

압출성형 공정변수가 고아밀로스 옥수수전분 압출성형 매트릭스 내의 소금 용출에 미치는 영향

김두상 · P.K.W. Ng* · 류기형

공주대학교 식품공학과, *미시간주립대학교 식품영양학과

Effect of Extrusion Conditions on Release of NaCl in High-amylose Cornstarch Extrudates

Doo Sang Kim, P.K.W. Ng* and Gi Hyung Ryu

Department of Food Science and Technology, Kongju National University

*Department of Food Science and Human Nutrition, Michigan State University

Abstract

One challenge in the food extrusion industry is control of the release of certain extrudate components in the mouth when the extrudate products are consumed. The aim of this study was to develop a model system to study the diffusivity coefficient(DC) of NaCl high-amylose cornstarch extruded pellets(EP) under various process conditions. A twin-screw extruder was used to prepare EP containing NaCl. Extrusion process variables were die temperature(80, 100 and 120°C) and moisture content(28%). Post extrusion process variables were aging temperature(2, 20, 40°C) for 1 day, and final drying method(oven drying at 70°C and freeze drying). The DC for NaCl leaching out of an extrudate was measured from a mass transfer model developed from Crank's diffusion law. Moisture content and die temperature affected significantly both the DC of NaCl and the water solubility of EP. Post-extrusion process variables significantly affected the DC and the water solubility of EP. The DC of NaCl from high-amylose cornstarch EP was low. It appears that the DC of NaCl from EP can be controlled by manipulating both the extrusion conditions and type of raw materials used.

Key words: release, diffusivity, extruded pellets, aging temperature, drying method

서 론

식품산업에서 마이크로캡슐화 기술을 통해 맛 성분(향미유, 향신료, 양념), 감미료, 색소, 영양성분(비타민, 아미노산, 미네랄), 정유류, 산류, 소금, 향산화제, 항 미생물성분, 보존제와 같은 식품성분의 용출을 제어하는 기술이 식품산업에 응용되고 있다. 식품에서 용출 제어의 이점은 활성이 강한 성분의 용출 시간을 제어하여 용출하는 시간을 연장할 수 있고, 조리나 공정 중 비타민, 무기성분과 같은 성분

들의 파괴나 유실을 피하거나 줄일 수 있다. 또한 반응성이 강한 독립성분들을 분리할 수 있다.

마이크로캡슐의 종류를 보면 영양성분을 둘러싼 구형, 입방체, 긴 조각형태, 액상형태, 다중 코팅, 고체의 펠릿 형태 등 여러 종류가 있으며, 마이크로캡슐화의 기술은 분무 건조, 코팅, 압출성형, 리포솜(liposome)의 이용, 친수성 콜로이드를 이용하는 방법, 동결건조 등의 방법이 있다(Pothakamury와 Barbosa-canovas, 1995). 이러한 방법들 중 분무건조가 일반적으로 사용되며, 보통 가용성인 물질의 캡슐화는 가용성 중합체를 이용하여 매트릭스를 형성시켜 마이크로캡슐화 한다. 그 이유는 대부분의 식품소재는 수용성을 가지고 성형이 쉬운뿐만 아니라 다공성을 가지므로 마이크로캡슐화의 코팅제로 적절하기 때문이다. 마이크로캡슐화와 함께 식품성분

Corresponding author: Gi Hyung Ryu, Professor, Department of Food Science and Technology, Kongju National University, Yesan, Choongnam 340-802, Republic of Korea.
Phone: +82-41-330-1484, Fax: +82-41-334-5944
E-mail: ghryu@kongju.ac.kr

들의 용출 제어를 위한 다른 방법들은 분자 봉입법 (molecular inclusion), 흡수법(absorption) 결정화와 가교결합에 의한 방법이 있다(Lemarerts *et al.*, 1998).

식품소재로 널리 이용되고 있는 캡슐화의 매트릭스 소재로는 중합체인 전분을 많이 사용하며 전분은 화학적, 생화학적 반응이나 발효에 의해 쉽게 물질의 변환이 가능하므로 이용가치가 크다. 또한 전분은 여러 가지 식품, 기호품의 제조, 가공이나 조리 등에 널리 이용되고 있으며 식품분야에서 전분을 팽윤, 호화, 겔화, 노화 또는 팽화시켜 식품의 식미나 기호성의 향상과 점도나 조직감이 우수한 제품이 되도록 한다(석호분, 1997).

최근 영양과잉과 비만이 세계적인 병리현상으로 나타남에 따라 난소화성 저 열량 전분 소재의 개발이 관심을 끌고 있다. 난소화성 전분의 제조시 생성되는 가교결합 매트릭스 내에 영양성분을 가두는 전분중합체 펠릿 형태의 캡슐을 만들 수 있는 방법으로 압출성형을 들 수 있는데, 압출성형 공정변수의 제어와 아밀로스 함량이 높은 고아밀로스 전분을 이용하여 난소화성 전분(resistant starch)을 제조하는 연구가 행하여 졌으며, 고아밀로스 전분을 비교적 높은 수분함량(45%)과 낮은 바렐 온도(100°C)에서 압출성형시킴으로서 기존의 방법보다 효과적으로 난 소화성 전분을 생산할 수 있었다(김지용과 이철호, 1998a). 이러한 난소화성 전분은 다이어트용 저 열량 식품제조에 식이섬유와 유사한 용도로 사용되는 것 이외에 인슐린(insulin) 요구량 감소, 혈압강하 효과 등 생리활성기능이 보고 되었다(김지용과 이철호, 1998b; Ranhotra *et al.*, 1997).

압출성형은 수분함량, 바렐 온도, 스크류 회전속도와 같은 압출성형 공정변수의 조절로 전분의 수화, 팽윤, 호화, 무정형화 및 텍스처링화, 단백질의 변성, 분자간 결합 및 조직화, 효소의 불활성화, 미생물의 사멸 및 살균, 독물질의 파괴, 냄새의 제거, 조직 팽창 및 밀도조절, 갈색화 반응 등이 일어나며, 단시간에 이러한 반응을 일으킬 수 있는 장점을 가지고 있다(이철호 등, 1987; 정문영과 이승주, 1997a, 1997b).

최근에 압출성형 매트릭스를 비롯한 생물고분자 중합체 내부에서 영양소와 지표물질에 관한 용출지각에 관한 연구가 진행되었다(Brannon-Peppas *et al.*, 1996; Brannon-Peppas와 Peppas, 1996; Brannon-Peppas *et al.*, 2000). 활성물질의 용출은 중합체의 확산(계

의 매개체)에 의하여 일어나거나 중합체 내의 기공의 유무에 의해서 일어나고, 막의 두께, 막의 투과성과 같은 매트릭스의 특성과 확산계수에 따라 달라진다. 또한 캡슐 외부에 압력이 작용할 때 활성 물질은 미세한 캡슐의 막을 통하여 용출된다.

용해물질과 접촉에 의한 팽윤(swelling)에 의해서 식품 밖으로 용출되며, 높은 삼투압에 의해 마이크로캡슐로부터 용출된다. 활성 물질(효소)은 특정한 pH에 의해 용출되고, 온도의 변화에 의해 용출이 일어난다. 용융(melting)에 의해 식품 중에 코팅된 지방질이나 왁스(wax)성분은 가열과 활성 물질에 의해서 용출되며, 여러 가지 다른 메커니즘과 복합적인 작용에 의해서도 용출된다.

전분을 압출성형하여 매트릭스를 형성시켜 식품성분을 마이크로캡슐화 하는 연구는 진행되어 있지만 매트릭스 내부의 식품성분이나 기능성 물질의 용출에 관한 실험은 진행되지 않았다.

그러므로 본 연구에서는 압출성형 공정변수(바렐 온도와 수분함량)와 압출후 공정변수(수분 조절온도, 건조방법)를 달리하여 압출성형 고아밀로스 매트릭스를 제조하여, 압출성형 매트릭스 내에 있는 지표물질인 소금의 용출패턴과 물질 확산계수를 구하여 압출성형공정의 마이크로캡슐화에 응용하기 위한 용출제어에 관한 기초실험을 수행하였다.

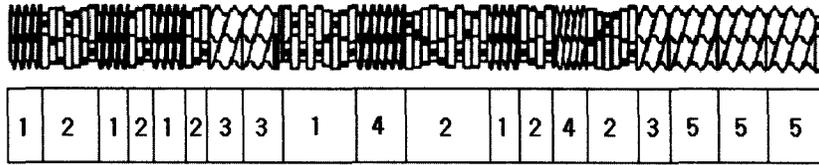
재료 및 방법

재 료

압출성형 매트릭스 제조에 사용된 원료는 고아밀로스전분(HYLON®VII, National Starch and Chemical Co., USA)를 이용하였다. 아밀로스 함량은 평균 72%, 수분함량은 약 13%, pH(20% 현탁액)는 4.3이었다.

압출성형

소금첨가 매트릭스 시료의 제조는 쌍축 동방향 압출성형기(MP19TC APV Co., UK)를 사용하였으며, 압출성형기의 스크류 직경은 19 mm, 길이와 직경비율(L/D ratio)은 25:1, 사출구 직경은 2.2 mm였으며 스크류 배열은 Fig. 1과 같다. 압출성형 공정변수 바렐온도는 40/60/80/80/80°C, 50/70/100/100/100°C, 50/70/120/120/120°C(바렐부위 1/2/3/4/5) 순으로 조절하였고, 스크류 회전속도는 200rpm, 원료 사입량은 28 g/min으로 고정하였다.



- 1. 19mm lead feedscrew L=1.0D
- 2. 4.75mm paddle
- 3. 19mm feedscrew L=1.0D
- 4. 28.5mm lead feedscrew L=1.5D
- 5. 28.5mm feedscrew L=1.5D

Fig. 1. Screw configuration of model(MP19TC).

소금의 첨가는 18%의 소금 용액을 수분 주입량에 맞추어 첨가하였다. 압출성형물은 건조온도 2, 20, 40°C에서 1일간 수분조절을 한 다음 70°C 열풍 건조 또는 동결건조를 하였으며, 수분함량 5% 이하로 건조된 압출성형물은 일정한 크기(1 cm)의 펠릿으로 절단하여 시료로 사용하였다.

소금 정량

소금첨가 압출성형매트릭스 펠릿(각각 원통형의 펠릿은 길이가 동일하게 1 cm로 절단) 2.5 g과 증류수 50 mL을 교반기를 이용하여 각각의 용출시간(2, 10, 20, 30, 60, 120 min)에 따라 상등액을 취하여, 2500 rpm에서 10분간 원심분리하고 부유물을 제거한 후 Mohr 적정법(AOAC method, 1990)에 따라 식(1)에 대입하여 소금의 함량을 측정하였다.

$$NaCl(\%) = V \times F \times 0.00585 \times D \times \left(\frac{1}{S}\right) \times 100 \quad (1)$$

- V : volume of 0.1N-AgNO₃(mL)
- F : titrant of 0.1N-AgNO₃ solution
- D : dilution multiplication factor
- S : mass of sample
- 0.00585 : salt content equilibrium with 0.1N-AgNO₃ solution 1mL

소금용출속도상수

압출성형매트릭스 펠릿 내부의 소금의 용출속도 상수(k, release rate constant)는 시간에 따른 소금용출량 중 120분 동안 용출된 소금함량(60~120분까지의 구간에서 소금의 용출농도는 평형에 도달하였음)을 M_∞라 정하고 2분에서 60분까지의 소금용출량을 M_t로 하였다. 용출시간에 따른 압출성형 매트릭스 소금의 용출량(ln(1-M_t/M_∞))과 1차 회귀식의 기울기

로부터 용출속도상수(k, release rate constant)를 계산하였다.

소금확산계수

압출성형매트릭스 펠릿 내부의 소금의 확산계수(D, diffusivity)는 Crank의 물질 전달식(Crank, 1975)에서 원통형 시료내부에서 외부 용매로의 물질 확산식(2)으로 구하였다. 시간에 따른 소금용출량 중 120분 동안 용출된 소금함량(60~120분까지의 구간에서 소금의 용출농도는 평형에 도달하였음)을 M_∞라 정하고 2분에서 60분까지의 소금용출량을 M_t로 하였다. q₁은 상수 값이며, 는 물의 부피를 시료의 부피로 나눈 값을 나타낸다. 또한 시간에 따른 확산계수는 용출시간(t)에 대한 ln(1-M_t/M_∞)의 1차 회귀 선형대수식(4)의 기울기(k)로부터 구하였다.

소금의 확산계수를 계산한 Crank 물질 전달식에서 소금첨가압출성형물 매트릭스 원통형 시료(반지름, r)의 물질전달을 보면,

$$\frac{M_t}{M_\infty} = 1 - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4\alpha(1+\alpha)}{4+4\alpha+\alpha^2 q_n^2} \exp(-Dq_n^2 t/r^2) \quad (2)$$

분획계수(K)를 추가하여 변형 하면,

$$\frac{M_t}{M_\infty} = \frac{aK}{aK+1} - \frac{aK}{aK+1} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4\alpha(1+\alpha)}{4+4\alpha+\alpha^2 q_n^2} \exp(-Dq_n^2 t/r^2) \quad (3)$$

식(2)로부터 확산계수를 구하기 위한 선형대수식은 식(4)와 같다.

$$\ln\left(1 - \left(\frac{M_t}{M_\infty}\right)\right) = \ln\left(\frac{4\alpha(1+\alpha)}{4+4\alpha+\alpha^2 q_n^2}\right) - \frac{Dq_n^2 t}{r^2} \quad (4)$$

M_t : amount of released NaCl in surrounding water at time

M_{∞} : amount of released NaCl in surrounding water at infinite time

α : volume ratio(= $v/\pi r^2 L$)

q_1 : 2.4048

D : diffusivity(cm^2/min)

K : partition coefficient

통계분석

소금첨가 고아밀로스전분 매트릭스 시료의 소금 확산계수는 SAS(Statistical Analysis System)통계프로그램(Elliott)을 이용하여 각각 일원배치분산분석(one-way ANOVA Test)을 하였으며 Duncan's Multiple Range Test로 각 시료의 평균을 다중 비교하였다.

결과 및 고찰

소금의 용출패턴

소금첨가 고아밀로스전분 매트릭스 시료의 압출 성형 공정변수(바렐온도)와 압출성형 후 공정변수(수분조절온도, 건조방법)에 따른 매트릭스 내부 소금의 용출패턴을 알아보기 용출시간에 따른 소금의 용출량을 측정하였다. 또한 압출성형 매트릭스의 용출시간에 따른 소금의 용출량($\ln(1-M_t/M_{\infty})$)의 1차 회귀식의 기울기로부터 계산된 용출속도상수(release rate constant)를 계산하여 소금확산계수(diffusivity)를 구하였다.

Fig. 2는 바렐 온도(80, 100, 120°C)와 수분조절온도(2, 20, 40°C) 및 건조방법(70°C 열풍건조, 동결건조)에 따른 고아밀로스 옥수수전분 압출성형 매트릭스 펠릿의 소금용출 패턴을 나타내었다. 지표 물

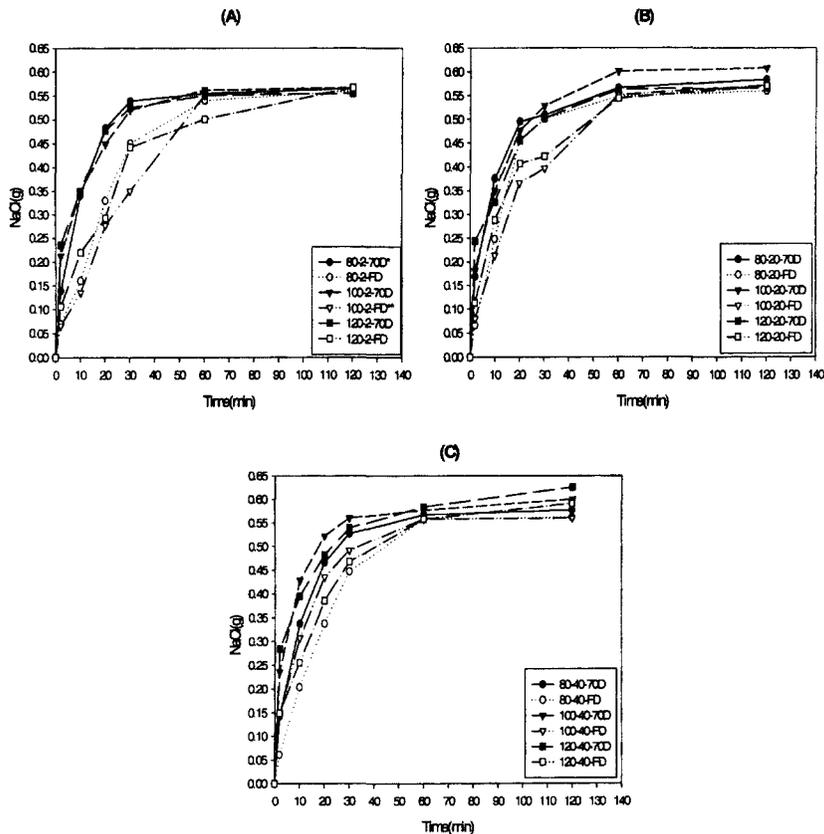


Fig. 2. Effect of barrel temperature and aging temperature on released NaCl content. (A) Aging at 2°C; (B) Aging at 20°C; (C) Aging at 40°C

*Barrel temperature at 80°C(●, ○), 100°C(▼, ▽) and 120°C(□, ■)

**Drying method; 70°C air forced drying(70D) and freeze drying(FD).

질인 소금의 용출이 30분까지 빠르게 일어난 후 60분 까지 낮은 용출량을 나타내었으며 용출시간 60~120분에서 평형 상태를 나타내는 경향을 보였다. 초기의 급속한 용출은 시료 표면에 포함되어있는 소금의 급속한 확산으로 판단되며 시간이 경과함에 따라 용출율이 감소하는 것은 압출성형 매트릭스 펠릿의 팽윤(swelling)과 수분흡착속도의 감소로 인한 압출성형 매트릭스 내부의 소금의 확산속도가 감소함에 따라 소금용출이 초기보다 감소하는 것으로 추정된다(Pothakamury와 Barbosa-Anovas, 1995).

고아밀로스 압출성형물 매트릭스의 소금용출량은 바렐온도와 수분조절온도의 증가와 함께 증가하는 경향을 보였으며 동결건조 시료는 70°C 열풍건조 시료보다 낮은 용출 패턴을 나타내었으나 용출시간 120분에서는 용출량의 유의적 차이를 나타내지 않았다. 동결건조 압출성형 매트릭스의 초기 용출율이 낮은 것은 수분조절(aging) 동안 전분분자의 재결정화와 함께 열풍건조보다 동결건조과정에서 내

부수분의 표면이동이 제한된 결과로 판단되었다. 전분용융물의 재결정은 유리전이 온도 이상과 용융온도 이하에서 일어나므로 수분함량에 따라 차이가 있지만 압출성형 전분의 유리전이온도와 용융온도는 각각 0°C 전후와 70~100°C이므로 압출성형 온도, 수분조절온도와 시간 및 저장성을 부여하기 위한 건조방법이 매트릭스 내부의 성분용출에 영향을 미칠 수 있다(김지용과 이철호, 1998a).

용출속도상수

소금첨가 고아밀로스전분 압출성형물 매트릭스 시료의 초기 용출시간(0~30분)에 따른 용출된 소금의 량($\ln(1-M_t/M_\infty)$)을 1차식으로 나타내고 그 기울기를 구하여 압출성형 공정변수와 압출 후 공정변수(수분조절과 건조방법)에 따른 용출속도상수(k)를 각각 구하였다.

Fig. 3, 4에서 소금첨가 고아밀로스전분 압출성형물 매트릭스의 시간에 따른 용출 속도상수는 바렐

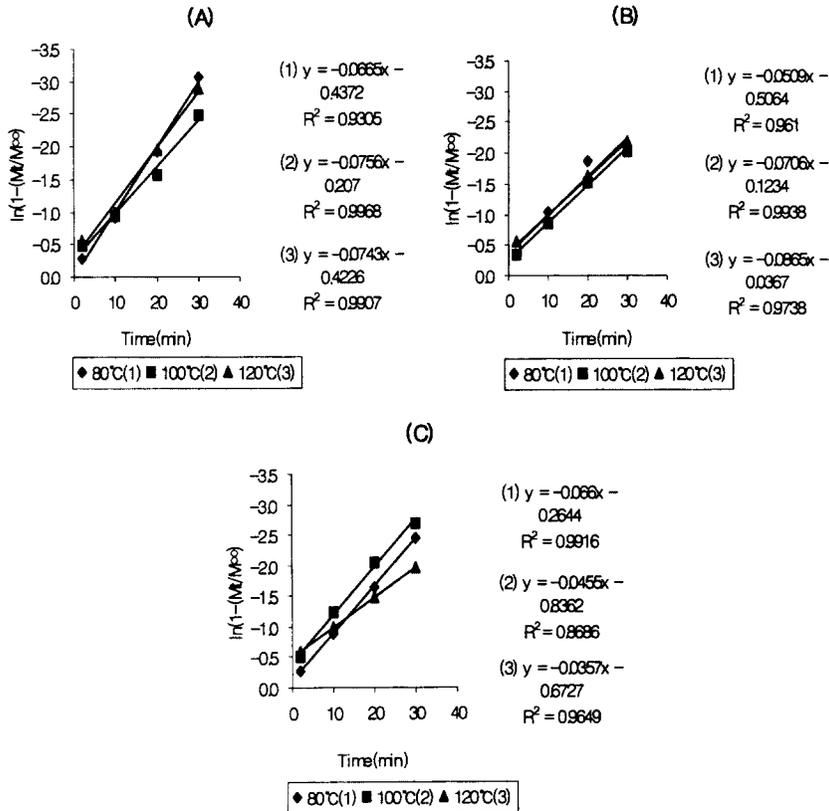


Fig. 3. Regression between released time and NaCl concentration of drying at 70°C. (A) Aging at 2°C; (B) Aging at 20°C; (C) Aging at 40°C.

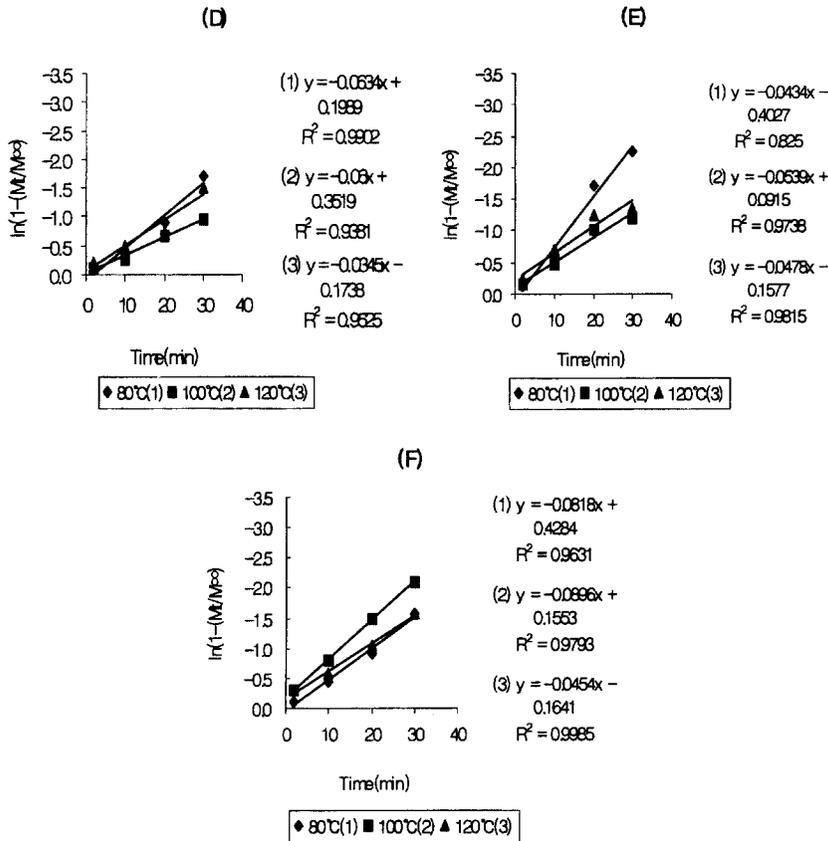


Fig. 4. Regression between released time and NaCl concentration of freeze drying. (D) Aging at 2°C; (E) Aging at 20°C; (F) Aging at 40°C

온도 100°C에서 수분조절온도 40°C와 동결건조시료가 가장 높은 값(0.08960 min⁻¹)을 보였으며 수분조절온도 20°C와 동결건조시료일 때 가장 낮은 값(0.05390 min⁻¹)을 나타내었다. 바렐온도 80°C에서 수분조절온도 40°C, 동결건조시료일 때 가장 높은 값(0.08180 min⁻¹)을 보였고 수분조절온도 20°C, 동결건조시료일 때 가장 낮은 값(0.04340 min⁻¹)을 나타내었다. 또한 바렐온도 120°C에서는 수분조절온도 20°C, 70°C건조조건에서 가장 높은 값(0.08650 min⁻¹)을 보였으며 수분조절온도 2°C, 동결건조시료일 때 가장 낮은 값(0.03450 min⁻¹)을 나타내었다.

70°C열풍건조와 동결건조시료의 용출속도상수를 비교하면 70°C열풍건조에서 바렐온도 120°C, 수분조절온도 20°C시료에서 가장 높은 값(0.08650 min⁻¹)과 바렐온도 120°C, 수분조절온도 40°C시료에서 가장 낮은 값(0.03570 min⁻¹)을 나타내었다. 동결건조시

료에서는 바렐온도 100°C, 수분조절온도 40°C일 때 가장 높은 값(0.08960 min⁻¹)을 보였으며 바렐온도 120°C, 수분조절온도 2°C일 때 가장 낮은 값(0.03450 min⁻¹)을 나타내었다. 수분조절온도 2°C에서는 바렐온도 100°C, 70°C건조시료일 때 가장 높은 값(0.07560 min⁻¹)과 바렐온도 120°C, 동결건조시료일 때 가장 낮은 값(0.03450 min⁻¹)을 나타내었다.

분산분석 결과 바렐온도 100°C에서 소금첨가 고아밀로스전분 압출성형물 매트릭스 시료의 용출속도상수 평균값은 0.06586 min⁻¹로 가장 높은 값을 나타내었고, 80°C일 때 0.06200 min⁻¹, 120°C일 때 0.05300 min⁻¹순으로 나타내었다. 수분조절온도 2°C에서는 용출속도상수의 평균값 0.06238 min⁻¹을 나타내고, 40°C일 때 0.06043 min⁻¹, 20°C일 때 0.05885 min⁻¹을 나타내었다. 또한 건조방법에 따라 70°C건조 시료는 0.63511 min⁻¹을 나타내었고, 동결건조일

때 0.57600 min⁻¹을 나타내었다.

소금 확산계수

소금첨가 압출성형물 매트릭스 펠렛 시료의 시간에 따른 소금용출량으로부터 용출속도상수(k)를 계산하여 Crank식 식(4)에 대입하여 계산한 소금의 확산계수를 Table 1에 나타내었다.

Table 1에서 소금첨가 고아밀로스전분 압출성형물 매트릭스 시료는 수분조절온도 20°C, 바렐온도가 120°C일 때 가장 높은 소금확산계수(568.758 × 10⁻⁶ cm²/min)를 나타내었으며, 수분조절온도 2°C, 바렐온도 80°C에서 동결건조한 시료는 가장 낮은 소금 확산계수(97.531 × 10⁻⁶ cm²/min)를 나타내었다. 바렐온도에 따른 영향을 보면 120°C일 때 높은 소금확산계수를 나타내며, 100°C, 80°C순으로 낮아지는 경향을 보였다. 건조방법에 따라서 70°C 열풍건조의 경우 동결건조에 비해 높은 확산계수를 나타내었다. 이는 수분조절 동안 전분분자의 재결정화와 함께 열풍건조보다 동결건조과정에서 내부수분의 표면이동이 제한된 결과로 판단되었다. 또한 본 실험에서 수분조절온도는 소금확산계수에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다(Table 2).

Table 1. Effect of extrusion conditions on diffusivity of NaC

Barrel temp (°C)	Aging temp (°C)	Drying temp (°C)	Diffusivity (cm ² /min)
80	2	70	149.442 × 10 ⁻⁶
100	2	70	161.068 × 10 ⁻⁶
120	2	70	488.540 × 10 ⁻⁶
80	20	70	116.632 × 10 ⁻⁶
100	20	70	150.416 × 10 ⁻⁶
120	20	70	568.758 × 10 ⁻⁶
80	40	70	148.319 × 10 ⁻⁶
100	40	70	167.247 × 10 ⁻⁶
120	40	70	234.736 × 10 ⁻⁶
80	2	FD*	142.476 × 10 ⁻⁶
100	2	FD	127.872 × 10 ⁻⁶
120	2	FD	226.846 × 10 ⁻⁶
80	20	FD	97.531 × 10 ⁻⁶
100	20	FD	114.836 × 10 ⁻⁶
120	20	FD	314.296 × 10 ⁻⁶
80	40	FD	183.815 × 10 ⁻⁶
100	40	FD	190.896 × 10 ⁻⁶
120	40	FD	298.516 × 10 ⁻⁶

*Freeze drying

Table 2. ANOVA test for extrusion conditions on diffusivity of NaCl

	Sum of square	Pr>f
X ₁	8.814E-08	0.0070
X ₂	8.053E-10	0.8267
X ₃	1.317E-08	0.1450
X ₁ × X ₂	8.678E-09	0.2382
X ₂ × X ₃	1.025E-08	0.1940
X ₁ × X ₃	1.068E-08	0.1852

X₁ : barrel temperature

X₂ : aging temperature

X₃ : drying method(70°C drying, freeze drying)

이는 낮은 압출성형온도 80°C와 동결건조한 매트릭스의 수용화분해가 지연되고 이에 따라 소금용출이 지연되는 것으로 판단되며, 바렐온도의 증가에 따른 확산 속도의 증가는 바렐 온도가 증가함에 따라 전분호화도의 증가와 함께 밀도가 감소하여 기공이 균일하게 분포되고 수분의 흡수속도가 빨라지므로 확산계수가 높아지는 것으로 판단된다.

통계분석

Table 2는 독립변수인 바렐온도(X₁), 수분조절온도(X₂), 건조방법(X₃)에 대한 종속변수인 확산계수의 분산분석결과이다. 소금첨가 고아밀로스전분 압출성형 매트릭스의 소금확산계수(D)에 영향을 가장 많이 미치는 인자는 바렐온도였으며, 120°C일 때 평균 소금확산계수는 355.500 × 10⁶ cm²/min, 100°C 일 때 152.000 × 10⁶ cm²/min, 80°C일 때 139.670 × 10⁶ cm²/min를 나타내었다. 건조방법에 따라 70°C 건조 시료는 242.780 × 10⁶ cm²/min를 동결건조시료는 188.670 × 10⁶ cm²/min를 나타내었다. 수분조절온도에 따라서 유의적인 차이를 나타내지 않았지만 20°C 수분조절온도 시료는 227.17 × 10⁶ cm²/min, 2°C 시료는 216.000 × 10⁶ cm²/min, 40°C시료는 204.000 × 10⁶ cm²/min으로 나타내었다. 결론적으로 소금첨가 고아밀로스전분 매트릭스 시료의 압출성형 공정변수는 바렐온도와 건조방법이 소금확산계수에 유의적으로 영향을 미쳤다.

요 약

압출성형 공정변수와 압출성형 후 공정변수의 조절에 따른 고아밀로스전분의 매트릭스에 영양성분을 캡슐화하는 연구를 위하여 바렐 온도(80, 100, 120

°C)와 수분조절온도(2, 20, 40°C), 건조방법(70°C열풍건조, 동결건조)등을 달리하고, 지시물질인 소금을 첨가하여 매트릭스 펠렛을 제조하였다. 제조한 소금첨가 압출성형 매트릭스의 시간(2, 10, 20, 30, 60, 120분)에 따른 용출 패턴으로부터 용출속도상수와 물질 확산계수(diffusivity)를 계산하였다.

고아밀로스전분 매트릭스 내부 소금의 용출은 대부분 30분 이내에 이루어졌으므로 30분동안 용출시간과 소금용출량의 회귀식으로부터 확산계수를 계산하였다. 확산계수는 바렐 온도 120°C에서 높은 값을 나타내었다. 이것은 압출물의 팽화에 의한 표면적증가로 인하여 확산계수가 증가하는 것으로 판단되었다. 또한 70°C건조 시료는 동결건조 시료에 비해 높은 확산계수를 나타내었다. 이는 동결건조로 인한 재결정화로 확산계수가 감소한 것으로 판단되었다.

위의 결과로 압출성형 공정변수와 공정 후 변수의 제어로 원료전분의 용융과 재결합에 의한 매트릭스 내부에 영양성분을 가두어 섭취 했을 때 전분 매트릭스 특성의 조절로 용출량을 제어할 수 있다는 결론을 얻었다.

문 헌

- 김지용, 이철호. 1998a. 고아밀로스 옥수수전분의 압출성형에 의한 난소화성화. 한국식품과학회지 **30**(5): 1128
- 김지용, 이철호. 1998b. 압출성형 고아밀로스 옥수수전분의 결정구조. 한국식품과학회지 **30**(5): 1024
- 석호문. 1997. 전분의 특성, 기능 및 식품조리, 가공에의 이용. 식품기술 **10**(4): 36-50
- 이철호, 김동철, 전제현, 김철진, 김종배, 김재두, 손중천. 1987. 식품 Extrusion 기술. 유림문화사, 서울
- 정문영, 이승주. 1997a. 압출성형 에너지가 녹말의 호화에 미치는 영향. 한국식품과학회지 **29**(1): 72
- 정문영, 이승주. 1997b. 식품 압출성형공정의 열 및 기계에너지 분석. 한국식품과학회지 **29**(1): 65
- Anseth, K.S., C.N. Bowman and L. Brannon-Peppas. 1996. Mechanical properties of hydrogels and their experimental determination. *Biomaterials* **17**(17)
- AOAC Method. 1990. Official Method Analysis, 15th Edition, AOAC Inc., Arlington, VA. **980**(28)
- Crank, J. 1975. The mathematics of diffusion. Oxford University Press. UK
- Kosmala, J.D., D.B. Henthorn and L. Brannon-Peppas. 2000. Preparation of interpenetrating networks of gelatin an dextran as degradable biomaterials. *Biomaterials* **21**: 2019-2023
- Lemarerts, V., I. Moussa, Y. Dumoulin, F. Mebsout, F. Chouinard, P. Szabo, M.A. Mateescu, L. Cartilier and R. Marchessault. 1998. Cross-linked high amylose starch for controlled release of drugs: Recent advances. *Journal of Controlled Release* **53**: 225-234
- Pothakamury, U.R. and C.V. Barbosa-Canovas. 1995. Fundamental aspects of controlled release in foods. *Trends in Food Science and Technology* **6**(12): 397-406
- Peppas, N.A. and L. Brannon-Peppas. 1996. Controlled release of fragrances from polymers I. Thermodynamic analysis. *Journal of Controlled Release* **40**: 245-250
- Ranhotra, G.S., J.A. Gelroth and S.D. Leinen. 1997. Hypolipidemic effect of resistant starch in hamsters is not dose dependent. *Nutrition Research* **17**(2): 317-323