

Food Texture 연구에 관한 최근 동향

李 哲 鎭
高麗 大學校, 食品 工學科

Recent Trend in Food Texture Studies

Cherl Ho Lee

Department of Food Technology, Korea University

서 론

공업적 식품 생산이 대량 생산 체제로 되어감에 따라 종래의 회분식(batch) 제조 공업의 형태에서 연속적 자동 생산 형태로 변화 되어 가고 이에 따라 식품의 물리적 성질에 대한 지식이 날로 더욱 필요하게 되었다. 회분식 제조법에서는 A와 B 및 C의 재료를 섞어서 처리하면 D라는 제품이 나온다는 식의 화학적 혹은 미생물학적 지식이 주로 요구 되었으나 연속적 제조 공정에서는 이외에도 파이프 라인을 통해서 흐르는 물질의 특성 변화를 알아야 되며, 계속적으로 쏟아져 나오는 제품의 품질을 통제하는 기술이 필요한 것이다. 식품 물성학은 이러한 시대적 요구에 따라 현재 식품 과학에서 많은 연구가 진행 되고 있는 분야이다.

식품 물성학의 주류를 이루고 있는 이론은 "Rheology (유체 변형학)"이며 제조 공정을 위한 공학적 개념에서 다루는 물성학과 식품의 품질 관리면에서 논의되는 물성학으로 나눌 수 있다. 여기에서는 식품의 품질 관리면에서 다루는 물성학 중에서 특히 "Food Texture"에 관한 기본 개념과 최근의 연구 동향에 관하여 논하려 한다.

식품의 품질로서 Texture의 중요성

식품의 품질을 결정 짓는 요소를 크게 나누어 세가지로 볼 수 있는데 첫째로, 성분, 수율, 순무게, 건물량으로 표시되는 양적 요소를 들 수 있으며, 둘째로, 영양가, 위생성 혹은 독소 물질의 존재 여부등 눈에 보이지 않는 감추어진 요소를 들 수 있다. 셋째로, 관능적인 요소인데 우리들의 오관(五官)을 통하여 감지될 수 있는 품질 요소들인 것이다.

그림 1에서 보는 바와 같이 관능적 요소는 크게 세 가지로 나눌 수 있는데 겉모양(appearance)과 향미(flavor)와 조직(texture)으로 나눌 수 있다⁽¹⁾. 겉모양은 색채, 크기, 형태 등으로 알 수 있고, 향미는 맛과 냄새로 알 수 있으며, texture는 근육을 음적이거나, 피부의 감촉으로 알 수 있다. 이 세가지 요소는 서로 간에 분명한 한계를 그어 나눌 수 없으며, 상호 연관이 되어 있는데 식품의 점성이 묽고, 된것은 입속의 운동으로도 알 수 있지만 흐르는 상태를 눈으로서 확인할 수 있는 것과 같은 예이다. 입속에서 느끼는 감촉은 흔히 혀와 아귀의 운동과 식품의 향미 성분이 동시에 작용 함으로서 느껴진다. 많은 식품이 그 형태가 파손 됨으로서 향미가 변하게 되며 이는 또한 육안으로 감지될 수 있다. 식품의 관능적 품질을 결정 짓는 이

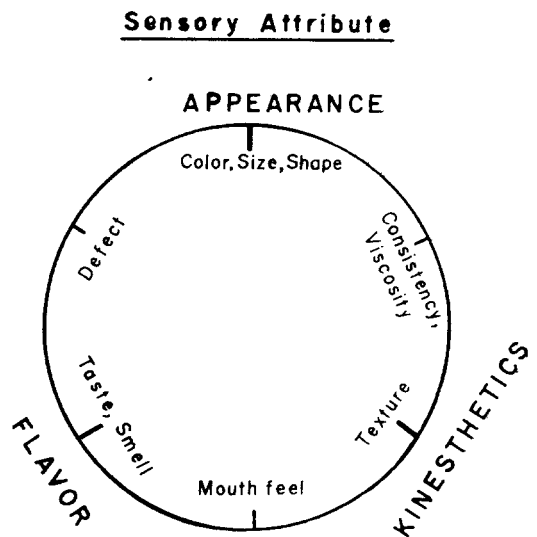


그림 1. 食品의 질을 결정하는 관능적 요소의 구성과 상호 관계

표 1. 식품의 texture를 구성하는 특성과 texture profile 요소들의 분류와 우리말 표현

기계적 특성에 속하는 texture 요소		
일차적 요소	이차적 요소	일반적 표현
견고성 (Hardness)		무르다→굳다→단단하다
응집성 (Cohesiveness)	Brittleness	부스러진다→조개진다
	Chewiness	연하다→겉기다
	Gumminess	부석 부석하다→쫄깃 쫄깃하다
점 성 (Viscosity)		푹다→진하다→되다
탄 성 (Springiness)		물렁하다→말랑 말랑하다
결착성 (Adhesiveness)		매끈 매끈하다→끈적 끈적하다
기하학적 특성에 속하는 texture 요소		
요 소	일반적 표현	
입자의 크기와 형태	가루, 난알, 덩어리	
입자의 형태와 방향	결정체, 포상체, 섬유체	
기타 특성에 속하는 texture 요소		
일차적 요소	이차적 요소	일반적 표현
수분 함량		마르다→습기 차다→젖다→물갈다
지방 함량	Oilness	번드르하다
	Greasiness	미끈 미끈하다

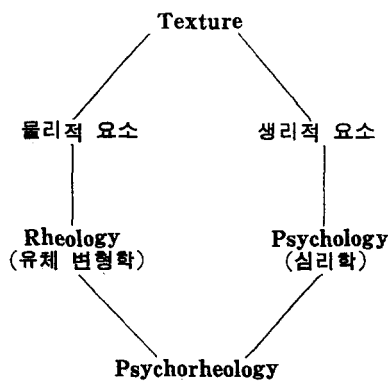


그림 2. Food texture의 정의에 대한 도식적 表現

세가지 요소중 물리적 성질을 가장 많이 포함하고 있는 것이 texture이며, 그 현상이 너무 복잡하여 아직도 비교적 미개척 분야로 남아 있는 것이다.

Texture라는 말의 뜻은 사전에서 찾아 보면, 조직을 짜는 것, 적조물이나 거미줄 같은 조직, 조성, 구조 후

은 물리적 성질을 형성케 하는 물질이나 성분으로 기인하는 구조나 질적인 요소등으로 풀이하고 있으나 식품 과학에서 말하는 texture의 정의는 “물체를 구성하는 각 요소들의 성질이 종합 되어 생리적 감각에 작용하는 것”이라고 규정한다⁽²⁾. 이러한 정의는 생리적 요소와 물리적인 요소를 합쳐주고 있는데, 그림 2에서 보는 바와 같이, 물리적 요소는 rheology를 말하며, 생리적 요소는 psychology를 의미하는 것으로 이 두 요소를 합친 psychorheology라는 새로운 학문으로 요약된다. 다시 말해서 texture 연구란 물체의 유체 변형성을 심리적으로 감지하는 작용에 관한 연구를 의미하는 것이다.

Texture 특성의 분류

식품의 texture를 이루는 특성을 크게 세가지로 분류할 수 있다. 첫째로, 기계적 특성을 들 수 있는데 이것은 stress에 대한 반응이 근육의 움직임으로 감지되는 것이다. 두번째로 기하학적 특성을 들 수 있는데 이것은 물체의 크기, 형태, 기하학적 구조와 방향 등

감축으로 감지되는 것이다. 세째로 기타 특성인데 여기에서는 수분 함량이나 유지 함량에 의하여 나타나는 특성이 포함된다⁽²⁾. 표 1에서 보는 바와 같이 기계적 특성에 속하는 texture 요소는 견고성(hardness), 응집성(cohesiveness), 점성(viscosity), 탄성(springiness), 접착성(adhesiveness) 등 다섯 가지 일차적 요소로 분리되며, 응집성은 직접적으로 감지되지 않으며 이차적 요소인 brittleness(절단성), chewiness(씹히는 맛), gumminess(조밀성) 등으로 측정된다.

기하학적 특성에 속하는 texture 요소는 입자의 크기와 형태에 따라 결정되는 요소인 가루, 낱알, 덩어리 등으로 표현되는 성질과 입자의 형태와 방향에 의하여 결정되는 요소인 결정체, 포상체, 섬유체 등과 같이, 표현되는 성질 등을 포함한다.

기타 특성에 속하는 texture 요소에는 수분 함량의 차이에 의하여 나타나는 성질과 지방 함량에 따라 나타나는 성질 등을 포함한다. 지방의 종류와 농도에 따라 oil과 같이 흐르는 성질(oilness)과 grease와 같이, 미끈거리는 성질(greasiness)로 나눌 수 있다.

Texture의 측정법

이러한 여러가지 texture 요소를 측정하는 방법에는 인간의 오관을 이용하여 주관적인 수치를 얻는 “관능 검사법”(sensory evaluation 혹은 organoleptic test)와 기계를 사용하여 객관적인 수치를 얻는 “기계적 검사법(instrumental test)”이 있다. 관능 검사법은 사람이 직접하는 것이므로 개개인의 성격, 기호에 따라 또한 실험시의 기분, 주위 환경에 따라 그 측정치가 변화될 수 있으므로 절대치를 얻지 못하고 항상 비교치를 나타낸다. 그러나 texture를 측정하는 궁극적 목적이 사람의 기호에 맞도록 식품을 만들기 위한 것이므로 관능 검사는 모든 texture 측정법의 기준이 되며, 직접적인 사용 가치가 있다. 또한 관능 검사는 특별히 값 비싼 기구나 기계를 필요로 하지 않는다.

반대로 기계적 검사법은 물리적으로 의미가 있는 절대치를 얻을 수 있으며 주위 환경이나 측정인의 생물학적 차이, 기분, 기호에 좌우되지 않으므로 측정치의 오차나 편차가 크지 않으며, 식용으로 할 수 없는 중간 제품이나 원료의 물리적 성질도 측정할 수 있다. 그러나 기계적 검사법은 인간의 관능적 느낌을 기계로 측정 하려는 시도이므로 그 측정법의 타당성을 알기 위하여는 반드시 해당되는 관능 검사의 결과와 비교를 해야 한다.

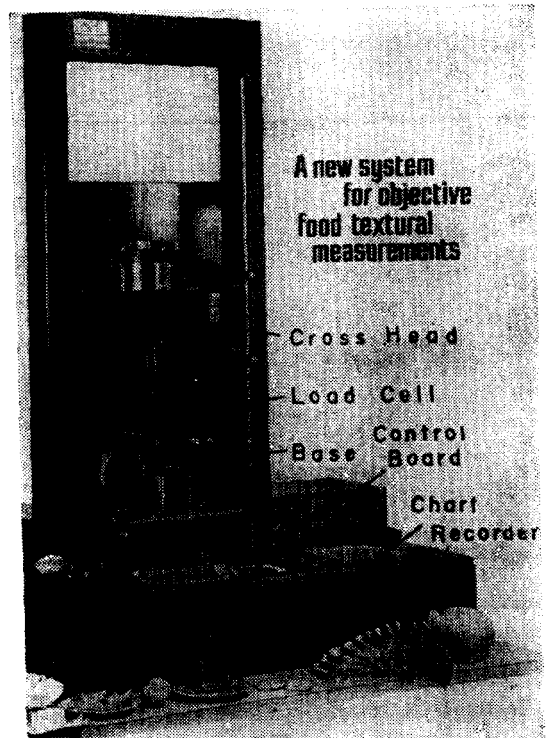
Texture를 측정하는 관능 검사법에는 단일 시료를 사

용하는 법(monadic test), 두 시료를 비교하는 법(paired comparison test), 세개중 두개를 짝 짓는 법(duo-trio test, triangle test), 여러개의 시료의 순위를 정하는 법(rank order test), 등급을 매기는 법(scalar scoring), 기호도를 나타내는 법(hedonic test), 측면도법(profiling), 표준 등급법(standard rating method) 등이 있다⁽³⁾. 이중에서도 표준 등급법은 texture 측정을 위해 특별히 고안된 방법으로 관능 검사를 위한 표준 등급을 기계적 검사치로 부터 설정하므로 두가지 방법의 잇점을 최대한 이용하는 측정법이다^(4,5).

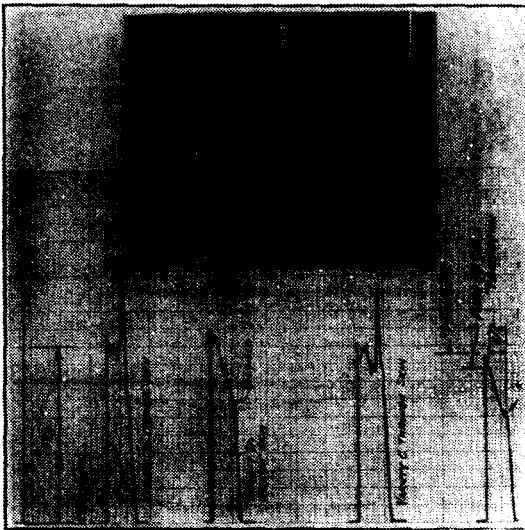
Texture의 기계적 측정법에는 puncture test, creep test, relaxation test, shear press test, compression test, mixing consistometers, viscometer, universal testing machine 등이 있다⁽⁶⁾. 이중에서 universal testing machine은 여러가지 texture 요소를 측정할 수 있는 기계로서, 이 기계에 대하여 좀 더 자세히 살펴 보기로 한다.

Universal Testing Machine

가장 대표적인 것은 Instron universal testing machine으로 그림 3-A에서 보는 바와 같이 아래 위로



3-A



3-B

그림 3. Instron universal testing machine

동속 이동하는 cross head와 밑에 고정되어 있는 base와 작용하는 힘의 크기에 따라 force-distance curve를 그리는 recorder를 포함한다(그림 3-B). Cross head와 base의 adaptor를 바꾸어 끼움으로서 여러가지 측정

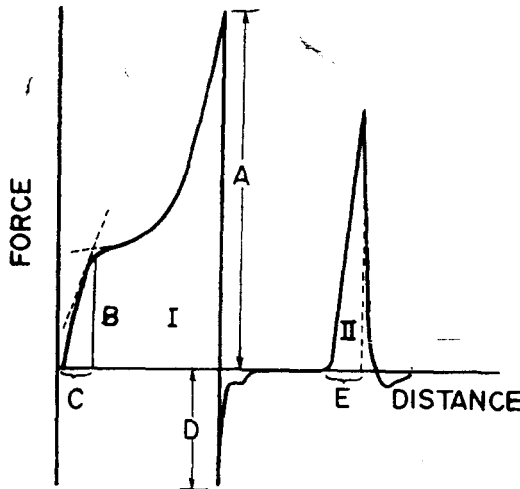
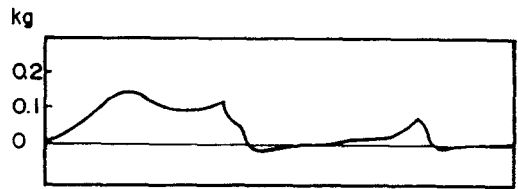


그림 4. Instron universal testing machine의 compression test에서 얻어진 force-distance curve로부터 식품의 기계적 성질을 산출하는 방법

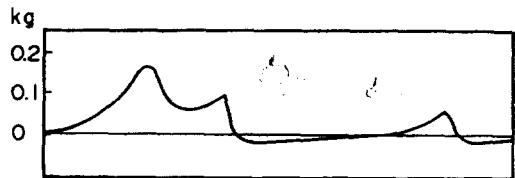
- A : Compression force
- B : Force at inflection point
- C : Compression ratio at breaking point
- D : Adhesive force
- E : Recovered height
- II/I : Work ratio

을 할 수 있는데 예를 들어 puncture test, tensile test, compression test, shear press test, relaxation test 등을 할 수 있다. 특히 compression test에 의하여 식품의 texture profile을 산출하고 이들 객관적 측정치와 관능 검사 결과와의 상응 여부에 관한 연구가 많이 되어 있다. 그림 4는 Instron universal testing machine을 사용하여 검체를 2회 반복으로 압착 하였을때 얻어지는 force-distance curve로 부터 검체의 texture profile을 계산하는 법을 보여주고 있다⁽⁵⁾. Bourne⁽⁷⁾에 의하면 배(梨)의 texture에서 견고성은 compression



Grape jam

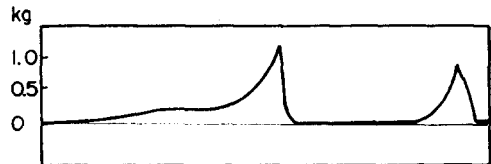
(LC 0-2kg, CHS 20mm/min., CS 200mm/min., D 10-2mm)



Grape jelly

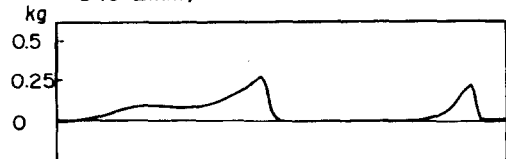
(LC 0-2kg, CHS 20mm/min., CS 200mm/min., D 10-2mm)

그림 5. Instron을 이용한 compression test에서 보여진 grape jam과 grape jelly의 기계적 성질 (LC : Load cell, CHS : Cross head speed, CS : Chart speed, D : Deformation)



Soybean curd (no hard layer)

(LC 0-10kg, CHS 20mm/min., CS 200mm/min., D 10-2mm)



Instant soybean curd

(LC 0-5kg, CHS 20mm/min., CS 200mm/min., D 10-2mm)

그림 6. Instron을 이용한 compression test에서 보여진 경두부와 연두부의 기계적 성질

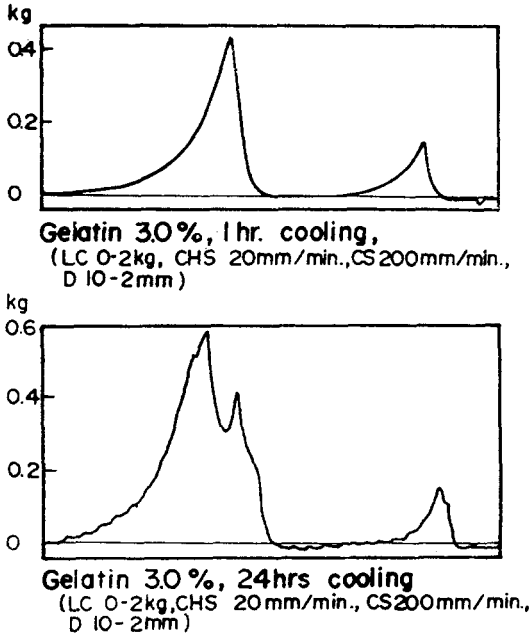


그림 7. Instron을 이용한 compression test에서 보여진 gelatin gel(3%, w/w)의 aging에 따른 기계적 성질의 변화

force와, 절단성은 force at inflection point와, 응집성은 work ratio와, 탄성은 recovered height와 깊은 상관 관계를 가진다고 한다. 유사한 결과가 여러 종류의 치즈 texture 연구에서도 밝혀졌다⁶⁵⁾.

그림 5는 grape jam과 grape jelly의 texture profile을 Instron으로 측정하여, 비교한 것이다. Grape jelly가 특히 breaking force가 높으며, jam, jelly 모두 강한 점착성과 아주 낮은 응집성을 보이고 있다.

그림 6은 재래식 방법으로 제조된 두부와 glucono-delta-lactone을 응고제로 사용하는 instant 두부와와 texture profile을 비교한 것이다. 두부의 특징적인 texture는 breaking force가 아주 낮고 점착성이 거의 없으며 응집성은 제법 높다. Instant 두부는 재래식 두부에 비하여 견고성이 훨씬 낮은 연한 두부임을 보여주고 있다.

그림 7은 gel의 aging 과정에서 texture profile의 변화를 본 것이다. 3% gelation gel의 경우 1시간 냉각된 gel보다 24시간 냉각조에 보관한 gel이 높은 breaking force를 나타내고 있음을 보여주고 있다.

식품의 미세 구조와 Texture와의 관계

식품의 texture는 궁극적으로 그 물체를 구성하는

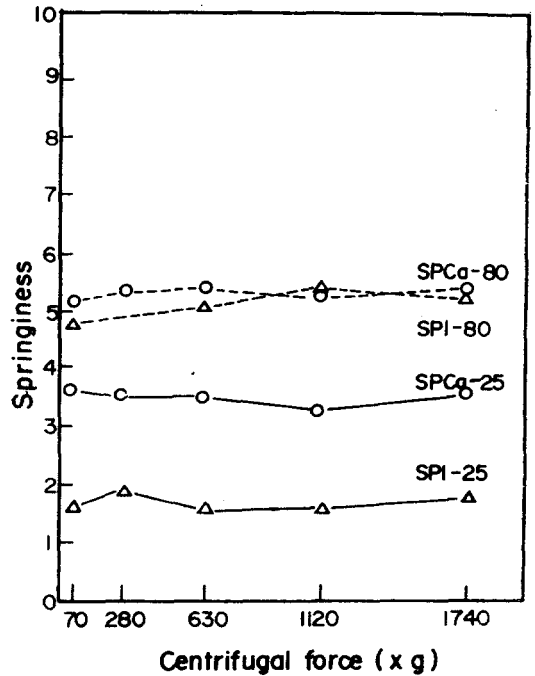


그림 8. Curd 분리를 위한 원심 분리력의 크기에 따른 curd의 탄성의 변화 (검체 표시는 그림 10과 동일)

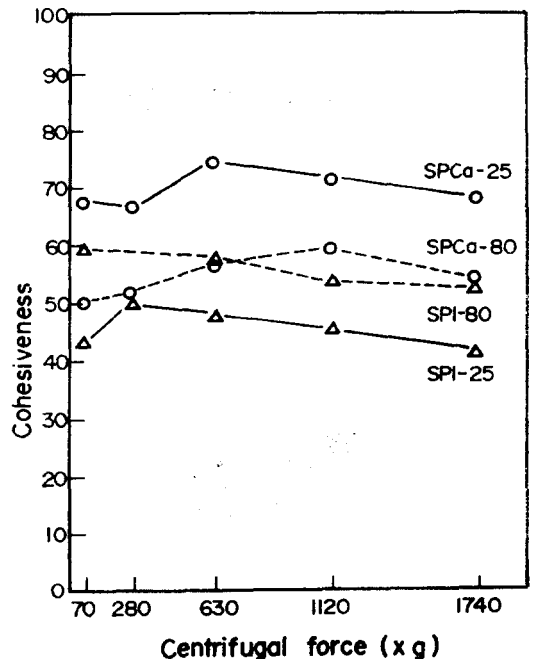


그림 9. Curd 분리를 위한 원심 분리력의 크기에 따른 curd의 응집성의 변화 (검체 표시는 그림 10과 동일)



그림 10. Scanning electron microscope으로 보여진 냉동 건조된 대두 단백질 curd의 입체구조

- a. SPI-25 : 가열하지 않은 대두 단백질 용액을 등전점 응고하여 얻은 curd
- b. SPCa-25 : 가열하지 않은 대두 단백질 용액을 CaCl_2 로 응고하여 얻은 curd
- c. SPI-80 : 80°C 에서 30분간 가열 처리된 대두 단백질을 등전점 응고하여 얻은 curd
- d. SPCa-80 : 80°C 에서 30분간 가열 처리된 대두 단백질 용액을 CaCl_2 로 응고하여 얻은 curd

물리적 미세 구조에 의하여 결정되는 것이기는 하나⁽⁹⁾ 이제까지 뚜렷한 실험적 근거가 희박하다. 그 이유는 미세 구조를 정확하게 규명할 수 있는 기술이 아직 개발되지 않은 점과 복잡한 미세 구조와 texture profile을 연관 시키기가 매우 어려운 것이다. 최근에 개발된 scanning electron microscope (SEM)은 검체의 three dimensional network structure(삼차원적 입체 구조)를 보여줌으로서 structure-texture 연구에 큰 진전을 보여주고 있다⁽¹¹⁾.

식품의 구조적 복잡성과 성분상의 복잡성 때문에 texture와 미세 구조와의 관계를 연구하기 위해서는 정확히 규명된 model-system을 이용하는 것이 바람직하다.

그림 10은 4가지 방법으로 얻어진 대두 단백질 curd의 냉동 건조한 미세 구조를 SEM으로 본 것이다⁽¹⁰⁾. 그림

10-a는 가열하지 않은 대두 단백질 용액을 등전점(pH 4.5)으로 조절하여 침전된 것을 원심 분리하여 얻은 curd의 냉동 건조한 미세 구조인데 구상의 덩어리 형태가 주로 보인다. 그림 10-b는 가열하지 않은 대두 단백질액을 CaCl_2 로 침전시킨 curd를 냉동 건조한 미세 구조이다. 이 경우에는 판자형이나 sheet형을 보이고 있다. 그림 8-c는 가열(80°C , 30분)후 냉각시킨 대두 단백질액을 등전점에서 침전시킨 curd의 냉동 건조한 미세 구조인데 삼차원적 망상 구조의 형성을 보인다. 그림 8-d는 가열 냉각된 대두 단백질액을 CaCl_2 로 침전시킨 curd의 냉동 건조한 미세 구조이다. 벌집 모양의 三次元的 網狀組織(three dimensional net work structure)이 잘 발달되어 있음을 보여주고 있다.

이러한 구조적 차이는 대두 단백질의 분자 구조의 변화와 분자간의 반응 기작의 차이에 기인한다고 볼 수

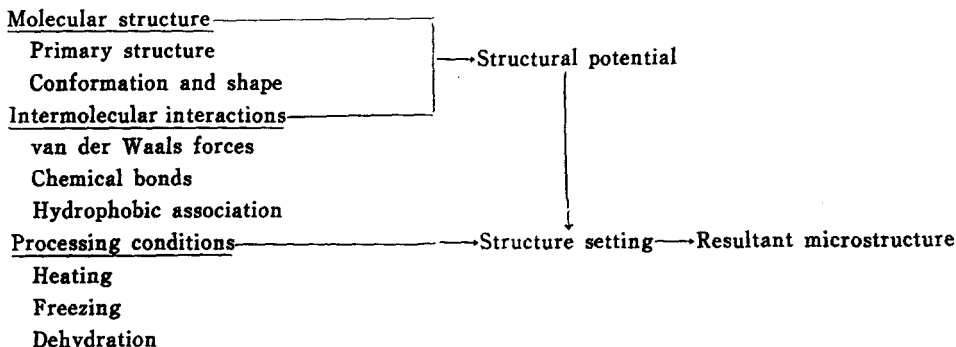


그림 11. 식품의 미세 구조를 형성하는 요소와 기작

있다. 가열에 의하여 구상의 대두 단백질 분자가 unfolding되어 random coil 형태로 변화될 것이다. 둘째로 등전점 침전은 주로 van der Waals force에 의하는 반면 Ca침전은 이온 결합에 의하므로 그 분자간 결합력에 차이가 있는 것이다⁽¹⁰⁾. 이온 결합의 결합력은 10~20 kcal/mole인 것에 비하여 van der Waals force는 1~3 kcal/mole 이므로 이 두 system에서의 분자 결합력에는 10배의 차이가 있는 것이다⁽¹²⁾.

이러한 분자 구조와 분자간 결합력에 의한 구조의 형성은 그 texture에 반영되는데 그림 8과 9는 이 네가지 curd의 탄성과 응집성을 Instron universal testing machine으로 관찰한 것이다⁽¹⁰⁾. 탄성의 경우 가열에 의하여 unfolding된 분자 구조로 만들어진 curd가 가열하지 않은 단백질로 만든 curd 보다 훨씬 높으며, 응집성의 경우에는 가열에도 영향을 받지만 응고 반응에 따른 분자 결합력의 차이에 의하여 더욱 심하게 영향을 받는 것으로 나타난다. 이러한 실험에서 결론 지을 수 있는 것은 그림 11에서 보는 바와 같이 식품의 구조는 일차적으로 분자 구조와 분자간 결합력에 의하여 structural potential(잠재적 구조)을 형성하며 이 잠재적 구조는 제조 과정에서 오는 이차적 stress(열, 냉동, 진조 등)에 의하여 구조가 고정된다고 볼 수 있으며 이러한 구조적 차이에 의하여 식품 특유의 texture가 표현된다고 볼 수 있다^(10,13).

결 론

식품의 texture에 관해서는 앞으로 연구 되어야 할 점들이 많으며 특히 신제품 개발이나 시장성 조사를 위한 기초 이론으로 많이 활용 되리라고 본다. 우리나라에서는 식품의 texture에 관한 연구는 아직 초창기에 있다고 볼 수 있으나, 일부 연구소에서는 활발한 연구가 시작되고 있다^(14,15). 한국인은 서구인에 비하여 texture

에 대한 감각이 훨씬 더 세련되어 있다고 생각한다. 이것은 우리가 신선한 콩나물이나 김치의 맛을 중요시하는 것으로도 충분히 입증되는 사실이다. 이러한 관점에서 우리나라 사람들이 중요시하는 texture가 어떠한 용어로 표현 되는가를 연구하여 우리에게 맞는 식품의 texture profile을 체계화 하여야 한다고 생각한다. 더 나아가 우리나라 전통적 식품들의 texture를 연구하여 한국인의 기호에 맞는 한국 식품의 특유한 texture가 어디에 소재하고 있는지 규명할 필요가 있다. 이러한 자료들이야말로 식품 가공 및 새로운 식품 개발을 위한 중요한 기초 자료들이 되리라고 믿는다.

References

1. Kramer, A.: *Texture Measurements of Foods*, Ed. Kramer, A. and Szczesniak, A. S. D. Reidel Publishing Co., Boston, U.S.A. (1973)
2. Szczesniak, A. S. : *J. Food Sci*, 28, 385 (1963)
3. Committee on Sensory Evaluation of IFT : *Food Technology*, 18, 8, 1135 (1964)
4. Szczesniak, A. S., Brandt, M. A. and Friedman, H. H. : *J. Food Sci*, 28, 39 (1963)
5. Lee, C. H., Imoto, E. M. and Rha, C. K. : *J. Food Sci.*, 43, 5, 1600 (1978)
6. Rha, C. K. : *Theory, Determination and Control of Physical Properties of Food Material*, D. Reidel Publishing Co., Boston, U.S.A. (1975)
7. Bourne, M. C. : *J. Food Sci.*, 33, 323 (1968)
8. Imoto, E. M., Lee, C. H. and Rha, C. K. : *J. Food Sci.*, 44(2), 343 (1979)
9. Stanley, D. W. and Tung, M. A. : *Rheology and Texture in Food Quality*, Ed. de Man, J. M. Rasper, V., Stanley, D. W. and Voisey, P., Avi-

- Wesport., CT, U.S.A. (1976)
10. Lee, C. H. and Rha, C. K. : *J. Food Sci.*, 43, 1, 79 (1978)
11. Lee, C. H. and Rha, C. K. : *Scanning Electron Microscopy/1979/III*. SEM Inc. AMF O'Hare, IL, U.S.A. 465 (1979)
12. Johnson, R. T. : *Proteins and Their Reactions*, Ed. Schutz, H. W. and Anglemier, A. F., Avi, Westport., CT., U.S.A. (1974)
13. Tsintsadze, T. D., Lee, C. H. and Rha, C. K. : *J. Food Sci.*, 43, 625 (1978)
14. 李永和, 李寬寧, 李瑞來 : 한국 식품 과학 회지 6(1), 42 (1974)
15. 下裕亮, 柳洲鉉, 田仁善 : 한국 식품 과학 회지 10(3), 344 (1978)