

# 澱分の 理化學的 物性と 糊化作用



李 聖 甲

〈國立安城農業專門大 食品製造科〉

## ① 머 리 말

우리가 이용하고 있는 식품영양소 중의 큰 비중을 차지하는 전분은 식물의 종자, 뿌리, 줄기, 피곤 등에서 얻고 있으며 이렇게 얻는 천연전분은 지하전분(고구마, 감자)과 지상전분(옥수수, 밀)으로 나눌 수 있다.

이들 천연전분의 종류간 특징을 요약하면 지하전분은 대체적으로 전분입자가 굵고 호화가 빠르며 동일농도에 있어서의 점도가 높으나 호화 후 쉽게 굳어져서 안정성이 없어 지상전분보다 용도에 따라서는 환영을 받지 못한다. 이중 감자전분은 고구마전분보다 호화가 빠르고 점도도 높으며 특히 화학적 처리에 의한 변화가 용이하므로 화공전분으로 많이 이용된다.

한편 지상전분은 호화점이 높고 점도가 낮지만 색이 백색이고 호화 후의 특성이 안정하므로 호료 또는 식품첨가제로 많이 이용되어 corn starch 등이 귀중하게 취급되는 이유가 된다.

전분의 물성을 좌우하는 요소는 1920년까지

는 전분구성분 중의 Amylose와 Amylopectin의 함량비와 전분의 화학구조인 glucose unit의 쇠상질이 만으로 생각되었으나 그후 K.H. Meger에 의하여 전분의 세부구조가 밝혀짐으로써 근대적 전분화학의 기초가 이루어져 전분의 물성요인이 간단히 몇가지에 의하는 것이 아님을 밝혔다.

즉 전분구조상의 특징인 말단기의 수, 평균중합도 등을 밝히고 Amylograph, Photopastograph 및 X선회절 등의 방법으로 전분입자의 내외전모를 세밀히 밝히므로써 전분종류의 경미한 차이도 명확히 구별할 수 있게 되었고 전분을 물리적 또는 화학적으로 처리하므로써 변화되는 과정도 정확히 구명할 수 있게 되었다. 따라서 천연전분의 종류간의 특성을 조정하여 대체이용될 수 있게 함으로써 전분이용공업에 큰 편의를 주고 있다.

이와 같이 전분에 대한 연구의 흐름은 전술한 바와 같이 전분의 이화학적 특성에 관한 기초연구와 또 다른 하나는 전분의 제조나 이용법에 관한 응용연구분야로서 이는 자연발생적으로 기원 전부터 이용되어 이론보다 경험이 선행되어 왔으나 전자의 연구보다 system-

atic하게 정리되어 있지 않다.

전분의 특성은 사용하는 식물체의 종류나 생육조건, 저장조건에 따라 다르고 또 조사방법에 의해서도 차가 있게 된다. 예로 전분의 호화온도를 각종 방법으로 측정할 때 같은 종류의 전분이라도 5~6°C의 차이가 인정되고 있다.

이것은 각각의 관측치의 차에서 기인되는 것이다. 종래의 전분호화온도는 맑은 용액 중에서 전분입자의 구조변화점을 측정하는데 공업적으로는 전분을 단체로 그대로 맑은 상태에서 사용하는 예는 상당히 적다. 그러므로 전자는 이론적 호화온도가 되고 후자는 공업적 호화온도인데 이는 가열속도, 시간, 교반조건, 농도, pH 첨가제의 외적조건이 수반된다. 전분의 용도를 사용형태로 구분해 보면 ① chewing Gum, 고무 등의 접결방지제로 분말 특성을 이용하는 용도, ② 섬유, 종이의 seizing, 접착제, 어묵 등과 같이 호화시켜 이용하는 용도, ③ 산 또는 효소의 가수분해로 이용하는 용도로 구분할 수 있으며 친수성이 강한 천연 고분자물질로 된 전분의 입구조가 물과 공존하여서 가열에 의해 발생하는 각종의 물성변화 즉 호화현상의 특성을 살리는 이용법이 전분이 갖는 큰 특징이 된다.

전분의 이화학적 특성으로서는 전분 중의 불순물로서 혼재하는 지방질이나 무기질의 문제도 있으나 여기서는 전분입자의 구조성과 물질변화에 대하여 전분을 호화시켜 사용시 발생하는 여러가지 현상과 관련시켜 설명코저 한다.

## ② 전분의 호화상태에 따른 용도구분

전분의 호화현상에 관하여는 옛부터 수많은 보고가 있으나 이 현상을 구체적으로 전분입자

의 작용을 연속적으로 조사한 것은 없다. 전분을 수중에서 가열시 현미경으로 그 형태변화를 관찰해 보면 입자가 연속적으로 더욱 무한히 확대되는 현상을 볼 수 있다. 이러한 전분입자의 변화과정을 팽윤입자의 자연침강체적으로서 계량적으로 산출할 수 있다.

이 결과 맑은 물용액 중에서의 전분입자의 가열시 작용은 다음과 같이 추정된다. 밀전분립을 예로 볼 때 55°C부터 물이 흡수되어 팽윤을 시작하는 동시에 입을 구성하는 Amylose 성분도 소량씩 수중에 용출된다. 가열온도의 상승이 계속되면 전분립의 팽윤이나 Amylose의 용출은 순차적으로 증대된다. 90°C에서 Amylose 성분은 거의 수중에 용출되어 버린다. 더욱이 95°C에서 처리한 상등액의 Iodo 반응은 적자색으로 되고 Amylopectin 성분의 혼재도 고려된다.

이 때문에 고온시에는 팽윤입의 붕괴, 분산도 동시에 일어나는 것으로 추측된다. 이와 같이 전분입은 수중에서 가열시 수화, 팽윤, 붕괴, 분산의 과정을 거쳐 호화가 진행된다. 이 같은 호화과정은 전분의 종류에 따라 다르다. 예를 들면 그림 1에서 각종전분의 호화과정에

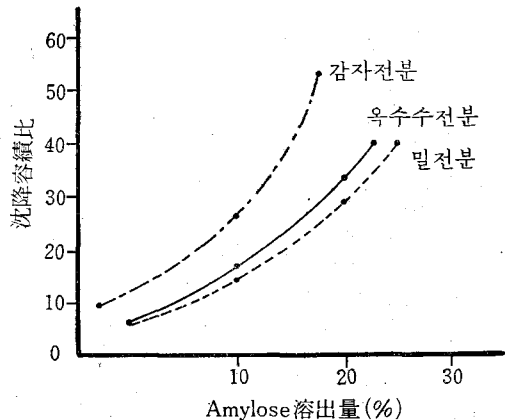


그림 1. 각종 전분의 Amylose 용출량과 침강용적비의 관계

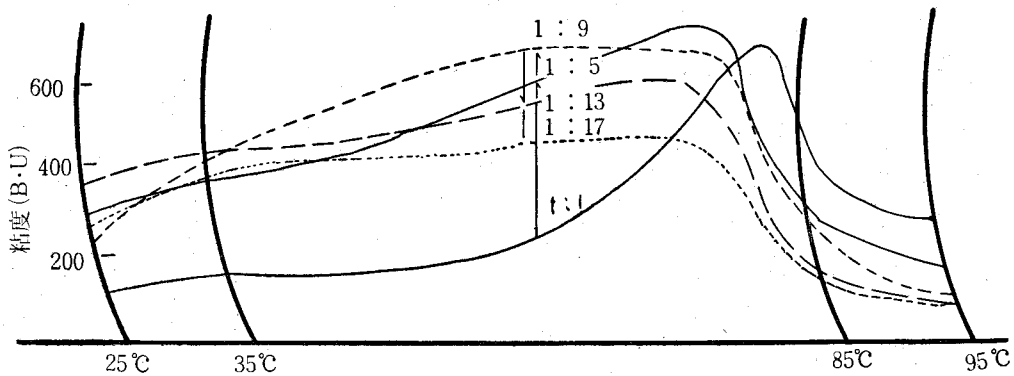


그림 2. 水量비가 다른  $\alpha$ 화 밀전분의 8% Amylogram(그림중 숫자는  $\alpha$ 화 처리시의 수량비를 표시)

서 Amylose 용출량과 팽윤입의 자연침강체적비의 관계를 보면 감자전분은 밀, 옥수수전분에 비하여 Amylose 용출작용보다도 전분입의 팽윤작용이 현저히 크며 양자의 팽윤양식에 차가 있다. 즉 감자전분은 입의 팽윤이 진행되어도 Amylose를 계외(系外)로 용출하는 것보다도 입내에 잔존하는 것이 많고 전분입은 흡수된 그대로 균일하게 팽창된다.

이에 대하여 밀이나 옥수수전분의 팽윤립에는 비교적 많은 Amylose 성분이 추출되어 마치 꿀벌집 같이 간격이 많은 불균일한 구조가 된다.

역시 고농도 영역에서 80°C, 1시간 가열시 Amylose 용출량은 1g/dl의 밀전분 풀은 6.9%, 10g/dl 풀에서는 5.2%, 20g/dl 풀에서는 3.1%로 호화시의 전분농도가 증대되면 감소된다. 이것은 전분농도가 높아지면 입자내 이행하는 자유수량은 상대적으로 저하되기 때문에 전분입을 구성하는 Amylose의 계외(系外)로의 용출이나 유리가 저해받게 되어 전분의 호화되는 경우 농도의존성이 높게 되는 것이다.

이 농도의존성은 밀전분 현탁액의 농도를 여러가지로 달리하여 Drum Drger로  $\alpha$ -화 처리할 때 Amylogram의 pattern 변화를 그림 2에서 보면 최고점도는 수량비의 증대와 같지 않게 상승하고 1:9의 수량비에서 저하함과 동시에 명확한 peak가 없어져 Amylogram pattern은 큰 변화를 보인다. 이같은 전분호화시 농도 의존성의 변곡점은 농도 10% 부근에서 현저한 차이를 보인다.

이와같은 현상은 전분을 물과 같이 가열할 때 전분입자는 팽윤, 분산의 과정을 거쳐 호화가 진행하게 되기 때문에 이의 물성변화는 수량비의 영향을 크게 받게 된다. 그리하여 전분을 호화시켜 사용하는 대표적 용도를 호화상태나 농도로써 분류하면 표 1과 같다.

이 표에서 호화시켜 사용하는 이용분야에서 전분립의 상태는 팽윤 또는 불완전 분산상태에 거의 집중되어 있어 고농도에서의 사용은 식품분야에 많다. 이에 대하여 분산상태의 사용분야는 종이, 섬유 등의 공업용도에 한정되고 있으며 고압처리 Alkali에 의한 특수한

表 1. 澱粉用途의 糊化狀態에 따른 分類

區分	低濃度	高濃度
膨潤初期	모형풀(模型糊) cleaning糊	水産, 畜産煉製品
膨潤分散	製紙內添 紙纖維系 seizing 纖維捺染糊 食品粘調劑	당면, 米菓 립벽 一般接着劑 α-starch
分散	殷보루의 carrier部 高壓 Tankeron에 의한 seizing 製紙 sine press 人絹 siezing	製紙 coat Binder

호화방식으로 한 호액이나 분산성을 효과적으로 이용한 화공전분이 사용되고 있다.

즉 전분은 다른 합성고분자물성과 달리 실용적인 농도(5~10%)나 가열조건화(100°C 이하)에서는 분자 level까지 분산시키는 것은 거의 불가능하여 보통 불완전 분산형의 호액으로 이용된다.

이와 같은 상태의 호액은 전분의 구성단위인 Amylose를 물 중에 불완전하게 용출시켜 팽윤 전분립의 집합체가 되어 불균일계 Colloid 용액이 된다. 이 때문에 물용매중에 분산 이행된 Amylose의 양과 질(특히 중합도)과 팽윤입자의 양과 질(특히 잔존하는 구조성이 강한 것), 각종 인자의 조합관계, 가열온도나 시간, 교반력 등의 외적인자의 영향도 적지 않고 이것에 대응한 호액특성도 큰 변화가 일어나 호액의 상태를 파악하기는 곤란하다. 이 때문에 전분을 호화시켜 효율을 높게 하려면 전분유의 조제 가열, 냉각, 보존 등의 공정은 치밀하게 계획을 세워 적절한 처리 조건이나 방법, 설비 및 조작이 필요하다.

이것은 원사(原糸)의 포합력(抱合力)의 향상이나 모우복(毛羽伏) 효과에 의한 제직성의

강화를 목적으로 할 때 섬유에 호부(糊付)하는 전분을 사용할 경우에 팽윤초기, 불완전분산이나 분산된 호화상태가 상당한 차가 있는 Type의 호액을 사용할 때의 내용은 표 1과 같다. 이같이 전분의 호화조건을 적당히 변경시키므로써 섬유의 Seizing에 적합하게 할 수 있는 것도 전분 이용법의 특장(特長)이다.

### ③ 전분의 점성특성(粘性特性)

일반적으로 보급사용되는 B형 점도계의 회전수와 No.1의 Rotator에의 환산치수를 사용하여 유동곡선을 그릴 때 밀전분을 예로 보면 농도, 가열온도와 시간에 따라 대체적으로 Non Newton 유동을 나타낸다. 즉 80°C 이하의 가열에서는 7%의 고농도라도 명확한 강부치(降伏值)를 나타내어 Newton 유동에 가까운 유동특성을 가지며 95°C에서는 3% 농도라도 분명한 강부치를 갖는 의가소성(擬可塑性) 또는 가소성(可塑性)의 유동체가 된다. 이 때문에 유동특성에서 전분호액의 구조성을 측정할 때 전분립의 팽윤이 불충분하면 호액중에 망목구조(網目構造)가 형성하게 된다.

그림 3은 밀전분 가열시 얻은 호액의 유동

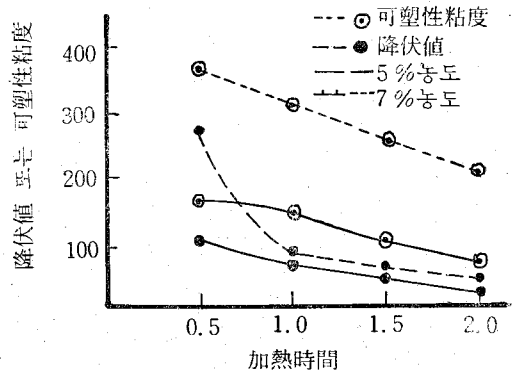


그림 3. 밀전분풀 流動特性 비교(가열시간별)

곡선에서 구한 외면가소성점도와 강복치의 경시변화를 표시한 것으로 이들은 경시적으로 감소하고 있다.

이 중에서도 고농도시 강복치(降伏値)의 저하율은 가소성점도의 저하보다 크다. 장시간 가열에 의한 전분립의 붕괴가 급격히 진행되는 것으로 볼 때 전분점액의 탄성요소(彈性要素)인 강복치와 호액 층의 팽윤립용적과는 강한 상관성이 있는 것으로 추정된다. 이와 같이 전분의 호화상태에 따라 유성물성도 변화되며 전분호의 점성특성은 Rheology 입장에서 고찰할 필요가 있다.

그리하여 전분의 점도측정에 일반적으로 광범위하게 사용되는 Amylograph의 점도에 대하여 해석(解析)할 수 있다. 전분의 Amylograph 점도는 가열에 의해 증대되어 최고치를 나타낸 후 저하된다. 더욱이 냉각에 의해 재상승하는 것의 pattern을 graph에서 보면 동일점도치를 나타내는 개소가 3점이 존재한다.

이 같이 동일점도를 보이는 3시점의 호액의

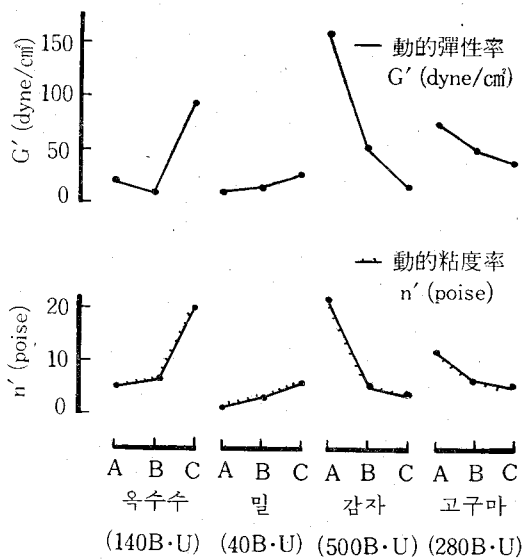


그림 4. 각종 전분의 6% Amylogram 점도와 점탄성율의 비교

동적점성율(動的粘性率) 및 동적탄성율(動的彈性率)을 이중 원통식 Rheometer로 구할 수 있다. 이 결과는 그림 4와 같이 옥수수, 밀 등의 지상전분과 감자, 고구마 등의 지하전분은 그들의 특성이 상당한 차가 있다. 즉 지상전분의 가열에 의한 점도상승시(A점)와 하강시(B점)의 점성탄성율의 변화는 비교적 적다.

이에 반하여 지하전분은 급격한 저하를 보이는데 이것은 지하전분이 지상전분보다 가열에 의한 전분입자의 붕괴가 급격히 진행되기 때문이다. 역시 C점은 냉각과정의 호액이 갖는 점성 특히 탄성율이 증가하는 것으로 예상된다. 그러나 지하전분은 반대로 점성(粘性), 탄성(彈性) 모두 저하되는 경향을 보이고 그중 탄성율의 저하가 현저하다. 이것은 Amylograph의 교반력에 의해 팽윤전분입의 분산이 더욱 진행되고 냉각 중에도 불구하고 호화가 눈에 띄게 진행되기 때문으로 고려된다.

Amylograph의 점도는 그 구조상 spring이 받는 모든 응력(應力) 총합화한 수치로 표시하는 것으로 B.U치와 동적 점(粘)탄성율과의 관계를 표시하는 것으로 가열시의 점도상승은 A점에서의 측정시로 나타낸 것을 대수적(對數的)인 직선관계로 표시한 것이다. 이에 대하여 가열에 의한 점도강하시의 B점이나 냉각에 의한 점도재상승시의 C점은 B.U치와 점성율 또는 탄성율과의 직선관계의 산란이 큰 경우 양자는 아무관계도 없다. 그래서 Amylograph 점도가 가열에 의한 최고치에 도달할 때까지의 B.U치는 Rheological한 해석도 가능하다. 전분립의 붕괴나 전분호의 냉각에 의한 Gel화는 Amylograph점도의 점성율 또는 탄성율로의 환산에는 일정한 법칙이 없다. 이것은 팽윤초기에는 전분립의 구조성의 변화가 비교

<p91에 계속>