

컵음료 자동판매기용 분말의 물성 분석

김영임 · 이승주 · 권영인* · 목철균** · 박종현**

동국대학교 식품공학과, *우석대학교 식품공학과, **경원대학교 식품생물공학과

Physical Analysis of Beverage Powder for Cup Drink Vending Machine

Yeung-Im Kim, Seung Ju Lee, Young An Kwon*, Chul Kyun Mok** and Jong Hyun Park**

Department of Food Science and Technology, Dongguk University

**Department of Food Science and Technology, Woosuk University*

***Department of Food Science and Bioengineering, Kyungwon University*

Abstract

Physical properties of cup drink powders for vending machine were analyzed to reflect a sanitary condition mainly due to their fouling in vending machine. Degree of absorbing moisture during steaming was different with the powder storage temperature and particle size. Dispersibility in water was different with variety of powder and particle size, in which a new experimental method was introduced with measuring a torque during mixing the powders in water by a viscometer. Fouling of powder solution was measured by flowing the powder solutions on different plastic films and then weighing the residuals on them. Moreover, interfacial properties (contact angle and surface tension) of the powder solutions against the plastic films were measured and converted to adhesion work.

Key words: beverage powder, vending machine, interfacial properties, fouling

서 론

날로 보급이 늘어나는 컵음료용 자동판매기는 그 운영에 있어서 음료 접촉 부위에 고형분의 잔류로 인한 위생문제가 파생될 수 있다(한국식품공업협회, 1998; 김제중 등, 1995). 자판기의 위생적인 관리가 절실한 현 시점에서 고형분의 잔류에 영향을 미칠 수 있는 분말 또는 그 용액의 물성에 관한 연구가 시급히 요구된다.

컵음료 자판기에 관한 연구는 자판기의 혼합, 세척 등의 장치 개선, 위생 실태 조사 등에 대하여 일부 이루어져 왔을 뿐, 음료 분말의 체계적인 물성 분석 및 그 개선을 위한 연구는 아직 미비한 수준에 머물러 있다(Kopers, 1968; Iwanami, 1984). 시중의 컵음료 자판기의 작동 과정을 보면 뜨거운 물이 공급되면서 발생한 수증기가 분말과 접촉하면서 분말 저장통 배출구 부분에 응결되어 부착된다. 부착된 분말은 시간이 경

과함에 따라 변질되어 음료의 품질을 저하시킨다. 물과 수화된 분말용액은 물에 대한 풀립성 및 자판기 내부의 용기 및 기타 흐름관 등의 재질에 따라 잔류되어 역시 품질 저하를 야기할 수 있다.

이상과 같은 자판기내 잔류는 분말 및 그 용액의 물성과 접촉하는 재질과의 계면성질과 연관될 수 있다(Facchini, 1990). 따라서 본 연구에서는 음료 분말을 수증기에 노출시켰을 때 흡수성과 분말이 물에 풀릴 때의 분산성, 그리고 분말용액과 접촉 가능한 플라스틱 재질에 따른 용액의 잔류성을 분석하여, 자판기의 위생성 개선에 활용할 수 있는 기초자료를 제공하였다.

재료 및 방법

재료

자판기용 음료분말로서 커피(맥스웰 하우스, 동서식품), 크림(프리마, 동서식품), 설탕(백설표, 제일제당), 율무(100%, 원식품), 코코아(100%, 미국산) 분말을 사용하였다. 또한 입자크기별 효과를 보기 위하여 체분리(sieving)하여 사용하였다.

Corresponding author: Seung Ju Lee, Department of Food Science and Technology, Dongguk University, Seoul 100-715, Korea

Table 1. Moisture absorption % in steaming of beverage powders with different particle size and storage temperature

Storage temp.	Coffee			Cream			Sugar			Job's-tears			Cocoa		
	500-355 ¹⁾ (μm)	355-250	250-180	500-355	355-250	250-180	500-355	355-250	250-180	500-355	355-250	250-180	355-250	250-180	180-125
4°C	8.2	7.0	5.0	11.2	7.8	4.2	9.1	8.1	2.1	13.2	8.5	6.5	8.1	6.1	7.4
25°C	6.0	5.2	3.8	11.8	8.0	4.0	7.3	6.7	4.2	9.8	8.7	6.2	6.9	6.1	4.9
70°C	4.7	5.0	3.7	9.2	7.3	4.1	8.1	8.2	4.0	9.4	8.0	4.1	6.1	3.9	4.1

¹⁾Particle size.

자판기내 분말용액과 접촉 가능한 플라스틱 재질의 예로서 PP(polypropylene, $-\text{[CH}_2\text{CHCH}_2\text{]}_n-$), PET(polyester, $-\text{COO}-$), PS(polystyrene, $-\text{[CH(C}_6\text{H}_5)\text{CH}_2\text{]}_n-$) 필름을 사용하였다.

수증기에 노출된 분말의 흡수성

분말을 4, 25, 70°C에서 24시간 보관한 후 수증기에 노출시켜 각각의 흡수량을 비교하였다. 즉, 티백(tea bag)에 일정량의 분말을 넣고 증탕 장치 위에 180초간 매달아 노출시킨 후 무게 증가량을 측정하여 노출전에 대한 백분율로서 흡수량을 나타내었다. 이때 역시 티백 만의 흡수량을 측정하여 분말의 흡수량 계산에 반영하였다.

분말의 분산성

분말의 분산성을 분석하기 위하여 점도계(DV-III, Brookfield, USA)에 교반용 프로펠라(직경 4 cm)를 부착하여 사용하였다. 점도계 rpm을 70에 고정시키고 50 mL 비이커에 담긴 물 30 mL를 교반하면서 분말 3g을 일시에 투입하여 시간경과에 따른 torque %(점도계의 최대 torque에 대한 백분율) 변화를 측정하였다. 이때 물의 온도는 20, 70°C 두가지 조건에서 비교 측정하였다.

플라스틱 필름 상에 분말용액의 잔류성 및 부착성

분말 용액이 플라스틱 필름 위를 흐른 후 잔류되는 양을 분석하기 위하여 필름 평판(폭 23 cm, 길이 28 cm)을 45도 각도로 기울여 고정하고, 평판의 최상단부 전면에 걸쳐 5 mL의 분말 용액을 피펫을 이용하여 흘려 보내고 난 후 60초 정체 후에 평판에 잔류하는 분말용액의 양을 무게의 백분율로 산출하였다(한재경 등, 1996).

필름 재질에 대한 분말용액의 부착성을 분석하기 위하여 표면장력과 접촉각(contact angle)을 측정하였다. 부착력(adhesion work)는 아래의 공식으로 계산하였다(Lewis, 1987).

$$\text{부착력} = \text{표면장력} \times (1 + \cos(\text{접촉각}))$$

여기서, 표면장력은 표면장력계(Surface Tensiomat 21, Fisher Scientific, USA)로 18°C, 5% 용액을 측정하였고, 접촉각은 필름 평판 위에 분말용액 200 μl 의 방울을 떨어뜨린 후 1분간 방치 한 후 dynamic contact angle analyzer(FTA125, First Ten Angstroms, USA)를 사용하여 평판과 방울 경계점에서의 접선과 평판 수평면 사이의 각도를 측정하였다.

결과 및 고찰

수증기에 분말을 일정시간 동안 노출시켰을 때 흡수량은 울무에서 가장 높았으며, 코코아는 가장 낮았다(Table 1). 커피, 크림, 설탕의 경우 비교적 서로 비슷하게 나타났다. 입자 크기의 효과를 보면 거의 모든 경우에 입자 크기가 클수록 흡수량이 높은 경향을 보였다. 또한 보관 온도의 영향은 대체로 4°C에서 흡수량이 높았으며 25°C와 70°C 간에는 뚜렷한 차이가 없었다. 온도 차이에 의한 흡수량 변화로부터 흡수의 원

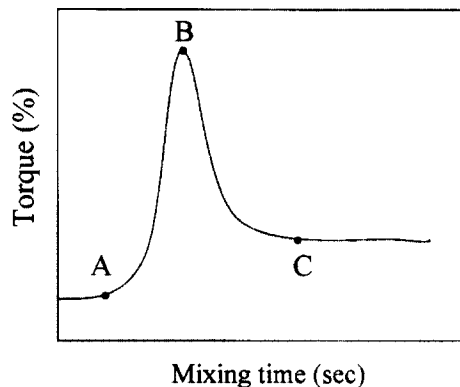


Fig. 1. Diagram for defining dispersibility factors in mixing beverage powders in water solution by viscometer with propeller impeller. A, onset point; B, peak point; C, steady point.

Table 2. Dispersibility factors in mixing of beverage powders with different particle size in water solution at 20 and 70°C by viscometer with propeller impeller

Factors	Coffee				Cream				Job's-tears				Cocoa			
	500-355 ¹⁾ (μm)		250-180		500-355		250-180		500-355		250-180		355-250		180-125	
	20 (°C)	70	20	70	20	70	20	70	20	70	20	70	20	70	20	70
A ²⁾	19, 0.8	30, 0.5	23, 0.8	30, 0.6	9, 0.5	20, 0.5	9, 0.5	18, 0.3	30, 0.7	22, 0.3	20, 0.7	20, 0.5	10, 0.3	20, 0.5	10, 0.7	24, 1.0
B ³⁾	24, 7.0	34, 1.4	27, 5.0	34, 1.3	11, 7.9	22, 1.7	15, 9.0	22, 0.7	32, 1.6	26, 0.5	27, 2.0	22, 1.6	24, 5.8	24, 4.0	15, 5.5	31, 2.5
C ⁴⁾	39, 1.5	42, 0.6	48, 1.2	40, 0.6	20, 2.7	28, 0.5	54, 3.0	25, 0.5	40, 1.2	42, 0.6	58, 0.8	36, 0.7	47, 3.2	52, 0.7	62, 2.9	52, 1.3

¹⁾Particle size.²⁻⁴⁾Points on the Fig. 1 expressed as coordinate of (mixing time (sec), torque (%)).**Table 3. Residual amount of beverage powder solutions on slant plastic films and interfacial properties of the solutions to the films**

Properties	Cream			Cream			Sugar			Job's-tears			Cocoa		
	PP ¹⁾	PS ²⁾	PET ³⁾	PP	PS	PET	PP	PS	PET	PP	PS	PET	PP	PS	PET
Residual (%)	37	32	71	30	26	29	45	40	52	27	30	25	22	23	17
Contact angle (°)	30	23	19	24	22	21	28	26	25	23	21	20	22	26	18
Adhesion work ⁴⁾ (dyne/cm)	76.3	78.6	79.6	89.4	90.0	90.3	100.0	100.8	101.2	94.9	95.5	95.9	78.4	77.3	79.4
Surface tension (dyne/cm)	40.9			46.7			53.1			49.4			40.7		

¹⁾Polypropylene film.²⁾Polystyrene film.³⁾Polyester film.⁴⁾Adhesion work=surface tension·(1+cos(contact angle)).

인이 일반적인 분말의 흡습성(hygroscopicity) 뿐만 아니라 온도 차이에 의한 일종의 수증기 응축에 의거될 수 있는 가능성을 예상할 수 있었다. 분말의 등온흡습성에 관한 연구 결과는 본문에서 생략하였으나 흡수량과 높은 상관관계가 없음을 확인할 수 있었다. 여기서 높은 흡수성이란 자판기에 적용할 경우 수증기에 노출되는 분말 저장통 배출구에 더 많은 분말의 응결 및 부착을 일으킬 가능성 유발을 의미할 수 있다. 따라서 흡수성 결과로부터 분말의 종류 및 입자 크기, 보관온도가 자판기내 분말의 잔류에 중요한 요인임을 간접적으로 추론할 수 있었다.

분말 투입 후 점도계의 torque 변화의 일반적인 양상(Fig. 1)은 최대 점(B)까지 급격히 상승하고 점차 감소하여 일정 수치(C)에 도달하는 것으로 나타났다. 여기서 torque 변화구간 A~C는 투입된 분말 입자가 물속으로 분산되는 과정을 의미하며 일정한 수준에 도달했을 때는 분말이 완전히 풀린 상태라고 가정하였다. 따라서 분말의 분산성을 A, B, C의 torque 및 경과시간의 자료로 나타내었고(Table 2), 변화구간 A~C가 클수록 분산성이 나쁜 것으로 간주하였다. 냉수에서 변화구간이 가장 큰 분말은 코코아로 나타났으며, 커피는 가장 작았다. 온수에서는 모든 분말에 대하여

변화구간이 크게 감소하였다. 또한 입자 크기의 영향을 보면 입자가 작을수록 변화구간이 커서 분산성은 감소하였다. 결과적으로 분산성을 높이기 위한 일반적인 조건은 분말 입자의 크기가 클수록 냉수보다는 온수가 적합함을 확인할 수 있었다.

플라스틱 필름 재질별 잔류량의 측정에서는 PP의 경우 울무, 설탕, 커피, 크림, 코코아 순으로 잔류량이 감소하였고, PS에서는 커피, 설탕, 크림, 울무, 코코아 순으로 잔류량이 감소하며, PET에는 설탕, 커피, 울무, 코코아, 크림 순으로 잔류량이 감소하였다(Table 3). 분말에 따라 다소 차이는 있지만 전체적으로 분말용액의 잔류량은 PET, PP, PS의 순으로 높게 나타나, 재질성질상 상대적으로 극성이 높은 재질인 PET에 잔류량이 높을 가능성과 연관되었다.

표면장력과 접촉각 측정으로부터 산출된 부착력은 Table 3과 같았다. 상기의 잔류량 결과와 일치하게 모든 시료에 대하여 PET에 가장 크게 나타나서, 분말 용액의 잔류량을 줄이기 위해서는 PET와 같은 극성이 상대적으로 높은 재질은 가능한 배제해야 한다는 사실을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 자판기내 사용 가능한 플라스틱 소재 중 PP, PET, PS 만을 적용하였는데 그 밖의 재질에 대

한 실험이 앞으로 요구된다. 또한 용액의 계면성질에
는 열역학적으로 구체적인 접근에 의한 원인 규명이
수반되어야 할 것이다. 새로이 시도된 분산성 분석 방
법에 관하여 교반기의 형태를 보다 다양하게 적용한
체계적인 연구가 이루어 진다면, 분말 풀림성에 관한
새로운 실험 방법으로 정립될 수 있을 것으로 기대된다.

요 약

자판기용 음료분말의 위생성 관련 물성인 수증기에
노출된 분말의 흡수성, 분말의 분산성, 플라스틱 재질
에 따른 분말용액의 잔류성 및 부착성에 관하여 연구
하였다. 분말은 커피, 설탕, 프림, 울무, 코코아; 플라
스틱 재질은 PET, PP, PS를 대상으로 실험하였다. 분
말 입자가 크고, 분말의 보관 온도가 낮을수록 수증기
에 노출된 분말의 흡수성이 높게 나타났다. 분말의 분
산성은 입자의 크기가 클수록, 냉수보다는 온수에서 높
은 것으로 나타났다. 플라스틱 재질에 따른 분말 용액
의 잔류도는 재질의 성질상 극성이 높은 PET에 잔류
량이 가장 높은 것으로 나타났다. 또한 분말용액의 계
면성질에 있어서도 PET에 부착력이 가장 크게 나타나
잔류량의 결과와 일치하였다.

감사의 글

본 연구는 1998년도 보건복지부 지원 보건의료기술
연구개발사업의 연구비로 수행된 결과의 일부이며, 이
에 깊이 감사드립니다.

문 헌

- 김제중, 이영현, 배현용. 1995. 서울시 노원구 일원의 자동
판매기에서 판매되는 커피와 울무차의 미생물총균수, 온
도와 pH. 제 55차 한국식품과학회 학술발표회 초록집
p47
- 한국식품공업협회. 1998. 식품위생교육교재
- 한재경, 김관, 강길진, 김성곤, 이상규. 1996. 플라스틱 적층
필름 포장재를 이용한 현미의 저장중 물리화학적 변화.
한국식품과학회지 **28**(4): 714-719
- Facchini, P. 1990. Adhesion of various pecies of
suspension cultured plant cells in inert substrates: initial
interactions. *FEMS Microbiology Letters* **67**(3): 313-317
- Iwanami, M. 1984. Circuit for washing a water feeding
system in automatic beverage vending machines. *United
States Patent* US-4-465-210
- Kopers, J.H. 1968. Mixing device for beverage vending
machines. *West German Patent Application* 1-145-128
- Lewis, M.J. 1987. *Physical Properties of Foods and Food
Processing Systems*. Ellis Horwood Ltd., Chichester,
UK. pp169-197