

특집: 고령자용 식품 기술 및 산업 동향

고령자용 식품개발을 위한 함침기술과 연화제
개발 및 나노코팅 기술의 응용

이상윤 · 이중규 · 이윤정 · 최미정*

건국대학교 축산식품생명공학과

Application of Injection and Nanocoating
Technologies for Developing Tenderized Silver Foods

Sang-Yun Lee, Jun-Gyu Lee, Yun-Jung Lee, and Mi-Jung Choi*

Department of Food Science and Biotechnology of Animal Resources, Konkuk University, Seoul 05029, Korea

원물 형태 유지를 위한 실버 세대용
고령식 개발의 필요성

고령자는 나이가 들면서 신체기관의 노화에 의하여 미각과 후각이 쇠퇴하고, 치아기능의 상실로 씹는 능력과 삼키는 능력이 저하되며, 소화흡수 기능이 감소하여 체내 영양소 이용률이 감소하고 있다. 특히 식품을 씹거나 삼키기 어려운 고령자들의 영양 불균형 해소 및 식품 섭취의 즐거움 회복 등 식품 섭취와 관련된 삶의 질을 획기적으로 향상시킬 수 있는 식품 수단이 우리나라에서는 전무한 상태이다. 현재 일반가정에서는 물론이고 급속히 증가하고 있는 요양시설에서는 고령친화 식품을 따로 구분하여 제공하지 못하고 주로 밥과 채소, 육류 등을 믹서에 갈아 죽이나 작은 크기로 세절하여 제공하고 있다.

이렇게 유동식 혹은 믹서로 갈거나 잘게 부순 식품, 혹은 젤리식 등은 주로 안전성과 기능성을 중시한 식품으로 시각적으로 식욕을 돋우지 못해 실제 고령자는 먹는 즐거움을 느끼지 못한다. 단순한 먹는 즐거움을 잃어버리는 것만 아니라 이로 인해 저영양화 상태를 유발하여 고령자의 건강에 심각한 영향을 미친다. 따라서 기존의 죽 형태의 환자식 개념을 넘어선 고령친화 식품도 식품의 2차 기능인 관능적인 요소를 고려한 비파괴 실버식품 개발을 위한 함침기술과 영양 강화를 위한 코팅기술의 응용에 대해 이야기를 하고자 한다.

원물 형태 유지를 위한 다양한 함침기술의 종류

원물 형태를 유지하면서 연화 및 저작을 돕기 위한 물성변화를 위해서는 식품 원물에 효소들을 주입해 조직을 분해할 수 있도록 유도하려는 방법이 대표적으로 활용되고 있다(그림 1). 조리법에 의해 식품의 물성을 조절할 수

있으나 이는 식품의 색, 조직 등에 영향을 미쳐 원물의 특성에 영향을 미칠 수 있어 효소를 활용한 연화(tenderization) 기술이 일본을 중심으로 많이 개발되었다. 식품의 형태를 유지하며 경도를 조절하는 기술로 활용되는 효소 함침법에는 감압 함침법(vacuum infusion), 감압-가압 함침법(vacuum-pressure infusion), 동결(해동) 함침법(freezing/thawing infusion), needle injection 효소 주입법, marinating 기술 등이 있다.

Marinating 함침 기술

Marinade라는 용어는 라틴어원의 “marine”에서 유래되었으며, 이탈리아, 스페인, 프랑스어로는 염지 용액에 침지/절임(soaking/pickling in salt brine)에 해당한다. Marinating은 돼지고기나 기타 육제품의 품질을 향상시키기 위한 marinade 용액을 처리하는 것으로 영국, 미국을 비롯한 기타 국가에서 널리 이용되고 있으며, marinating의 목적은 고기에 특정한 풍미가 배어들게 marinade 액에 재우는 것이다(그림 2).

일반적으로 marinating 법을 활용하는 부재료들은 소금과 인산염을 주로 사용한다. 효소처리가 아니더라도 이러한 염분 처리는 연도와 다즙성을 증진시킬 뿐만 아니라 첨가되는 수분의 보습을 강화해 판매되는 제품의 중량을 늘려주는 효과도 있다. 염지를 거치는 요리법보다 더 짧은 시간에 이루어지는 marinating에는 다른 재료가 다양하게 사용된다. 양념액을 넣어 고기육에 적용했을 시 원료육의 수분이 탈수되는 현상과 동시에 용액 속의 용질들이 원료 육의 세포 내로 침투하는 확산현상을 이용한 것으로 제품의 형태를 그대로 유지할 수 있으며 영양분 손

Enzyme Infusion 기본처리 공정

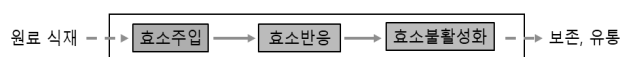


그림 1. 효소함침 기본 공정.

*Corresponding author

E-mail: choimj@konkuk.ac.kr, Phone: 02-450-3048

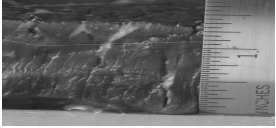
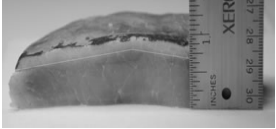
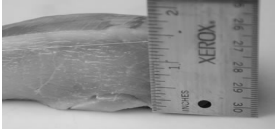
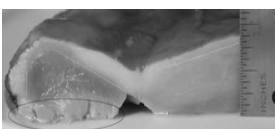
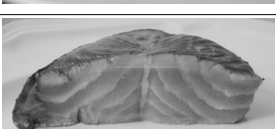
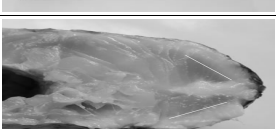
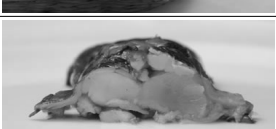
외관 모습	식품 예
	쇠고기 등심 - marinade 액에 의한 표면의 색 변화 - marinade 액 침투에 따른 표면으로부터 약 1/10 부분까지의 단백질 변성으로 인해 갈색으로 변색된 부분은 부드러워진 물성
	돼지고기 안심 - marinade 액에 의한 표면의 색 변화 - marinade 액 침투에 따른 표면으로부터 약 1/8 부분까지의 단백질 변성으로 인해 흰색으로 변색된 부분은 부드러워진 물성
	닭 가슴살 - marinade 액에 의한 표면의 색 변화 - 조직이 상대적으로 치밀하여 marinade 액 침투가 약 1/10 정도 흡수 - 변색된 부분의 부드러워진 물성
	터블링 된 닭 가슴살 - marinade 액에 의한 표면의 색 변화 - 일정한 힘을 가해 육질의 파괴가 약간 존재하는 부분에 marinade 액 침투가 다른 부분에 비해 빠름 - marinade 액 침투가 1/4 정도로 변색된 부분의 부드러워진 물성
	연어 스테이크 - marinade 액에 의한 표면의 색 변화 - marinade 액 침투에 따른 육질의 상단표면으로부터 약 1/8 부분까지 단백질 변성으로 인해 부드러워진 물성
	흰살 생선 스테이크 - marinade 액에 의한 표면의 색 변화 - marinade 액 침투에 따른 표면으로부터 약 1/8 부분까지 단백질 변성으로 인해 부드러워진 물성
	바다가재 꼬리 - marinade 액에 의한 표면의 색 변화 - 육질이 연해서 다른 물질들에 비해 빠른 시간 내 marinade 액 침투

그림 2. Marinating을 이용한 다양한 식품의 활용 예.

실과 관능적 품질 저하를 억제할 수 있지만 자연 확산에 의한 함침 방법으로 제조시간이 길다는 단점이 있다.

Marinade에 사용되는 농도는 풍미나 육색을 변질시키거나 또는 지나친 연화작용(over-tenderization) 등 역효과가 나타나지 않아야 하며, 적당한 농도로 연도나 다즙성을 증진시켜야 한다. 식육에 있어서 연도와 다즙성을 증진시키는 기작은 근원섬유단백질의 팽윤과 보다 높은 수분 보유력과 관련이 있다. Marinade에 의한 다즙성이나 연도의 개선은 생산요소(품종이나 사료 등)나 사후 도체 처리(냉각속도, 전기 자극 등) 등에 의해 얻을 수 있는 결과보다 더 높은 효과를 얻을 수 있다. 주로 육류인 돼지고기, 쇠고기, 닭고기, 양고기 부위에 많이 적용된다(그림 2). Marinating 함침기술은 주로 marinating 용액 구성물, 분압, 혼합하고자 하는 식재료와 침지액간의 비율 등에 따라서 확산 속도나 흡수율을 달리할 수 있다.

Needle injection 주입법

압력이 있는 기체를 노즐로부터 분출하면 저압력 부분이 생겨 노즐 주위의 기체 또는 액체가 흡인되고, 압력 기

체와 함께 혼합되어 분출하므로 식품 내부에 액체를 주입하는 injection 방법은 액상화 된 함침액을 가압하여 분사 주입하는 원리로 고기에 주입 시 분사되는 미세 입자의 크기와 속도는 함침액에 적용되는 압력에 의해 영향을 받는다. 본 방법을 활용하면 자연함침에 비해 가공공정에 소요되는 시간을 단축하고 균일한 제품생산, 수율향상, 보수력 및 연도를 증진하는 효과가 있으며 진공상태에서 실시하였을 때 더욱 결합력을 증가한다.

햄이나 베이컨 같은 고깃덩어리로부터 만드는 제품(비분쇄제품) 제조에 염지할 때 주로 사용된다. 이 방법에는 혈관을 통하여 1개 바늘을 사용하는 혈관주사법과 원료 고깃덩어리에 1개 바늘 또는 다수의 주사바늘을 동시에 사용하는 근육주사법이 있다. 혈관주사법과 1개 바늘에 의한 근육주사법은 뼈 있는 햄 제조에 잘 쓰이고, 중심부에 함침액이 침투 확산하기 전에 부패를 일으키는 위험성을 방지할 수 있으며, 함침액의 균일분포를 조기에 달성하는 효과가 있다.

최근에는 대형의 기계장치인 피클인젝터가 개발되어 다침에 의한 근육주사법이 자동 또한 연속적으로 할 수

있게 되어 현재에는 각국에서 단미품(비분쇄제품)의 제조에 이 장치가 많이 쓰이고 있다. 피클인젝터로 피클액을 주입한 원료 고깃덩어리는 계속해서 연화처리, 텀블링 또는 마사징 처리를 한다. 이와 같이 물리적 충격에 의해서 함침액을 원료육 내부로 균일하게 그리고 효율적으로 침투 확산시켜 염지를 1~2일에 완료하는 방법이 보급되고 있다. 특수 양념 공법으로, 고형 식품 중심부까지 양념 및 소스가 침투되어 고형 식품과 소스가 일체감을 이룬다.

감압 함침법(Vacuum infusion 혹은 Vacuum impregnation(VI))

Vacuum impregnation 기술은 영양소 성분, 기능성 성분 및 효소 등을 진공상태에서 식품재료 중심까지 균일하게 스며들게 하는 기술을 말한다. 이 기술은 타 산업분야에서도 널리 사용되는 기술로써 식품분야에서 초기에는 과일, 채소류의 냉동, 건조 등의 가공공정에서 조직파괴를 방지하기 위하여 동결보호제, 칼슘 등을 주입하는데 주로 이용되었으며, 1994년 효소주입(enzyme infusion)이 제안되었다(1).

감압 효소 함침 기술은 압력 변화에 따른 유체역학(hydrodynamic)과 물질전달의 원리를 활용해 효소를 세포 안으로 집어넣는 기술이다. 압력을 낮춰 진공을 잡아주게 되면 식품 내부에 존재하는 기체가 확장되어 부분적으로 식품 내에서 외부로 움직이게 된다. 이후 대기압에서 저장하게 되면 양(+)의 압력차이로 액체성분(효소가 들어 있는 함침액)이 가스가 빠져나가고 비어 있는 공간으로 압력이 일정할 때까지 침투되어 들어가게 되는 원리를 이용한 것이다(그림 3). 이는 일반적인 marinating 법보다 시간이 단축되는 큰 장점이 있어서 생산성 향상과 산업화 시 품질균일화를 기대할 수 있다. 또한, 원물형태를 유지하는 데보다 유용하게 활용할 수 있는 장점이 있다(그림 4).

감압 효소 함침 침투율은 식품 원재료 변형도와 함께 중요한 요소인데, 1) 진공도, 2) 진공해제시간, 3) 진공해제주기인 pulse, 4) 기타(함침액의 온도, 농도 등)에 따라

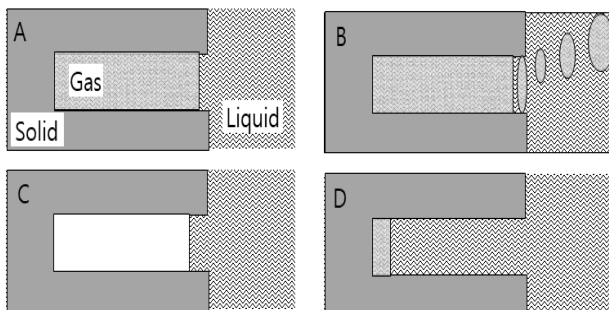


그림 3. 용액에 침지된 다공성 식품의 vacuum impregnation 단계. A: 상압 하에서 모세관 효과, B: 감압조건에서 degassing, C: 감압 하에서 모세관 효과, D: 상압으로 회복된 상태.

서 달라진다. 식재료별 최적 공정과정을 선정하는 것이 중요한 부분이라 할 수 있다.

그 외에도 당, 소금, 칼슘, 유기산, 기타 향이나 색에 영향을 주는 성분과 함께 사용하여 품질을 증진 시킬 수 있다. 또한, 치즈 내 가스와 유청 제거 시, 잼 제조 시, 생선이나 치즈에 소금첨가, 사과 공정 시 동해방지제를 첨가할 때도 감압 함침법이 사용된다(그림 5).

가압 함침법(Pressure infusion)

압력처리는 주로 비열처리 살균이나 효소변성을 통한 활성 증진 및 억제 등에 활용되었으나, 최근에는 삼투압에 의한 확산속도를 보다 가속화하기 위한 방법으로 초고압 처리를 실시해준다. Restogi와 Niranjani(3)에 의하면 삼투압이 진행되기 전에 약 100~700 MPa의 압력을 가해주면 삼투력이 가해질 때 과인애플 내에서 물질전달이 빨리 이루어지는 것을 확인하였다. 이는 확산속도를 빨리 가속화시켜 공정과정을 단축할 수 있다. 또한, Mahadevan과 Karwe(4)에 따르면 압력 중에서도 초고압 기술을 활용하면 소금과 당 등을 과일이나 채소류 및 고기류에 침투시킬 수 있다. 이는 동결 함침법과 유사하게 세포막의 파괴를 유도하여 침투시키는데 저항을 줄여주는 원리를 이용한 것이다. 압력에 의한 세포막 파괴에 의한 함침 효율 증대는 일반적인 이론이고, 세포막이 파괴되지 않아도 초고압 자체가 유도력(driving force)으로 작용하여 마이크로 구조 변화 없이 함침에 효과적일 수 있다는 이론으로 설명된다.

Sopanankul 등(5)에 따르면 감자 내 sucrose가 침투되는 속도를 압력별로 실험하였는데, 400 MPa 미만에서 확산속도가 빨라지는 것을 관찰할 수 있었으며, 그 이상의 압력에서는 감자의 호화가 발생하는 것을 알 수 있었다. 이렇듯 초고압을 응용한 물질전달에 관한 함침법 연구는 신가공 기술로 각광받고 있다.

압력을 이용한 함침기술은 비열처리 효과와 함께 압력

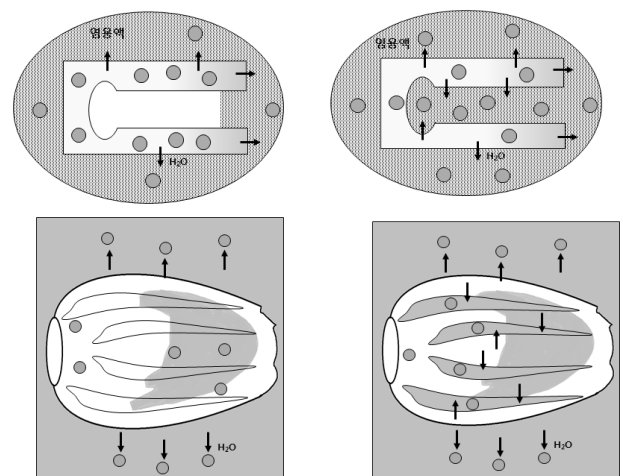


그림 4. 감압 함침법 원리(우)와 기존 절임(좌)과의 비교.

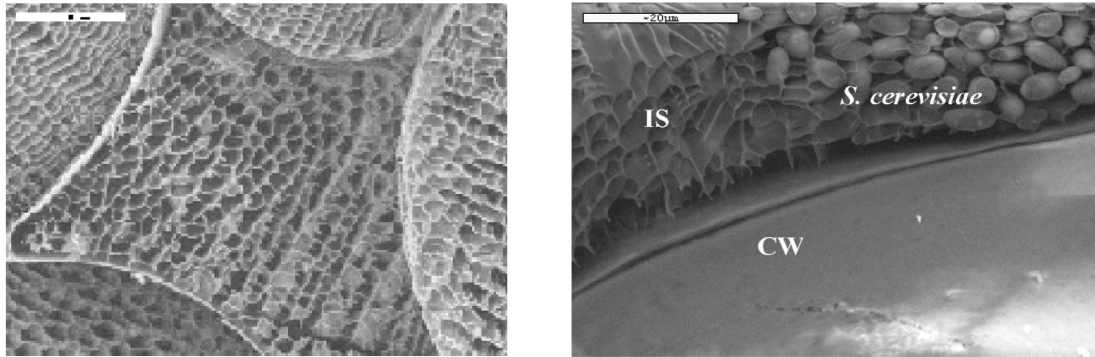


그림 5. 사과 조직 내 침투된 *S. cerevisiae* SEM 사진(2).

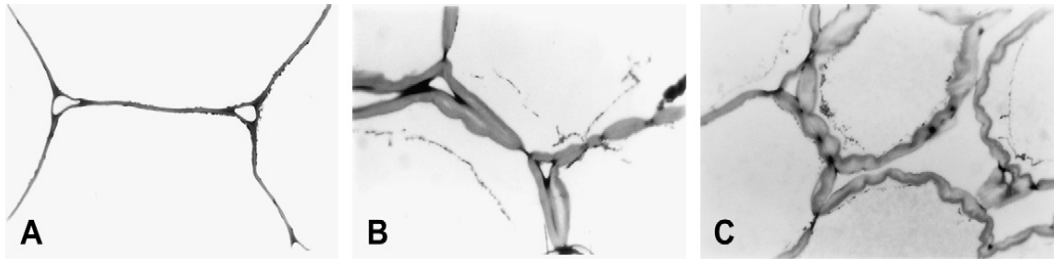


그림 6. 양파 껍데기 외곽 광학현미경(6). A: fresh, B: 압력 20분간 처리, C: 압력 50분간 처리.

에 의해 물리적으로 조직을 연하게 해줄 수 있어 조직연화 작용에 상승효과를 기대할 수 있다(그림 5). 실제로 양파를 이용한 조직연화, 압력처리 시간에 따른 양파 껍질에서 세포벽 파괴 등을 유도할 수 있다는 연구결과가 보고되어 있다(그림 6, 7).

감압-가압 함침법(Vacuum-pressure infusion)

감압 처리 이후 대기압 이상의 압력을 가해 함침액 침투력을 향상하는 방법이다. 감압 후에 압력을 상대적으로 대기압 이상으로 올려주면 이때 발생하는 압력 차에 큰 폭으로 생성되어 상대적으로 함침액이 균일하고 깊게 침

투되어 들어가는 효과가 발생한다. 하지만 식재료 별로 외형이 손상될 수 있어서 최적 공정과정의 파악이 필요하다.

진공주입은 식품을 용액 내에서 일정시간 감압을 적용한 후 상압상태로 복원하는 것으로 강제적인 감압 적용에 의해 액체와 용질성분이 식품 내에 주입된다. 주입된 액체와 용질의 양은 감압 정도와 적용시간에 의존하며 대부분 적용시간이 5~15분 정도로 매우 짧다. 식품에 대한 진공주입은 유체역학적 기작에 기인하여 다공성 조직 내부의 기체나 액체를 외부의 액체로 교체하는 것으로 식품을 액체에 침지한 후 다음의 2가지 단계로 수행된다.

첫 번째 단계는 침지한 식품을 밀폐된 공간에서 짧은 시간 동안 감압을 부여하는 것으로 내부의 기체가 팽창하고 외부로 배출되며 식품의 다공성 조직이 식품 본래의 액체로 채워지는 효과를 준다. 두 번째 단계에서 감압 상태에서 대기압 상태로 일정시간 동안 회복되는데 이에 의해 다공성 조직에 남은 일부기체의 부피가 많이 감소하게 되고 연이어 외부의 액체가 다공질 구조로 유입된다. 진공주입은 과일, 채소 등의 건조제품을 제조하기 위한 전처리 방법으로서 많이 활용된다.

동결 함침법

동결 함침법은 고속 함침법으로 세포간격 뿐만 아니라 세포 내부에 물질 주입이 가능하므로 응용 범위가 넓고 전용 가공장치가 필요치 않아 원가절감과 기술 도입이 쉬운 장점이 있다. 동결 함침법에 이용되는 효소로는 pec-

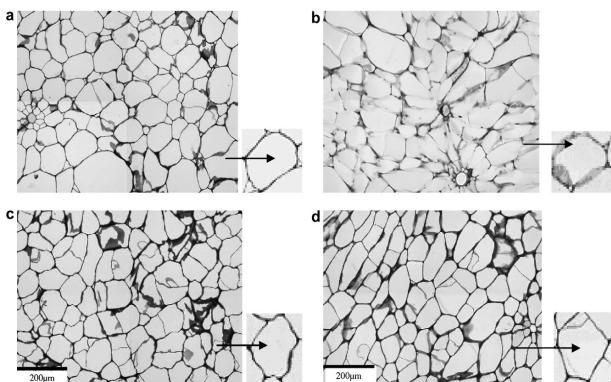


그림 7. 세포벽과 세포 내 액포. a: 대조구, b: 압력 비처리 및 조리 후, c: 초고압처리 및 조리 전, d: 초고압 처리 및 조리 후.

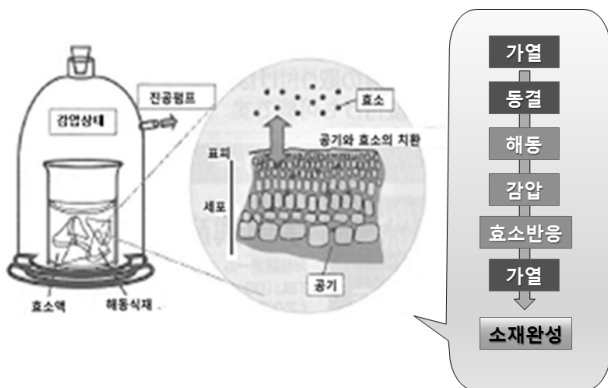


그림 8. 동결 함침 기술(7).

tinase나 cellulase를 이용하여 당근, 호박, 감자, 강낭콩, 마늘 등의 강도 개선에 진행되고 있다(그림 8).

동결 함침공정은 일반적으로 -20°C 에서 동결한 뒤 효소액에 침지하여 해동한 후, 진공펌프 감압을 실시해준다. 이후 효소액에서 빼낸 뒤 효소반응을 시키면 원하는 목적 정도에 도달하여 필요할 때 압력 혹은 가열 증속하여 효소 반응을 정지할 수 있다.

동결처리는 얼음 결정 생성에 따른 조직의 세포 일부 손상으로 인한 직접적인 연화유도, 혹은 손상된 세포로 인해 확장된 채널 내부로의 효소액 침투 증대로 인한 연화를 유도할 수 있지만, 세포벽 손상에 의한 품질 저하 가능성이 있는 단점이 있다. 대표적인 실험으로 사용된 식재료는 감자, 당근, 자색고구마, 우엉, 콩 등이 있다. 하지만 동결 함침법은 주로 일본을 중심으로 개발된 것으로 여러 가지 문제점이 있다. 완만동결/해동 과정에서 영양성분의 용출과 일반세균과 식중독균의 증식 위험이 있다. 또한, 적용할 수 있는 식재는 효소 불활성화를 위해 가열처리가 가능한 식재에 한정된다.

동결 함침 처리한 어패류의 연화와 근육 단백질의 변화에 관한 연구에 의하면, 오징어 등은 모양 변화 없이 경질

정도가 $5 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ 보다 낮거나 비슷한 수준으로 낮아지는 것을 관찰하였다(8). 일정 시간이 흐른 뒤 효소 함침된 오징어를 가지고 단백질 분해 정도를 SDS-PAGE 등을 통해 근육 연화도를 관찰하였는데, 이때 발생한 유리 아미노산 함량 측정을 살펴보면 효소 동결 함침으로 처리한 시료에서 많은 양이 측정되는 것을 알 수 있었다.

고령친화 식품 품질 향상을 위한 맞춤형 연화제 개발

고령친화 식품 개발 관련 기술과 관련하여 조직을 연화하기 위해 효소를 활용한 연구가 다수를 차지한다. 기존 효소와 관련한 식재료별 효소의 종류를 살펴보면 단백질 식품이 기반이 되는 적색 및 백색 고기와 생선류는 protease를 대표적으로 사용하고 있으며, 채소의 경우는 chitinase, cellulase, hemicellulase 등을 활용해 채소 특유의 섬유질을 잘라내어 고령자들의 저작용이의 식품 물성을 개선하는 데 활용하고 있다(표 1). 하지만 이런 효소만으로 연화시켰을 시 쓴맛이 나거나 식품 내 수분이 이탈되어 조직감이 떨어지는 단점이 있다.

고기 연육제의 고령친화 맞춤형 연화제 개발 필요

현재 시판되는 식품 연화제는 단백질 분해효소를 기반으로 한 “연육제”로써 조리 전 5~30분간의 효소 반응 시간을 통해 고기를 연화시켜 조리한 후 연화된 육질을 얻을 수 있는 것이 특징이다(그림 9). 하지만, 고기 연화의 정도가 고령자 구강상태를 고려한 UDF(universal design food) level에서 요구하는 정도 수준에 도달하지 못하고, 고기 표면에서 조직 연화가 이루어져 고기 내부까지 균일하게 연화가 이루어지는 데 한계를 지니고 있다.

이러한 분해 효소를 응용할 경우, 1) 재형이 변형되거나 상실, 2) 보수력 저하, 3) 보수력 저하에 따른 수분 이탈, 4) 수분이탈에 따른 영양분 손실 등의 문제점을 지니

표 1. 침투용 효소와 관련 식재료

효소 이름	효소 특성	실제 적용 식품
키티나아제(chitinase)	키틴 가수분해 효소 EC 3.2.1.14. N-아세틸글루코사민 중합체의 β -1,4 결합을 가수분해하는 효소	버섯
프로테아제(protease)	단백질과 펩타이드 결합을 가수분해하는 효소로서 단백질분해 효소	버섯, 돼지다리살, 닭가슴살, 연어
펙티나아제(pectinase)	펙틴산의 α -1,4 갈락투로닐 결합을 가수분해하는 효소	감귤
헤미셀룰라아제(hemicellulase)	헤미셀룰로오스 가수분해 효소	브로콜리, 사과, 당근
펙틴메틸에스테레이스(pectinmethylesterase)	펙틴의 메틸에스테르를 가수분해하는 효소 펙틴의 갈락투론산 직쇄를 직접 분해하는 일은 없지만, 이 효소의 작용에 의해 메톡실기를 상실하는 펩틴은 다른 펩틴분해효소에 비해 현저하게 분해. 또한, 분해 시 칼슘 이온이 존재하면 결합하여 바삭한 물성을 함께 부여	자몽, 복숭아
폴리갈락투로나아제(polygalacturonase)	EC 3.2.1.15. D-갈락투론산이 α -1,4결합한 균일다당인 펩틴산을 분해하는 효소	자몽



그림 9. 현재 시판되고 있는 연육제.

고 있어 고령친화용 분해 효소에 대한 연구가 필요하다. 이렇듯 효소제만 처리했을 때 육 자체의 다즙성을 유지하면서 부드러운 식감을 유지하기 어려운 한계가 있는데 이는 고령자들의 사래 유발과 식욕감퇴를 야기할 수 있다. 따라서 조리 과정에서 수분이탈을 최소화하기 위해 고기 자체의 보수력을 최대한 유지할 수 있도록 수분 이탈 방지 코팅막 역할을 할 수 있는 증점제 첨가가 강화된 연화제 개발이 필요하다.

식품의 수분 함량을 높이기 위해서 가수처리하는 방법도 있다. 그러나 가수처리만으로는 근육 부분은 부드럽게 될 수 있지만, 콜라겐 등이 주성분인 힘줄 고기 부분은 여전히 질겨 치아로 끊기 어렵다. 상기의 단백질 분해 효소 처리를 이용하여 힘줄 고기 부분까지 연화시킬 수 있다. 하지만 이런 처리에서는 고기가 액상화되고 보수력 저하에 따른 제품 비율 저하가 발생, 처리 고기를 이용한 가열 조리 시에 기름이 누출되어 식유의 표피부분이 녹아 없어지는 등의 문제점 해결이 필요하다.

생선 및 해산물 기반 고령친화 맞춤형 연화제 부재

생선류의 연화제는 국내 제품으로는 아직 개발된 것이 없다. 일본의 '일본수산'이 생선의 조직은 유지하고 세포를 분리하는 특허기술을 사용하여 일반 요리 형태이지만 혀로 으깰 수 있는 부드러운 생선 가공식품을 출시하였다(그림 10)(9). 일반인 입장에서는 생선은 이미 조직이 부



그림 10. '일본수산'의 생선 가공식품.

드럽다고 생각할 수 있으나, 고령자의 경우 생선 결이 사래 원인이 되는 미세 섬유질과 해산물의 경우에는 그 영양학적 가치에 비해 데치고 난 뒤 여전히 질긴 물성을 지녀 고령자가 섭취하기 어려운 식품의 물성을 지니고 있다.

생선의 미세 fiber 조직이나 해산물의 열처리 후 질겨짐 현상은 조리 과정이나 물리적인 세절과정을 거쳐도 여전히 문제점을 지니고 있어 효소처리를 통해 분해과정을 거쳐 이러한 문제를 해결할 수 있다. 영양학적으로 우수한 생선류의 효소처리용 연화제 개발은 이러한 미세 fiber 조직감 제거와 해산물의 tenderization화, 최종적으로 보수력까지 잡아줄 수 있는 생선용 연화제 개발이 필요하다(표 2).

채소 기반 고령친화 맞춤형 연화제 부재

채소는 식재료 가운데 한식 반찬 주류를 이루는 중요한 부분을 차지한다. 그 가운데에서도 김치와 장아찌는 오랫동안 우리나라 사람들이 좋아하는 음식이다. 이에 대해 채소 연화를 위한 연화제는 전무한 상태이다. 김치/장아찌와 같이 우리 식탁에 없어서는 안 될 식품임에도 불구하고, 고령화에 따라 저작능력이 떨어져 심할 경우 섭취할 수 없다. 특히 현재 고령 환자가 증가하고 있는 병원이나 고령자 위주의 요양원 및 시설 등에서는 일반식으로도 섭취하기 어려운 김치나 장아찌, 대표적으로 총각김치, 무말랭이무침 등은 위험한 식품으로 판단하여 제공하지 않는 곳도 비일비재하다. 하지만 이에 반해 일본은 이미 고령자용 소프트 김치류 제품을 판매하고 있다(그림 11).

김치/장아찌 등은 짠맛, 신맛, 감칠맛을 지녀 고령자의 저작과 연화를 도와줄 타액의 분비를 촉진시켜 구강 내에서 식피(음식덩어리)를 형성하는 데 도움을 주는 장점이

<가정용>



<업무용>



그림 11. 일본 고령자용 소프트 김치류 제품(후지코).

표 2. 기존 시판되는 효소제 사용 식품의 문제점

	고 기 류	생 선 류	채 소 류
현 황	다양한 연육제 제품 시판 중	생선용 연화제 개발된 바 없음	채소용 연화제 개발된 바 없음
문제점	<ul style="list-style-type: none"> • 연화능 부족 및 표면 위주 연화 • 고기 제형의 변형 및 상실 • 고기의 보수력 저하 및 영양소 용출 • 힘줄 부위 분해 불가 	<ul style="list-style-type: none"> • 생선의 결·질긴 물성으로 인해 고령자가 섭취하기 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> • 조직이 질겨 씹고 삼키기 어려우며 입안에 오래 머무름 • 치아 사이에 끼기 쉬움
개선방안	<ul style="list-style-type: none"> • 고기의 수분 이탈을 최소화하여 보수력을 유지하는 증점제를 첨가한 연화제 개발 	<ul style="list-style-type: none"> • 효소처리용 연화제 개발을 통한 미세 fiber 제거, tenderization 및 보수력 유지 필요 	<ul style="list-style-type: none"> • 가열 처리·연화제 적용을 통한 자연스러운 식감 부여 필요

있어, 고령자의 식욕을 증진시키고 식사를 남김없이 다 먹을 수 있도록 함으로써 고령자의 에너지 확보와 영양 개선에 기여할 수 있다.

나물반찬, 특히 말린 나물반찬은 질겨 계속 씹게 되며 삼키기 어렵고 입안에 머물러, 특히 치아에 끼는 문제가 발생한다. 기존 조리방법으로 채소류를 이중 데침 처리나 연화제 첨가로 연화시킨 전처리 제품의 경우, 식감은 부드러워지나 섬유질이 남아 계속 씹게 되며 삼키기 어렵고 입안, 특히 치아에 끼는 문제점이 발생한다. 이에 가열 처리 후의 채소의 질긴 식감은 줄이고 과다 연화에 따라 으깨져 형태가 없어지지 않을 정도의 자연스러운 식감을 유지할 수 있는 채소의 연화제 개발이 필요하다.

복합 고령친화 연화제의 제품화를 통한 편리성 제공 및 고령층 소비자 접근성 향상 필요

연화제의 활용성 증대 측면에서 연화제를 조리 편리성이 부여된 소스화를 통해 고령층 소비자들이 손쉽게 사용할 수 있는 활용성 부여가 필요하다. 식재료별로 연화된 제품을 각각 구매하기보다는 식재료별로 넓은 활용성을 가진 연화제를 사용함으로써 손쉽게 다양하게 활용할 수 있으며, 비용적인 측면에서도 절감의 효과를 줄 수 있다.

고령층에게 필요한 영양기능을 제공하여 가정용 식사를 만들 때 부가적인 기능성 소재 구입 없이 제품 하나에 다양한 기능을 부가하여 간단한 조리를 통한 섭취로 균형 있는 식생활을 제공할 필요성이 있다(그림 12). 무소득인데 비싼 기능성 식품을 구입할 필요 없이 값이 저렴한 고령친화 연화제를 활용할 수 있도록 필요 기능을 최대한 부가하고, 이러한 연화된 식품을 맛있게 섭취하여 충분한 체내 흡수를 통해 영양섭취 효율을 극대화할 필요

가 있다.

실버 식품 제조를 위한 신기술 적용의 필요

함침 맞춤형 입자 코팅 기술

앞에서 기술한 바와 같이 식품 원형 유지 및 연화 식품 개발을 위해 효소 함침이 다양한 기술로 적용되어야 한다. 여기에서 중요한 부분은 효소의 함침 효율과 균일하게 식재료 세포 내 침투시키고, 빠르게 침투되어 공정 효율을 증진시키는 기술이 필요하다. 따라서 효소를 활용한 나노 입자화 기술이 도입될 수 있다.

식재료 연화작용에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 효소에는 다양한 종류가 있다. 버섯의 질긴 섬유질의 연화방법으로는 키티나아제 효소 첨가가 가장 효과적이다(표 1). 특히, 버섯류는 찌기, 삶기 또는 볶기 등의 조리 방법에 의해 부드러워지지만, 탄력성이 있어 혀로 으개어도 조직은 붕괴되지 않는 특성을 지니고 있다. 이는 버섯 자체를 구성하는 균사가 키틴질을 주성분으로 하는 단단한 세포벽으로 둘러싸여 있기 때문이다.

동물성 식재의 경우는 단백질 분해 효소를 접촉시키기 위해 텀블링을 주로 이용한다. 이는 표면은 접촉에 의해 연화가 잘 이루어지지만, 내부 속까지 연화가 충분히 이루어지지 않기 때문이다. 이렇듯 효소 함침의 효과를 높이기 위해서 미세화 입자 제조 후 injection 시키는 방법을 고려할 수 있다.

기타 채소류는 펙티나아제, 헤미셀룰라아제 등을 사용하여 조직을 연하시킬 수 있다. 이때 효소와 함께 킬레이트 작용을 갖는 물질을 식물성 소재 내부에 함침시킴으로써, 식물성 소재에 포함된 미네랄과의 킬레이트 결합에 의한 고분자화를 억제할 수 있어 연화된 식재 상태를 유지할 수 있다.

실제로 Baron-Epel 등(10)에 따르면 soybean cell을 이용하여 마이크로 입자의 Stoke radius 크기가 3.3 nm 미만일 때 함침에 방해받지 않는 것으로 나타났다. 41 kDa, 4.6 nm의 텍스트란의 경우가 17.9 kDa, 3.3 nm의 경우보다 약 1/10의 속도로 확산되어 들어가는 것으로 밝혀졌다. Succinylated wheat-germ agglutinin(2.5 nm)과 bovine serum albumin(3.6 nm)의 구형단백질의 경우 soybean cell 세포벽을 통과하여 내부로 들어가는 것을

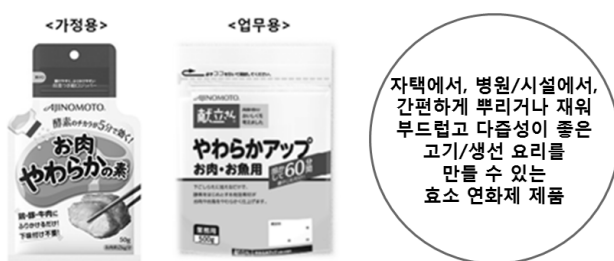


그림 12. 복합 고령친화 연화제의 제품화를 통한 편리성 제공.

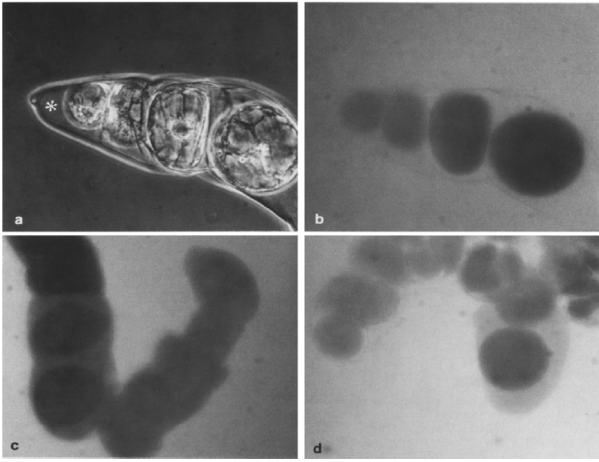


그림 13. Soybean cell의 세포막 내 침투정도(8).

관찰할 수 있었다. 반면, 120 kDa, 4.3 nm의 soybean agglutinin의 경우는 세포벽을 통과하지 않았다고 한다. 이들에 따르면 세포벽의 크기가 약 6.6~8.6 nm로 세포활성 손실 없이 펙틴 세포벽 내부로 입자들이 통과해서 들어가는 것을 관찰할 수 있었다고 보고하였다. 즉, 상대적으로 큰 단백질의 삼투압 확산은 세포내로 들어가지 못한다는 제한성을 나타내는 결과를 시사한다(그림 13).

이런 고분자 물질의 투과를 위해서 macerating activity(불림 효과)를 이용하거나 동결 및 압력 등을 처리하여

세포 통로를 확대 및 파괴하여 확산 속도를 증가하거나 용이하게 하여 침투력 향상을 위해 주게 되는 것이다. 이러한 침투력 향상을 위한 효소의 나노 입자화 기술 외에, 외부 코팅 막을 입혀주게 되어 외부 환경에 따라 효소가 고정 및 발현되어 물성연하 작용에 제어 기능을 부여할 수 있다.

실버 세대를 위한 기능성 영양 성분 강화를 위한 en-capsulation 기술

물론 저분자 물질의 경우 수용액에 용해되는 경우는 용액상태 그 자체로 활용할 수 있으나, 지용성 기능성 성분(비타민 D, E, 지용성 항산화제 등)의 경우 나노입자로 제조 시 세포 내 이용률이 높아진다는 많은 보고가 있다. 따라서 식재료 세포 내 투과하는 효용이나 확산 속도를 고려 시 친수성 성분의 경우(효소나 probiotics 등)는 activity를 유지시켜 주기 위해 encapsulation 등의 기술이 요구되기도 한다.

이러한 나노입자 제조 기술은 약학공학 분야에서 주도적으로 발달되어 왔다. 1990년대부터 고상 또는 액상 지질로 구성된 미세입자들은 약리성분의 전달체로 개발이 되었으며 액상지질을 대체하여 미세입자 에멀전을 제조하는 기술들이 개발되었다. 이러한 시스템은 기본 전통적 미세입자보다는 우수한 내구성, 물리적 안정성, 변성이 쉬운 약리성분의 보호, 용이한 약리성분 방출 등이다.

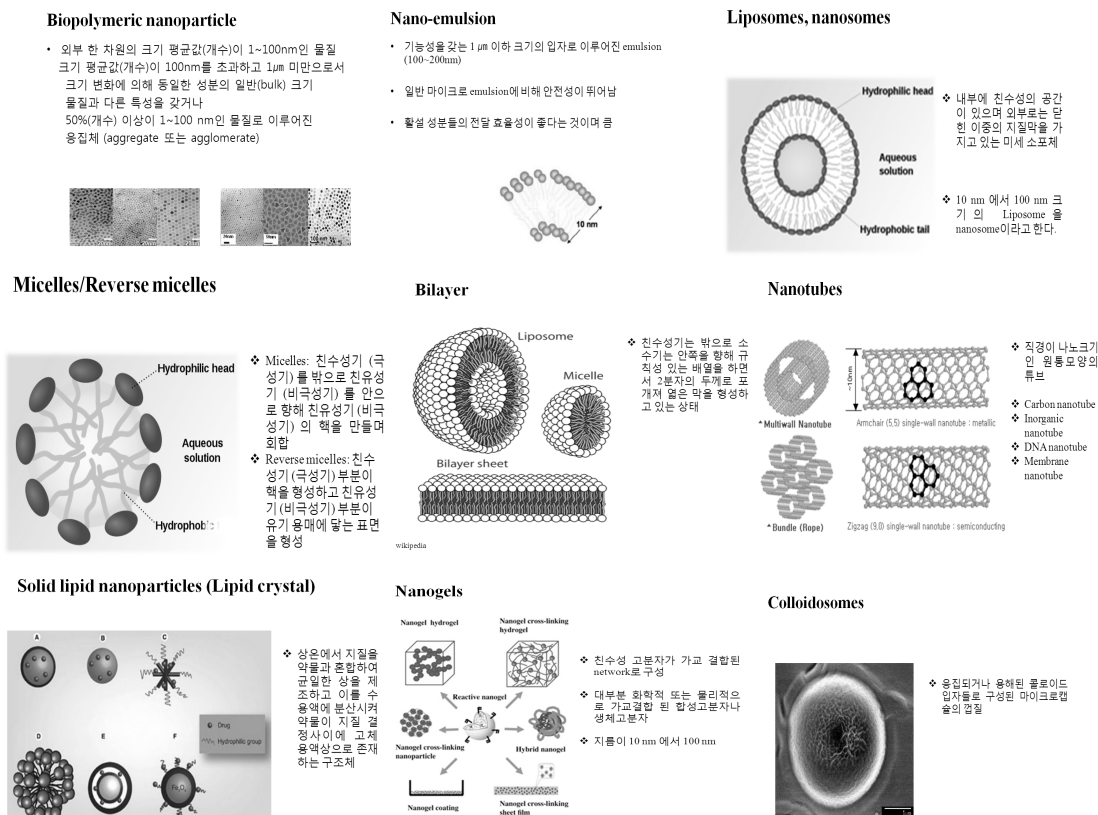


그림 14. 다양한 입자 전달 시스템.

일반적인 나노입자 제조법은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 하나는 monomer의 polymerization 방법(bottom-up 방식)과 natural 고분자 혹은 preformed polymer (pseudo latex)를 이용한 유화공정 과정(top-down 방식)이다. 최근 생분해성, 생체친화성 preformed 고분자 폴리머를 이용한 nano-particle 제조 기술이 각광받고 있다.

그림 14에서 제시된 바와 같이 입자 제조법에는 다양한 기술이 있다. 하지만, 그 응용목적에 따라 실버 푸드 제조용 함침 나노입자 제조에 선택적으로 이루어져 함침 후 소화효소 함침 효용에 따라 적합한 맞춤형 입자를 제조해야 한다.

고령맞춤형 식품 개발을 위해서는 식품 내 고농도 영양 성분 강화를 위해 영양개선을 위한 소화효소 및 기능성 성분들로 나누어 생각할 수 있다. 물성개선용 효소들에는 앞에서 상술한 바와 같이 식재료별로 선택된 함침용 효소들로 식재료의 기공 크기나 함침 방법에 따라 입자크기 제조가 달라질 것으로 생각된다. 물성개선용 효소들은 직접적인 맛이나 향 등에 영향을 미치는 효소들로 필요에 따라서는 다른 조성분과 혼합하여 코팅시킬 수도 있다.

캡슐화 기술의 가장 주된 목적은 영양성분 들의 포집에 있는데, 소화효소, 칼슘이온, 지용성 혹은 수용성 비타민류, 불포화 지방산이나 probiotics 등 개별적 혹은 혼합물로 포집 혹은 개별 코팅 후 혼합 등으로 영양 함침액을 제조할 수 있다. 모든 성분이 나노 입자화를 필수적으로 행해야 하는 것은 아니고, 또한 코팅막을 필요로 하는 것은 아니지만, 성분별 최적 공정 과정을 통해 비파괴 실버 식재료 개발에 공헌할 수 있는 신가공 기술의 하나인 나노기술을 적용하여 양질의 제품을 생산하는 데 적용할 필요성이 있다.

결 론

고령자 식품 시장의 요구도에 비해 실제 제품 시장 형성은 걸음마 단계에 있다. 이에 반해 고령식품 관련 기술 부분은 최근 10년간 꾸준히 진행되어 왔다. 이제는 연구 개발 단계의 내용을 근간으로 산업체에 적용된 식품이 생산되어 대중에게 판매되어야 하는 시점에 이르렀다. 고

령친화 식품 시장 형성을 위한 산업체의 관심과 국내 실정에 맞는 고령식품의 명확한 정책적 규격 마련을 위한 한국식 고령친화 식품의 가이드라인 개발이 선행되어야 잠재되어 축적된 연구 기술이 실제 식품으로 구현될 수 있으리라 생각된다. 또한, 산업체에서도 장기적인 안목을 가지고 당장의 시장형성과 이윤을 기대하기보다는 국민 건강에 대한 대비와 우리나라 고령화 시대 대비를 위한 사회적 공헌의 측면에서 선도적으로 시장형성을 주도할 필요가 있다고 판단된다.

참고문헌

- McArdle RN, Culver CA. 1994. Enzyme infusion: a developing technology. *Food Technol* 48: 85-89.
- Betoret N, Puente L, Díaz MJ, Pagán MJ, García MJ, Gras ML, Martínez-Monzó J, Fito P. 2003. Development of probiotic-enriched dried fruits by vacuum impregnation. *J Food Eng* 56: 273-277.
- Rastogi NK, Niranjana K. 1998. Enhanced mass transfer during osmotic dehydration of high pressure treated pineapple. *J Food Sci* 63: 508-511.
- Mahadevan S, Karwe MV. 2011. Enhanced infusion under high pressure: new insights. Proceedings of 11th International Congress on Engineering and Food. Athens, Greece. Vol III, p 1681-1682.
- Sopanangkul A, Ledward DA, Niranjana K. 2002. Mass transfer during sucrose infusion into potatoes under high pressure. *J Food Sci* 67: 2217-2220.
- Sila DN, Duvetter T, De Roeck A, Verlent I, Smout C, Moates GK, Hills BP, Waldron KK, Hendrickx M, Van Loey A. 2008. Texture changes of processed fruits and vegetables: potential use of high-pressure processing. *Trends Food Sci Technol* 19: 309-319.
- Hiroshi S. 2008. Development of new food using frozen impregnation method. *Food and Development*, 43: 12-14.
- Nagai T, Fukuma T, Nakatsu S, Shibata K, Sakamoto K. 2011. Softening of fish meat and changes of muscle protein by freeze-thaw enzyme infusion. *Nippon Suisan Gakkaishi* 77: 402-408.
- The Science Times. 2017. http://www.sciencetimes.co.kr/?p=117446&post_type=news (accessed Dec 2017).
- Baron-Epel O, Gharyal PK, Schindler M. 1988. Pectins as mediators of wall porosity in soybean cells. *Planta* 175: 389-395.