J. Korean Soc. Food Nutr.
20 (5), 509~512 (1991)

한국영양식량학회지

Extrusion Capillary Viscometer를 이용한 반고체 식품의 점도 측정 방법

이부용 · 김동만 · 김길환†

한국식품개발연구원 특용작물 연구실

Measurement of the Viscosity of Semi-Solid Foods by Extrusion Capillary Viscometer

Boo-Yong Lee, Dong-Man Kim and Kil-Hwan Kim†

Dept. of Food Science and Technology Laboratory, Korea Food Research Institute, Seoul 136-791, Korea

Abstract

Rheological property and apparent viscosity(η_a) of several semi-solid foods were measured with extrusion capillary viscometer. Apparent viscosities of several semi-solid foods ranged from 0.2714 Pa.s to 2.6453 Pa.s. Rheological property of spread type semi-solid foods was pseudoplastic (with yield value). Especially, as the moisture content and temperature of Chungkook-jang spread increased, apparent viscosity decreased. On the contrary, as the added soybean oil content of Chungkook-jang spread increased, apparent viscosity also increased.

Key words : extrusion capillary viscometer, apparent viscosity, semi-solid foods

서 론

식품의 관능적 품질요소는 겉모양, 풍미, 조직감 등으로 분류되나, 각 식품마다 그 식품의 종류와 용도에 따라 품질을 결정하는 몇가지의 특정적인 요소가 있으며, 그 중에서도 조직감은 식품의 품질에 매우 큰 영향을 주는 요소이다. 예를 들어 감자칩은 그 색깔과 바삭거리는 정도가 가장 중요하며, 이 두 요소가 감자칩의 품질을 좌우하게 되지만, 버터나 마요네즈, spread와 같은 반고체의 유동성 식품은 조직감이 매우 중요한 품질요소로 작용하게 된다[1,2]. 특히 이러한 유동성 식품의 점성은 조직감에 큰 영향을 미치게 되므로 이와같은 식품들의 점도 측정은 유동성 식품들의 품질을 관리하고 결정하는데 매우 중요한 수단이 된다. 그러나 반고체 상태의 유동성 식품은 이들 식품의 유동성(fluidity)이 매우 제한되므로 기존의 모세관 점도계나 회전식 점도계로는 측정하기 어렵다. 따라서 본 실험에서는 Fig. 1과 같은 모양으로 자체 제작한 *extrusion capillary viscometer*를 이용하여 유동성 식품의 겉보기 점도와 유동특성을 간편하게 측정하는 방법에 대해 보고하고자 한다.

†To whom all correspondence should be addressed

재료 및 방법

실험재료

시중에 유통되고 있는 땅콩 spread(삼립유지), 땅콩버터(Skippy, Best Foods Co.), 포도잼(Welch's Co.), 마요네즈(Best Foods Co.), 옥수수 마아가린(삼립유지), 균질하게 마쇄된 된장(풀무원), 고추장

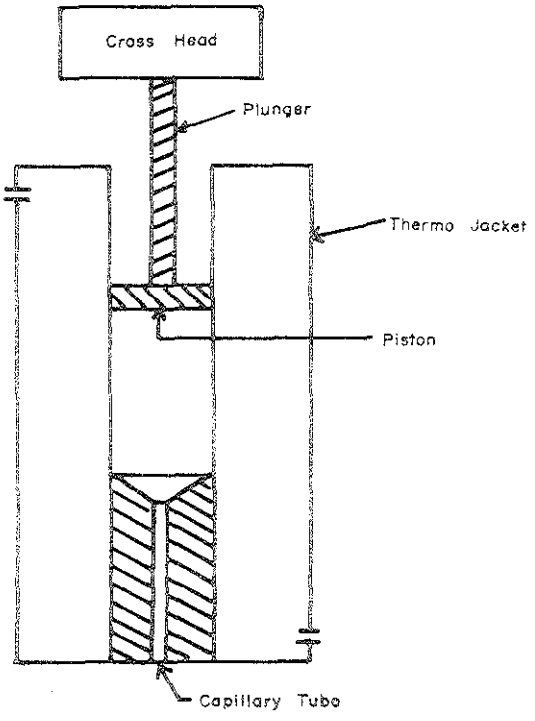


Fig. 1. Extrusion capillary viscometer.

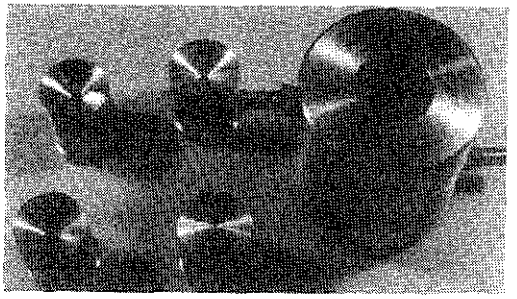
(풀무원) 등의 반고체 식품들과, 본 실험실에서 콩(whole soybean)을 이용하여 *B. natto, B. subtilis,* 혼합균주의 3가지로 청국장을 담근뒤, 40℃에서 40시간 정도 건조시켜 분쇄한 후 20~50mesh크기로 선별한 청국장 분말에 수분과 콩기름을 적당히 배합하여 제조한 청국장 spread를 사용하였다.

실험장치

점도 측정에 사용한 extrusion capillary viscometer cell은 열전도성과 내구성을 고려하여 알루미늄으로 Fig. 1과 같은 형태로 고안, 제작하여 Instron에 장착하였다. Fig. 1에서 capillary tube는 ø4, ø6, ø8의 3가지로 만들었으며, capillary tube가 끼워지는 orifice의 직경은 ø36으로 제작하여 Instron의 plunger 직경과 일치하도록 하였다. 또한 orifice 주위에 thermo jacket을 부착하여 시료의 점도 측정시 온도를 일정하게 유지할 수 있도록 장치하였다. 본 실험에서는 ø6의 capillary tube를 사용하였다.

측정방법

청국장 spread를 제외한 반고체 식품들의 겉보기



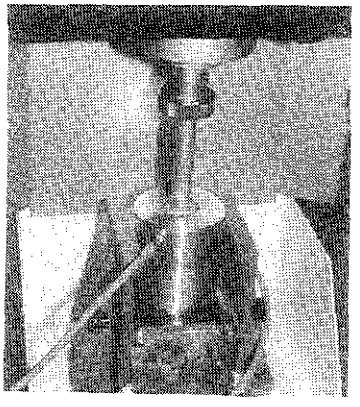


Fig. 2. Extrusion capillary viscometer apparatus fitted to Instron.

점도는 시료들이 가정에서 소비될 때의 온도를 고려하여 10℃ 냉장고에서 일정 온도로 유지시킨 뒤, extrusion capillary viscometer cell에 air pocket이 생기지 않도록 충진하여, 동일온도에서 측정하였다. 유동특성은 Instron의 cross head speed를 달리하여 전단속도($\dot{\gamma}$)를 159.9~1599.1 S^{-1}까지 변화시키면서 전단응력(τ)을 측정하였다. 청국장 spread는 수분함량을 55, 60, 65%로 조절하고, 첨가하는 콩기름 함량을 10, 20, 30% 첨가하여, 10, 20, 30℃온도에서 겉보기 점도와 유동특성을 조사하였다. 반고체식품들의 퍼짐성(spreadibility)은 식빵에 일정량을 spread할때 느끼는 강도를 관능적으로 1점부터 9점까지의 척도로 측정하였다.

겉보기 점도 계산

Extrusion capillary viscometer cell을 Fig. 2와 같이 Instron에 장치한 다음, Fc(force required to extrude material through capillary)와 Fo(force required to extrude material through orifice)를 측정하여 다음식

으로 겉보기 점도를 계산하였다[3~5].

$$\tau \text{ (Shear stress, Pa)} = \frac{\Delta P R}{2L} \quad \cdots\cdots (1)$$

L : length of capillary (m), R : capillary radius (m)
이고,

$$\Delta P = \frac{F_c - F_o}{A} \quad \cdots\cdots (2)$$

A : cross-section area of piston (m^2)이다.

한편 비뉴톤유체의 전단속도 ($\dot{\gamma}$)는 Rabinowitz (6)의 식으로부터 식 (3)과 같이 표현된다.

$$\dot{\gamma} = \frac{(3+b)}{4} \quad \frac{4Q}{\pi R^3} \quad \cdots\cdots (3)$$

$$Q = S \times A \quad \cdots\cdots (4)$$

$$b = \frac{d\left(\log \frac{4Q}{\pi R}\right)}{d\left(\log \frac{\Delta P R}{2L}\right)} \quad \cdots\cdots (5)$$

b : flow behavior index
Q : volumetric flow rate (m^3/s)
s : cross-head speed (m/s)
d : differentiation이다.

따라서 비뉴톤유체의 겉보기 점도 (η_a)는 식 (6)으로 계산될 수 있다.

$$\eta_a \text{ (Pa. s)} = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad \cdots\cdots (6)$$

결과 및 고찰

반고체 식품들의 겉보기 점도

반고체 식품들을 extrusion capillary viscometer를 이용하여 측정한 겉보기 점도와 관능검사에 의한 퍼짐성은 Table 1과 같다. 보통 냉장고에서 꺼내어 소비하는 온도인 10℃에서 볼때 관능적으로 퍼짐성이 좋지 않은 땅콩 버터, 땅콩 spread, 옥수수 마아가린은 1.6697 Pa. s 이상의 높은 겉보기 점도를 나타내었고, 퍼짐성이 좋은 포도잼, 마요네즈 등은 0.9862 Pa. s이하의 낮은 값을 나타내었다.

수분함량, 지방함량, 온도에 따른 청국장 spread의 겉보기 점도 변화

수분함량 증가에 따른 점도변화는 Table 2와 같다. 수분함량이 증가할수록 점도는 감소하였으며, 같은 수분 함량에서는 점도가 B. S., B. N. + B. S., B. N. 순으로 낮아졌다. 65% 수분함량중에서 콩기름으로 10%, 20%, 30%대체했을 때의 점도변화는 Table 3과 같다. 콩기름을 첨가함에 따라 점도가 증가하여 B. N. 의 경우 콩기름을 첨가하지 않은 경우에는 0.9440 Pa. s이었으나 10%첨가시 1.1652 Pa. s, 20%첨가시 1.7793 Pa. s, 30%첨가시 2.3304 Pa. s로 증가하였다. B. S. 와 B. N. + B. S. 의 경우도 콩기름 함량이 증가할수록 점도는 높게 나타났다.

65% 수분함량중 20%를 콩기름으로 대체했을때 온도증가에 따른 점도변화는 Table 4와 같다. B. N. 의 경우 10℃에서 2.3493 Pa. s, 20℃에서 1.7793 Pa. s, 30℃에서 1.4517 Pa. s로 감소하였으며 3가지 시료중 점도가 가장 낮았다.

Table 1. Apparent viscosity of semi-solid foods

Item	Apparent viscosity (Pa.s)	Spreadibility*
Peanut spread	1.6697	4.0
Peanut butter	2.6453	3.0
Grape jam	0.2714	7.5
Mayonnaise	0.4416	7.5
Corn margarine	1.9625	3.5
Soybean paste	0.9862	5.0
Hot pepper paste	0.8634	5.0

* Sensory score ; 1.0 ; very difficult to spread
9.0 : very easy to spread

Table 2. Changes in apparent viscosity (η_a) of Chungkook-jang spread by moisture content

(Unit : Pa.s)

Moisture content	Experimental group*		
	B.N.	B.S.	B.N.+B.S.
55%	4.6364	6.9842	4.6027
60%	2.2754	3.2062	2.0728
65%	0.9440	1.1217	0.8984

* B.N. : *Bacillus natto*
B.S. : *Bacillus subtilis*
B.N. + B.S. : *Bacillus natto* + *Bacillus subtilis*
** Measuring temp. : 20℃

Table 3. Changes in apparent viscosity (η_a) of Chungkook-jang spread by added soybean oil content (Unit : Pa.s)

Added oil content	Experimental group*		
	B.N.	B.S.	B.N.+B.S.
10%	1.1652	1.2373	0.9510
20%	1.7793	1.9639	1.3073
30%	2.3304	2.4933	1.7427

** Measuring temp. : 20℃

Table 4. Changes in apparent viscosity (η_a) of Chungkook-jang spread by temperature (Unit : Pa.s)

Measuring temperature	Experimental group*		
	B.N.	B.S.	B.N.+B.S.
10℃	2.3934	2.4972	2.4232
20℃	1.7793	1.9639	1.3073
30℃	1.4517	1.7428	1.1968

* Added soybean oil content : 20% in 65% moisture content

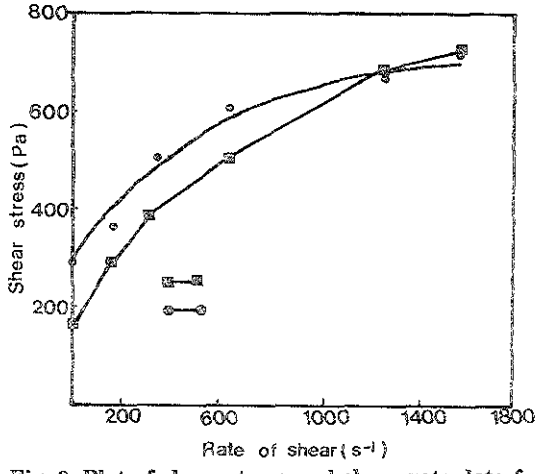


Fig. 3. Plot of shear stress and shear rate data for Chungkook-jang spread (65% moisture content, *B. natto*) and Peanut spread pertinent to extrusion capillary viscometer(Temp. : 10°C).

Spread의 유동학적 특성

반고체 유동성 식품을 대표하는 spread 형태의 식품중에서 땅콩 spread와 실험실에서 제조한 청국장 spread의 유동특성을 조사한 결과는 Fig. 3과 같다. 땅콩 spread는 측정온도 10℃에서 항복력을 갖는 pseudoplastic 유체의 성질을 나타내었으며, 수분함량 65%의 청국장 spread도 항복력을 갖는 pseudoplastic 유체의 성질을 나타내었다.

이상과 같은 결과로 본때 extrusion capillary viscometer는 시중에 유통되고 있는 spread나 마아가린 같은 반고체 유동성 식품들의 겉보기 점도와 유동특성을 측정할 수 있는 적합한 장치라고 사료된다.

요 약

본 실험실에서 자체적으로 고안 제작한 extrusion capillary viscometer를 이용하여 시중에 유통되고 있는 반고체 식품들과 실험실에서 제조한 청국장 spread의 겉보기 점도와 유동학적 특성을 조사하였다. 특히 청국장 spread는 수분함량, 지방함량, 온도 변화에 따른 겉보기 점도 변화를 측정하였다. 땅콩 spread와 청국장 spread의 유동학적 특성은 항복력을 갖는 pseudoplastic 유체의 성질을 나타내었다. 청국장 spread의 겉보기 점도는 수분함량과 온도가 증가할수록 감소하였으며, 지방함량이 증가할수록 spread의 겉보기 점도는 증가하였다.

문 헌

1. 이철호 : 식품공업 품질 관리론, 유림문화사 (1984)
2. Malcolm, C. B. : Texture, viscosity, and food. In "*Food texture and viscosity : concept and measurement*", Academic Press, New York (1982)
3. Mayfield, T. L., Halejr, K. K., Rao, V. N. M. and Angulo-Chacon, I. A. : Effects of levels of fat and protein on the stability and viscosity of emulsions prepared from mechanically deboned poultry meat. *J. Food Sci.*, 43, 197 (1988)
4. Chhinnan, M. S., McWatters, K. H. and Rao, V. N. M. : Rheological characterization of grain legume pastes and effect of hydration time and water level on apparent viscosity. *J. Food Sci.*, **50**, 1167 (1985)
5. Hamann, D. D., Swartzel, K. R. and Hansen, A. P. : Rheological and texture studies of butter. *J. Texture Studies*, 12, 483 (1981)
6. Charm, S. E. : *The Fundamentals of Food Engineering.*, 3rd ed., AVI Publishing Co., p. 62 (1978)

(1991년 5월 20일 접수)