

원적외선 전자파 건조방법을 이용한 고기능성 전지활성 생대두 미세분말의 제조 및 응용 (The Application and Producing of High-Bio full Fat Activated Soybean Flour By Electron Wave Drying Soybean With Far-infrared)

박 정 수*
(Jung-Su Park)

요약 본 연구에서는 생 대두의 약열 성으로 대두의 분말 화시 마찰열에 의한 영양소가 파괴되며 생 대두 안에 수분과 단백질, 지질의 엉킴 현상으로 대두의 분말화가 어려운 실정이다. 전지활성 생 대두 미세 분말은 저온 가열 처리에 의해 리폭시게나이즈와 같은 효소를 파괴시키지 않는 방법의 일환으로서 원적외선 건조방법을 이용하여 대두분말의 품질이 우수한 분말 제조법의 개발로 산업화함으로써 국민건강에 기여할 수 있다고 하겠다.

Abstract In this paper soybean flour to weak heat the soybean pulverizing is a nutritive qualities on the demolition by friction fever. in the soybean moisture and protein albumen, it is get tangled the present of soybean to pulverizing of the hesitate to do difficult. full fat activated soybean flour is the same as lipoxygenase a low temperature by handling to ferment of the not demolition is not method. electron wave the drying soybean with far-infrared to using soybean powder of good powder manufacturing method of development industry a people to health contribution

1. 서론

대두는 우리나라 옛 고구려 땅인 만주지방이 그 원산지로서 선조들이 찾아낸 세계적인 식량이다. 한반도에 정착한 선조들은 목축에 비하여 농경에 알맞은 지형적 여건으로 인하여 수 천년동안 대두를 동물성 식품을 대신하여 여러 가지 형태로 가공하여 섭취해 옴으로써 우리 몸을 적셔 왔다. 그러므로 어느 식품보다도 체질적으로도 우리 몸에 잘 부합되고 또 부작용이 없는 식품인 것이다.(2)

지금까지 대두를 이용한 방법은 대두전체를 이용할 수 있는 초미분화 및 산화작용에 의한 비린내를 발생케

하며 생 대두의 약열성으로 대두의 분말화 시 마찰열에 의해 영양소가 파괴되며 생대두 내 수분과 단백질, 지질의 엉킴 현상으로 대두의 분말화가 현재까지도 개발되지 않은 상태이며 적외선 복사의 정량화는 모두 이 흑체에 대비된 것과 같이 효소가 파괴되지 않고 다량의 지질을 함유한다. 즉, 전지활성 생 대두 미세 분말은 적은 가열 처리에 의하여 리폭시게나이즈(lipoxygenase)와 같은 효소가 파괴되지 않고 다량의 지질을 함유하고 있으므로 장기간 상온에 방치하면 대두 내에서 문제 시 되는 독특한 맛(bean flavor)이 증가하고, 자동산화와 효소에 의한 산화를 동반하여 산화 안정성이 감소하게 된다.(1)

본 연구에서는 이를 해결하기 위한 일환으로 원적외선 건조 방법을 이용하여 대두분말의 품질이 우수한 분말제

* 안동과학대학 산업정보과

조법을 개발하여 산업화함으로써 대두를 이용하는 각종 가공 제품 제조에 폭넓은 활용이 기대된다.

2. 이론적 고찰

2.1 원적외선 개요

지구상에 살고 있는 모든 생명체는 직접이든 간접이든 태양의 복사 에너지를 받아서 움직이고 그 생명을 유지할 수 있다.

인간은 지금으로부터 190여년전 태양광선 속에서 사람의 눈에 보이는 일곱가지의 광선과 자외선이외에 또 다른 신비의 광선이 있다는 것을 알게 되었으며, 또한 태양광선 대부분의 열 에너지를 공급하는 것도 바로 이 광선이란 것을 알게 되었다. 사람들이 아름다운 색깔이나 물건을 구별하여 알아볼 수 있는 것은 태양으로부터 오는 빛이 있기 때문이다. 그러나 태양광선 중에서 사람이 볼 수 있는 빛(가시광선)은 스펙트럼 분광때 나타나는 빨강, 주황, 노랑, 초록, 파랑, 남색, 보라의 일곱가지 뿐이며 빛 중에서 파장이 너무 짧거나 길어서 육안으로 보이지 않는 빛도 있다.(6)

보라색보다 파장이 더 짧아 보이지 않는 광선으로는 x-선, γ -선이 차례로 있으며 또한 파장이 너무 길어서 보이지 않는 빛에서 빨강색을 경계로 적외선이 있는데 이중 파장이 3 μm (구분방법에 따라5.6 μm)부터1000 μm 사이의 전자파를 원적외선이라 하며 이 원적외선은 우리 생활에 가장 유익한 생육광선이라고도 불리 우며, 생물의 생존과 생체활동을 촉진시키는 광선으로 온열속성 및 자정 등 다양한 작용을 하는 신비의 빛으로 알려져 있다.(5)

2.2 원적외선의 특성

원적외선은 전자파로서 다른파와 마찬가지로 복사, 침투 및 공명흡수 효과를 가지고 있다.

1) 복사특성

빛은 그 성질로서 진공 또는 공기중을 직진하기도 하며 어떤 물질에 닿게되면 투과, 흡수 또는 반사가 일어나는데 원적외선 복사에서도 마찬가지이다. 물체는 받아들인 에너지를 모두 외부로 방출하는데 복사가 일어나게 되며 이것이 열복사이다. 따라서 열복사는 특정 파장대의

전자파를 어느 정도 복사하는지를 정량화 하기 위해서 흡수율은 1이고 반사율은 0인 가상적인 물질을 생각하게 되며 이를 흑체(black body)라고 한다. 원적외선 복사의 정량화는 모두 이 흑체에 대비된 값을 나타낸다.

2) 침투특성

원적외선은 물체 표면에서 내부로 진행하여 서서히 물체로 흡수되고 물체 내에 도달하여 활성화된다. 전자파의 강도 및 물체의 종류에 따라 상이한 흡수력을 보이게 된다. 따라서 흡수력은 발생하는 전자파의 세기나 물체의 물리적 특성에 따라 의존된다.

3) 공명흡수효과

원적외선 특성 중 가장 중요한 분광학적 특성이며 이 물질에 이루는 성분의 배열상태, 결합상태, 성분을 형성하는 분자의 종류(양이온 또는 음이온종류)에 따라 특유의 진동과 회전주파수(진동수)를 가지는 진동운동을 하게 된다. 이 진동수는 분자의 종류나 결합 상태에 따라 달라지며 같은 진동수의 원적외선을 방사하면 원자 및 분자에 흡수되어 공명 현상을 일으킨다. 이것을 공진 운동이라고 하며 공진 운동이 일어나면 분자내에 에너지가 발생되고 일부는 활성화 에너지로 변해 그 물질을 활성화시키게 된다.

2.3 원적외선의 복사이론

원적외선의 복사이론은 적외선 이론으로 설명되며 중요한 기초법칙은 가열하였을 때 즉 온도를 높였을 때 적외선의 방사 에너지가 변화되며 흡수되는 파장범위가 달라지게 된다. 따라서 이러한 온도변수에 따른 여러 법칙이 알려져 있으며 다음과 같다.

1) 프랑크의 복사법칙(Planck's law of radiation)

원적외선의 복사 특성에서 언급 한바와 같이 완전 흡수율(absorptivity)을 보이고 완전 방사(radiation)하는 이상적인 물체인 흑체 표면으로부터 방출되는 에너지 밀도를 나타내는 법칙으로 프랑크에 의해 다음과 같은 식으로 나타내었다.

$$Eb = \frac{C_1}{\lambda^5} \frac{1}{\left[e^{\frac{C_2}{\lambda T}} - 1 \right]}$$

λ = 복사파장(μm)
 $C_1 = 3,7418 \times 10^{-8} (\text{W} \cdot \text{m}^2)$
 T = 흑체의 절대온도(°K)
 $C_2 = 1.4388 \times 1010^{-2} (\text{m} \cdot \text{K})$

이 식은 절대온도 T에서 흑체가 방사하는 방사에너지 분포는 파장이나 파수의 함수임을 의미한다.

2) 빈의 변위법칙(Wien's displacement law)

흑체에서 최대분광방사가 일어나는 파장(λ_m)은 온도(T_b)에 따라 반비례한다는 법칙으로 고온일수록 파장은 단 파장 쪽으로 변위 되는 법칙으로서 다음과 같이 나타낸다.

$$\lambda_m T_b = 2898 (\mu\text{m} \cdot \text{K})$$

3) 스테판-볼츠만 복사법칙(Stefan-Boltzmann's law of radiation)

흑체의 단위 표면적으로부터 단위시간에 복사되는 에너지(E_b)는 절대온도(T) 4제곱에 비례한다는 법칙으로서 다음 식으로 나타낸다.

$$E_b = \sigma T^4 (\text{W}/\text{m}^2)$$

σ = stefan-boltzmann's constant : $5.76 \times 10^{-8} (\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$

2.4 원적외선의 효능

원 적외선은 방사되어 생체활성화, 물분자 활성화, 탈취작용, 생육촉진, 에너지 절약등 생활주변에서 여러가지 효과를 발휘한다. 생체는 대부분 물과 단백질로 이루어져 있는데, 물이나 단백질을 이루는 유기 화합물 분자 운동의 진동파장 대가 조사되는 원적외선 파장대와 일치할 경우 신체는 활성화된다. 광선이나 근 적외선등은 생체에 흡수되지 않고 반사되지만 원적외선은 흡수되고 생체내에 침투되어 자기 발열을 일으키므로 온열 효과를 가져와 이로써 모세혈관 확장, 혈액순환 촉진, 조직활성화, 신진대사 촉진, 노폐물 및 유해금속 등을 배출시키는 것으로 알려져 있다.(8)

지구상 대부분의 유기화합물(생명체) 에너지파의 흡수 파장대가 6~12미크론(μm)에 집중되어 있고 원적외선 파장대가 3~1000미크론(μm) 범위 내에 있으므로 공명흡수 작용이 일어나 유기물 내부와 외부에 온도상승이 일어나 세포를 활성화시킨다.(5)

또한 물분자 파장대인 10미크론(μm) 전, 후의 원적외선을 조사하면 물분자는 산소용전을 활성화시켜 음식물의 부패를 막고 박테리아 침투를 억제하여 음식물의 신선도를 오래 유지시키며 또한 식물의 성장과 대사 활동을 촉진시켜 성장속도를 높인다. 또한 원적외선은 공기를 음이온화하여 냄새의 주범인 양이온을 중화시켜 냄새를 제거하는 것으로 알려져 있다.

3. 고기능성 전지활성 생대두 미세분말 제조방법

본 연구의 전지활성 미세분말의 제조방법은 생 대두의 특성인 제1영양소인 단백질40% 지방20% 탄수화물20% 회분 제2영양소인 생리활성물질과 산화효소인 리폭시게나이즈, 안티트립신(Antitrypsin), 헤마그루티닌(Hemagglutinine)등을 포함하고 있어 생 대두 분말화시 산화 효소인 리폭시게나이즈(lipoxygenase)의 산화작용으로 비린내를 발생케 하며 생 대두의 약열 성으로 대두를 분말화시 마찰열에 의하여 영양소가 파괴되며 생대두 내의 수분과 단백질 지질의 영킴 현상으로 대두의 분말화가 어려우며 생 대두의 수분을 건조시 산화효소 리폭시게나이즈 불활성화를 위해 열풍을 100°C이상 가열 시 대두의 영양소가 파괴되는 문제점이 있다.(3)

<표1>은 전지활성 생 대두 미세분말의 성분비교 분석 표이다. 이의 분석은 식품의 영양소 함량은 가식부분 100g중의 수치이다.

표에서도 알 수 있듯 단백질과 지질이 소고기에 비해 약2배 이상이며 상당히 우수한 식품으로 분류될 수 있다.

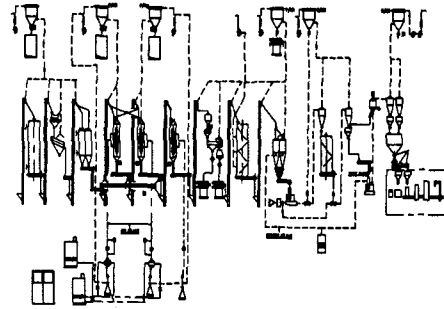
<표1> 전지활성 생대두미세분말과의 성분 비교

성분	단백질 (g)	지질 (g)	당질 (g)	섬유소 (g)	칼슘 (g)	철분 (g)	비타민 (B1) (mg)	비타민 (B2) (mg)	나이아신 (mg)	비
대두	41.3	17.6	21.6	3.5	127	7.6	0.06	0.17	3.2	
쇠고기	21.5	8.1	0	0	20	1.3	0.04	0.10	4.9	코

이러한 생대두를 원적외선 전자파의 복사, 침투력, 공

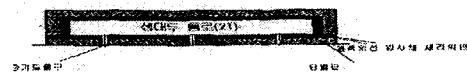
명흡수현상을 이용하여 생대두와 공진운동으로 생 대두를 영양소 파괴없이 건조할 수 있는 다단계 건조시스템으로서 산화효소인 리폭시게나이즈도 불활성 화시키면서 단백질의 변성과 지방의 산화 및 비타민, 생리활성물질의 파괴를 최소화 한 함수율 2%내로 입도100~900mesh로 활성화된 기능성 미세분말화하는 전지활성 생 대두 미세분말의 제조방법에 관한 것으로서 함수율 15~18%의 생 대두를 자력선별 공정을 통하여 이물질 제거 후 선별된 생 대두를 1단계 원적외선 순환 건조기에 투입 후 55~85℃의 제습 된 간접 증기열풍을 원적외선 세라믹 방사체를 통과하도록 하여 원적외선 전자파(8~14μm)가 발생케 하고 이 원적외선 전자파의 침투력(40mm)과 공명현상을 일으켜 생 대두를 열변형 없이 열변형 없이 함수율 8%~10%되게 1단계 생 대두를 건조한 후 대두의 내부 온도를 15℃~20℃로 냉각 후 탈피기로 2~4등분으로 탈피하여 대두의 자엽 부분과 대두의 진피 부분을 분리하여 진피 부분만을 외부로 배출시키고2-4등분으로 활두된 대두의 자엽 부분만을 2단계로 원적외선 세라믹 방사체 건조기내의 원적외선 세라믹 방사체 내부에 니크롬 열선을 넣어 전기열원을 공급하여55~85℃의 원적외선 전자파가 발생하는 원적외선 방사체 위로 통과하도록 하여 원적외선 전자파의 복사 침투력과 공명흡수현상 및 공진운동으로 2-4등분된 대두의 자엽을 열변형 없이 함수율 6~8% 건조되도록 한 후 건조된 대두 자엽의 자체온도를 15~20℃로 냉간시킨 후 제습 된 공기를 내부온도5~10℃로 유지하는 저온 충격식 분쇄기에서 대두의 자엽을 1차로 60~90mesh로 분쇄하여 생산된 활성 대두분말을 통과시켜 원적외선 전자파의 복사, 침투력, 공명, 흡수운동으로 인한 활성 생대두 분말 상태이므로 원 적외선 전자파의 침투 력이 용이하고 공명 흡수현상으로 공진운동을 일으켜 분자 활성화 에너지가 증가되어 활성 생 대두 분말의 이화 작용으로 축진 에너지가 방출되면서 산화효소인 리폭시게나이즈를 불 활성화시키면서 단백질, 지방, 비타민, 생리활성물질의 파괴를 최소화시키면서 무균의 위생적인 함수 율을 2%내로 만든 다음 제습 된 공기로 내부온도5~10℃로 유지시킨 후 2차 저온 충격식 분쇄기에서 입도를 100~900mesh로 최종 분쇄하여 입도 분리기의 회전속도 조절에 의하여 원하는 입도의 크기로 분리하고 원하지 않는 입도는 다시 저온 충격식 분쇄기로 이송되어 원하는 입도를 생산하는 고 순도의 기능성이 살아있는 소화 성이 우수한 기능성 전지활성 생 대두 미세분말의 제조방법이다.

<그림1> 원적외선 전자파에 의한 전지활성 생 대두 미세분말의 제조 구성도로써자력선별공정, 탈피공정, 원적외선 건조공정, 조분쇄공정, 미분쇄 공정, 분리공정, 포장공정으로 구성되어 있으며 본 연구에서는 원 적외선 건조방법에 의한 생리활성물질의 파괴를 최소화하는 방법으로 구성하였다.



<그림1> 원적외선 전자파에 의한 전지활성 생 대두 미세 분말 제조 구성도

<그림2>는 원적외선 방사체의 단면도이다.



<그림2> 원적외선 방사체 단면도

원적외선 전자파에 의한 생 대두의 미세분말중 특색은 지질이 18%정도로 그대로 유지하는 것을 알 수 있었다.

<표2>는 원 적외선 전자파에 의한 전지활성 생대두 미세분말의 성분으로서 기존의 물성에 대비 생리활성 물질이 존재함으로써 연속생산의 가능성과 기능성의 식품으로 이용이 가능하게 되었다.

<표2> 원적외선 전자파에 의한 전지활성 생대두 미세분말의 성분

성분	함수율 (%)	단백질 (%)	지질 (%)	탄수화물 (%)	NSI지수 (%)	생리활성 물질	비 고
대두	2	40	18	20	28	2%	

*생리활성물질(페놀릭엑시드(phenolicacids), 이소플라본즈(isoflavones), 피타테(phytate), 리그넨(lignans), 사포닌

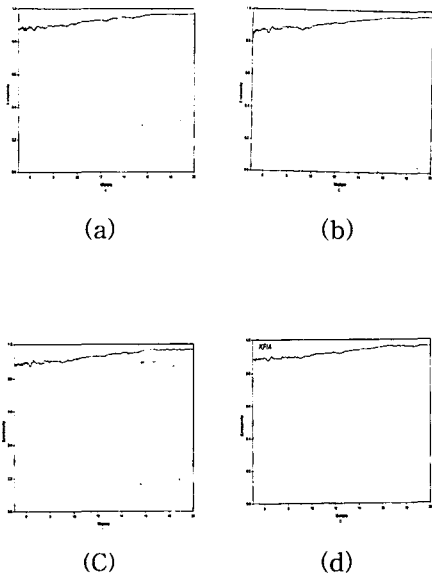
(saponins), 셀룰로스(cellulose), 펩타이드(peptide), 렉시틴(lecithin)

<표3>에서 알 수 있듯이 방사율에서는 b가 가장 우수하였으며 방사에너지도 b가 4개의 시료 중 가장 우수하였다. 그러나 <표3>에서 보면 4가지의 시료 조건들이 거의 비슷한 결과를 나타내었다. 결국 방사체의 성능은 우수함을 알 수 있다.

<표3> 원적외선 방사체 검사결과

Model	Emission efficiency(μm)	Emissivity energy(w/m ² , μm, 37℃)
a	0.923	3.56 x 10 ²
b	0.928	3.58 x 10 ²
c	0.917	3.54 x 10 ²
d	0.924	3.56 x 10 ²

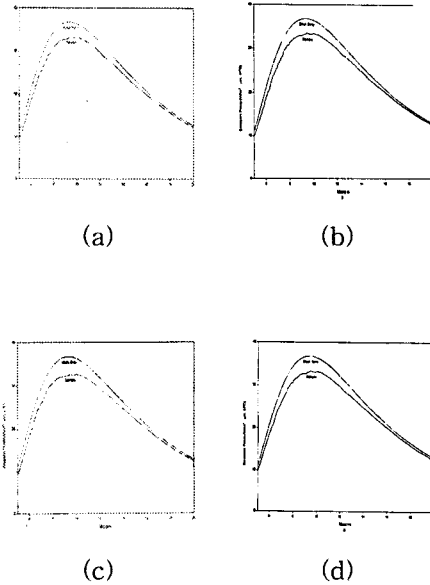
<그림3>은 (a), (b), (c), (d) 방사율에 대한 비교분석도이다. <그림 3>에서 보면 방사율에서 b가 가장 우수하였으며 4가지의 시료 조건들이 거의 비슷함을 알 수 있다.



<그림3> 원적외선 방사율에 대한 비교 분석

<그림4>는 원적외선 방사에너지에 대한 비교 분석도

이다. 여기서 보면 방사에너지에서 b가 가장 우수하였으며 4가지의 시료 조건들이 거의 비슷함을 알 수 있다.



<그림4> 원적외선 방사에너지의 비교분석

4. 결론

본 연구개발의 효과는 전지활성 생대두 미세분말은 비린내가 없고, 소화흡수율이 96%높고, 만성질환예방(항암, 이노작용, 변비예방, 당뇨병예방, 동맥경화억제, 골다공증 예방, 간기능증진, 심장병예방, 정강효과)탁월한 효과가 있어 환자의 회복식, 여성의 다이어트식, 어린이의 성장식, 노인의 건강식으로 매우 적합하여 우수한 건강식품이고 저장성이 높아(EVOH 필름포장 상온에서 1년 보관) 대량생산 유통시킬 수 있어 대량으로 상품화가 가능하다. 또 생리활성물질과 기능성이 높은 전지활성 생대두 미세분말은 표면적이 넓고, 유화성이 좋아 고기능성 무비지 전두부, 식이섬유질 두유, 효소분해간장, 아미노산음료, 대두식초 등의 첨단 바이오 신소재로서 우수한 대두 가공제품을 생산하여 기능성이 높은 식품을 고급화하여 보급할 수 있다.(7)

특히 고기능성 무비지 전두부의 생산으로 인하여 자원 절약, 환경 오염방지, 생산성 향상, 농어촌 소득증대 및 건강식품으로서 국민건강향상에 크게 기여할 것으로 사

료되며 그 기대되는 바가 크다고 하겠다.

최근 미국에서 극동아시아에 수출할 목적으로 전지활성 생 대두 미세분말과 박편(flakes)을 가지고 두유나 두부를 제조하는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그러나 국내에서는 이에 관한 연구가 미비하다. 세계적으로 유통기한을 추정하는 연구는 제대로 이루어지지 않고 있는 실정이다.

전지활성 생 대두 미세분말의 활용방안은 다음과 같다. 첫째 전지활성 생 대두 미세분말을 이용한 2차 가공품은 성인병이 만연한 현대사회에서 콜레스테롤이 없고 암을 예방할 수 있는 많은 생리활성 물질 등을 포함하고 있으며, 동물성 단백질식품에 식상한 현대인에게 큰 인기가 있을 것으로 기대되며, 보다 많은 노력이 요구된다.(미국 1999년12월 FDA에서 콩 식품이 심장병 예방에 좋다는 건강문구 라벨기재 허용), 둘째 활성대두 미분말의 효소 분해에 의한 위생 간장의 제조 및 활용, 셋째 고기능성 무비지 전 두부의 개발 및 응용, 넷째 아미노산 음료의 보급, 다섯째 대두식초의 개발 및 응용 등 많은 부분에 활용될 수 있다.

참고문헌

[1] 조상태 “콩가루두부의 우수성 및 콩가루 저장방법에 대한 고찰” 한국콩연구회지 제18권 제1호 pp.67~69(2001).

[2] 김순동 “전지활성생대두미세분말과 이를 이용한 전두부의 제조” 대구카톨릭대학교 식품과학연구소 pp.1~9(1997).

[3] “대두의 분말화” 한국 산업기술정보원(1999)

[4] “온돌문화를 기초로한 semi-bio 제품개발연구” (주)금강S.F (2000)

[5] 고상모, 이동진 “원적외선 복사체로 활용되는 원료광물 및 암석특성연구” 한국자원연구소(1996)

[6] 홍은희, 김석동, 김용호, 성열규, 김홍식 “공비린내에 관여하는 Lipoxygenase결핍품종 육성연구” 농사시험 연구논문집 34권 pp.47~55 (1992).

[7] Okaka, J.C & POTTER, N., “Physical-chemical and functional properties of cowpea powder processed to reduce beany J. Food Sci., pp.115-124 (1979).

[8] Gavin, M. & Wettstein, A., “Soy milk and other soya products from the traditional method of production to the new manufacturing process(1990).



박정수(Jung-Su park)

1990년 경일대학교 기계공학과 학사
1993년 대구대학교 산업공학과 석사
2001년 대구대학교 산업공학과 박사
2000년~현재 안동과학대학 산업정보과 초빙교수
관심분야 : 분입체 생산자동화, MIS, 비전시스템, 신뢰성