

양돈 사료에 있어 대두의 이용

유종상¹, 김인호^{1*}

Utilization of Soybean for Swine Diets

Jong-Sang Yoo¹ and In-Ho Kim^{1*}

요 약 대두박은 가축사료에 사용되는 식물성 단백질원이다. 대두박은 대두에서 기름을 추출한 부산물로서 높은 단백질 함량과 낮은 섬유질 함량을 가지고 있어 양돈 사료에서 널리 이용되고 있다. 그러나 이러한 대두는 여러 종류의 항영양인자를 가지고 있어 소화율과 성장능력을 감소시키는 단점을 가지고 있다. 따라서 이러한 단점을 보완하기 위하여 열처리 하는 방법, HP 100, HP200 및 HP 300과 같이 미생물을 이용한 방법, 수용성 비단백질 구성성분을 제거 하는 방법, 정제대두단백과 비단백태화합물 제거 등의 방법을 이용하고 있다. 대두를 적당히 열처리를 하면 대부분의 항영양인자가 파괴되어 성돈에서 피해가 없지만 어린돼지에서는 영양소 소화율을 감소시킨다. 그래서 자돈에서는 유제품과 유사한 사양능력을 가지는 농축대두단백이나 정제대두단백 같은 가공대두제품을 이용하여 급여해야 한다.

Abstract Soybean meal was widely used as a protein source in pig feedstuff because it has a good amino acid balance compared with other vegetable sources. However, soybeans contain trypsin inhibitors and other antinutritional factors which can lead to lower the digestibility of amino acid, and consequently reduce the growth performance. Heat treatment of soybeans is helpful shown to decrease the antinutritional factors and elicit an improved growth performance. Additionally, microbial processes using(HP 100, HP 200 and HP 300), and non-protein constituent removal are suggested to improve the growth performance and nutrient digestibility. Inadequate heat treatment of soybeans gives no damage to adult pig, but it has been shown to decrease nutrient digestibility in young pig. So, soy protein concentrate (SPC) and Isolated soy protein(ISP) were more widely used for nursery pigs than growing and finishing pigs, since SPC and ISP have similar characteristics as milk product.

Key words : soy bean, antinutritional factor, soy bean processing, feedstuff

1. 서론

전 세계적으로 대두 및 대두박은 가축사료에서 중요한 식물성 단백질 공급원이다. 가축용 사료에서 식물성 단백질사료의 이용은 동물성 단백질사료를 법적으로 불법화시키면서 현저하게 높아졌다. 이러한 이유에서도 대두박은 가장 큰 단백질 공급원의 하나이지만 적당한 열처리나 가공을 하지 않게 되면 이유자돈에 있어서 과민반응을 초래하여 소장점막의 손상으로 최적의 성장이 나타나지 않는다[1]. 생대두는 가축의 성장을 저해하는 여러 가지의 항영양 인자를 포함하고 있다[2]. 일반적으로 이유

자돈인 경우 이유 후 1주에서 2주 동안 성장률 감소와 설사를 동반하게 되고[3], 이러한 원인은 소장 내 소화물의 변화와 관계가 있다[4,5] 같은 병원성 인자들의 증식을 촉진시켜서 설사를 유발하게 한다[6].

이유자돈에 있어서 성장률과 사료효율은 대두단백질보다 유단백이 더욱 우수하다는 것이 여러 연구자들에 의해서 밝혀져 왔었다[7,8]. 대두 내에 존재하는 Glycinin, β -conglycinin과 같은 과민성 인자[9] 때문에 돼지에게 대두단백을 급여할 경우 소화율이 낮고 이러한 결과는 좋지 않은 성장능력으로 직결 된다. 이러한 항영양인자는 열처리를 함으로서 항영양인자를 파괴할 수 있으며 단백질의 품질을 향상시킬 수 있다[10]. Li 등 [11]은 첨단공법에 의하여 생산되어진 농축대두단백이나 분리 정제대

¹단국대학교 동물자원과학과

*교신저자: 김인호(inhokim@dankook.ac.kr)

두단백은 항영양인자들을 감소시킬 수 있는 것으로 보고 하였다. Shon [12]등에 의하면 분리정제대두단백, 농축대두단백을 이유자돈에게 급여하였을 경우 회장 내 건물소화율은 유단백을 급여한 처리구와 비슷한 효과가 나왔다고 보고 하였다. 또한 분리정제대두단백(Isolated Soy Protein)을 28일령의 이유자돈에 급여시 유단백을 급여한 처리구와 비슷한 효과를 나타내었다고 보고를 하였다 [13]. 농축대두단백(Soy protein concentrate)은 초기 자돈 사료에 있어서 단백질 원으로써 사용이 가능성이 있으며, Extrusion을 이용함으로써 대두제품이 항원성을 감소시킬 수 있으며, 따라서 조기이유자돈의 성장개선효과를 줄 수 있다[14].

따라서 대두에 관한 제조, 품질평가, 항영양소 인자, 제품의 종류 및 생체이용성에 대해 알아보하고자 한다.

2. 본 론

2.1 대두

2.1.1 대두의 기원

대두[Glycine max(L.) Merr.]은 일년생 작물로서 생육이 왕성하고, 토양 적응성도 강하여 강산성 토양을 제외한 척박한 토양조건에서도 어느 지역에서나 안전하고 쉽게 재배할 수 있는 특성을 지니고 있는 것으로 알려져 있다[15]. 대두에는 단백질, 지방, 비타민(A, B, D, E) 등 영양가치가 매우 풍부하여 오래 전부터 식용, 가공용, 공업용, 사료 및 녹비작물 등 다양한 용도로 이용되고 있다.

대두는 원산지가 중국으로서 영양가가 풍부한 대두를 식용으로 사용하기 위하여 기원전 2500여 년 전부터 만주를 포함한 동북아시아 지역에서 널리 재배되어왔다 [16]. 우리나라에서 콩이 재배되기 시작한 시기는 기원전 4-5세기 또는 1세기경으로 추정 되고[17], 미국에서 농작물로 콩 재배가 시작된 것은 1800년대 초이고 재배면적이 전역으로 확대되기 시작한 것은 1800년대 후반이었다.

2.1.2 대두의 이용

동양에서는 기름을 짜지 않은 전지대두를 여러 가지 식품으로 이용을 해왔다[18]. 서양에서는 콩을 처음 재배할 때는 주로 조사료용으로 사용하였기 때문에 효용가치가 낮았으나, 1915년에 콩을 압착함으로써 콩기름 즉 대두유를 생산할 수 있는 기술이 개발되면서부터 콩의 식용화가 시작되었다[19]. 1920년에 처음으로 연속용매추출기에 의한 대량생산 공정이 개발되었다[20].

2.2 대두박의 제조

2.2.1 대두박 제조기술

생대두 중에서 들어있는 기름을 분리하고 남은 것을 대두박(soybean oil meal 또는 soybean meal)이라 한다. 일반적으로 대두박을 분리하는데 쓰는 방법을 크게는 세 가지로 설명할 수 있다[21].

(1) 수침분리법

대두를 물과 같이 가열하고 이 때 비중이 가벼운 대두유가 표면에 뜨는데 이를 수거하여 기름으로 쓰고, 잔류하는 고형물을 건조하여 대두박으로 사용하게 된다.

(2) 압착법(Expeller Method)

대두에 물리적인 힘을 가하여 대두유 유세포(Oil Cell)로부터 기름을 압출하고 남은 것을 대두박으로 이용하게 된다.

(3) 용매추출법(Solvent Extraction)

전세계적으로 가장 널리 사용되고 있는 방법으로 용매(Solvent)를 이용하여 기름과 대두박을 분리한 다음에 이용하게 된다.

2.2.2 대두박의 제조 공정

(1) 정선(Cleaning)

원료대두에 들어 있는 이물질을 제거하는 작업이다.

(2) 건조(Drying, Tempering)

탈피가 잘되게 하기 위해서 수분함량을 10-11%정도로 낮추는 작업이다.

(3) 파쇄(Cracking)

탈피 전에 입자가 큰 대두 알곡을 6-8개의 조각으로 쪼개는 작업이다.

(4) 탈피(Dehulling)

선탈피와 후탈피공정으로 나누는데, 단백질함량이 높고 섬유질이 낮은 대두박을 많이 생산하기 위해서는 선, 후공정을 병행하는 것이 좋다.

(5) 컨디셔닝(Conditioning)

탈피된 파쇄 대두를 20-30분간 70-75℃가 되도록 열이나 증기를 가하고 수분을 약 11% 정도가 되도록 열과 수분 처리를 하는 공정이다.

(6) 박편(Flaking)

컨디션닝을 마친 대두핵을 롤러형태로 된 박편기에 통과시키면 두께가 약 0.25-0.4mm 정도인 얇고 납작한 박편형성이 된다. 박편과정동안 대두의 유세포(Oil Cell)가 열리고 용매와 접촉면을 증가시킴으로서 용매추출을 용이하게 한다.

(7) 익스팬딩(Expanding)

박편으로 만들어진 대두를 익스팬더(Expander)라는 설비로서 케이크(Cake)나 펠렛(Pellet) 형태로 정형하는 공정이다. 대두기름의 수확량을 높이고 용매제거(Desolventizing)를 용이하게 한다.

(8) 착유공정(Extraction)

① 압착법(Expeller Process, Mechanical Extraction)

열처리 및 분쇄공정을 통하여 파열된 유세포(Oil Cell)에 기체를 써서 물리적인 힘을 가하여 기름성분을 분리해 내는 방법이다.

② 용매추출법(Solvent Extraction)

가열이나 박편 등의 물리적 충격에 의하여 파괴된 대두 세포내 기름이 추출기내의 용매와 접촉하게 되면 모세관 현상이나 삼투현상에 의하여 외부로 추출되어 미셀라(Miscella, 기름을 함유한 용매)를 형성한다. 연속적인 용매의 세척작용을 통하여 대두내의 기름성분이 1% 이내로 감소한다. 현재 가장 널리 사용되고 있는 추출용매로는 헥세인(Hexane)이나 헥세인과 각종 알코올(Acohol) 및 아세톤(Acetone)과 같은 유기용매가 첨가된 혼합제가 이용 되고 있다.

(9) 용매의 제거와 환수(Desolventizing)

용매추출 직후 대두박 내에 잔류하고 있는 용매를 제거하는 공정으로서 고가의 용매를 재활용하고, 헥세인과 같은 잔존 가연성 물질에 의한 폭발이나 화재를 예방하며 대두박의 품질을 높이는데 그 목적이 있다. 용매제거 공정에 가장 널리 이용되는 설비는 용매제거 토스터(Desolventizer-Toaster, DT)가 주로 이용된다. DT에는 스팀에 의한 가열 장치가 되어 있어서, 약 30% 가량의 헥세인을 함유하고 있는 탈지대두박이 DT에 유입되면 열에 의하여 용매가 증발하여, 증발된 용매는 재활용된다. 그리고 스팀에 의하여 습기를 함유한 탈지대두박은 DT 내 설치된 몇 단계의 가열층을 통과하는 동안에, 수분이 감소하고, 열에 의하여 유라아제(Urease)나 트립신억제인자(Trypsin Inhibitor)와 같은 대두박 내 항영양성인자가 대부분 파괴된다.

(10) 건조 및 냉각(Drying, Cooling)

DT를 통과한 대두박은 회전식 건조기와 냉각기(Cooler)를 통과하면서 수분은 12%가량 그리고 온도는 대기 온도보다 약 10℃ 정도 높은 상태로 냉각된다. 최근에는 DT 시스템을 개선하여 건조와 냉각과정까지 모두 포함한 DTDC(Desolventizer-Toaster-Dryer-Cooler) 시스템을 도입함으로써 대두박 생산 공정을 보다 단순화 시켜 나가고 있다. 그리고 가장 마지막 단계로 적절한 크기로 분쇄되어 사료로 이용될 수 있게 된다.

2.3 대두박의 품질과 평가방법

사료 내 단백질 공급원으로서 대두박의 품질은 영양소 수준, 영양소 이용률, 유해물질 오염, 물리적 특성 및 기호성과 같이 크게 다섯 가지 정도로 나누어 설명할 수 있다.

2.3.1 회분과 산불용성 회분

일반회분과 산불용성 회분분석은 대두박 내 흡이나 모래의 오염정도와 탄산칼슘과 같은 유동성 개선제를 과다 투입 여부를 판정하는데 기준이 된다. 유동성 개선제는 대두박의 흐름을 좋게 하기 위하여 석회석, 카울린 및 벤토나이트 등이 사용되지만 대체로 0.5% 이내의 소량을 사용한다. 대두박 내 칼슘함량은 단백질 44%나 48% 대두박 공히 유사하여 0.26%정도이나 경우에 따라서는 0.5%를 상회하기도 한다[18]. 산불용성 회분 측정은 대두박에 오염된 흡이나 모래의 주성분이 실리카(silica) 혼입 정도를 나타내는 것으로 이 수치가 1%이상이면 토양이나 모래가 혼입되었을 가능성이 높다.

2.3.2 단백질 용해도

대두박내 영양소 이용률이 저하되는 가능성을 시험하기 위해서는 가축에게 직접 먹여서 생체이용률(Bioavailability)을 측정하는 것이 가장 정확한 방법이다. 이를 대체할 수 있는 실험실내 화학적 분석법에 관한 연구가 많이 시행 되어왔다. 대두박을 포함한 식물성 박류에 적용하기 쉽고, 생체실험결과와 상관관계가 높은 실험실적 방법으로는 KOH용해도와 단백질 분산지수(PDI)측정법이 있다. 이중에서도 KOH 용해도 측정법이 가장 보편화 되어 있으며, 이는 0.2% KOH용액에서 단백질의 용해정도를 측정함으로써 식물성 박류 내 아미노산이 얼마나 열에 의하여 파괴되지 않고 가축에 이용될 수 있는지를 추정하는 실험실적 분석방법이다[18].

2.3.3 유레아제 활성도(Urease Activity ; UA)

유레아제(Urease)는 항영양성 인자로서 열에 의해서 쉽게 파괴되어 그 기능을 상실하는 일종의 효소 단백질이다. 요소가 암모니아로 전환되어 용액의 pH가 상승하는 원리를 응용하여 대두박내 유레아제 존재 여부를 검사하는 측정 방법이다.

표 1. 육계에서 유레아제 활성도, 트립신 저해제와 성장률의 관계

Heating Time(Minutes)	Urease Activity(pH)	Trypsin Inhibitor(mg/g)	Gain(g)
0	2.26	-	248
30	1.74	8.2	376
35	0.48	5.0	393
40	0.40	5.5	405
45	0.25	4.6	416
50	0.18	4.8	403
55	0.11	4.6	415
60	0.05	2.5	409

2.3.4 입자도 및 물리적 특성

비중, 입자도, 감촉, 색상, 냄새 및 맛과 같은 물리적인 검사에 해당된다.

2.4 대두의 항영양인자

생대두에 trypsin의 작용을 저해하는 물질이 들어있어 배합사료에 생대두를 이용하면 성장이 저하된다. 대두의 열처리로 인한 단백질가의 향상은 항 trypsin인자의 감소와 상관관계가 있다는 사실이 밝혀진 후 trypsin inhibitor 이외에도 Chymotrypsin Inhibitor, Hemagglutinin, Allergen, Saponin 및 Urease 등과 같은 항영양소 인자들이 함유되어 있음이 밝혀졌다. 하지만 이런 항영양소 인자들은 대부분이 열처리에 의해 파괴되고 Isoflavones 와 Saponins 만이 열에 안정성을 나타낸다[22].

2.4.1 Protease Inhibitor

모든 두과작물 씨앗에는 단백질 분해효소 저해인자(Protease Inhibitor)가 존재한다. 대두에서 발견되어지는 Protease Inhibitor는 주로 Trypsin 과 Chymotrypsin의 효소 활동을 억제하고, 대두 내 존재하는 전체 단백질의 약 6%정도의 이용성을 떨어뜨린다. 대두에 있는 단백질 분해효소 저해인자는 분자량에 따라 두개의 군으로 분류할 수 있는데, 분자량이 20,000 ~ 25,000인 Kunitz Inhibitor 와 분자량이 6,000 ~ 10,000인 Bowman-Birk Inhibitor로

나눌 수 있다[2].

(1) Kunitz Inhibitor

181개의 아미노산과 두개의 Disulfide bond를 가지고 있으며 분자량은 약 20,000이며 Trypsin에 대한 특이성을 가진다(Liener, 1986)

(2) Bowman-Birk Inhibitor

71개의 아미노산으로 되어 있고 7개의 Disulfide Bond를 가지고 있으며 Trypsin 과 Chymotrypsin과 결합하는 두개의 독립적인 결합장소를 가지고 있어 효소 활동을 억제 한다[2].

2.4.2 Lectins

열처리로 불활성이 되는 단백질로서 두과류 종실에 많이 존재하며 적혈구를 응집시킬 수 있는 능력을 가진 독성물질을 Lectin 또는 Hemagglutinin이라 한다. 대두 Lectin은 4개의 Subunit를 가지고 있고, 분자량은 120,000인 고분자 물질인 Glycoprotein이다. Lectin는 대두 단백질의 약 3%를 차지한다. 대두렉틴의 경구투여로 단백질 효소억제인자와 비슷하게 체장의 증대로 나타나는데, 이는 아마도 렉틴이 콜레시스토키닌(Cholecystokinin, CCK)의 분비 촉진 결과인 듯하다. 렉틴 단백질은 증기에 의한 습열에 의해서 쉽게 파괴된다.

2.4.3 Goitrogen(갑상선종원인자)

생대두를 섭취한 병아리와 쥐에서 갑상선이 현저하게 증대되는 현상이 나타났다. 대두 내에 있는 이소플라본(Isoflavone)중 제니스테인(Genistein)과 다이드제인(Daidzein)이라는 화합물은 갑상선 호르몬 합성을 방해하는 것으로 보아 이들 이소플라본에 의한 항영양 효과인 것으로 추정된다. 이러한 갑상선종 발생은 대두를 가열하거나 사료 내에 요오드(Iodine)를 첨가함으로써 예방할 수 있다.

2.4.4 Allergens

대두에 들어 있는 Allergen은 저장 단백질 중에서 주된 Globulin인 Glycinin과 β -Conglycinin인데 대두박에 민감한 송아지에 있어서 혈청면역항체 중 IgG의 반응을 유발한다. 뜨거운 Alcohol로 처리하면 Allergenic Activity를 줄일 수 있고, Ethanol로 처리하여 만든 SPC(Soy Protein Concentrate)를 엑스트루전하면 대두단백질의 이용율을 더욱 향상시키고 갓난 돼지에 있어서 탈지분유와 비슷한 생산성을 나타낸다[11].

2.4.5 Saponins

함량이 높을 때 식물이 떨어거나 쓴맛을 내고 이를 섭취하면 변비를 유발하게 된다(Liner, 2000). 대두박 내에는 약 0.50%의 사포닌을 함유하고 있으며, 대두박을 50% 이상 포함하는 쥐 와 병아리의 사료에 사포닌의 양을 3배 첨가하여 급여한 결과 어떠한 병적 징후를 발견하지 못했다. 가축 생산성에 미치는 영향은 매우 미미한 것으로 알려져 있다.

2.4.6 Phytate(피틴산)

피틴산은 사료내 들어 있는 아연, 망간, 철분, 칼슘 등의 필수 광물질과 결합하여 장내 흡수이용성을 감소시킨다. 피틴산을 구성하고 있는 인은 대두내 전체인의 약 70-75% 가량이 되며 단위가축에게 거의 이용하지 못한다. 피틴산은 열에 강하고 대두박 가공 중에 파괴되지 않으며, 미생물이나 식물에서 만들어진 피타제(Phytase)에 의해서 인과 기타 광물질의 생체 이용성을 높일 수 있다.

2.4.7 Urease(유라아제)

Urease는 단위 동물에 있어서는 항영양인자라고 볼 수 없으나 요소를 사용한 반추동물의 사료에서는 항영양인자가 될 수 있다. 유라아제는 열에 약하기 때문에 항영양성인자로서 작용을 하지 않지만 대두박의 열처리기가 어느 정도 이루어졌는지를 측정하는데 이용되고 있다.

2.4.8 Oligosaccharides(올리고당)

올리고당은 대두탄수화물로서 상당량의 Raffinose와 Stachyose를 함유하고 있다. 이 과당류는 단위동물의 위와 소장에서는 거의 소화·이용되지 않으나 대장에서 미생물 분해 작용을 받는다. 이때 발생된 가스로 인하여 사람이나 개에 있어서는 설사 및 복통을 일으킬 수도 있다. 올리고당은 알코올에 잘 녹는다.

2.5 대두박의 영양소함량

대두박의 영양소함량은 탈피여부에 따라 차이가 있다. 탈피한 대두박은 조단백질의 함량이 50%에 이르고, 탈피하지 않은 대두박은 44%정도로 낮으며 반면에 조섬유 함량이 5~6%로 높다. 대두박의 일반영양소, 가소화영양소, 광물질, 비타민 및 아미노산 함량은 [표 2]에서 보는 바와 같다[23].

표 2. 대두유 추출 방법에 따른 영양소 함량

	Nutrients	Expeller	Solvent	Solvent dehulled
Chemical Composition	Dry matter(%)	90.00	90.00	90.00
	Digestible energy (kcal/kg)	3,610	3,318	3,942
	Metabolizable energy(kcal/kg)	2,972	2,817	3,155
	Crude protein(%)	42.9	44.60	49.70
	Ash(%)	6.0	6.50	5.80
	Crude fiber(%)	5.9	6.20	3.40
	Ether extract(%)	4.8	1.40	0.90
	Total digestible nutrient(%)	79.0	75.00	76.00
	Amino acid(%)	Arginine	3.07	3.03
Histidine		1.14	1.07	1.22
Isoleucine		2.63	2.03	2.46
Leucine		3.62	3.27	3.73
Lysine		2.79	2.68	3.17
Methionine		0.65	0.52	0.71
Cystine		0.56	0.75	0.75
Phenylalanine		2.20	2.11	2.44
Tyrosine		1.55	1.33	1.68
Threonine		1.72	1.66	1.94
Valine		2.28	2.02	2.55
Vitamins (mg/kg)	Vitamin E	7.00	3.00	2.00
	Biotin	0.33	0.32	0.32
	Choline	2,623	2,614	2,753
	Folic acid	6.40	0.70	0.70
	Niacin	31.00	28.00	22.00
	Pantothenic acid	14.30	16.30	14.80
	Riboflavin	3.40	2.90	2.90
	Thiamin	3.90	5.60	3.10
Minerals	Calcium(%)	0.26	0.30	0.26
	Chloride(%)	0.07	0.04	0.04
	Magnesium(%)	0.25	0.27	0.28
	Phosphorus(%)	0.61	0.63	0.63
	Potassium(%)	1.79	1.97	2.07
	Sodium(%)	0.03	0.04	0.03
	Sulfur(%)	0.33	0.43	0.44
	Cobalt(mg/kg)	0.18	0.09	0.07
	Coper(mg/kg)	22.00	23.00	20.00
	Iodine(mg/kg)	-	0.13	0.11
	Iron(mg/kg)	157.00	119.00	133.00
	Manganese(mg/kg)	31.00	29.00	37.00
	Selenium(mg/kg)	0.1	0.30	0.10
	Zinc(mg/kg)	60.00	43.0	55.00

2.6 정제대두단백 및 농축대두단백질

단백질원을 보다 효율적으로 이용하기 위한 방법이 많이 개발되고 있는데 그 중에서 이용율을 증가시키거나 항영양인자를 제거하여 효율성을 증대시키는 가공법들이

널리 강구 되어지고 있다[24]. 대두박을 어린돼지에 사용을 하면 항영양인자들에 의해 소화가 잘 안되기 때문에 성장을 저해한다[25,26]. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 다음과 같은 대두단백질이 개발 되었으며 각 대두단백질에 대한 영양소 함량은 [표 3]에 나타나있고, 제조공정은 [그림 1]에 나타나있다.

2.6.1 HP 100, HP 200 및 HP 300

미생물을 이용, 가공 처리하여 알콜이나 고온에 의해 추출시 영양소가 변성되는 것을 억제시켜 대두박의 Trypsin Inhibitor 및 항영양인자를 감소시킨 제품이다 [27]. 가루의 상태나 대두피의 혼입여부에 따라 Hamelet Protein(HP) 100, 300, 500 등이 있다.

표 3. 대두 제품의 영양소 구성

Nutrients	ISP		SPC		HP300
	NRC(1998)	Central Soya(1999)	NRC(1998)	Central Soya(1999)	Zhu et al. (1998)
Chemical composition					
DE(kcal/kg)	4,150	-	4,100	4,355	-
ME(kcal/kg)	3,560	-	3,500	3,745	-
NE(kcal/kg)	2,000	-	2,000	2,280	-
Dry matter(%)	92	95	90	91.5	92
Crude protein(%)	85.8	92	64.0	65	55
Fat(%)	0.6	0.50	3.0	0.8	2.50
Amino acids(%)					
Lysine	5.26	5.24	4.20	4.23	6.2
Methionine	1.01	1.01	0.90	0.91	1.5
Cysteine	1.19	1.01	1.00	0.98	1.5
Threonine	3.17	3.31	2.80	2.80	4.0
Tryptophan	1.08	1.47	0.90	0.91	1.3
Isoleucine	4.25	4.05	3.30	3.25	4.8
Leucine	6.64	6.99	5.30	5.33	7.8
Valine	4.21	4.14	3.40	3.44	5.2
Histidine	2.25	2.21	1.80	1.76	-
Arginine	6.87	-	5.79	-	-
Phenylalanine	4.34	4.88	3.40	3.38	5.0
Tyrosine	3.10	3.31	2.50	2.54	-
Vitamins(mg/kg)					
Biotin	0.30	-	-	-	-
Choline	2.00	-	-	-	-
Folacin	2.50	-	-	-	-
Niacin	6.00	-	-	-	-
Pantothenic acid	4.20	-	-	-	-
Riboflavin	1.70	-	-	-	-
Thiamin	0.30	-	-	-	-
Vitamin B6	5.40	-	-	-	-
Vitamin B12	-	-	-	-	-
Minerals					
Calcium(%)	0.15	0.18	0.35	0.35	-
Phosphorus(%)	0.65	0.76	0.81	0.80	-
Chlorine(%)	0.02	-	-	-	-
Magnesium(%)	0.08	0.38	0.32	0.32	-
Potassium(%)	0.27	0.96	2.20	2.40	-
Sodium(%)	0.07	0.11	0.05	0.05	-
Sulphur(%)	0.71	-	-	-	-
Copper(mg/kg)	14	12	13	16	-
Iron(mg/kg)	137	120	110	100	-
Manganese(mg/kg)	5	-	-	-	-
Selenium(mg/kg)	0.14	-	-	-	-
Zinc(mg/kg)	34	40	30	25	-

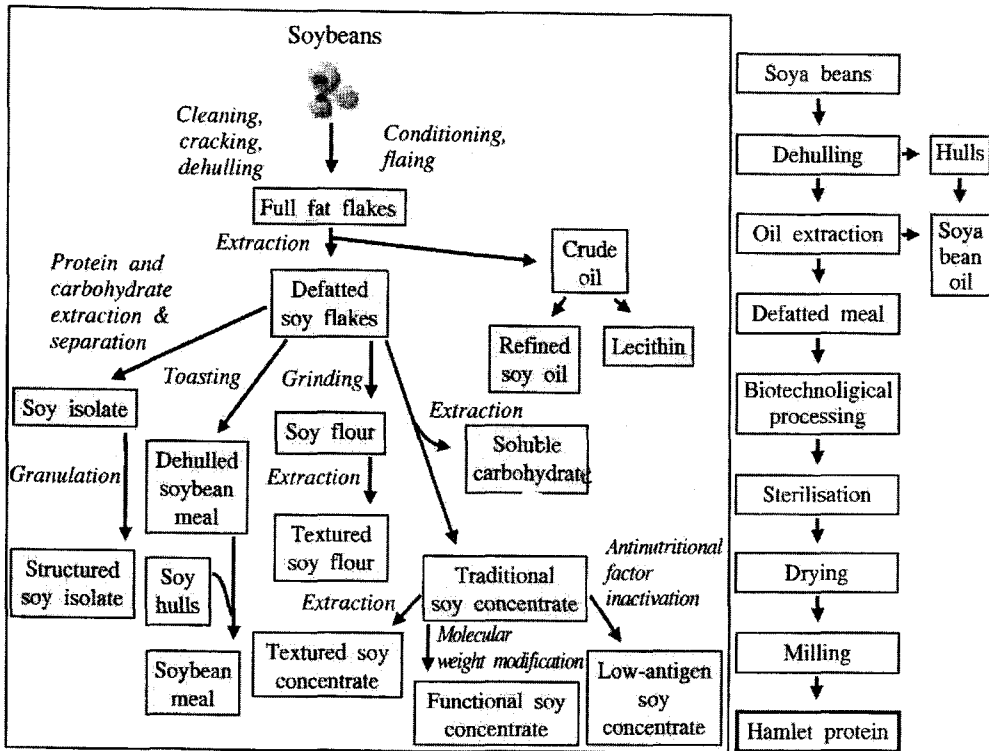


그림 1. 대두박, SPC, ISP 와 HP300 가공공정 [27]

2.6.2 Soy Protein Concentrates(SPC)

SPC는 탈피대두와 탈지대두로부터 수용성 비단백질 구성성분(Non-Protein Constituents)을 제거하여 농축대두 단백을 생산하게 된다.

2.6.3 ISP

대두박을 정제해서 단백질을 함량을 90%(Protein Technology Institute, 1991)로 증가시킨 단백질이다. 탈피 대두와 탈지대두로부터 비단백태화합물을 제거함으로써 만들어진다.

2.7 양돈사료에 있어서 대두박의 이용

2.7.1 대두박내 항영양인자가 양돈의 생산성에 미치는 영향

항영양인자는 앞서 기술한 바와 같이 여러 가지가 있지만 그들 중에서 직접적인 피해를 줄 수 있는 인자로서는 트립신저해인자(Trypsin inhibitor:TI)와 Allergen이며, Lectin (hemagglutinin)과 Phytate는 돼지의 소화기내에서 소화율을 저하시키는 요인이 되고 있다.

표 4. 대두 제품의 항영양인자들에 대한 구성

	Raw Soybeans	Toasted Soybean Meal	Toasted Soy Flour	Traditional Soy Protein Conc.	Extruded Soy Protein Conc.	Hamlet Protein 300
Urease Activity, pH	2.0	0.05-0.5	0.05-0.2	0.02-0.03	0.01-0.02	N.A
Trypsin Inhibitor, mg	45-50	5.0-8.0	5.0-8.0	<4.0	<1.25	1.5-2.0
Lectins, mcg/gd	3600	10-200	10-200	<0.1	<0.1	<100
Saponins, %	0.5	0.6	0.6	0	0	0.6
Oligosaccharides, %	14	15	15	<3	<3	1

[27]

표 5. 대두내 유레아제와 트립신 저해제와 육성돈의 성장능력

Item	Raw Soybeans		Heated soybeans		Soybean meal	SE
	Conventional	Low-trypsin inhibitor	Conventional	Low-trypsin inhibitor		
Urease activity, pH rise	1.96	2.05	0.05	0.4	0.13	
Trypsin inhibitor mg/kg	20.9	9.9	4.8	1.2	2.5	
Daily gain, g	295	322	414	459	532	0.09
Daily feed, g	1,445	1,445	1,445	1,445	1,445	
Feed:gain	4.89	4.45	3.45	3.14	2.7	0.03

[28]

표 6. 단백질원에 따른 이유자돈의 일당증체량, 사료 섭취량, 사료 효율 및 회장소화율에 미치는 영향

Item	Dried skim milk	Soybean meal	Isolated soy protein	Soy Protein Concentrate
Average daily gain (0-14d)	260 ^a	190 ^b	280 ^a	280 ^a
Average daily feed intake (0-14d)	350	290	350	350
Feed efficiency	1.35 ^a	1.53 ^b	1.25 ^a	1.25 ^a
Ileal Digestibility(%)				
Dry Matter	84.72 ^a	71.08 ^b	83.57 ^a	82.74 ^a
Crude protein	89.22 ^a	77.29 ^b	88.32 ^a	87.65 ^a
Lysine	91.07 ^a	79.30 ^c	88.20 ^b	88.30 ^b

^{abc}Means in the same row with different superscripts different(p<0.05)

[31,32]

표 7. 이유자돈에서 다른 대두 제품 급여가 장내 형태학적 특성과 성장능력에 미치는 영향

Criteria	Milk protein	Soybean meal	Soy protein concentrate	Extruded soy protein concentrate	Soy protein isolate
Villus height, μm	266.2	175.0	207.3	230.0	216.8
Crypt depth, μm	198.0	222.4	214.1	159.9	189.7
Perimeter, μm	731.4	518.0	667.3	663.3	609.7
Villus area, μm	731.4	518.0	667.3	666.3	609.7
Average daily gain, g					
Wk1	173	127	150	163	-
Wk2	245	204	200	250	-
Wk3-5	431	431	434	454	-
Wk0-5	358	341	341	377	-
Average daily feed intake, g					
Wk1	213	204	232	218	-
Wk2	248	267	266	285	-
Wk3-5	702	708	704	737	-
Wk0-5	514	531	530	556	-
Feed efficiency					
Wk1	1.26	1.66	1.55	1.35	-
Wk2	1.05	1.31	1.35	1.18	-
Wk3-5	1.58	1.69	1.66	1.67	-
Wk0-5	1.45	1.56	1.58	1.51	-
Digestibility, %					
DM	88.5	87.3	88.6	89.8	-
N	83.0	79.7	81.4	85.7	-

[11]

대두를 적당히 열처리하게 되면 대부분의 항영양인자가 파괴되어 어린 자돈을 제외한 육성비육돈이나 모돈에서는 거의 피해가 없다. [표 5]에 나타난 생대두의 트립신 억제인자의 함유정도를 나타내는 유레아제활성도 역시 품종에 관계없이 2정도였으며, 열처리 대두에서는 일반 대두박수준과 유사하였다. 사양성적의 경우 생대두의 급여는 열처리대두에 비해 성장과 사료요구율이 저하되었다. 생대두에서 사양성적이 저조한 것은 항영양인자로 말미암아 영양소 소화율이 떨어지는데 원인이 있는 것으로 보고하고 있다[29,30].

2.7.2 자돈사료에서 대두 단백질 공급

자돈에서는 육성비육돈과 달리 대두박내 항영양인자로 대두박의 사용에 제한이 있으며, 따라서 급여단계별로 대체단백질을 일부 사용해야한다. 대두박은 단백질 공급원 중에서 가장 값이 싸고 풍부한 자원이지만 어린자돈에서는 각종 항영양인자로 성장이 다소 떨어진다. 이런 이유로 농축대두단백(Soy protein concentrate; SPC)이나 정제대두단백(Isolated soy protein; ISP)같은 가공대두제품이 사료로 이용되어 유제품 위주의 사료급여시와 유사한 사양성적을 얻고 있다[표 6].

[표 7]에서 보는 바와 같이 소장의 용모 높이를 조사한 결과 대두박을 공급받은 돼지에서 유제품이나 농축대두 단백을 공급받은 돼지에 비해 용모 높이가 낮았으며, 이는 대두박 내에 존재하는 항영양인자에 의한 것으로 사료되며 소화율에 있어서는 농축 및 가공대두박 급여구가 유단백 급여구와는 비슷한 경향을 보였고, 대두박 급여구 보다는 현저하게 높은 결과를 보였다.

가공대두단백의 아미노산 소화율은 각 연구자들에 따라 다소 다른 경향이 있는데 이를 [표 8]에 요약 및 정리

하였다.

또한 Min 등[33]에 의하면 발효공법을 이용하여 펙타이드의 분자량을 감소시킨 발효대두박을 이용하여 이유자돈에 있어서 성장능력 및 회장소화율을 시험한 결과 영양소 이용율을 증진시킬 있는 것으로 보고 하였다.

참고문헌

- [1] 배상호, "이유자돈의 알레기성 장염에 관한 병리학적 연구," 서울대학교 대학원, 수의병리학, 박사학위논문, 국문초록, 1995.
- [2] E.E. Liener, M. L. Kakade, "Protease inhibitors. in: E.E. Liener(Ed) Toxic Constituents of Plant Foodstuffs," pp.7-7, Academic Press, New York, 1980.
- [3] W. D. Armstrong, A. J. Clawson, "Nutrition and management of early weaned pigs; effect of increased nutrient concentrations and supplemental liquid feeding," J. Anim. Sci., 50:377, 1980.
- [4] Hampson. D. J., M. Hinton and D. E. Kidder, "Coliform numbers in the stomach and small intestine of healthy pigs following weaning at three weeks of age," J. Comp. Pathol., 45:353, 1985.
- [5] B. R. Dunsford, D. A. Knabe and W. E. Haensly, "Effect of dietary soybean meal on the microscopic anatomy of the small intestine in the early-weaned pig," J. Anim. Sci., 67:1855, 1989.
- [6] S. Tzipori, D. Chandler, M. Smith, T. Makin and D. Hennessy, "Factors contributing to postweaning diarrhea in a large intensive piggery," Vet. J., 56:274, 1980.
- [7] R. H. Wilson and J. Leibholz, "Digestion in the between

표 8. Ileal digestibility of amino acids in ISP and SPC fed to pigs

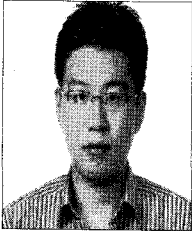
Amino acids (%)	Isolated soy protein		Soy protein concentrate	
	NRC(1998) [23]	Sohn et al. (1994) [12]	NRC(1998) [23]	Sohn et al(1994) [12]
Valine	86.0	85.7	91.0	85.6
Methionine	-	-	91.0	-
Isoleucine	90.0	90.2	93.0	90.1
Leucine	92.0	91.8	93.0	91.6
Phenylalanine	88.0	87.8	94.0	87.9
Histidine	88.0	88.4	95.0	88.2
Lysine	88.0	88.2	93.0	88.3
Arginine	91.0	90.7	97.0	90.4
Tyrosine	89.0	88.5	93.0	86.9
Cystine	-	-	90.0	-
Tryptophan	-	-	89.0	-

[28]

- 7 and 35d of age. I. The performance of pigs given milk and soybean proteins," *Br. J. Nutr.*, 115:301, 1981.
- [8] W. R. Walker, C. V. Maxwell, F. N. Owens. and D. S. Buchanan, "Milk versus soybean protein sources for pig: I. Effects of performance and digestibility," *J. Anim. Sci.*, 63:505, 1996.
- [9] C. R. Stokes, T. J. Newby, B. G. Miller, and F. J. Bourne, "The immunological significance of transient cell mediated immunity to dietary antigens. In: P. J. Quinn(Ed) Cell Mediated Immunity," Commission of the European Communities. Luxembourg, p249, 1984.
- [10] J. J. Rackis, "Biologically active components. In: A. K. Smith and S. J. Circle(Ed.) Soybeans: Chemistry and Technology," The AVI Publ. Co. Inc., Westport, CT., Vol. I. Proteins, pp. 158-202, 1972.
- [11] D. F. Li, J. L. Nelssen, P. G. Reddy, F. Blecha, R. D. Klemm, D. W. Giesting, J. D. Hancock, G. L. Alle and R. D. Goodband, "Measuring suitability of soybean products for early-weaned pigs with immunological criteria," *J. Anim. Sci.*, 69:3299-3307, 1991.
- [12] K. S. Sohn, C. V. Maxwell., L. L. Southern., and D. S. Buchanan, "Improved Soybean Protein Sources for Early-Wenaed Pigs: II. Effects on Ileal Amino Acid Digestibility," *J. Anim. Sci.*, 72:631-637, 1994.
- [13] M. J. Newport and H. D. Keal, "Artificial rearing of pigs: II. Effects of replacement of dried skim milk by either a soy protein isolate or concentrate on the performance of the pigs and digestion of protein," *Br. J. Nutr.*, 48: 89, 1982.
- [14] I. H. Kim, K. G. Friesen, and C. S. Kim. "Use of soy protein for early weaned pigs," *Kor. J. Nut.*, 19:352-370, 1995.
- [15] N. K. Cho, S. T. Yun, H. S. Kang and Y. I. Cho. "Selection of Forage Soybean Cultivars in Jeju Region," *J. Korean Grassl. Sci.*, 23(4):299-306. 2003.
- [16] 권산환, "대두의 기원," 한국의 콩연구, 2(1): 4-8, 1985.
- [17] 김우정, "콩단백질의 영양과 이용," ASA 학술총서 (15), 미국대두협회, 1987.
- [18] 강창원, 채병조, "제 2장 대두박의 생산과 품질," A to Z on Soybean Meal, ASA 학술총서(2001), 2001.
- [19] S. L. Balloun, "Soybean Meal in Poultry Nutrition," American Soybean Ass., St. Louis, Mo, 1980.
- [20] 이명원, "대두박의 제조기술과 이용," *식품과학*, 14(1) : 55-60, 1981.
- [21] 오상집, "대두박의 생산공정," *한영사보*, 12(4):227-237, 1988.
- [22] B. Ratner and L. V. Crawford. "Soyben: anaphylactogenic properties," *Ann. Allergy.*, 13: 289, 1955.
- [23] NRC, "Nutrient requirements of swine(10th ed)," National Academy Press. Washington D. C., USA, 1998.
- [24] J. D. Hancock, E. R. Peo, Jr A. J. Lewis and J. D. Crenshaw, "Effect of ethanol extraction and duration of heat treatment of soybean flakes on the utilization of soybean protein by growing rats and pigs J. Anim. Sci., 69:3233, 1990.
- [25] M. E. J. Barratt, P. T. Strachan and Porter, "Antibody mechanisms implicated in digestive disturbances following of soya protein in calves and piglets," 1978.
- [26] Li, D. F., M. Nelssen, P. G. Reddy, F. Blecha, J. D. Hancock, G. L. Alle, R. D. Goodband and R. D. Klemm, "Transient hypersensitivity to soybean meal in the early-weaned pig," *J. Anim. Sci.*, 68:1790, 1990.
- [27] Central Soya, "Soy protein concentrate or special soy flour for young pigs," Chemurgy research note march, 2000.
- [28] Y. K. Han, In K. Han, W. D. Chung, H. K. Oh and K. M. Park, "Effect of partial replacement of soybean meal with non-conventional oilseed meal on performance and carcass characteristics in finishing pigs," *Kor. J. Anim. Nutr. Feed*, 23:7, 1999.
- [29] K. L. Herkelman, G. L. Cromwell and T. S. Stahly, T. W. Pfeiffer, D. A. Knabe, "Apparent digestibility of amino acids in raw and heated conventional and low-trypsin-inhibitor soybeans for pigs," *J. Anim. Sci.*, 70:818-826, 1992.
- [30] K. L. Herkelman, G. L. Cromwell and T. S. Stahly, "Effects of heating time and sodium metabisulfite on the nutritional value of full-fat soybean for chicks," *J. Anim. Sci.*, 69:4477-4486, 1991.
- [31] K. S. Shon, C. V. Maxwell, D. S. Buchanan and L. L. Southern, "Improved soybean protein sources for early-weaned Pigs: I. Effects on performance and total tract amino acid digestibility," *J. Anim. Sci.*, 72:622-630, 1994a.
- [32] K. S. Shon, C. V. Maxwell, D. S. Buchanan and L. L. Southern, "Improved soybean protein sources for early-weaned Pigs: II. Effects on Ileal amino acid digestibility," *J. Anim. Sci.*, 72:631-637, 1994b.
- [33] B. J. Min, J. W. Hong, O. S. Kwon, W. B. Lee, Y. C. Kim, I. H. Kim, W. T. Cho and J. H. Kim, "The effect of feeding processed soy protein on the growth performance and apparent ileal digestibility in weaning pigs," *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 9:1271-1276, 2004.

유 종 상 (Jong-Sang Yoo)

[준회원]



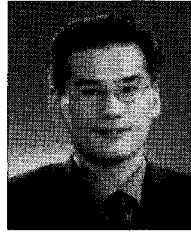
- 2006년 2월 : 단국대학교 동물자원학과 (농학사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 단국대학교 생명자원과학과 (석사과정)

<관심분야>

단위동물 영양, 축산

김 인 호 (In-Ho Kim)

[정회원]



- 1988년 2월 : 단국대학교 축산학과 (농학사)
- 1990년 2월 : 단국대학교 축산학과 (농학석사)
- 1995년 12월 : 미국켄사스주립대학교 축산학과 (농학박사)
- 2000년 3월 ~ 현재 : 단국대학교 동물자원학과 부교수

<관심분야>

단위동물 영양, 축산