

미세구조가 식품의 조직감에 미치는 영향 및 기기적 물성측정과 관능평가와의 관계

Microstructure-Texture Relationship in Food and Correlation between Instrumental Measurement and Sensory Evaluation

최 원 석

Won-Seok Choi

충주대학교 식품공학과

Department of Food Science & Technology, Chungju National University

1. 서론

조직감은 소비자가 식품을 선택하는데 있어 중요한 영향을 미치는 데, 사람들은 조직감의 변화에 기인한 식이에서 쾌락을 얻기 때문이며, 또한 이러한 조직감의 변화는 후각경로를 통해 향미특성에 영향을 미치기도 한다. 음료 등 극히 일부분의 식품을 제외하고 식품선택 시 조직감이 미치는 영향은 30% 이상이며, 특히 밥, 국수, 고기, 감자칩, celery 등 향기가 거의 없는 식품의 경우 조직감이 기호도에 미치는 영향은 절대적이라 할 수 있고, 과실류, 야채나 빵 등의 경우에도 조직감이 기호도에 미치는 영향력은 매우 크다(1). 더불어, 고령화사회의 확대에 의한 뇌질환 환자의 증가로 인해 음식물을 씹거나 삼키는데에 문제가 있는 삼킴장애 환자들도 급격히 증가하는 추세이며, 따라서 식품에서의 조직감의 중요성이 크게 강조되어지고 있다(2,3).

표 1은 앞서 언급한 식품의 총기호도에 있어 조직감이 미치는 영향이 매우 큰 밥, 국수 및 김치를 대상으로 이들 식품품질에 미치는 주요 조직감요소를 언급한 것이다.

1. 식품의 품질과 조직감

물성학이란 물질의 흐름(flow)과 변형(deformation)을 연구하는 학문이라 정의한다(4). 즉 물질의 성질을 연구하는 학문이며, 또한 물성이라 단어는 화학 및 물리분야에서 주로 사용되어왔다. 한편 물성학과 조직감(texture)이란 말을 혼동하는 경우가 간혹 있는데, 조직감이란 물성학에서의 물질의 성질 외에 인간이 식품에서 느끼는 심리적 개념과 생리적 개념을 포함한 보다 광범위한 개념이다. 따라서 조직감은 객관적인 물질의 물리화학적 요소와 이를 섭취할 때 사람이 느끼는 감각적 평가, 그리고 주관적 평가가 종합하여 느껴지는 감각이라 하겠다(5).

Corresponding author: Won-Seok Choi
Department of Food Science & Technology, Chungju National University
61 Daehak-ro, Jeungpyeong-gun, Chungbuk 369-701, Korea
Tel: +82-43-820-5249
Fax: +82-43-820-5240
e-mail: choiws@cjnu.ac.kr

표 1. 밥, 국수 및 김치의 품질에 영향을 미치는 주요 조직감 요소

종류	조직감 요소
밥	Hardness
	Brittle-gumminess
	Chewiness
	Springiness
	Adhesiveness
	Particle size & shape
	Moisture content
	Fat content
국수	Hardness
	Chewiness
	Springiness
	Particle size & shape
김치	Hardness
	Brittle-gumminess
	Chewiness
	Springiness
	Particle shape & orientation

자료 : 이철호 외, 1999.

식품의 품질은 식품의 특성을 결정하는 성분과 소비자의 기호 정도에 따라 결정된다. 보통 양적가치(무게, 부피, 갯수 및 성분함량 등), 질적가치(화학적 조성, 영양소의 질과 효율, 불순물 혼입 정도, 독성 유해물질 함유, 첨가물의 사용 및 유해미생물 유무 등), 관능가치(외관, 모양, 향미, 조직감 등) 등이 고려 대상이다. 식품의 기호도는 향미, 조직감, 외관, 소리, 온도 등의 몇 가지 관능적 특성에 의해 큰 영향을 받는데, 이중 특히 향미와 조직감은 매우 중요한 요소이다(2). 더불어 현재 유사 또는 동일한 품목에서 식품 품질을 비교할 경우, 양적 및 질적 측면에서는 커다란 차이가 없는 경우가 대부분이다. 따라서 소비자들이 식품의 품질에 대해 언급할 때, 관능적 측면에 의해 판단하는 경우가 많아 이들 관능적 요소들이 식품의 품질측면에서 차지하고 있는 비중이 크게 확대되고 있다.

한편, 고체식품의 조직감은 액체식품의 조직감보다 더 중요한데, 이는

- (1) 고체식품의 구조적, 기하학적 및 표면적 특성이 씹는 과정 중에 액체식품보다 더 변화될 수 있으며,
- (2) 액체식품보다 고체식품이 입안에서 머무는 시간이 더 길며,
- (3) 인간은 점성보다는 탄성의 변화에 더 민감하기 때문이다(2).

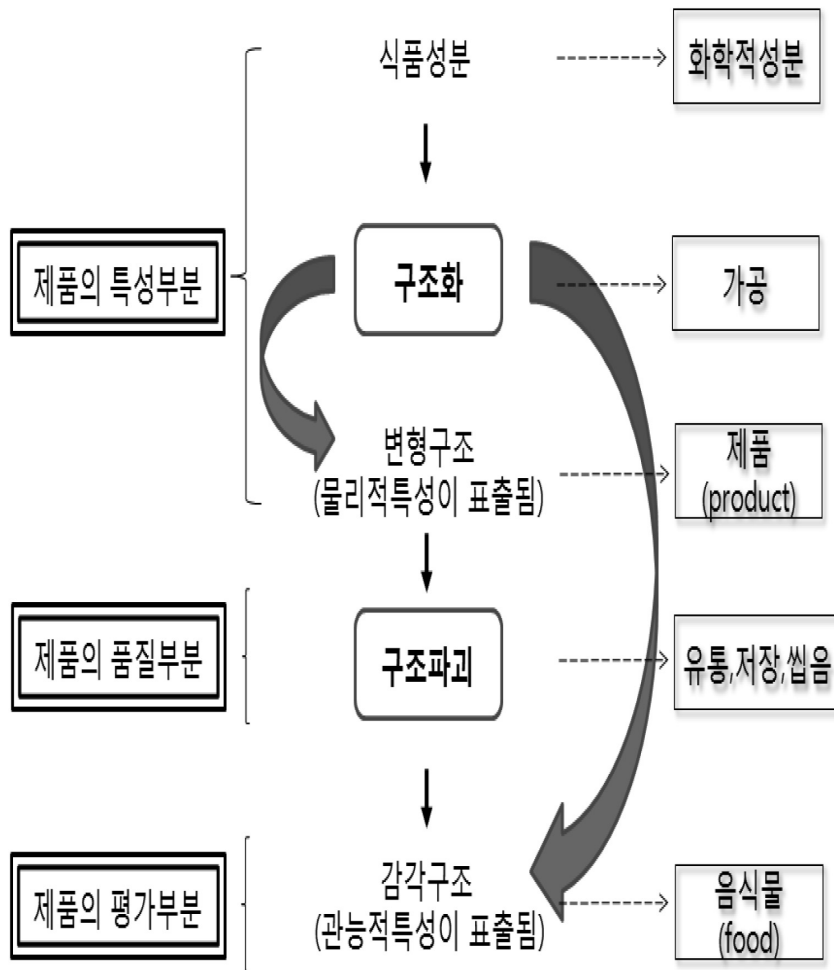
II. 본론

I. 식품의 조직감에 영향을 미치는 미세구조 (microstructure)

식품 제조 및 가공의 발전을 위해서, 더불어 식품의 특성을 보다 잘 이해하기 위해서는 “구조(structure)”에 대한 깊은 연구가 필요하다. 식품 가공산업에 있어, 식품의 구조를 변경하는 것은 매우 중요한 작업이다. 유사한 화학적 조성을 가지고 있는 식품이 가공과정에서의 구조변경을 통해 완전히 다른 기계적 행동을 보여줄 수도 있다. 이 구조변경 작업을 통해 원료는 정제되고 이어 열, 물질 전달 및 운동량전달을 포함한 단위조작을 거쳐 제품으로 변형된다. 식품가공을 위해 재료의 크기를 감소시키는 계획적 구조 파괴과정은 아주 흔한 경우이며, 영양분을 전달하고 식품의 안전성을 향상시키기 위해 구조를 창조하는 것 또한 이시대의 식품산업에서 주요한 임무중 하나이다. 대부분의 경우, 식품성분과 영양성분들의 변화를 통해 새로운 식품을 개발하고 품질을 향상시키는 일은 소비자에 흥미를 불러일으키는 새로운 matrices를 창조하는 과정이며, 이는 결과적으로 조직감에 영향을 미친다. “식품의 구조”를 형성하는 주요 성분중 하나는 공기와 수분이며, 식품 및 생물재료의 추출작업 등에서 나타나는 물질수송현상 또한 구조에 매우 큰 영향을 받는다. 한편, 천연식품에서의 구조 변경은 조직감, 향미 및 영양성분의 특성과 유지에 좋지 않은 결과를 제공할 수 있기에, 사후 동물조직과 수확 후 식물재료의 구조를 보존하는 것 또한 매우 중요하다 하겠다.

식품 구조와 성분들 간의 상호작용에 의해 식품의 특성(property)이 나타난다. 식품에 있어서 미세구조에 대한 연구는 구조-특성의 상호관계를 이해하며, 입안에서 인지되는 특성들과 이와 관련된 구조를 추론하는데 필수적이다(그림 1).

가공식품에서 식품의 기능성은 대략 0.01 ~ 100 μm 의 미세적 구조에 기인하며, 이들 구조는 조직감 특성 및 입안에서의 감각적 지각에도 영향을 준다(6). 지방구, 전분입자, 세포벽과 막, air cell, 결정 및 gel networks 등과 같이 식품에 여러 가지 특성을 부여하며, 제조 및 가공에 있어 큰 영향을 미치는 요소들을 관찰하는 것과 이들 구조를 형상화하는 것은 매우 중요하다. 이를 위해 비침투



자료 : Aguilera JM, 2000.

그림 1. 미세구조가 식품변형 및 구조특성에 미치는 영향

및 실시간 현미경, 시각화장치와 화상분석기술들이 커다란 도움을 주고 있다. Confocal laser scanning 현미경은 높은 3차원 분해능을 가지고 있으며, 생물체로의 최소한의 침투를 통해 이들 실체를 볼 수 있는 장치이다. 식품 내부의 구조형성에 대한 주요기작을 이해함에 있어 이러한 현미경적 기술의 도움이 절실하며, 다른 실험 자료(rheology 혹은 DSC) 들에 의해 부족한 부분이 보충되어지기도 한다. 이러한 구조적 자료에 관한 해석 작업 이후, 구조 변화가 식품에 어떠한 특성을 제공하는지 예상할 수 있는 수학적 모델이 만들어 질 수 있을 것이다.

대부분의 복합 액상식품들은 two-phase liquid system(emulsion), biopolymer 용액 및 particle suspension 등과 같은 비뉴턴 유체이다. 한편 이들 유체식품은 흐름의 조건과 시간에 따라 변화하는 구조를 갖고 있는데, 이 구조가 식품의 물성에 큰 영향을 주게 된다. 구조 모델은 물성학에서 점차 그 중요성이 증대되고 있으며, 수학적 모델을 유추하는데 있어, 흐름과정에서의 물성학적 자료들 뿐만 아니라 분자 또는 초분자 수준에서의 구조 관찰 또한 필요하다. 이러한 구조관찰은 formulation 과 성분의 대체뿐만 아니라 액상식품개발 및 품질 향상에 매우 중요

한 역할을 할 것이다.

2. 기기적 물성측정방법 및 경험적 방법으로 물성측정 시 주의사항

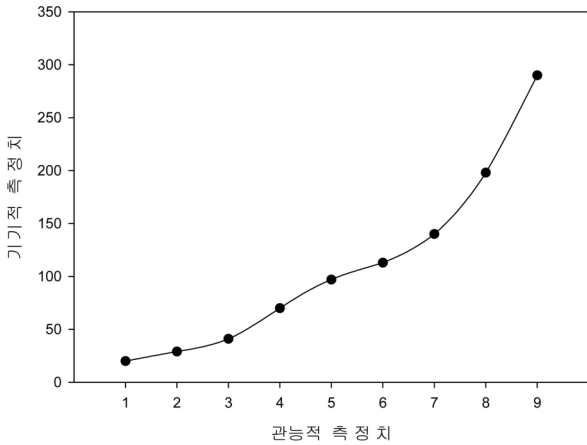
기기를 통한 식품의 물성 측정방법은 크게 세 가지로 분류할 수 있는데, 경험적(empirical)방법, 모방적(imitative)방법, 기본적(fundamental)방법이 그것이다. 경험적 물성측정방법(예; kramer shear press 등)의 경우 빠르고, 수행하기에 용이하며, 관능적 측정 방법과 상관성이 높아, 주로 일상적이며 반복적인 품질관리 과정에 적합하나 이 방법을 통해 측정된 결과를 다른 시스템에서 활용하기는 어려워 주로 “일회성” 측정에 사용된다. 모방적 방법(예; denturometer 등)의 경우 사람의 씹는 과정을 모방한 측정방법이기에 관능적 측정방법과 매우 유사한 결과를 보여줄 수 있으나, 일반적으로 측정시료의 크기를 씹을 수 있는 정도의 크기로 제한하며, 일상적이며 반복적인 작업 과정에서 활용하기에는 적합하지 않은 단점을 갖고 있다(7,8). 기본적 측정방법(예; dynamic test 등)은 앞서 언급했던 경험적, 모방적 방법과는 달리 측정하고자 하는 시료의 물성에 관한 기초적 정보(분자상태의 변화 등)수집이 가능하고, 수집한 자료를 다른 시스템에서도 활용 가능한 반면에, 이 방법을 통해 얻어진 자료는 관능적 측정 방법에 의해 얻어진 자료와 연관성을 맺기가 매우 어렵고, 측정시간 또한 상대적으로 오래 걸린다는 단점을 가지고 있다(8).

경험적 방법과 모방적 물성측정방법의 경우 측정하고자 하는 시료의 내부구조를 파괴할 정도의 힘을 준 후, 이에 따른 시료의 변형에 대한 정보를 획득함에 주 관심을 두는데, 이를 large strain(deformation) test라 한다. 이러한 시험은 시료에 작용하는 힘의 방향에 따라 수직방향으로 누르는 ①압축(compression)시험, 당기는 ②인장(tension)시험, 수평방향으로 작용하는 ③전단(shear)시험 및 뒤틀리는 ④뒤틀림(torsion)시험 등으로 구분할 수 있다. 이들 중 압축이 식품에서 가장 많이 사용되는 물성측정방법이며, 인장은 시료내부의 응집성 또는 견뎌내는 힘(strength)을 파악하고자 할 때, 전단은 주로 식품 내 섬유질의 유무 판단 시에 사용하며, 절단(cutting)시 전단력이 발생하게 된다. 한편 뒤틀림과 굽힘(bending) 실험에서는 압축과 인장 및 전단이 모두 작용하게 된다.

압축실험에 대해 좀 더 구체적으로 살펴보면, 식품시료 내부의 결합정도 혹은 시료 내 수분 함유정도 등을 알 수 있는 ①파괴(failure)실험, 시료표면의 굳기(firmness)를 알 수 있는 ②비파괴(non-failure)실험과 압축 또는 인장 등을 반복하여 시료의 탄성정도를 알 수 있는 ③반복(cycle) 실험 및 사람의 씹는 과정을 모방한, 식품의 압축실험 중 가장 대표적으로 사용되고 있는 ④texture profile analysis(TPA) 실험 등이 있다. TPA 실험 시, 특히 측정시료의 크기 및 모양이 동일해야함에 유의해야 하며, 시료표면의 수분 또는 유분함유도와 온도 등의 조건이 기급적 동일한 상태로 측정해야 정확한 자료를 얻을 수 있다. 압축과 거의 유사하나 시료의 크기보다 압축하는 탐침(probe)이 상대적으로 매우 작은 경우 이를 압축실험과 구분하여 침투실험(penetration)실험이라 한다. 침투실험에서는 시료가 균일(homogeneous)하여야 하며, 또한 탐침의 모양에 따라 그 결과가 크게 달라질 수 있음에 유의하여야 한다.

기본적 물성측정방법의 경우 시료내부구조의 파괴가 아닌 파괴 전까지, 즉 탄성한계(elastic limit)까지의 힘을 준 후, 이에 대한 반응에 주 관심을 가지며, 이를 small strain(deformation) test라 한다. 앞서 언급한 바와 같이 기본적 측정방법의 경우 측정시료의 물성에 관한 기초적 정보를 획득할 수 있는 반면에 관능적 측정결과와는 연관성이 크지 않다는 단점을 가지고 있다. ①정적(static) 측정법과 ②동적(dynamic) 측정법으로 구분되며, 정적측정법에는 대표적으로 creep test와 stress relaxation test가 있다(9). Creep test와 stress relaxation test 모두 점성과 탄성성질을 함께 갖고 있는 점탄성시료를 점성성분과 탄성성분으로 분리하여 측정하는 실험으로, creep test는 시료에 일정한 stress를 가한 후 변형(strain)이 어떻게 진행되는가를 측정하는 반면에, stress relaxation test의 경우 이와 반대로 일정한 변형을 일으킨 후, 이 변형을 그대로 유지하기 위한 stress의 변화를 측정하는 실험이다. Stress relaxation test의 경우 탄성한계내의 작은 변형을 정확하게 유지하는 것이 실험의 핵심이기 때문에 장치가 다소 복잡하며, 따라서 기기가 상대적으로 비싸 정적측정은 주로 creep test로 실시하는 경우가 많다.

동적측정법은 1초 이하의 주기적인 고진동 stress(또는 strain)를 시료에 준 후 이에 대한 시료의 반응을 관찰하는 실험이다. 이 역시 정적측정법과 마찬가지로 시료의 점탄성성질을 탄성성분(storage modulus)과 점성성분(loss



자료 : DeMan JM et al., 1976.

그림 2. 기기적 측정값과 관능적 측정값 사이의 상관성(경도)

modulus)으로 분리하여 분석하며, 일반적으로 젤화(gelation) 과정에서 단백질이 sol에서 gel로 변화하는 것과 같은, 온도변화에 의한 중합체의 상전이 등의 물성변화를 측정하는 데 유용하게 사용된다.

한편, 경험적 또는 모방적 물성측정 시 유념해야 할 점은 기기적 측정치와 관능적 측정치와의 상관성이다. 간혹 경험적 또는 모방적 물성측정의 의미를 간과하고 실험의 객관성에만 지나치게 의미를 부여하여, 관능적으로는 차이가 거의 없음에도 불구하고 지나치게 민감한 조건으로 기기적(경험적 또는 모방적) 실험을 수행함으로써 시료간의 차이가 매우 크게 난 자료를 의미 있게 해석하여 학회지에 발표하는 경우를 보게 된다. 앞서 이미 언급한 바, 모방적 혹은 경험적 실험은 사람이 동일 시료를 평가함에 있어, 심리상태나 환경에 따라 다른 평가를 내리는 등의 주관적 판단을 염려하여, 사람의 씹는 과정을 모방하였거나 경험을 바탕으로, 기기 또는 장치를 사용하여 동일한 시료의 경우 동일한 객관적 측정값을 얻기 위한 실험이다. 따라서 측정감도를 지나치게 민감하게 또는 둔감하게 설정할 경우 관능적으로 시료 간 차이를 느끼지 못하거나 차이를 느낀 경우에도 오히려 기기적 측정에서는 시료 간 차이가 크게 혹은 작게 나타나는 반대의 결과가 발생할 수 있다. 특히 기기의 측정감도를 지나치게 민감하게 설정할 경우, 관능적으로는 차이가 없음에도 불구하고 기기적 측정값만의 변화를 바탕으로 마치 어떠한 처리로 인해

시료간의 차이가 매우 크게 발생한 것처럼 잘못된 정보를 제공하는 경우를 심심치 않게 발견하곤 한다. 따라서 경험적 또는 모방적 물성측정 실험을 할 경우에는 기기적 측정값만이 주는 의미는 절대적이지 않으며, 측정조건들(시료의 모양과 크기, 탐침의 모양과 크기, 변형율, 탐침 이동속도 등)을 달리하면서 측정된 결과들을 관능적 평가 결과와 비교하여 가장 상관관계가 높은 측정조건을 수립한 후 측정하는 것이 매우 중요함을 유념해야 할 것이다.

그림 2는 관능평가 측정값과 기기적(모방적) 물성 측정값(경도)과의 상관성을 언급한 것이다(7). 전반부 낮은 관능평가 측정값(x축, 3 이하)에서는 관능평가에서의 차이에 비해 기기적 측정(y축)에서는 차이가 상대적으로 약한 것(기울기가 낮음)으로 평가하고 있으며, 반면에 후반부 관능평가 측정값(x축, 7 이상)에서는 관능적 평가차이에 비해 기기적 측정값의 차이가 상대적으로 매우 큼(기울기가 높음)을 보여주고 있다. 따라서 기기적 측정조건을 잘 조절하여 관능적 민감도와 기기적 민감도가 유사한 수준에서 기기적 실험을 해야 모방적 혹은 경험적 실험을 통해 얻을 수 있는 자료를 왜곡되지 않고 정확하게 제공 받을 수 있을 것이다.

표 2과 3은 시판 계맛살들 사이의 조직감 차이 및 어묵과의 조직감 차이를 TPA 실험을 통해 확인해보고자 탐침 크기(Φ 12.5 & 24.6 mm), 변형율(60, 70, 80%) 및 탐침이동속도(0.8 & 2.4 mm/sec)을 달리하면서 실험한 결과를 나타낸 자료들이다(10). 이들 표에서 보는바와 같이 TPA 실험조건이 달라지면서 경도, 응집성, 탄성 및 씹힘성이 달라지는 것을 알 수 있다. 따라서 반드시 이들 결과와 관능검사결과와의 상관관계를 조사한 후, 상관성이 높은 기기적 측정조건을 선택하여 그 조건으로 모방적 물성측정을 해야만 의미 있는 자료의 얻을 수 있을 것이다. 표 4은 표 2와 3에서의 TPA 실험결과와 관능검사결과와의 상관관계를 살펴본 자료이다. 탐침의 크기는 직경 24.6 mm에서 관능검사결과와 상대적으로 높은 상관관계를 나타내었으며, 변형율은 60%에서 비교적 높은 상관관계를 보였고, 탐침이동속도는 2.4 mm/sec 조건에서 상대적으로 높은 상관관계를 나타내었다. 따라서, 제한된 실험조건 내에서 시판 계맛살의 조직감 측정을 위해 TPA 실험을 할 경우, 직경이 24.6 mm인 탐침으로, 탐침이동속도 2.4 mm/sec 및 변형율 60%의 조건으로 측정하는 것이 가장 바람직하다 하겠다.

표 2. 탐침이동속도 0.8 mm/sec 조건에서 변형률과 탐침크기를 달리하여 Texture Analyser로 측정된 게맛살과 어묵의 조직감 특성값

TPA 변수	변형률 (%)	게맛살										어묵							
		평균					A ²⁾					평균			F				
		φ24.6					φ12.5					φ24.6			φ12.5				
경도(kg)	60	1.11±0.24 ¹⁾	1.52±0.44	1.03	0.77	1.11	1.22	1.43	1.36	0.91	1.52	1.73	2.09	2.06±0.32	2.90±0.46	1.83	2.28	2.57	3.22
	70	1.32±0.42	2.25±0.68	1.06	0.85	1.23	1.35	2.09	1.66	1.57	2.41	2.38	3.24	3.17±0.28	5.02±1.03	2.97	3.37	4.29	5.75
	80	1.76±0.45	4.93±0.77	1.86	1.35	1.58	1.53	2.50	4.24	4.07	5.45	5.01	5.86	5.24±0.04	1	0.6±1.72	5.27	5.21	9.40
응집성	60	0.33±0.06	0.38±0.07	0.36	0.24	0.39	0.31	0.36	0.36	0.24	0.39	0.31	0.36	0.63±0.16	0.63±0.17	0.51	0.74	0.51	0.75
	70	0.27±0.08	0.34±0.08	0.26	0.18	0.29	0.24	0.36	0.26	0.18	0.29	0.24	0.36	0.59±0.19	0.61±0.16	0.45	0.72	0.50	0.72
	80	0.20±0.03	0.32±0.06	0.19	0.16	0.19	0.20	0.25	0.19	0.16	0.19	0.20	0.25	0.48±0.07	0.53±0.16	0.43	0.53	0.41	0.64
탄력성	60	0.79±0.02	0.73±0.07	0.78	0.76	0.79	0.81	0.82	0.78	0.76	0.79	0.81	0.82	0.91±0.03	0.90±0.00	0.89	0.93	0.90	0.90
	70	0.75±0.07	0.69±0.09	0.69	0.67	0.79	0.79	0.82	0.69	0.67	0.79	0.79	0.82	0.90±0.02	0.86±0.00	0.88	0.91	0.86	0.86
	80	0.68±0.14	0.59±0.07	0.63	0.47	0.81	0.75	0.76	0.63	0.47	0.81	0.75	0.76	0.86±0.01	0.82±0.01	0.85	0.86	0.81	0.83
섬합성(kg)	60	0.31±0.11	0.45±0.21	0.28	0.14	0.35	0.31	0.45	0.28	0.14	0.35	0.31	0.45	1.21±0.52	1.68±0.70	0.84	1.57	1.18	2.17
	70	0.29±0.19	0.58±0.33	0.19	0.10	0.28	0.25	0.61	0.19	0.10	0.28	0.25	0.61	1.70±0.71	2.68±1.23	1.19	2.20	1.81	3.55
	80	0.25±0.15	0.97±0.44	0.19	0.09	0.24	0.23	0.49	0.19	0.09	0.24	0.23	0.49	2.13±0.26	4.76±2.26	1.94	2.31	3.16	6.36

¹⁾평균 ± 표준편차, ²⁾계조회사, ³⁾탐침직경(mm)

자료: 최원석 이철호, 1998.

표 3. 탐침이동속도 2.4 mm/sec 조건에서 변형률과 탐침크기를 달리하여 Texture Analyser로 측정된 게맛살과 어묵의 조직감 특성값

TPA 변수	변형률 (%)	게맛살										어묵							
		평균					A ²⁾					평균			F				
		φ24.6					φ12.5					φ24.6			φ12.5				
경도(kg)	60	1.26±0.18	1.85±0.29	1.24	1.08	1.28	1.56	1.16	2.17	1.40	1.82	1.87	2.00	2.24±0.29	3.19±0.48	2.03	2.44	2.85	3.53
	70	1.50±0.27	2.98±0.31	1.45	1.14	1.86	1.42	1.64	2.92	2.36	3.07	2.99	3.11	3.55±0.39	5.55±1.22	3.27	3.82	4.69	6.41
	80	1.83±0.37	4.98±0.72	1.72	1.37	2.05	1.66	2.34	4.42	4.46	6.17	5.09	4.75	5.45±0.78	11.01±1.71	4.89	6.00	9.80	12.22
응집성	60	0.40±0.04	0.43±0.04	0.46	0.39	0.42	0.40	0.35	0.47	0.40	0.45	0.38	0.43	0.66±0.16	1.08±0.45	0.55	0.77	1.40	0.76
	70	0.30±0.06	0.37±0.02	0.35	0.23	0.36	0.25	0.32	0.36	0.36	0.40	0.35	0.38	0.60±0.14	0.63±0.13	0.50	0.70	0.53	0.72
	80	0.22±0.05	0.33±0.04	0.17	0.17	0.26	0.22	0.28	0.29	0.32	0.39	0.31	0.32	0.41±0.21	0.57±0.14	0.26	0.55	0.47	0.67
탄력성	60	0.79±0.04	0.80±0.05	0.78	0.73	0.82	0.82	0.80	0.82	0.72	0.83	0.78	0.83	0.96±0.06	0.90±0.01	0.91	1.00	0.89	0.91
	70	0.79±0.04	0.77±0.07	0.77	0.72	0.83	0.80	0.82	0.84	0.67	0.76	0.75	0.82	0.92±0.04	0.87±0.02	0.89	0.95	0.85	0.88
	80	0.76±0.05	0.63±0.04	0.72	0.71	0.81	0.83	0.75	0.60	0.62	0.62	0.70	0.59	0.89±0.05	0.83±0.03	0.85	0.92	0.81	0.85
섬합성(kg)	60	0.41±0.09	0.63±0.16	0.45	0.30	0.43	0.51	0.34	0.83	0.40	0.67	0.56	0.71	1.46±0.60	1.92±0.74	1.03	1.88	1.40	2.44
	70	0.37±0.15	0.83±0.16	0.38	0.19	0.56	0.26	0.44	0.89	0.56	0.93	0.82	0.97	1.99±0.78	3.09±1.39	1.44	2.54	2.10	4.07
	80	0.33±0.15	1.04±0.26	0.22	0.17	0.46	0.30	0.50	0.79	0.89	1.46	1.10	0.97	2.08±1.38	5.39±2.34	1.10	3.05	3.74	7.03

¹⁾평균 ± 표준편차, ²⁾계조회사, ³⁾탐침직경(mm)

자료: 최원석 이철호, 1998.

표 4. 기기적 측정치(TPA)와 관능적 측정치간의 상관관계

탐침이동속도 (mm/sec)	TPA 변수	변형율 (%)	상관계수		Probability(p)
			φ12.5	φ24.6	
0.8	경도(kg)	60	NS ¹⁾	NS	
		70	NS	NS	
		80	NS	NS	
	응집성	60	NS	NS	
		70	NS	NS	
		80	NS	NS	
	탄력성	60	NS	NS	
		70	NS	NS	
		80	NS	NS	
	씹힘성(kg)	60	NS	NS	
		70	NS	NS	
		80	NS	NS	
2.4	경도(kg)	60	NS	0.95	p < 0.01
		70	NS	NS	
		80	NS	NS	
	응집성	60	0.94	NS	p < 0.02
		70	NS	NS	
		80	NS	NS	
	탄력성	60	NS	0.80	p < 0.10
		70	NS	NS	
		80	NS	NS	
	씹힘성(kg)	60	NS	0.94	p < 0.02
		70	NS	NS	
		80	NS	NS	

¹⁾NS = correlation not significant

자료 : 최원석 이철호, 1998.

III. 결론

식품에 있어서 미세구조에 대한 연구는 구조-특성의 상호관계를 이해하며, 식품의 품질측면에서 그 중요도가 높아지고 있는 입안에서 인지되는 특성들, 즉 조직감에 대

한 이해를 높이기 위해서, 또한 이와 관련된 구조를 추론 하는데 매우 중요하며, 이를 위해서는 식품의 미세구조를 관찰하는 것과 이들 구조를 형상화하는 것이 필수적이라 하겠다. 한편 식품의 물성을 측정하기 위해 경험적(혹은 모방적) 방법을 이용할 경우, 기기적 측정치와 관능적 측정치간의 상관관계를 조사하여 상관성이 높은 기기적 측정조건을 확인한 다음, 이 측정조건으로 실험을 할 때, 비로소 왜곡되지 않고 정확한 경험적(혹은 모방적) 실험 자료를 제공 받을 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Nishinari K. New texture modifiers for foods, interactions among different food hydrocolloids and their potential of application. *Kagaku to Seibutsu* 34: 197-204 (1996)
2. Funami T. Next target for food hydrocolloid studies: Texture design of foods using hydrocolloid technology. *Food hydrocolloids* 25: 1904-1914 (2011)
3. 박석건, 현정근, 이성재. 산티그라피를 이용한 연하곤란증의 정량적 평가. *대한핵의학회지* 32: 276-289 (1998)
4. Bourne MC. Is rheology enough for food texture measurement? *J. Texture Studies* 6: 259-262 (1975)
5. 이철호, 채수규, 이진근, 고경희, 손혜숙. 식품평가 및 품질관리론. 유림문화사 경기도, 대한민국 (1999)
6. Aguilera JM. Microstructure and food product engineering. *Food Technology*. 54(11): 56-65 (2000)
7. DeMan JM, Voisey PW, Rasper VF, Stanley DW. Rheology and texture in food quality. The AVI Publishing Company, INC. Westport, Connecticut, USA (1976)
8. Bourne MC. Food texture and viscosity. Academic Press New York, USA (1982)
9. 이현규. 물성학의 중요성과 젤 식품의 물성측정법의 원리. *식품과학과 산업* 28: 6-12 (1995)
10. 최원석, 이철호. 압착시험 조건이 게맛살의 조직감 지표에 미치는 영향. *한국식품과학회지* 30: 1077-1084 (1998)