

국내외기술정보

식품첨가물로써의 이용을 위한 유청단백질의 가공

신 원 선
이화학연구부

최근 6할이상의 주부들이 가공식품 혹은 반가공식품을 이용하고 있으며 그 이유는 이용의 간편성, 조리가 간단하고 합리지향적인 구매행위가 가능한 점으로 꼽을 수 있다. 특히, 일본의 경우 노년인구층의 급증으로 인한 부드러운 식품소재의 이용성이 크게 늘어나고 있는 추세에서, 강하지 않고 부드러운 향미 및 질감, 먹기쉬운 간편성등과 영양기능성이 강조된 제품개발이 활발히 이루어지고 있다.

따라서, 가공식품을 개발하려는 목적위에 소비자의 연령층에 대응하고, 보다 고도의 기능특성(영양성, 안전성, 경제성등)을 결합시킨 개념들이 도입되고 있다. 단백질은 가공식품의 물성을 결정하는 성분으로써 우유, 계란, 대두 및 밀가루단백질등을 이용하여 물성개량을 위한 잠정적 식품첨가물로 이용가치가 높다.

주로 구상단백질로 구성이 되어 있는 우유의 유청단백질을 특수한 처리에 의해 가용성 선상응집체(Soluble linear aggregate)로 가공한 유청단백질(Process whey protein)은 원래의 미비성 유청단백질에 비해 증강된 기능특성(표 1)을 지니고 있다.

지난 10년간 유청의 유용성에 대한 인식이 증가된 것은 물론 막기술이나, 이온 교환기술을 이용한 유청가공기술이 점진적으로 발달해왔다. 유청의 원재료는 물론이고 가공적성을 이해함으로써, 산 안정성, 겔화, 막형성, 기포형성, 유화액형성등의 수많은 식품학적 기능특성들이 제고될 수 있다. 따라서, 식품에 응용될 수 있는 이들 기능특성들을 다듬어, 유청단백질을 특별한 목적용 제품으로 개발할 수 있도록 넓은 범위의 정보를 제공하는 것이 중요하다. 이에 유청단백질의 제조 및 가공을 제고하고, 식품에 광범위하게 응용할 수 있는 유청단백질의 다양한 식품학적 기능특성을 논의하고자 한다.

1. 유청단백질의 제조

유청단백질의 제조목적은 최종 식품에 적합한 구성성분과 기능특성을 부여하는데 있다. 유청단백질의 제조공정은 원유와 완성된 식품첨가물간에 다단계로 구성되어 있다(fig. 1). 우유를 이용하여 치즈나 카제인을 제조하는 과정에서 부산물로 생성되는 유청은 93%의 수분과 약 0.6%의 단백질로 구성

이 되어있으며, 첨가물로 이용하기 위해서는 농축과정을 거쳐야 한다.

유청단백질제품은 구성성분에 따라 분류되는데, 일반적으로 단백질 함량(건조중량)에 따라 분류된다. 유청분말은 10%의 회분, 1%의 지방, 13%의 단백질을 포함한 건조상태이다. 35%유청단백질농축액(WPC)은 34~35%의 단백질을 포함하고 있으며, 53%의 유당, 4%의 지방, 8%의 회분을 함

표 1. 개량 유청단백질의 식품첨가물로써의 주요한 기능특성

기능특성		특징
젤 특성	단단한 젤 탄력성이 우수한 젤 유연한 젤 내열성이 우수한 투명한 젤 비가열 겔형성 산성조건에서 투명젤	단백질농도에 관계없이, 저농도에서 단단하게, 고농도에서 부드러운 젤을 형성시킬 수 있다. 줄·젤물성은 무단계로 얻어진다. 투명하고 열용해하기 어려운 젤을 조제할 수 있다. 실온에서도 젤을 형성할 수 있다. 열안정성이 높은 겔형성
줄 특성	내열성, 투명한 줄 부드러운 줄	젤과 동일상으로 무단계로 얻어짐 기본적으로 젤과 동일한 특징을 지님
점조액 특성	내열성 고점조액 기름진듯한 식감부여 저 칼로리성 점조액	열안정성이 높다. 액상유지와 유사한 흐름성을 지님 동일한 점도를 지닌 기름에 비해 약 3%의 열량을 보유
계면특성	지방포집력 유화력 기포형성능력 젤형성능력	지용성비타민, 향료, 향신료의 안정력이나, 이취의 마스킹효과 내산, 내염, 내열성이 우수 지방을 보유한 유화성 겔 및 기포성겔 형성 가능
영양특성	고도의 소화성 고영양성	위에서 소화력이 향상됨 단백가가 100이상으로 영양성이 우수
기 타	전분의 노화방지 알콜내성 비가열 겔형성능력 애완동물용 레토르트파우치	전분식품의 품질안정성을 기대 알코올을 함유한 젤리형성가능 가열해도 액상유지
환경보존성	유청의 고도이용	인간 및 환경에도 해가 없음

桝川洋一(食品と科學, 1996)

유하고 있다. 80%의 유청단백질에는 단백질함량이 80%까지 존재하고, 유당의 함량은 약 7%이며, 지방과 회분의 함량은 4~7%이다. 락트알부민은 특별한 타입의 유청단백농축물(WPC)로써 열변성을 거친 락트알부민은 다른 기능성을 지니게 된다.

유청분리 단백질(WPI)은 90% 이상이 단백질로 구성되어 있으며, 1%의 지방, 1%의 유당, 그리고, 3%의 회분을 함유하고 있다. 이 중 80% 유청농축단백질(Whey protein concentrate, WPC)과 유

청분리 단백질(Whey protein isolate, WPI)은 식품개발을 목적으로한 범주에서 응용가능한 제품으로, 본문에서는 이 두종류의 제품에 초점을 맞추고자한다. 그러나 35%와 50%의 단백질을 함유하는 제품을 제조하는 방법을 이해하는 것이 이들 높은 단백질함량을 지니는 제품을 제조하는데 중요하다.

1.1 35%와 50%의 유청농축단백질(WPC)

35% 그리고 50%의 유청농축단백질의 제조를 위해서는 치즈생산과정에서 남은 유청을 살균하여

저장고에 저장을 한다. 이어서, 생산되고 남은 치즈

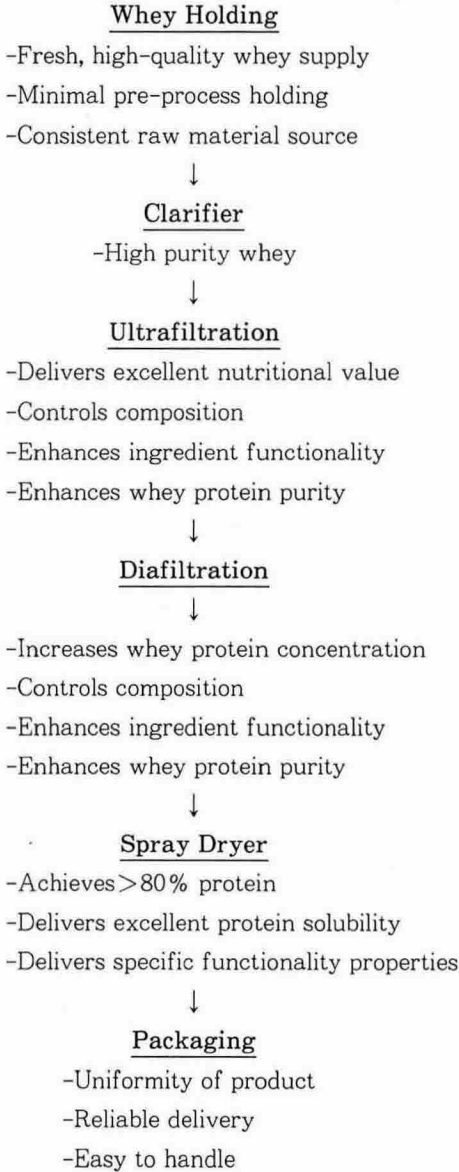


Figure 1. Manufacturing Process of Whey Protein

즈부스러기들을 완전히 제거시키는 청정화작업을 거친후, 희석유청액은 한외막분리법(Ultrafiltration)을 이용하여, 유청의 고형분을 농축시킨 후,

분말상태로 분무건조(spray dry)시킨다.

각각의 단위공정·보관 및 열처리, 청정화, 한외막분리, 분사건조 등은 유청단백질제품의 기능성에 영향을 미친다. 유청단백질의 농축이나, 분리의 중심적인 공정인 한외여과법은 유청단백질과 지방을 물리적으로 유당과 미네랄로부터 분리하는 가압식, 막투과법을 적용한 것이다. 다양한 고분자로 만든 막은 분자량 20,000이나 30,000이상의 분자들을 거를 수 있도록 고안된 것이다. 유청을 흘려 보내게 되면 물이나 미네랄등은 저분자이므로 막을 쉽게 통과하게 되나, 유청단백질과 지방은 분자량이 크기때문에 막에 보유되어 농축된다. 이 단계를 거치면 유청단백질은 25~35% 정도 농축이 되는데, 구성성분을 조절하는 분리방법은 첨가물의 기능성을 증진시킨다.

분무건조(spray drying)는 액체상태의 유청을 35%에서 90%의 고온 분말상으로 농축하게 된다. 액체분무와 건조를 조절하여 저온건조방법으로 분사하면 유청단백질의 우수한 용해도를 유지시킬 수 있고 용매내에서 분산성이 우수한 제품으로 만들 수 있다.

1.2 80%유청단백질 농축

80%의 유청단백질 조제공정은 기본적으로 35~50% 유청단백질농축제품과 같으나, 투석여과법(diafiltration step)이 가공과정중 첨가된다. 한외여과법에 이어지는 투석여과법은 약 60%의 단백질을 90%로 농축하기 위해 사용된다. 투석여과법도 막분리법의 일종으로 물을 지속적으로 흘리면서 유당과 미네랄을 씻어내면서 단백질을 농축하게 된다. 투석여과단계를 거치면, 농축된 유청은 거의 80%로 농축된 유청단백질을 포함하고 있다. 투석여과법은 최종 성분을 조절할 수 있을 뿐아니라, 유청단백질의 순도를 증진시키며 첨가물기능성을 증진시킨다.

1.3 특수유청단백질

80%유청단백질농축이외에도, 특수한 목적으로

조제된 유청단백질농축제품이 있다.

- (1) 지방함량을 1% 이하로 감소시킨 제품
(평균 5~7% 감소된 것)
- (2) 유당함량을 7%에서 1% 이하로 감소시킨 제품
- (3) 1% 이하의 지방과 1% 이하의 유당함량의 유청단백질농축물등으로 지방이나 유당함량을 감소시킨 몇가지 제품이 있다.

1.3.1 저지방 유청단백질

한외여과법을 사용하기전에 유청단백질로부터 커다란 지방구를 제거하기 위하여 막을 이용한다. 이 막은 100,000이상의 분자량을 보유하여 작은 단백질을 포함한 저분자들을 걸러주게 된다. 몇몇 단백질은 지방구와 회합하는 경향이 있기 때문에 유청단백질의 일부분이 막에 보유된다. 이 방법은 훨씬 더 민감하고, 좋은 공정제어를 필요로 하지만, 지방구를 좀 더 잘 분리하기 위하여 지방구의 엉김현상(flocculation)을 조작할 수 있다. 지방이 제거된 유청은 단백질함량 80% 이상으로 농축하기 위하여 한외여과법과 투석여과법을 사용한다.

1.3.2 저유당 유청단백질

저유당 유청단백질을 제조하기 위하여 유당분해 효소인 베타-갈락토시다제(β -galactosidase)를 이용하여 유당을 젓당과 포도당으로 가수분해시킨다. 이 효소는 한외여과법을 이용하여 농축하기 전 단계에서 첨가된다.

1.3.3 유청단백분리(Whey protein isolate)

지방을 제거하기 위하여 초미세여과법과 유당을 제거하기 위하여 유당분해법을 이용하는 두 가지 부가적인 가공공정을 혼합시켜, 유청단백질을 90% 이상 농축할 수 있다. 한외여과법의 투석여과법을 이 두가지 전처리다음에 사용하여 유청단백분리(whey protein isolate)제품을 조제한다. 유청단백분리의 가공에 이용하는 또 다른 가공은 한외여과를 이용하기전에 전처리로써 이온교환법을 사용한

다. 상업적으로 가장 많이 쓰는 양이온교환법은, 유청을 산성pH로 조정하여 양이온으로 하전시킨 다음, 음이온으로 하전된 수지가 들어 있는 탱크속에서 흘러보내는 동안 지방, 유당, 미네랄등이 제거되게 한다. 일단, 이 음이온으로 하전된 수지가 단백질에 접촉되면 탱크의 pH는 알칼리로 조정되어 수지로 부터 단백질이 떨어지게끔하여, 용리되어 나온 회석 유청단백질을 한외여과법으로 농축한후 건조시킨다. 양이온으로 하전된 수지를 이용하는 음이온교환법에서는 양이온교환법의 반대방법이 적용된다. 유청단백질의 등전점보다 높은 pH에서는, 유청단백질은 음이온을 띄게되고 양이온으로 하전된 수지에 붙게된다. 이 단백질에 산성용액을 흘려보내면서 단백질을 용리시키게 된다.

1.4 락트알부민

락트알부민은 열침전에 의해 분리된 유청단백질로써 분말상이다. 유청을 흘려보낼때, 90℃ 이상으로 가열하면 유청단백질은 자가회합(selfaggrigate)하여 침전하게 된다. 이 유청단백질을 지방, 유당, 미네랄로부터 분리하여 물로 씻은후 건조시킨다. 변성된 락트알부민은 용해도가 상당히 감소되어, 그 기능성은 다른 수용성 80~90%의 유청단백질 농축물과는 다소 다르다.

유청단백질 기능성에 영향을 미치는 가공효과는, 첫째, 유청제품이전의 유청의 원료의 품질과 가공공정의 조절, 둘째, 유청단백질농축물의 가공중에 유청단백질의 조작과 공정제어, 셋째, 유청단백질의 최종 성분, 즉 35, 50, 80, 90% 단백질인가, 다른 비(非)단백성분의 농축인가에 따라 다르다.

2. 기능 특성

유청단백질이 지니고 있는 다양한 기능특성때문에 식품전반에 광범위하게 이용 될 수 있다. 그리고 유청단백농축제품(WPC)과 유청단백분리제품(WPI)은 단일 첨가물로써 모든 기능특성을 포함하고 있다.

2.1 영양학적 가치

유청단백질은 모든 필수 아미노산의 우수한 급원이며 소화성이 우수하다. 밀과 콩등의 곡류단백질에는 필수아미노산인 리신(lysine)과 메치오닌(methionine)이 결핍되어 있어 유청단백질을 첨가하여 함께 사용하면 부족한 필수아미노산을 보강할 수 있는 장점이 있다. 또한, 유청단백질은 로이신(leucine), 이소로이신(isoleucine), 발린(valine)과 같은 소수성의 필수아미노산도 다량 함유하고 있다. 이러한 아미노산은 스포츠음료 및 스낵(bar)에 생물학적 이용가치가 높을뿐 아니라, 유아식, 경관식, 체중조절식, 단백질화 과일 주스 및 그 밖의 건강식품등에 이용될 수 있다.

2.2 용해도

열변성이 안된 유청단백질은 넓은 범위의 pH에서 우수한 용해성을 지니고 있다. 그러나, 70°C 이상으로 가열하면 pH 3~5범위에서 용해도가 떨어지는데, 이는 유청단백질이 응집하여, 등전점(pH 4.5~5.3)에서 침전하기 때문이다. 90°C에서 5분 동안 열처리하면 유청단백질의 80% 이상이 용액내에 잔존한다. 가열제품의 유청단백질의 용해도는 유청단백질의 열안정성을 증진시키는 당류의 첨가로 개선시킬 수 있다. 또한 산성조건에서 유청단백질이 지니는 우수한 용해성은 산음료 및 샐러드 드레싱등에의 응용에 중요하다.

2.3 점도 및 보수력

다른 단백질과 비교해 볼때, 유청단백질의 점도는 낮다. 이런 낮은 점성은 고농도 단백질을 이용할 때 점도를 부여하지 않으므로, 단백질섭취시 많은 양의 액체를 필요로 하지않는 장점을 지니므로, 전체 식사를 대신하는 식이제품에 중요하다. 유청단백질은 가열하면 점도가 약간 증가하고 수분보유력이 다소 증가하는 경향이 있으나, 이미 언급한 바와 같이 용해도는 떨어진다. 가열에 의한 점도를 증가시키기 위하여 유청단백질농축제품을 이용하

는데, 스프, 소스, 요구르트 등의 식품에서 증점제 역할을 한다. 또한, 유청단백질이 지니는 보수력은 어육제품에 중요하다.

2.4 겔화

적절한 가열조건하에서, 유청단백질농축은 겔의 3차구조를 재배열함으로써 비가역적인 겔을 형성한다. 겔화는 물을 겔의 망상구조내의 모세관속에 가두는 것으로 부가적인 수분보유능을 지니게 되는 것이다. 강력한 겔망상구조는 간헐 있는 물을 보유하여, 수분손실(synerisis)를 방지해준다. 이는 햄, 어묵과 같은 다양한 제품의 수율을 향상시키며, 요구르트, 크림 등과 같은 식품에서 표면 수분의 증발을 억제시켜 외관을 손상시키지 않는다.

유청단백질은 약 65°C에서 겔이 형성되기 시작한다. 겔의 특성은 명울명울한 겔, 유장분리상태의 겔부터 달걀흰자의 겔같이 부드럽고, 단단하고, 탄성이 좋은 겔까지 상당히 다양하다. 겔을 형성하는 초기온도와 겔의 특성은 단백질농도, pH, 그 밖의 첨가제에 의해 각기 다르고, 또 가공조건에 따라서도 달라질 수 있다. 수용액내에서 유청단백질은 7%의 단백질농도에서 겔형성이 시작된다. 식품에서 다른 첨가물들의 존재에 따라 유청단백질의 겔은 식품의 물성(강도 응집성, 점탄성 등)을 개선하거나, 변형시키기 위하여 사용된다. 이들 성질은 육제품이나 수산제품, 케이크등에 상당히 중요하다.

2.5 결착성

유청단백질농축물은 식품의 질감을 균일하게 개선시키는데 우수한 결착성질을 지니고 있다. 즉, 고기나 생선에 빵가루나 튀김옷을 잘 붙도록 하는데 중요하며, 육괴간의 결착, 빵이나 과자의 표면윤이 나게 할 때도 이용된다.

2.6 유화성

샐러드드레싱 같은 식품유화액은 다양한 저장온도하에서 장기간의 저장시에 안정한 유화액을 형성하는 것이 중요하다. 유청단백질은 친수성, 소수성

을 동시에 지니고 있어서 유화제로 유용하다. 유청 단백질은 기름과 물의 계면에 막을 형성하여 크림화현상, 지방구 응집현상, 기름분리현상을 방지한다고 여겨진다. 더우기, 유청단백질은 산성조건하에서도 우수한 용해도를 지니기 때문에 샐러드드레싱과 같은 유화성식품과 소스와 같은 가열식품에서도 안정한 유화액을 형성할 수 있다. 증가된 점도는 지방구의 유동성을 감소시키고, 지방구들이 서로 뭉치는 현상을 최소화할 수 있다.

2.7 기포성

기포성은 병과류, 케이크, 캔디류등과 같은 식품에 중요하다. 단백질용액의 기포성은 병과류의 미세한 기포형성, 휘핑크림, 머랭등에는 유용하지만, 그밖의 식품에서는 바람직하지 못한 현상일 수 있다. 공기주입의 속도와 기포안정성은 유청단백질의 타입, 단백질변성의 속도 지방함량, 단백질과 당류의 농도, 칼슘이나 이온의 농도, pH 및 저어주는 방법, 가공시에 사용하는 용기의 종류와 같은 인자등에 의존하고 있다. 유청단백농축물에서 지방성분의 존재는 기포형성능력을 저하시키며, 식품에 응용할 때, 설탕, 소금, 지방 그리고 유청단백질의 함량 및 휘핑시간등의 요소들이 최종제품에 영향을 미친다.

3. 식품계에 응용

3.1 전분식품

아밀로우즈나 아밀로펙틴이 제조공정중 수화(水和)되어 겔의 망상구조가 형성되는데, 주로 수소결합에 의해 형성되었기 때문에 아밀로오즈분자간에 생기는 소수성 상호작용에 의해 물을 분리시켜, 노화현상을 일으키게 되므로 딱딱하게 되는 단점이 있다. 또, 물속에서 레토르트살균을 위해 고온가열을 할 경우, 전분이 너무 부드럽게 되어 녹아버릴 염려가 있다. 가공유청단백질을 첨가한 경우, 형성

된 전분의 망상구조를 유청단백질의 망상구조가 보호하여, 물의 이동을 억제하기 때문에 저온이나 고온에서 방치해도 안정한 제품을 조제하는 것이 가능하다. 또, 면류, 파스타, 만두피 등의 중간수분식품계 전분, 밀가루제품의 노화는 모두 전분 및 밀가루 단백질인 글루텐에 의해 형성된 망상구조속의 수분이 증발하기 때문에 일어나게 되는데, 유청단백질을 첨가할 경우 개선이 가능하다.

3.2 수산가공식품

어패류를 소재로한 가공품은 가열시의 수축변형이나 식감(食感)이 딱딱하게 되는 변화를 가져오기 쉽다. 특히, 새우를 원료로 하는 튀김류는 이런 현상이 심하게 일어나는데, 새우의 살이 주로 수용성 효소단백질과 가열에 의해 수축하기 쉬운 단백질로 구성되어 있기 때문에 이런 현상이 일어난다. 여기에 유청단백질을 첨가할 경우, 냉동보관후, 해동시켜 가열조리할 때의 수축변형이 적고, 새우 본래의 식감이 우수하다. 또, 젤상 식품을 형성시 염에 의한 점도가 증가되면서 가열에 의해 투명하고 단단한 겔을 형성할 수 있다.

3.3 난백대용품

계란은 식품소재 뿐만 아니라, 계란자체를 주원료로 하여 사용하는 경우가 대부분이며, 가공식품의 부재료로써 널리 이용되고 있다. 계란을 이용하지 않고서도 액상난백과 비슷한 특성과 풍미를 가지는 유청단백질이 계란대체이용품으로 쓰일 수 있다. 유청단백질을 이용하여 기포를 형성시킨 후, 여기에 염을 첨가하여 가열하면 기포성 겔을 형성할 수 있다. 이 기포성겔은 우수한 열안정성을 지니고 있기 때문에 조미를 해서 매쉬멜로우 같은 기포성젤리로 이용할 수 있다. 스펀지 케이크의 주원료는 밀가루와 난백으로, 유청단백질을 이용하여 난백을 완전히 대체시켜도 식감이 전혀 손상되지 않는 케이크를 만들 수 있다.

4. 향후 전망

유청단백질은 최근 성장일로에 있는 스포츠영양 식품의 시장에서 혁신적인 제품개발에 큰 기대를 모으고 있다. 예를들어, 유청단백분리(90%이상의 단백질과 1%미만의 지방과 유당을 함유)제품은 운동선수를 위한 고단백조제식이, 건조믹스음료수 등에 무지방, 무유당조제를 개발하는데 주로 이용되고 있으며, 고단백 즉석 음료수제품개발에도 전망이 밝다. 유청단백질은 가열시, 산성pH에서도 침전형성을 하지 않으므로 과일맛쥬스등에 이용될 수 있다. 유청단백분리제품에는 지방이 함유되어 있지 않기 때문에 투명한 음료를 조제할 수 있으며, 이는 관능수용도에 좋은 반응을 보일 것으로 예상된다. 더욱이, 유청단백분리는 무취, 무향으로 첨가물로 쉽게 이용할 수 있다.

이상에서 언급한 바와 같이 유청단백질은 내재적

으로 우수한 기능특성을 보유하고 있으며 다음단계는 이들 기능특성들을 최종제품의 물성개량에 필요한 기능적요구(Functional requirement)와 접목시켜 응용하는데 있다고 하겠다.

참 고 문 헌

1. Lee M. Huffman(1996) Food Technology 50 (2) 49-52
2. Aquilera, J. (1995) Food Technology 49 : 83-89
Jost, R. (1993) Trends in Food Science and Technology 4 : 283-288
3. 杵川洋一(1996) 食品と 科學 38(1) : 106-12
中山正夫(1995) 食品工業 38(13)
4. Y. Kinekawa and N. Kitabatake (1995) Biosci. Biotech. Biochem. 59(5)

국내외기술정보

식품알레르기의 화학과 생물학

손 동 화
이화학연구부

식품 알레르겐은 보통의 식품단백질인데, 이는 개인에 따라서 다르지만 알레르기 증상을 일으키는 원인물질로서 작용하고 심하면 생명을 앗아가기도 한다.

식품에 의한 이롭지 못한 반응은 식품의 섭취후 일어나는 잘못된 반응으로 정의된다. 식품의 이롭지 못한 반응은 여러종류가 있는데, 이 반응들은 넓은 의미로 "식품민감증"이라고 하고, 특정 식품

이나 식품성분에 대한 반복적이고 불쾌한 반응이다.

식품민감증은 크게 둘로 일차적인 식품민감증과 이차적인 식품민감증으로 나눌 수 있다 (Fig.1).