

식품유변학의 특성과 국내 연구동향

이 철 호

고려대학교 생명공학원
(1997년 4월 16일 접수)

Characteristics of food rheology and the research trends in Korea

Cherl-Ho Lee

The Graduate School of Biotechnology, Korea University, Seoul 136-701, Korea
(Received April 16, 1997)

요 약

식품유변학은 식품재료로 사용하는 생물체와 세포내외의 생체고분자물질(biopolymer)의 물성을 주로 대상으로 하는 학문영역이다. 이들 물질들의 가공적성을 평가하고 공정관리를 수행하기 위하여 점성, 소성, 점탄성 등 유변학적 파라미터들이 사용된다. 또한 제품의 관능적 특성, 특히 조직감(texture) 특성을 나타내는 지표로서 유변학적 성질들이 자주 사용되고 있다. 본고에서는 식품유변학의 특징과 발전 역사를 개관하고 1990년도 이후 국내에서 연구 발표된 식품유변학 분야의 연구내용을 액상식품, 젤화식품, 식물세포조직으로 구분하여 소개하였다.

Abstract—Food rheology deals mainly with the physical properties of living matters and their inter or intra-cellular biopolymers which are used for food ingredient. The rheological parameters, such as viscosity, plasticity and viscoelasticity, are used for the evaluation of the functional properties of the ingredients and the process control in food manufacturing. They also provide the parameters indicating the sensory quality, especially textural properties, of food products. This paper discusses the characteristics of food rheology and its history of development and reviews the research reports on liquid foods, gels and plant tissue published in Korea since 1990.

Keywords: food rheology, history, research trend, Korea

1. 서 론

식품재료로 사용되는 생물체는 기본적으로 탄성의 세포벽과 점성의 세포 원형질로 이루어진 점탄성 물질이며 이들로부터 추출 분리된 탄수화물, 단백질, 지방 등은 다양한 분자구조를 가진 생체고분자물질(biopolymer)들이다. 이들의 유변학적 성질을 규명하는 목적은 크게 두가지로 구분된다. 첫째는 식품의 제조 가공 공정의 조절과 최적화를 위한 것으로 유체식품의 수송이나 혼합, 반죽의 형성, 전분의 호화, 인조육을 만들기 위한 단백질의 extrusion 혹은 fiber spinning과 같은 예를 들 수 있다. 이러한 목적의 연구는 화학이나 재료공학, 섬유공학분야의 연구방법과 크게 다르지 않다. 두번째는 원료나 제품의 유변학적 성질로부터 관능적 품질을 예측하고 객관적으로 평가하기 위한 목적의 연구이다. 밥이 찰지다거나, 고기가 질기다거나, 국수나 떡이 쫄깃 쫄깃하다거나, 사과가 아삭 아삭하다거나, 아이스크림이 혀끝에서 살살 녹는다거나 하는 식품 특유의 품질 특성은 상품적 가치를 결정하는 중요한 인자이다. 이러한 품질특성은 식품을 구성하고 있

는 각 성분의 물리적 및 구조적 특성에 의하여 나타나는 유변성을 경험과 감각을 통한 심리적 작용에 의하여 감지하는 조직감(texture)의 형태로 표현되는 것이다[1]. 따라서 식품 조직감의 연구는 심리유변학(psychorheology)의 새로운 영역으로 최근 식품학분야 뿐만 아니라 의학, 심리학, 상품학등 많은 학문분야의 공동 관심사가 되고 있다.

2. 식품유변학의 특징

식품의 유변성 측정은 세라믹, 금속, 플라스틱 소재의 경우에 비하여 변형의 정도가 크며 대부분 탄성한계를 넘는 영역에서 측정된다. 그러므로 선형점탄성 모델을 적용하기 어려운 경우가 많다[2]. 비록 선형점탄성 모델을 적용한다 하더라도 이로부터 구한 유변성 파라미터들이 관능검사서에서 측정된 조직감 파라미터들과 상관관계를 갖지 않는다면 실용적인 가치가 없다. Table 1은 creep test에서 얻은 삶은 밀국수의 선형점탄성 파라미터들과 관능검사 결과와의 상관관계를 조사한 것이다. 선형점탄성 지표들과 관능적 조직감지표들 사이에 상관성이 거의 인정

Table 1. Correlation coefficient between sensory parameters and mechanical model parameters of wheat noodle (2)

Mechanical parameter (X)	Sensory parameter (Y)		
	Milestone		Hedonic scale
	Hardness	Chewiness	
Instantaneous elasticity, E_0	0.653*	0.303	0.798*
Retarded elasticity, E_r			
E_{r1}	0.264	-0.275	-0.658*
E_{r2}	0.165	-0.170	-0.318
$E_{r1}+E_{r2}$	0.232	-0.241	-0.524*
Retarded viscosity, η			
η_{11}	0.604*	0.174	-0.529
η_{12}	-0.069	-0.144	0.186
$\eta_{11}+\eta_{12}$	0.591	0.164	-0.511
Retardation time, τ			
τ_1	0.588	0.433	-0.105
τ_2	-0.182	-0.118	0.472
$\tau_1+\tau_2$	0.540	0.409	-0.044
Newtonian viscosity, η_N	-0.202	-0.443	-0.354
$E_H+E_{r1}+E_{r2}$	0.422	-0.058	-0.691*
$\tau_N+\tau_{\eta}+\tau_{r2}$	0.150	-0.330	-0.651*

*: $p < 0.05$

되지 않음을 알 수 있다. 이러한 이유로 인하여 식품유변학에서는 유변성 모델에 의한 수리해석적 접근방법보다는 경험적 측정장치에 의한 단순지표나 비교치를 더 많이 사용하게 된다.

유체식품은 물, 당이나 염용액, 식용유 등을 제외하면 대부분 비뉴턴성 유동특성을 나타내며, 충밀림속도 (shear rate)의존형과 충밀림시간 (shearing time)의존형 모두 존재한다. 특히 항복력 (yield stress)을 가지는 Bingham pseudoplastic 유체가 많으며, 시간의존형으로는 sol-gel transformation 현상에서 나타나는 thixotropic 유체가 많다. 이들 비뉴턴성 유체특성은 주로 회전형 cone & plate나 coaxial cylindrical viscometer로 측정한다. 이 외에도 낙하구 점도계, Bostwick consistometer, Adams consistometer, Amylograph 등 여러가지 비교점조도 측정장치가 사용되고 있다[1].

반죽의 물성은 식품가공에서 중요한 요소이며 제빵분야와 식품extrusion분야에서 많이 연구되었다. 제빵에 사용되는 밀가루반죽의 물성은 빵의 품질과 밀접한 관계가 있으며 Farinograph와 Extensigraph로 측정한다. Extrusion cooker의 내부흐름을 측정하기 위한 장치로는 Instron capillary viscometer가 주로 사용되나, 최근에는 국내에서 제작된 Extrusion capillary viscometer cell을 Instron Universal Testing Machine에 장착하여 쓰고 있다[3]. 반고체 및 고체식품의 유변학적 성질은 압착시험, 충밀림 압출시험, 절단시험, 인장시험 등에서 얻어지는 stress-strain curve로 부터 측정하며 이로부터 식품의 관능적 조직감 파라미터들을 추정한다. 가장 널리 사용되는 방법은

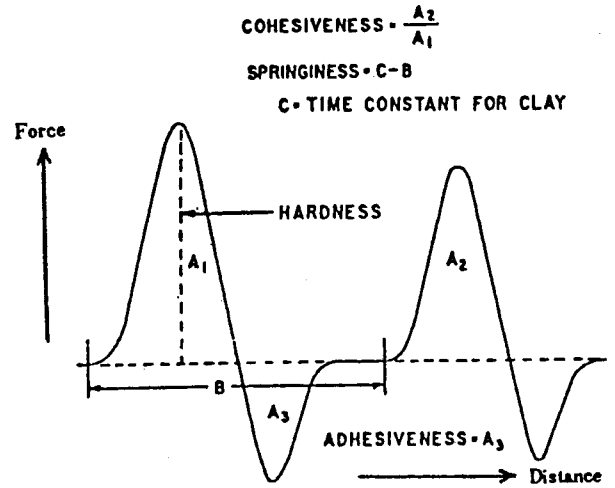


Fig. 1. Texture profile analysis (TPA) determined by force-distance curve of 2-bite compression test (1).

2회 연속 압착시험에서 얻어진 힘-거리 곡선을 분석하여 조직감 특성분석(texture profile analysis)을 하는 방법이다 (Fig. 1)[1].

3. 식품유변학의 발전사

1922년 E.C. Bingham이 저술한 “Fluidity and Plasticity”에는 19세기말 부터 20세기 초에 연구된 우유, 크림, 시럽, 밀가루, 젤라틴, 올리브유 등의 유변성에 대하여 기술하고 있다. 식품유변성의 초기 연구는 서양인의 주식인 밀가루 반죽에 관한 것이 많으며 헝가리를 중심으로한 동구권에서 활발히 연구되었다. 1907년 헝가리의 T. Kosutany의 밀가루 반죽에 관한 연구가 1920년대 E.V. Hancoczy의 밀가루 반죽과정에서의 기계적 일의 측정방법에 관한 연구로 이어졌으며, 이들 연구는 후일 독일에서 Brabender Farinograph가 개발되는 기초가 되었다[4].

1929년 미국에서 유변학회(Society of Rheology)가 창설되고 Journal of Rheology가 창간되었으나 수년후 출판이 중단되었다. 이 시기에는 유변성을 조절하여 식품의 품질을 개선하는 연구가 활발히 이루어 졌는데, 영국의 J. Pryce-Jones는 뉴턴성 꿀에 소량의 단백질을 첨가하여 텍스트로피성 고가의 꿀을 만들수 있었다[4]. 식품의 유변성과 품질과의 관계에 대한 통계적이고 체계적인 연구는 1937년 독일인 D. Katz에 의하여 시작되었으며 1950년대 초 R. Harper 등에 의하여 심리물리학적 방법에 의한 식품유변학으로 발전하였다. 1963년에는 스웨덴의 B. Drake가 저작소리를 기록하여 식품의 물성을 측정하는 인조저작기(imitative chewing machine)를 제작하였으며, 같은해 미국의 A. Szczesniak은 General Food Texturometer를 이용한 조직감 특성분석법(Texture profile analysis, TPA)을 발표하였다. Table 2는 초기 발전 단계에서 이루어진 대표

Table 2. Historical survey on food rheology

1900s	E.C. Bingham; <i>Fluidity and Plasticity</i> (1922) – works in 1895, 1902, 1905 and 1908 on milk, cream, syrups, flours, gelatine, olive oil etc.
1907	T. Kosutany (Budapest) – rheology of flour dough
1920	E.V. Hancoczy (Hungary) – measurement of mechanical work for dough kneading -the basis of Brabender farinograph
1929	Society of Rheology was founded in USA -Journal of Rheology
1936	J. Pryce-Jones (England) – producing thixotropy in Newtonian honeys by the addition of certain proteins
1937	Schofield & Scott Blair (England) – dough rheology
1937	D. Katz (Germany) – relationship between rheological property and food quality
1938	Martin <i>et al</i> – invention of tenderometer
1948	E.C. Bate-Smith – rheology of muscle, organoleptic property of meat
1952	R. Harper – Psycho-physical aspects of food rheology
1963	B. Drake (Sweden) – imitative chewing machine recording the sounds made by the jaws of subject chewing
1963	A. Szczesniak – Texture profile analysis (TPA) by using GF Texturometer

적인 식품유변학 연구 성과들을 모은 것이다. 식품유변학은 유럽과 미국에서 이러한 초기 과정을 거쳐 발전하였으며 1970년대 이후에는 분체, 액체, 반고체 및 고체식품의 흐름특성, 과단특성, 점탄성 등에 관한 연구들이 광범위하게 이루어 지고 있다.

4. 식품유변학의 국내 연구사

우리나라 식품유변학의 시초는 아마도 1974년 원자력연구소의 이서래박사가 Texturometer를 사용하여 여러가지 국내 식품의 조직감을 측정하는데에서 비롯되었다고 본다[5]. 그후 KIST 식량자원연구실의 김성곤박사를 중심으로 Amylograph를 이용한 전분의 호화현상[6], 압착시험에 의한 전분의 노화현상[7], 쌀전분 아밀로즈와 아밀로펙틴의 고유점도측정[8] 등에 관한 연구가 수행되었으며, 과학기술원의 변시명박사는 단백질 용액(dope)의 점성을 조절하여 단백질 섬유를 spinning하는 연구를 수행하였다[9]. 1978년 연세대학교 변유량교수팀은 고추장의 의사가소성과 텍스트로피에 관한 논문을 발표하였으며 [10], '82년 고려대학교 김동훈교수팀은 가열산화 대두유의 텍스트로피에 관한 논문을 발표하였다[11]. 1980년대 초부터 고려대학교 필자의 연구실에서는 자체 설계제작한 creep tester와 puncture tester로 국수류의 점탄성[2], 두류의 가열조리속도[12] 등을 측정하였다. 1984년 경희대학교 구성자교수는 도토리묵의 점탄성을 creep test로 측정하였으며[13], 강원대학교 이신영교수는 자체 설계 제작

한 튜브점도계로 쌀전분의 흐름특성을 측정하였다[14]. 같은 시기에 고려대학교 필자의 연구실에서는 국내 최초로 다목적 식품압출성형기(food extruder)를 자체 설계 제작하여 여러가지 식품재료의 압출성형 조건과 물성에 관한 연구를 시작하였다[15]. Table 3은 국내 식품유변학 초기연구의 주요 성과를 모은 것이다. 1990년에 발표된 국내 식품유변학 연구현황에 의하면 160여편의 연구논문이 인용되고 있다[16].

5. 최근의 연구동향

1990년 이후 한국식품과학회지에 발표된 식품유변학 관련 논문들을 분류하여 그 내용을 살펴보면 다음과 같다.

5.1. 액상식품

최근 과채류 주스에 대한 소비자의 기호도가 높아지고 신제품 개발이 활발한 것과 때를 맞추어 과채즙액의 리올로지 특성에 관한 연구들이 눈에 띄게 보고되고 있다. 특히 한국식품개발연구원에서 무우주스 농축액[17], 구기자 열수추출 농축액[18], 배주스 농축액[19], 마(yam, *Dioscorea aimadoimo*) 전분 호화액[20]의 유변특성에 대한 연구 결과를 계속적으로 발표하였다.

이 등[17]은 무우주스를 35~65° Brix로 농축시킬때 열처리 여부와 농축방법(박막농축법 또는 역삼투압법)에 따른 점도의 변화를 관찰하였다. 무우주스 농축액은 비뉴우톤성 Bingham pseudoplastic 유체특성을 가지며 농축방법

Table 3. Food rheology studies in Korea

1974	S.R. Lee – Food texture analysis by using Texturometer
1977	S.K. Kim – Amylograph measurement for starch gelatinization, Compression test for starch gel retrogradation rate
1978	S.K. Kim – Intrinsic viscosity of rice starch amylose and amylopectin
1978	S.M. Byun – Protein dope rheology for protein fiber spinning
1980	Y.R. Byun – Pseudoplasticity and thixotropy of red pepper-soybean paste
1982	D.H. Kim – Thixotropy of oxidized soybean oil by heating
1983	C.H. Lee – Viscoelastic property of cooked noodle by lab-built creep tester, Hydrodynamic property of soybean protein body
1984	S.J. Ku – Viscoelastic property of acorn gel by creep test, S.Y. Lee – Flow behavior of rice starch by lab-built tube viscometer
1985	C.H. Lee – Cooking rate of beans by lab-built puncture tester, Design and construction of lab-scale extrusion-cooker

에 따라 겔보기점도와 항복력의 차이를 보였다. 이 등[18]의 구기자 열수 추출 농축액(20~50°Bx)과 최 등[19]의 배쥬스 농축액(15~60°Bx)도 power law 모델이나 Herschel-Bulkley 모델을 따르는 비뉴우턴성 의가소성 또는 Bingham pseudoplastic 유체특성을 가지고 있었다. 이들은 온도변화에 따른 유동특성의 변화 현상에 Arrhenius식을 적용하여 농축액의 유동 활성화 에너지를 계산하였는데 무쥬스 농축액의 경우 $2.7\sim 4.1 \times 10^4$ kJ/kg mol, 구기자 농축액은 $1.6\sim 2.0 \times 10^4$ kJ/kg mol, 배쥬스 농축액의 경우 $1.5\sim 3.5 \times 10^4$ J/kg mol 수준이었다.

이 등[20]은 1~5% 마전분 호화액의 유동특성을 power law 모델과 Casson식으로 표현하고 그 의가소성과 항복력을 평가하였다. 마전분 호화액의 유동 활성화 에너지는 $4.1\sim 5.4 \times 10^6$ J/kg mol이었다. 김 등[21]은 4~9% 옥수수전분 호화액의 리올로지 특성을 관찰하였는데 마전분과 거의 유사한 패턴이었으며, 이들의 sol-gel 전이농도는 6.22~6.52%이며 팽윤된 전분입자의 충전농도(onset of close-packing)는 2.68~2.78%라고 보고하였다. 이 등[22]은 된장 현탁액(물/된장=1.25~2.0)의 시간의존성 유동특성을 관찰하였는데, 된장의 농도에 따라 hysteresis loop의 형태가 변화하였으며, 온도와 pH에 의한 영향은 주로 단백질 성분에 의하여 나타나는 것으로 판단하였다. 이 등[23]은 토양에서 분리한 알칼리 내성 *Bacillus species* 세균이 분비하는 생물고분자의 점성을 조사하였는데, 이 생물고분자는 xanthan이나 guar gum과 비교될 수 있을 정도로 점성이 커서, 1% 용액이 항복력을 가지는 고점도의 의가소성 유체임을 확인하였다. 1% 용액의 유동 활성화 에너지는 1.16 kcal/g mol이었으며, pH변화와 금속염 첨가에 민감하였으나 유기용매에는 크게 영향을 받지 않았다.

엄 등[24]은 요구르트에 탈지분유, 쌀전분, 밀전분, 옥수수전분 또는 감자전분을 2% 수준 첨가하였을 때 일어나는 물성변화를 관찰하였다. 전분의 첨가에 의하여 산생성이 크게 증가하였으며 겔보기 점도도 크게 증가하였고 강한 의가소성과 시간의존형 thixotropy 성질을 나타내었다. 쌀전분, 밀전분 및 옥수수전분의 첨가는 관능적 품질을 다소 향상시켰으나 감자전분은 품질저하를 가져왔다. 오 등[25]은 호상요구르트의 굴절율, 점도, 점조도 및 rheometer 측정치로부터 관능특성의 예측을 시험하였는데, 관능적 점성은 기계적으로 측정된 점조도, 점도, 응집성으로부터 예측이 가능하였으며, 입속의 감촉(mouthfeel)은 점조도로부터 추정할 수 있었다. 천 등[26]은 마요네즈에 전분질 지방대체물(fat-replacer)을 첨가하면 경도와 접착성은 감소하며 spreadability는 다소 좋아지고 기름냄새나 기름진 후미(greasy aftertaste)가 감소하여 관능적 품질이 향상된다고 보고하였다.

김 등[27]은 보리에서 순수분리한 β -glucan의 고유점도를 모세관 점도계로 여러 pH에서 측정된 결과 0.997~2.290 dl/g 수준의 값을 얻었다. Bohlin Rheometer에 의한

측정에서 β -glucan 용액은 1.0~2.0 g/dl 농도에서는 뉴우턴성 유체였으나, 3.0 g/dl에서는 의가소성 thixotropy 성질을 나타내었다.

5.2. 젤화식품

젤화식품은 단백질이나 전분과 같은 생물고분자물들의 분자간 결합력을 이용하여 물이나 액상 식품성분을 삼차원 망상 구조속에 포집하게 하는 가공 조립식품이다. 우리나라의 대표적인 젤화식품은 대두 단백질을 이용하여 만드는 두부와 두류, 도토리, 곡물들의 전분으로 부터 만드는 묵이다. 두부의 제조와 물성에 관한 연구는 그동안 많이 이루어 졌으며 최근에는 서울대 식품영양학과 등에서 연구논문이 발표되고 있다.

박 등[28]은 응고제의 양과 phytic acid의 첨가가 두부의 품질과 물성에 미치는 영향에 관한 연구에서 0.029 N Ca 농도에서 두부의 수율이 가장 높았으며 phytic acid의 첨가는 두부의 경도를 약화시켰다. 한 등[29]은 bromelain으로 부분가수분해된 분리대두단백의 두부형성능력을 검토하고 Instron을 이용한 두부젤의 TPA(texture profile analysis) 패턴과 관능검사와의 상관성을 조사하였다. 이들 두부는 변형력 완화시험에서 7-clement를 포함하는 일반화된 Maxwell모델로 표현될 수 있었으며, 가수분해도가 높을수록 평형계수와 탄성계수는 감소하였다. 김 등[30]은 파단시험(failure test)과 변형력 완화시험으로 두부의 제조조건에 따른 물성변화를 검토하였다. 응고제로서 $CaCl_2$ 가 가장 높은 파단력을 기록하였으며 두유의 가열온도가 높을수록, 성형압착력이 높을수록 두부의 경도는 증가하였다. 완화시험에서 구한 초기변형력과 평형변형력은 파단시험결과와 유사한 경향을 나타내었으며, 이로부터 Maxwell모델을 이용하여 두부의 탄성요소와 점성요소를 나타내는 수치를 계산하였다. 백 등[31]은 원료콩을 냉동하여 두부제조에 사용하면 수율이 떨어지고 경도가 높은 단단한 두부가 만들어진다고 발표하였으며, 김 등[32]은 두부제조에 인삼을 첨가하였을 때의 물성변화와 품질변화를 조사하였다. 박 등[33]과 최 등[34]은 마쇄한 콩국 전량을 칼슘염이나 알긴산, 펙틴 등과 함께 응고시킴으로서 콩묵을 제조하는 방법을 개발하고 이들의 조직감 특성을 조사하였다.

권 등[35]은 여러가지 두류전분의 젤 특성 차이를 규명하기 위하여 묵의 재료로 사용되는 동부와 녹두, 묵에 사용되지 않는 팔과 강남콩에서 각각 분리한 전분들의 젤화 특성을 비교하였다. 동부와 녹두전분으로 만든 묵은 안정하고 경도와 응집성이 높았으나 팔과 강남콩의 전분으로 만든 젤은 안정도가 낮았으며 경도와 응집성이 약하였다. 이들 젤의 노화속도를 differential scanning calorimeter (DSC)로 분석한 결과 강남콩젤의 노화속도는 동부와 녹두묵의 노화속도보다 훨씬 빨랐다[36]. 또한 NMR에 의한 젤내의 수분이동현상에 의하면 동부묵과 녹두묵의 수분

은 1일간 안정하였으나 강남콩젤의 수분은 빠른속도로 이동하였다. 권 등[37]은 감자 전분젤에 maltogenic amylase, gluco-oligosaccharide 또는 도토리 전분을 첨가하면 조직감이 향상된다고 보고하였다. 이 등[38]은 옥수수 전분 60%와 녹두전분 40%를 혼합하여 만든 젤에 대두단백질, 대두유, carboxymethyl cellulose, 펙틴 등을 첨가하여 기호도가 높은 혼합 전분젤을 제조하였다. 정[39]은 쌀가루로 만든 페이스트와 젤에 성을 첨가하였을 때의 점도, 경도, 호화도 및 냉동 안정성을 조사하였다.

생선단백질의 젤 형성 조건과 물성에 관한 연구는 경희대 식품공학과에서 주로 연구되었다. 박 등[40]은 DSC와 rigidity scanner로 가열과정에서 생선단백질의 젤 형성속도를 측정하고 scanning electron microscope(SEM)로 조직의 형태변화를 관찰하였다. 식염의 첨가와 가열속도의 증가는 상전이온도를 낮추는 효과를 나타내었다. 변형력 완화시험에서 true strain 0.105~0.693 범위, cross head speed 50~250 mm/min 범위에서 이들 젤들은 선형점탄성을 나타내었다[41]. 생선단백질을 90°C까지 직접가열하는 것보다 4°C와 40°C에서 전처리할때 젤의 탄성계수가 증가하였다. 가공조건을 달리한 생선 단백질 젤의 압착시험결과와 초음파를 이용한 왕복주행시간(residual delay time) 간에는 역상관관계가 성립되었다[42]. 따라서 생선 단백질 젤의 조직감 측정을 위한 비파괴시험의 가능성을 제시하였다.

5.3. 식물 세포조직

과일이나 채소와 같은 식물의 세포조직은 결정구조를 가진 세물로드로된 세포벽과 그속에 가득찬 점성 액체인 세포원형질로 구성된 대표적인 점탄성 물질이다. 유 등[43]은 과채류의 생체조직에 대한 변형력 완화시험에서 일반화된 선형모델을 제시하였다.

$$F(0)^n/[F(0) - F(t)] = k_1 + k_2t$$

여기서 F(0)는 초기압착력, F(t)는 시간 t이후 소산된 힘, k₁, k₂, n은 상수이다.

이 등[44]은 무우를 염절입할 때 조직내에 침투하는 소금의 확산정도에 따라 압착변형에 대한 변형력 완화곡선의 변화를 관찰하였다. 식염농도와 온도가 증가할수록 순간 변형력과 점탄성 지표 값들은 감소하였다. 정 등[45]은 통마늘과 깎마늘에 염화칼슘을 첨가하여 숙성시킬 때 마늘장아찌의 성분변화와 조직감 변화를 비교한 결과, 염화칼슘의 첨가가 마늘의 경도를 강화시키는 것으로 보고하였다.

김[46]은 쌀의 침지온도 및 시간에 따른 수분흡수양상을 조사하고 쌀의 침지조건에 따른 취반후의 밥의 조직감 변화를 관찰한 결과, 수분흡수는 30분(23°C)-60분(4°C)내에 완료 되었으며, 흡수시간에 따라 밥의 경도(Hardness)는 감소하고 점착성(Stickiness)은 증가하여 S/H값은 증가

하였다. 수침시간과 온도를 조절함으로써 최적맛을 내는 밥의 S/H 범위(0.15~0.20)에 도달할수 있었다. 이 등[47]은 전기보온밥솥에 보온한 쌀밥의 품질열화 현상을 조직감 측정, 색도 측정, 관능검사법 등으로 관찰하였다. 김 등[48]은 세 품종의 쌀에 셀룰로스 가수분해효소를 처리하였을 때 밥의 경도에 미치는 영향을 조사하였다. 효소처리에 의하여 쌀가루의 팽윤력과 수용성은 크게 증가되었으며 밥의 경도는 크게 감소하였다.

이 등[49]은 쌀전분 호화액의 점도를 낮춰 쌀 이유식의 영양농도를 높이기 위한 목적으로 쌀가루를 압출조리하는 과정에 내열성 아밀라제를 첨가하여 extruder를 생물반응기로 사용하는 연구를 수행하였다. 내열성 효소 Termamyl 또는 BAN을 첨가하여 압출조리할 경우 압출 호화된 쌀가루의 점도는 효소를 사용하지 않은 압출미분의 1/200로 감소되었다. 이로써 쌀 이유식의 고형분 함량을 1.8배 증가시킬수 있었다.

6. 맺는말

식품유변학에 관한 국내 연구동향을 돌이켜 보면 공학적인 응용연구보다는 조직감 측정이나 물성학적 현상을 규명하는 연구가 주로 이루어 졌음을 알수 있다. 조직감과 유변성은 식품의 품질을 결정하는 중요한 요소이므로 이들에 대한 광범위한 연구가 필요하다. 한국인은 음식의 조직감에 대하여 민감한 특징을 가지고 있다. 나물무침을 만들때 살짝 데쳐내어 아삭아삭한 조직감을 유지하게 한다거나, 생채보다 더 즙액이 풍부한 김치를 좋아하고, 연한 고기보다는 갈빗살을 즐겨 먹는 등, 한국인의 조직감 기호도는 가까운 일본이나 미국, 유럽과도 커다란 차이를 보이고 있다. 한국음식의 이러한 조직감 특성을 규명하고 기계적인 측정 방법을 고안해 내는 연구는 한국음식의 산업화와 품질관리를 위하여 대단히 가치있는 일이다.

이러한 연구는 최근 발전하고 있는 생명공학의 생물 고분자 이용 분야에도 활용될 수 있으므로 그 중요성이 더욱 강조되고 있다. 전분이나 단백질 고분자의 물성은 식품 가공뿐만 아니라, 생분해성 필름이나 플라스틱 제품 생산에 이용되며, 인조장기(artificial organ)의 개발에도 필수적인 지식이다. 따라서 식품유변학은 앞으로 화학이나 의공학분야와 협동 연구를 수행해야할 경우가 많아질 것으로 보인다.

참고문헌

1. 이철호, 채수규, 이진근, 박봉상: 식품공업품질관리론, 유림문화사 (1984).
2. 이철호, 김철원: 한국 재래식 국수류의 유체변형성에 관한 연구, 제 1보. 밀국수와 냉면국수의 점탄성, 제 2보. 삶음시간과 저장기간에 따른 기계적 모델 상수들의 변화, 제 3보. 기계적 모델과

- 라메터와 관능적 품질평가와의 상관관계, 한국식품과학회지, **15(2)** 183, **15(3)** 295, **15(3)** 302 (1983).
3. 이부용, 이창호, 이철호: 전분반죽의 점도에 미치는 수분함량의 영향, 한국식품과학회지, **27(4)**, 582 (1995).
 4. Scott-Blair, G. W.: Survey of the rheological studies of food materials, in Theory, Determination and Control of Physical Properties of Food Materials, ed. ChoKyun Rha, D. Reidel Publishing Co., Boston, p. 3-6 (1975).
 5. 이영화, 이관영, 이서래: Texturometer에 의한 정상별 식품군의 Texture 특성, 한국식품과학회지 **6(1)**, 42-54 (1974)
 6. 김성곤, 한태룡, 권태완, B. L. D'Appolonia: 메밀전분의 이화학적 성질에 관한 연구, 한국식품과학회지, **9(2)**, 138-143 (1977).
 7. 김성곤, 변유량: 실온 및 고온저장시 쌀밥의 노화속도, 한국식품과학회지, **14(1)**, 80-81 (1982).
 8. 김성곤, 한태룡, 이양희, 비 엘 디포로니아: 통일 및 팔달 쌀전분의 이화학적 성질에 관한 연구, 한국식품과학회지, **10(2)**, 157-161 (1978).
 9. 변시명, 김철진: 대두박에서 추출한 분리대두단백의 식품학적 성질, 한국식품과학회지, **9(2)**, 123-130 (1977).
 10. 변유량, 이신영, 이상규, 유주현, 권윤중: 고추장의 유동특성에 관한 연구, 한국식품과학회지, **12(1)**, 18-23 (1980).
 11. 신애자, 김동훈: 가열산화중의 콩기름의 유동학적 연구, 한국식품과학회지, **17(3)**, 141-145 (1985).
 12. 이철호, 김찬식, 오성훈: 대두와 루우핀콩의 수분침투속도와 가열에 의한 조직연화속도, 고려대학교 농림논집, **25**, 179-188 (1985).
 13. 구성자: 도토리묵의 Rheological properties에 관한 연구, 대한가정과학회지, **22(1)**, 99-106.
 14. 이신영, 변유량, 조형용, 유주현, 이상규: 쌀전분의 현탁액과 호화액의 유동거동, 한국식품과학회지, **16(1)**, 29-36 (1984).
 15. 이철호, 임재각, 김재득, 이문화: Single-screw food extruder의 제작과 corn grits 팽화시의 기계적 성질과 제품 특성, 한국식품과학회지, **15(1)**, 392-398 (1983).
 16. 이철호: 식품유변학의 국내 연구현황, 유변학, **2(1)**, 1 (1990).
 17. 이세은, 이부용, 지재순, 김동만, 김길환: 무우주스 농축액의 rheological properties, 한국식품과학회지, **24(3)**, 261-265 (1992).
 18. 이부용, 김홍만, 김철진, 박무현: 구기자 및 혼합구기자 열수 추출 농축액의 리올로지적 특성, 한국식품과학회지, **24(6)**, 597-602 (1992).
 19. 최희돈, 김경탁, 홍희도, 이부용, 김성수: 배주스 농축액의 리올로지 특성, 한국식품과학회지, **27(6)**, 845-851 (1995).
 20. 이부용, 이영철, 김홍만, 김철진, 박무현: 마 전분 호화액의 리올로지 특성, 한국식품과학회지, **24(6)**, 619-622 (1992).
 21. 김주봉, 이신영, 김성곤: 옥수수 전분 호화액의 리올로지 특성, 한국식품과학회지, **24(1)**, 54-58 (1992).
 22. 이철원, 황응수, 이신영, 변유량: 된장 현탁액의 리올로지적 성질, 한국식품과학회지, **22(2)**, 111-115 (1990).
 23. 이신영, 김진영, 심창섭: 알카리 내성 *Bacillus* sp.가 생산하는 생물고분자의 리올로지적 성질, 한국식품과학회지, **28(3)**, 538-544 (1996).
 24. 엄성신, 유지창, 고영태: 전분의 첨가가 호상요구르트에서 젖산균의 산생성과 요구르트의 품질에 미치는 영향, 한국식품과학회지, **25(6)**, 747-752 (1993).
 25. 오세종, 심재현, 허재관, 신정걸, 김상교, 백영진: 기계적 특성에 의한 호상요구르트의 관능 특성 예측, 한국식품과학회지, **25(6)**, 620-625 (1993).
 26. 천정아, 송은순: 저지방 마요네즈의 물성과 관능적 특성, 한국식품과학회지, **27(6)**, 839-844 (1995).
 27. 김미옥, 차희숙, 구성자: 보리 b-Glucan [mixed-linked (1-3),(1-4)-b-D-Glucan]의 리올로지 특성, 한국식품과학회지, **25(1)**, 15-21 (1993).
 28. 박찬경, 황인경: 응고제 양 및 phytic acid 첨가가 두부의 칼슘, 인 함량과 물성에 미치는 효과, 한국식품과학회지, **25(4)**, 355-358 (1994).
 29. 한진숙, 황인경: 효소처리된 대두단백질의 기능특성과 두부의 품질에 미치는 영향, 한국식품과학회지, **24(3)**, 294-299 (1992).
 30. 김학정, 김병용, 김명환: 제조조건에 따른 두부의 물성 연구, 한국식품과학회지, **27(3)**, 324-328 (1995).
 31. 백상호, 김명곤, 윤세억, 주현규: 대두의 동결처리에 의한 두부의 텍스처 특성의 증진, 한국식품과학회지, **28(2)**, 267-272 (1996).
 32. 김경탁, 임지순, 김성수: 인삼첨가 두부의 물리적 관능적 특성에 미치는 인삼첨가량, 첨가방법 및 응고제의 영향연구, 한국식품과학회지, **28(5)**, 965-969 (1996).
 33. 박혜진, 고영수, 최희숙, 김우정: 콩묵제조시 가수량, 교반시간 및 Ca염의 양이 텍스처 특성에 미치는 영향, 한국식품과학회지, **27(3)**, 329-335 (1995).
 34. 최희숙, 박혜진, 김우정: Alginate와 pectin 첨가에 의한 콩묵의 텍스처 특성, 한국식품과학회지, **27(3)**, 336-341 (1995).
 35. 권미라, 신말식, 안승요: 두류 전분의 노화 및 저장 중 겔 특성, 한국식품과학회지, **25(6)**, 742-746 (1993).
 36. 권미라, 안승요: 가열온도가 두류전분의 가용성 탄수화물의 용출양상과 전분겔 특성에 미치는 영향, 한국식품과학회지, **25(6)**, 698-702 (1993).
 37. 권미라, 정동선, 박관화: Maltogenic amylase를 이용한 고구마 전분겔의 텍스처 특성 변화. 한국식품과학회지, **25(6)**, 649-654 (1993).
 38. 이상금, 신말식: 첨가물질을 달리한 혼합전분겔의 텍스처 특성, 한국식품과학회지, **27(6)**, 928-933 (1995).
 39. 정구민: 썩이 쌀가루의 이화학적 성질, 페이스트, 겔에 미치는 영향, 한국식품과학회지, **25(6)**, 626-631 (1993).
 40. 박성진, 김병용: 생선단백질의 열안정성과 조직형성속도에 공정조건이 미치는 영향, 한국식품과학회지, **24(5)**, 463-469 (1992).
 41. 강병선, 김병용, 이재관: 열처리 공정에 따른 생선단백질의 물성 연구, 한국식품과학회지, **25(2)**, 103-109 (1994).
 42. 윤원병, 김병용, 김명환: 초음파를 이용한 단백질 식품겔의 물성변화의 예측에 관한 연구, 한국식품과학회지, **25(6)**, 632-636 (1993).
 43. 유명식, 송우진, 노영태, 변유량: 과일 및 채소의 응력완화 직선화 모델, 한국식품과학회지, **24(3)**, 226-231 (1992).
 44. 이승인, 김병용, 조재선: 염농도의 확산에 따른 무의 물성학적 특성의 예측 model에 관한 연구, 한국식품과학회지, **24(4)**, 335-340 (1992).
 45. 정애련, 고무석: 마늘장아찌 숙성 중 텍스처 특성의 변화, 한국식품과학회지, **25(6)**, 596-601 (1993).
 46. 김명환: 쌀의 침지조건이 취반후 조직감에 미치는 영향, 한국식품과학회지, **24(5)**, 511-514 (1992).
 47. 이영주, 민봉기, 신명곤, 성내경, 김광옥: 전기보온밥솥으로 보온한 쌀밥의 관능적 특성, 한국식품과학회지, **25(5)**, 487-493 (1993).
 48. 김영경, 안승요: Cellulase 처리가 쌀의 이화학적 특성 및 밥의 텍스처 특성에 미치는 영향, 한국식품과학회지, **28(4)**, 720-729 (1996).
 49. 이강권, 김지용, 이철호: 압출조리를 이용한 쌀 이유식 제조에서 아밀라제 첨가가 물성변화에 미치는 효과, 한국식품과학회지, **26(6)**, 670-678 (1994).