 균열 및 굴곡이 심하게 되며, 균열 및 굴곡으로 인하여 수분의 침투가 용이하여 용해성이 증가한다고 하였으며, 본 실험에서 행한 압출 성형 건조 한천의 표면 구조도 이와 유사하게 나타났었다.

요 약

생리적 기능을 가지며 식품뿐만 아니라 광범위한 분야에서 이용되고 있는 한천을 시료로, 용융점을 인위적으로 낮추어 상변화에 필요한 열전이를 감소시킴으로서 이용을 간편화하기 위하여, 분무 건조 (spray dry) 및 압출 성형 (extrusion)과 같은 건조 방법이 한천의 물리 화학적 변화에 미치는 영향에 대하여 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

압출성형 건조한천이 다른 건조 방법의 한천보다 겔 강도가 낮았고, 점도는 열풍건조 한천이 45°C에서 400,000 ps로 가장 높았으며 다른 건조방법의 한천은 변화가 거의 없었다. 용융점과 응고점 그리고 흡열 최대 온도 및 엔탈피는 압출성형 건조 한천이 다른 건조방법의 한천보다 낮았으며, 그 값은 각각 80.01°C, 36.05°C, 61.72°C 그리고 0.73 cal/g이었다. 그러나, 겔화 후에 재가열한 경우는 건조방법에 따른 이들 값의 차이는 없었다. 주사 전자현미경 (SEM)으로 한천의 표면 구조를 관찰한 결과는 압출 성형 건조 한천이 수분침투가 용이한, 가장 불안정한 구조를 하고 있었다.

이상의 결과로 부터, 한천을 완전히 용해한 졸 상태에서 분무 건조나 압출 성형 건조로 수분을 급속히 제거하여 건조시키면, 한천 본래의 물리 화학적 및 물성적 특성이 변화하여 용해되기 쉬운 상태로 전환되며, 이 특성을 이용하면 식품의 특성에 적합한 물성을 갖는 한천의 제조가 가능하리라고 생각된다.

참 고 문 헌

Arnott, S. 1974. The agarose double helix and its function in agarose gel structure. *J. Mol. Biol.*, 90, 269~284.
 Biliaderis, C. G., T. J. Maurice and J. R. Vose. 1980. Starch gelatinization phenomena studied by differential scanning calorimetry. *J. Food Sci.*, 45, 1669~1703.
 Donovan, J. W., K. Lorenz and K. Kulp. 1983. Differential scanning calorimetry of heat-moisture treated wheat and potato starch. *Cereal Chem.*, 60, 381~392.

Donovan, J. W. 1977. A study of the baking process by differential scanning calorimetry. *J. Sci. Food Agric.*, 28, 571~578.
 Duckworth, M. and W. Yaphe. 1971. The structure agar. Part 1. The fractionation of a complex mixture of polysaccharides. *Carbohydr. Res.*, 16, 189~197.
 Faubion, J. M., and R. C. Hoskeney. 1982. High-temperatures short-time extrusion cooking of wheat starch and flour. 1. Effect of moisture and flour type on extrudate properties. *Cereal Chem.*, 59, 529~533.
 Gomez, M. H. and J. M. Aguilera. 1984. A physico-chemical model for extrusion of corn starch. *J. Food Sci.*, 49, 40~45.
 Matsuhashi, T. 1977. Acid pretreatment of agarophytes provides improvement in agar extraction. *J. Food Sci.*, 42, 1396~1400.
 Mercier, C. and P. Feillet. 1975. Modification of carbohydrate components by extrusion-cooking of cereal products. *Cereal Chem.*, 52, 283~297.
 Nilson S. and L. Piculell. 1989. Helix-coil transitions of ionic polysaccharides analyzed within the Poisson-Boltzmann cell model. 2. Effects salt concentration on the thermal transition. *Macromolecules*, 22, 3011~3023.
 Pappas, G., V. N. M. Rao and C. J. B. Smit. 1987. Development and characteristics of modified agar gel. *J. Food Sci.*, 52, 467~471.
 Patil, N. B. and N. R. Kale. 1973. A simple procedure for the preparation of agarose for gel electrophoresis. *Indian J. Biochem. Biophys.*, 10, 160~163.
 Piculell, L., S. Nilson and P. Muhrbeck. 1992. Effects of small amounts of kappa-carrageenan on the rheology of aqueous iota-carrageenan. *Carbohydr. Polym.*, 18, 199~205.
 Piculell, L., S. Nilson, C. Viebke and W. Zhang. 1994. Gelation of (some) seaweed polysaccharides (In food hydrocolloids: structure, properties, and functions, edited by K. Nishinari and E.

- Doi). Plenum press, New York, 35~44.
- Picullell, L. and R. Rymden. 1989. The helix coil transition of an ionic polysaccharide probed by counterion self-diffusion measurements. *Macromolecules*, 22, 2376~2383.
- Rochas, C., M. Rinaudo and S. Landry. 1990. Role of the molecular weight on the mechanical properties of kappa- carrageenan gels. *Carbohydr. Polym.*, 12, 225~231.
- Rochas, C., M. Rinaudo and S. Landry. 1989. Relation between the molecular structure and mechanical properties of carrageenan gels. *Carbohydr. Polym.*, 10, 115~118.
- Tayeb, J., B. Vergnes and G. Dellavalle. 1989. A basic model for a twin screw extruder. *J. Food Sci.*, 54, 203~241.
- Zhang, W., L. Picullell and S. Nilsson. 1992. Effects of specific anion binding on the helix-coil transition of lower charged carrageenans. *Macromolecules*, 25, 6165~6173.
- 林金雄 · 岡崎彰夫. 1970. 寒天 handbook. 光琳書院, pp.227~292.

1996년 7월 1일 접수

1996년 9월 3일 수리