

제 3 편 기능성 양잠시대

| 제1장 | 기능성 양잠산업으로 대전환

| 제2장 | 기능성 양잠산물의 개발

| 제3장 | 누에 품종육성 및 유전자원

| 제4장 | 뽕나무 열매‘오디’ 생산

| 제5장 | 실크 신소재 개발

| 제6장 | 바이오 생명공학기술 개발

제 3 편 기능성 양잠시대

제 1 장 기능성 양잠산업으로 대전환 (1995)

농산물 수입개방이 시작되면서 정부의 보호막 속에서 육성되어 오던 농업은 일대 전환기를 맞게 되었다. 이때 잠업시험장은 농수산부의 국립잠사소 편입으로 잠사곤충연구소로 확대 개편되면서 연구 분야도 일대 전환기를 맞게 되었다. 연구의 방향 또한 천연섬유 소재로서의 잠사업으로서는 '97년 7월 1일로 예정된 농산물 전면 수입개방(우루과이 라운드)의 시한을 앞두고 연구목표를 '입는 SILK산업'에서 '입기도 하고 먹기도 하는 SILK 종합 생물소재 산업'으로의 일대 전환기를 준비하고 있었다.



누에분말 당뇨치료 보도(1995. 3. 22)

초기에는 지금까지 의학교서(古書)에 나타난 문헌을 기초로 생물, 의학, 약학 소재로 이용되어 왔던 기록을 근거로 관심을 가지기 시작하였다. 경희대학교 한방분야 연구용으로 양잠산물 소재를 공급하는 가운데 차츰 양잠산물 활용 연구가 활성화되면서 공동 연구수준으로 발전하였다. 특히 민간에서 이용되어 오던 사례를 중심으로 본격적인 연구가 진행되어 1995년에 잠사곤충연구소 출범과 함께 혈당강하 효능의 누에 분말이 세상에 널리 알려지게 되었다.

이를 계기로 이제 양잠산업은 섬유산업에서 기능성 식품소재 산업으로 기본개념에 대한 대전환기를 맞게 된다. 1994년도 당시의 양잠현황은 농가 6,543호, 뽕밭은 3,401ha, 소잠은 36,842 상자였으며, 고치생산량은 910톤으로 그중 880톤은 정부가 수매하였다. 1995년도는 기능성 누에 생산이 처음으로 도입된 해로 누에 소잠량은 32,000여 상자이며, 누에고치는 약 200톤으로 전년대비 22% 수준으로 대폭 감소하였다. 특히 1996년도

는 누에 소잠량이 49,000상자로 95년도에 비해 53% 증가하였으나, 누에고치는 20톤 내외로 대폭 감소하여 본격적인 기능성 누에 생산으로 전환하였다.

이후 1996년부터 '누에를 이용한 동충하초' 연구가 진행되어 농가 대량생산기술 확립과 면역증강의 기능이 밝혀지면서 농가보급이 시작되었다. 1998년부터 대한잠사회는 전국 양잠농가에 동충하초에 대한 계약생산 및 수매를 시작하였으며, 동충하초를 생산하고 남은 부산물인 누에고치 출각견을 활용하여 식용이 가능한 실크파우더 개발에 성공하는 개가를 올려 식품산업과 화장품 등에 중요한 실크 소재로 제공되기 시작하였다.

이와 함께 뽕나무의 다양한 기능이 함유된 뽕잎관련 제품이 개발되어 유통·판매되면서 이제 양잠산물과 그 부산물은 기능성 건강식품으로 자리하면서 양잠산업이 섬유소재산업에서 기능성 건강식품산업으로 완전하게 변신하였다.

<기능성양잠 현황 (참고:기능성양잠 현황조사 결과, 농림축산식품부)>

	1976	1995	2000	2005	2009	2014	2019
누에농가(호)	488,000	5,000	3,700	2,353	1,351	980	588
뽕밭면적(ha)	82,900	2,500	1,500	1,041	663	565	345
사육량(상자)	1,296,000	32,000	36,000	26,216	16,154	15,648	9,533
생산액(억원)	3,084	153	214	96	90	112	90

제1절 혈당강하제로서 '누에가루'의 탄생

1990년대 중반까지 국내 누에고치 가격은 중국산보다 약 2.5배가 높아 국내 제사업체는 국내산 고치 수매가로써는 도저히 생사제조의 수익성은 물론 채산성이 낮아져 국제 시장 경쟁력을 가질 수 없는 상황이 지속되었다. 이에 따라 국내 양잠농가는 고치판매와 유통이 어려워지고 양잠의욕이 상실되어 우리나라 잠사업은 사활의 기로에 서게 되었다. 이런 가운데 1995년 봄 경북지방을 비롯하여 지역적으로 누에가 고치를 짓지 않는 기현상의 발생으로 고치를 수매하지 못한 채 누에를 건조하여 보관하게 되었다.

이의 해결 방안을 모색한 결과 당시 농림부와 대한잠사회는 잠업진흥기금을 투입하여 일단 건조누에를 수매하여 사태를 진정시키는 동시에 농림부 및 잠사단체 등 행정조직을 통하여 긴급 수매된 건조누에를 판매하여 기금에 다시 보전시키는 조치를 긴급하게 실행하게 되었다. 누에는 예로부터 이미 일반인들이 민간약재로 복용하고 있었고, 관계

기관의 적극적인 판매(1kg에 20,000원의 염가판매)활동에 힘입어 기대 이상으로 판매가 이루어져 수매 금액보다 초과했고 위급사태는 원만하게 마무리 되었다.

한편 농촌진흥청 잠사곤충부는 농산물 수입개방에 따라 국내양잠의 기반유지와 농가 소득원을 마련하고자 전통적인 잠상산물이 문헌상에 약재로 이용된다는 사실에 착안하여 93년부터 잠사곤충부의 류강선 박사팀 주관으로 경희대 약학대학 정성현교수와 공동으로 누에 관련 물질로부터 치료제를 개발하는 다양한 연구를 수행하였다. 연구결과 누에가루가 혈당강하효과가 있음을 구명하고, 국내 TV, 주요 일간지 언론에 대대적으로 공식 발표하였다. 이로서 그동안 구전으로만 전해오던 누에가루의 약리효과가 과학적 연구의 실증실험 결과로 입증됨에 따라 우리나라 양잠은 새로운 먹는 양잠으로의 전환기를 맞이하게 되었다.

무엇보다 그동안 값싼 중국산 누에고치로 어려움을 겪던 정부나 농가로서는 수익성이 누에고치보다 2~3배 높은 누에가루는 채산성이 맞는 양잠으로 새롭게 변신하게 되었고 양잠의 명맥을 이어갈 수 있는 결정적인 계기가 되었다. 당시 대한잠사회에서는 건조누에 판매촉진을 위하여 1996년부터 잠사회관에 별도로 ‘잠상산물 전시판매장’을 개설하여 전국의 양잠조합에서 생산한 누에가루를 위탁판매 및 홍보하는 사업을 추진하기도 하였다. 또한 후속 연구를 통해 5령 3일 경과된 누에를 동결 건조과정을 거쳐 생산한 누에가루가 열풍건조한 누에가루보다 혈당상승 억제 효과가 높다는 결론을 바탕으로 누에산업의 장기적 발전을 위해 동결건조 누에생산을 점차 유도하게 되었다.

1. 누에가루의 규격화 및 유통체계 확립

양잠농가는 기존의 누에고치 생산에서 1996년 이후 건조누에 생산으로 대부분 전환하게 되었고, 당시 언론, 매스컴 등을 통하여 ‘입는 잠업’에서 ‘먹는 잠업’으로 홍보활동을 적극적으로 펼침과 동시에 누에가루의 효능이 널리 알려지면서 적극적인 소비층이 형성되기 시작했고 이에 따른 유통도 점차 확장일로로 걷게 되었다. 양잠농가의 장기적이고 안정적인 소득증대 유지 차원에서 누에가루 생산기반 마련을 위해서 판매가격의 일원화, 5령 3일 동결건조누에의 생산 등이 당면 문제로 대두되기 시작하였다. 이를 해결하기 위해 유통상의 체계를 확립하고 포장디자인의 통일화 및 규격화 추진을 위하여 대한잠사회는 1997년부터 잠상산물유통협의회를 본격적으로 운영하게 되었다.

2. 건조누에의 건강식품화 추진

건조누에 제품은 그동안의 활발한 홍보를 통하여 일반인에게 알려지면서 유통과 소비가 순조로웠지만 ‘식품위생법’ 측면에서 누에는 식품의 원료로 사용할 수 없다는 보건복지부의 유권해석으로 인하여 본격적인 유통판매에 제동이 걸리는 등 어려움이 발생하였다. 이는 건조누에 또는 누에가루로 자체 원료로만 유통되어야 하는 제약을 받게 되고 이를 가공하여 판매하면 식품의약품안전청의 식품에 대한 위법사항에 해당되었다.

따라서 양잠농업협동조합에서 생산한 누에환 또는 누에정제가 무허가 식품 제조 및 유통의 위반사항이 되어 조사기관의 수사를 받게 되고 사안에 따라서는 법적인 조치까지 취해질 수 있는 상황이 예상되었다. 이런 연유로 잠사회를 비롯한 관계기관에서는 보건복지부 장관에게 건조누에의 건강식품화에 대한 건의서를 제출하였다.

이에 대해 1998년 3월 30일 식품의약품안전청의 회신으로 ‘건강보조식품은 의약품과는 달리 식품이므로 섭취대상이 모든 사람이 되므로 건조누에의 혈당강하와 같은 유용성을 가진 경우에는 저혈당증 환자, 어린이, 노약자 등이 섭취하게 되면 부작용을 일으킬 수 있으므로 현재로는 건강보조식품으로 지정하기는 어렵다.’는 통보와 함께 ‘일반식품의 원료로 사용될 수 있는 소지의 미연방지 등 현실적인 문제를 감안하여 차후 식품위생심의위원회의 심의결과에 따라 참고토록 할 것임’이라는 회신을 받게 되었다.

3. 건조누에 식품원료로 인정 (1998. 7. 10)

새로운 양잠산업의 활로를 개척하기 시작한 건조누에가 식품원료로 인정되어야 양잠농가의 생산의욕 및 활동이 위축되지 않는다는 상황에서 대한잠사회를 비롯한 농림부, 농촌진흥청 등 관련 기관과 협력하여 적극적인 활동을 펼친 결과 1998년 7월 10일 식품의약품안전청의 고시 제98-75호 ‘식품의 기준 및 규격 중 개정’ 고시를 통해 건조누에가 누에동충하초와 함께 식품원료로 인정하는 내용의 고시를 발표하게 되었다(1998. 7. 10부터 시행). 이 고시된 사항을 농림부장관은 잠사관계 기관 및 단체에 시달(1998. 7. 24 농림부 과화 51230-319)하여 건조누에를 일반식품으로 유통 정상화의 길이 열리게 되었다.

당시 고시된 내용을 살펴보면

「그간 식품으로서의 인정여부가 결정되지 않았던 누에의 건조물(누에가루)과 누에동충

하초를 식품위생심의위원회에서 식품원료로 사용할 수 있도록 결정되었음을 알려드립니다. 귀 기관에서는 누에의 건조물과 누에동충하초가 식품원료로 사용할 수 있음을 홍보하여 주시고, 아울러 이들 식품원료의 생산·제조·유통에 관여하는 부서 및 감독기관에서는 위생상의 안전을 확보하도록 노력하여 주시기 바랍니다.» 라는 내용이다.

이로 인해 누에가루는 이제 식품원료로서 법적요건을 갖추에 따라 정상적인 유통과 판매로 식품가공 산업화의 기틀이 형성되었고, 누에산업이 섬유산업에서 미래 건강 식품 산업으로 대전환을 이루는 계기가 비로소 마련된 것이다.

한편 누에를 이용한 혈당강하제 제조방법은 1995년 1월 23일 국내특허를 출원하여 1998년 6월 23일 특허 제151731호로 등록 완료됨에 따라 특허청은 관리기관으로 농촌진흥청을 지정하였다. 또한 건조누에가루는 1998년 3월 13일 일본 특허청에 특허 제2757937호로 등록되어 우리나라 특허청에서 보다 먼저 국제특허를 획득하기도 하였다.

4. 건조누에 품질인증제 도입(2000. 4. 22)

누에가루 품질은 고급화 및 차별화하고 소비자의 신뢰를 얻어 국내외 시장판매 촉진을 위해 대한잠사회는 국립농산물품질관리원의 건조누에 품질인증제도를 적극 추진 한 결과 2000년 4월 22일자(농림부 품질 51160-283)로 건조누에 품질인증 실시요령을 통보받아 품질개선을 위한 정부인증을 받는 제도를 도입하게 되어 양잠농가는 양질의 건조누에를 생산할 수 있도록 유도하고 소비자에게 신뢰를 제공하는 제도를 마련하였다.

5. 2000년 누에가루의 신제품 개발과 수출추진

누에가루가 개발되어 5년이 경과 되면서 당뇨 환자들에게 누에가루가 혈당강하, 공복시 허기짐 해소, 식후 혈당 급상승 억제 등 상당한 효과를 나타내면서 고정적인 수요기반이 확보 되었다. 그러나 누에가루는 생산과잉으로 수요에 비해 공급이 확대되면서 1998년 이후 IMF 등 경제여건 악화에 따라 소비가 줄어들기 시작하면서 누에가루의 재고가 누적되는 현상이 시작되었다. 이에 따라서 2000년에 대한잠사회는 누에제품의 소비촉진을 위하여 누에가루를 보다 위생적으로 생산하고 캡슐화를 추진하는 등 간편한 복용을 위하여 용기 및 포장디자인을 보다 고급화 및 소형화를 통하여 새로운 수요층을 찾는 동시에 해외 수출 방안을 적극적으로 추진하게 되었다. 물론 일부 양잠농업협동조

합에서는 이미 일본에 누에가루를 수출한 실적이 있지만 완제품이 아니고 원료상태로 수출하는 상황이었다. 이를 개선하여 소비를 확대하고 수출까지 시장을 넓히기 위하여 2000년 대한잠사회는 동성제약(주)와 제휴하여 수출용으로 ‘Dia Max 53’ 그리고 국내 시판용으로 ‘Seri Max 53’을 개발하여 누에제품의 고급화를 추구하여 국내시판 및 수출을 적극적으로 추진하였다.



제2절 누에동충하초 특허 및 생산 판매 (1999. 1. 8)

누에 동충하초 재배 및 생산에 있어서 대한잠사회는 1998년 2월 농촌진흥청과 연구개발성과에 대한 사용계약을 체결하고, 8월 특허청과 통상실시권 사용계약을 체결하였으며 대한잠사회는 양잠농가와 재배계약을 통해 생산하기로 하였다. 누에 동충하초 계약생산 전량을 수매하고 유통·판매하기로 결정한 대한잠사회는 특허료에 대하여 계약체결 당시 약속된 판매금액의 3%를 지급하는 것으로 농촌진흥청과 약정하였다. 한편 국내에서 생산하고 있는 동충하초는 5령 1일째 누에 표피에 눈꽃동충하초종균(*paecilomyces japonica*)을 접종하여 생산하는 것(양잠농가 생산방법)과 누에 번데기나 굽병이 또는 5령 동결건조 누에가루를 기주로 눈꽃동충하초균이나 번데기동충하초균(*cordyceps militaris*)을 접종하여 생산하는 등 3종류의 동충하초가 생산되고 있었다. 그러나 기주와 관계없이 *cordyceps militaris*균을 이용하여 생산한 것은 번데기동충하초로, *paecilomyces japonica*균을 이용하여 생산한 것은 누에동충하초로 통칭되고 있었기 때문에 일반 소비자들이 5령1일 누에에 접종하여 생산한 눈꽃동충하초를 구별하기에는 거의 불가능하였다.

일반 동충하초와 제품의 차별화를 모색하던 중 1999년에 대한잠사회는 살아있는 누에를 이용하여 생산한 동충하초를 “대한잠사회 진품누에동충하초”라는 상품명으로 상표를 등록하였다. 그러나 일부 생산업자는 동결건조누에를 이용하여 생산한 동충하초만이 진짜 동충하초라고 홍보하는가 하면, 현미 배지를 이용한 밀리타리스 동충하초 등 거의 모든 동충하초 제품에 농촌진흥청 기술개발품 또는 특허품이라고 표기하여 판매하는 상황이 발생하여 진품과 유사 동충하초 간에 큰 혼란이 야기되었다.

이에 식품의약품안전청에서는 2000년 2월 21일 농림부의 밀리타리스 동충하초의 식용 여부 질의에 대한 회신 공문(식규 51230-234)에서 식품으로 사용 가능토록 가결되어 관보에 게재 할 예정이니 참고하라는 공식 문서가 발송되기도 하였다.

이러한 혼란 속에 누에동충하초의 우월성과 희소성이 떨어지면서 결국 고가(高價)의 누에동충하초는 점차 소비자에게서 멀어지게 되었다.

1. 누에 동충하초 수매 및 판매 과정 (1999)

대한잠사회는 1998년 2월 농촌진흥청과 연구개발성과에 대한 사용계약을 체결하고 양잠농가와 재배계약을 통해 생산하기로 하였다. 당시 농가에서 생산한 누에동충하초의 수매가격은 시중의 소비자 판매가격을 기준으로 책정하였고, 수매대금은 수매 후 1주일 이내에 현금으로 지불하기로 농가와 계약을 체결하였다. 판매는 대한잠사회가 제품 생산업체에 납품하고 원초는 통신판매를 원칙으로 하였다. 그러나 잠사회의 동충하초 원초 통신판매는 유통 전담부서의 부재와 홍보 활동의 미흡으로 실효를 거두지 못하게 되자 '99년 5월 총판업체(예광에이전시)와 유통 및 판매계약을 체결하였다. 제품생산원료 공급계약을 체결한 업체와는 원료의 가격문제로 협상 끝에 6월에 (주)남양유업에서 '위풍당당 동충하초'가 출시되었고 2000년 6월에는 (주)불휘에서 동충하초를 원료로 제조한 주류인 '불휘'가 시중에 판매되었다.

원초의 본격적인 판매는 '99년 6월초까지는 잠사회가 직접 판매를 수행하였고 5월에 총판계약에 의거 계약업체가 판매를 전담하고 소비자가격 290,000원으로 확정, 신문을 통한 대대적인 광고 및 판촉활동을 전개하였다. 소비자가격이 높아 생산 농가 및 소비자의 불평이 많았으나 유통 구조상 최종 판매가격은 납품가격의 4배를 계상하고 있어 가격 조절이 불가능한 상태였다.

이러한 상황에서 동충하초의 판매는 꾸준히 확장되는 추세였으나, 99년 9월 판매회사가 과대광고로 공정거래위원회로부터 제재를 받아 판매가 급속히 위축되고 11월부터 총판과 판매회사 간 마찰이 발생하게 되었다. 또한 동충하초 드링크가 인기를 끌게 되자 값싼 유사 동충하초를 원료로 한 제품이 시중에 약 18개나 제품으로 출시되어 2000년 6월 이후 판매는 답보상태로 재고가 누적되는 현상이 벌어지게 되었다.

2000년 7월부터 총판계약업체는 흡쇼핑을 통한 판매로 매출은 신장되었으나 2000년 8월 31일까지 원초 4,000kg를 소진한다는 계약조건을 충족시키지 못하여 2000년 9월 4일

계약과 관련 민형사상의 이견을 제기치 않겠다는 각서제출로 계약은 종료되었다. 이후 대한잠사회의 동충하초 판매는 제대로 이루어지지 못해 거의 없는 것으로 보아야 한다. 잠사회의 제품 판매의 문제점은 동충하초 재배 농가의 자판매, 일부 양잠조합이 품질미달 동충하초를 수매하여 재판매하는 불법행위, 낮은 건조 수율과 규격 미달 동충하초 임에도 수매해야 하는 모순이 원가 상승의 요인으로 작용하였다. 또한 손쉬운 번데기와 건조누에를 배지로 한 동충하초 등의 범람으로 결국 유사제품과 가격 측면에서 경쟁력을 상실하게 되었다.

2. 누에동충하초 특허사용과 통상실시권 문제

누에동충하초 재배 특허사용은 농촌진흥청이 출원 중인 특허를 '98년 2월 20일 대한잠사회가 연구개발 성과 사용계약을 체결하고 농가와 재배 계약 후 춘잠기부터 동충하초를 생산하도록 하였다.



1999년 1월 8일 특허 출원 중인 연구개발이 특허를 획득함으로써 농촌진흥청과의 사용계약은 무효가 되었고 특허권 소유자인 국가(특허청)와 계약을 하도록 되어 있었다.

특허청과 전용 실시권 사용계약을 4월부터 추진하였으나 연구개발 당사자들의 반대로 결국 통상실시권 사용계약을 8월 26일 체결하게 되었다.

이후 동충하초에 대한 특허사용 권리행사와 통상실시권 문제로 지역의 일부 양잠조합과의 마찰이 발생하여 한동안 논란을 빚어왔으나 2001년부터 대한잠사회 수요에 맞추어 생산계획을 수립하고 동충하초 재배 농가도 임의선택 방식으로 결론을 지었다.

3. 동충하초 품질인증제 실시 (2000. 6. 24)

누에동충하초 생산 및 유통 대책의 일환으로 농림부장관의 지시(1999.11.10)에 의해 농수산물 품질관리법 제5조의 규정에 의한 누에동충하초의 품질인증 방안을 추진하였다.

대한잠사회는 누에동충하초 품질인증 규격안을 품질관리원에 제출하고(2000.2.7), 검토를 의뢰한 결과 농림축산물품질인증대상 품목고시(농림부 고시 1999-88) 제2항의 규정에 의거 누에동충하초 품질인증을 실시하는 것으로 결정되었다. 이에 대한잠사회는 전국 누에동충하초 재배 농가를 대표하여 누에동충하초 품질인증을 신청하고 2000년

춘기 누에동충하초 재배부터 적용하게 되었으며, 국립농산물품질관리원 청주청원 출장소로부터 누에동충하초 무농약재배 품질인증서(승인번호 : 12-04-28, 2000.6.24.)를 교부 받아 대한잠사회가 판매하는 동충하초 원초 포장에 품질인증 표시를 하게 되었다.

제3절 기능성 양잠산물 품평회 및 전시회(2000~2004)

1990년대에 들어서 농촌진흥청 잠사곤충부에서는 다양한 양잠산물에 대한 기능성연구를 진행하여 현재까지 일궈낸 성과를 살펴보면

뽕잎 - 고단백이면서 칼슘이 풍부한 채소로 이용할 수 있으며, 모세혈관을 튼튼하게 해주고 혈압을 낮춰주는 가바와 루틴이 많이 들어있으며, 이외에도 혈당과 혈중 콜레스테롤을 떨어뜨려주고 동맥경화의 예방과 치료, 오염된 중금속을 제거해 주는 효과도 아주 높은 것으로 입증되었다.

누에분말 - '95년에 개발된 누에분말의 혈당강하효과는 우리나라뿐만 아니라 일본에도 널리 알려져 상당량이 수출되고 있으며, 국내외에서 특허를 획득하여 일본으로부터 기술사용료를 받고 있다. 나아가서 누에분말로부터 혈당을 떨어뜨리는 주성분을 분리, 정제하여 새로운 의약품 소재로 개발할 예정이다.



동충하초 - '97년에는 세계에서 처음으로 살아있는 누에의 표피에 동충하초 종균을 접종하여 대량생산하는 기술을 개발하였다. 동충하초는 피로회복, 항암 및 면역증강 등의 효과가 입증되어 국내외 특허출원하였으며, 미국 FDA에서 식품승인까지 얻어 국제적인 상품으로 인정받게 되었다.



실크분말 - 비단의 원료인 누에고치의 실크펩타이드 분말은 숙취해소 및 간 기능 개선에 도움을 주는 기능을 밝혀냈다.

이와 같이 그동안 개발된 뽕잎과 누에산물이 인류의 건강을 지키는 우수한 식품임이 밝혀지면서 국내외적으로 큰 관심을 가지게 되었다.

이에 잠사곤충부에서는 양잠산물을 활용하여 다양한 먹거리 작품을 출품한 출품자와 관심을 지닌 소비자가 함께 참여하여 잠상산물 우수성을 널리 알리고 홍보하기 위해 2000년 5월 26일에 제1차 기능성 양잠산물 품평회를 처음으로 개최하였다.

“뽕, 누에, 동충하초, 실크의 맛으로 건강으로”란 주제로 개최된 본 행사에 개인 및 단체에서 무려 118점의 다양한 작품을 출품하고 전시하였다. 이러한 행사를 계기로 양잠산물의 우수성을 널리 알리고 나아가 소비를 촉진함으로써 양잠농가 소득에 이바지 할 것으로 예상하였으며 성공리에 행사가 진행되었다.

또한 제2회 기능성양잠산물 품평회는 2001년 5월 25일 잠사곤충부 잔디밭에서 개최하였다. 이 품평회에서는 한·일 기능성양잠산물 국제심포지엄과 함께 개최되었다. 우리나라 연구진은 ‘현대의학에 있어서 대체의학이 갖는 의미와 전망’, ‘누에가루의 항 당뇨효과 및 최근 연구동향’, ‘특정질환 기능성 환자식의 개발과 전망’, ‘양잠산물을 이용한 기능성 제품 및 환자식 개발’이란 주제로 발표가 있었고, 일본 측 연구진은 ‘견의 단백질로서의 이용’, ‘일본에 있어서 기능성양잠산물의 이용현황과 전망’을 발표하였다. 품평회에서는 누에고치 코사지를 비롯해서 수원대 제과·제빵과에서 출품한 뽕잎페스트리 까지 137개 작품을 출품하여 열띤 경합을 벌였으며, 관람객으로부터 많은 호평을 받았다.

제3회 한·일 기능성 양잠산물 심포지엄 및 품평회는 2002년 5월24일 잠사곤충부에서 개최하였다. 국내에서는 ‘새로운 기능성 소재로서의 실크이용분야’와 ‘체질별 누에분말 투여에 따른 효과’를 발표하였으며, 일본 측에서는 ‘뽕잎의 효능과 그 이용에 대하여’, ‘뽕잎의 항당뇨 효능’에 대하여, 그리고 ‘경마말 사료첨가제 실크과우더 효능에 대하여’란 주제를 발표하여 많은 관심을 받았다. 이날 출품된 개인작품은 누에튀김을 비롯하여 72개 작품이 전시되었으며, 업체부분에서는 누에버섯 등 34개 작품이 출품되어 열띤 경합을 벌였다.



2001년 제2회 기능성양잠 산물품평회

제4회 행사는 제2~3회 주제와 마찬가지로 국제 기능성 양잠산물 심포지엄 및 품평회란 이름으로 2003년 5월 23일 잠사곤충부에서 개최하였다. 국내에서는 ‘실크단백질을 이용한 피부친화형 소재 개발’과 ‘누에 유래 DNJ물질의 간염치료제 가능성’이란 주제로 발표하였고, 중국에서는 ‘최근 중국의 양잠산물 현황 및 전망’을 일본에서는 ‘오디용 뽕나무

「라라베리 및 팍베리」 육성 및 그 특성'에 관하여 발표하였다. 본 행사인 품평회 전시에서 개인부문은 누에당뇨빵을 비롯하여 빵잎푸딩에 이르기까지 63개 작품을, 업체부문에서는 건용식품의 오디즙 등 37개 작품이 출품되어 경연을 벌였다.



2004년 제5회 기능성양잠산물품평회

제5회 행사는 그동안 잠사근충부에서만 개최해오던 행사를 소비자와 함께 하기위해 2004년 10월 8일 양재동에 위치한 농협유통 하나로 클럽에서 '기능성 양잠산물 품평회 및 전시회'를 개최하였다. 대한잠사회가 주최하고 농촌진흥청 농업과학기술원이 주관한 본 행사에는 각 대학의 식품관련 학과와 잠상산물에 관심 있는 일반인

및 잠상산물관련 업체와 각 지역의 양잠조합이 참여하여 양잠산물의 산업화에 밝은 미래를 보여준 한마당이 되었다. 특히 우리나라 최대의 농협마트인 양재동 하나로마트에서 개최되어 '기능성 양잠산물 품평회 및 전시회'가 소비자에게 한 걸음 더 접근하여 양잠산물을 알리는 기회가 되었으며, 축제의 장이 되기도 하였다. 품평회 본 행사에서는 빵잎과 누에분말, 동충하초와 실크 그리고 자연염색 등 일반이 출품한 44개 품목과 기업체 33개 품목을 포함하여 잠상산물 전시 23개 업체 등 총 100여점이 출품되었다. 이번 행사에서는 그동안 다양한 연구결과 속속 밝혀지는 양잠산물의 기능성에 따른 효과에 아이디어를 가미하여 실생활에 접목시킨 양잠산물과 다양한 작품이 선보였고 또한 웰빙 시대에 부응하는 신제품 개발의 경연장이 되기도 하였다. 출품된 작품 가운데 강원도 양구의 특산음식으로 대표되는 빵잎막국수가 일반 개인부문에서 수상하였고, 동성제약의 기존 염모제에 2가지의 특허기술을 접목시켜 빠르게 염색되고 오래 동안 지속할 수 있는 '오마샤리프 60칼라크림'이 기업부문에서 대상을 수상하는 영광을 차지하였다.

지난 5년간의 기능성 양잠산물 품평회를 통해 기능성양잠산물의 소비촉진과 홍보를 통해 일반인들에게 기능성양잠제품을 알리는 좋은 기회가 되었으며, 이에 따른 양잠농가 소득증가에도 많은 기여로 인하여 양잠산물의 산업화를 가속화하는 계기가 되었다.

제4절 새로운 소득원 '오디' 생산(2002~)

빵나무 열매인 오디에 노화억제, 당뇨병성 망막장애의 치료, 시력개선효과, 항산화 작

용 등 기능성 안토시아닌(C3G) 색소가 다량 함유되어 있다는 사실이 밝혀지고, TV, 신문 등 언론매체를 통해 널리 알려지면서 웰빙 건강식품으로서 소비자에게 크게 주목받게 되면서 오디 생산농가도 급격한 증가를 보였다. 이 시기에 일본과 중국에서도 오디에 대한 관심이 높아지면서 일본은 다수성의 라라베리와 대과형의 팍베리 등 오디 전용 품종을 개발하였으며, 중국도 홍과 1호를 육성하여 보급하기도 하였다.

「오디의 당은 과당과 포도당으로 구성되어 있어 식품소재로 활용할 수 있으며, 오디씨에는 리놀산을 다량 함유하고 있어 불포화지방산이 상대적으로 높아 고지혈증의 혈중 콜레스테롤을 억제시키는 작용 등이 알려져 있다.」



오디는 쉽게 무르는 등 저장성은 없지만 고유의 단맛과 향으로 생과로 적합할 뿐만 아니라 오디 주스, 오디 잼, 오디 주(酒), 오디 분말, 오디 라떼 등으로 가공되어 널리 이용되고 있다. 이와 같이 오디에 대한 소비 증가와 함께 오디 빵나무에 대한 농가의 요구가 증가함에 따라 농촌진흥청에서는 2001년부터 오디전용 빵나무 품종을 육성하기 시작하였다. 그 결과 2004년에 대성빵을 최초로 육성하였으며, 2006년 다자빵(맛나오디), 2007년 대봉빵, 2008년 수홍, 2009년 심홍, 2012년에는 당도는 낮으나 대과형인 대심빵(상베리), 상촌빵, 고당도의 수향빵, 상마루, 이외에도 오디균핵병에 강한 저항성을 가지는 심강빵과 2018년 새알찬 품종 등 지금까지 11개 오디전용 품종을 육성하여 보급하고 있다.

충청북도는 청수빵을 육성 농가에 보급하고 있으며, 특히 민간에서 육성한 과상2호, 익수빵 등도 2000년 초부터 농가에 보급되기 시작 현재 많은 농가에서 재배하고 있다.

오디는 년 중 1회 열매를 수확하는 작목으로 위험도는 높으나 수익이 높은 작목에 해당된다. 오디빵나무 특성상 동해, 냉해에 약하며 특히 오디빵나무에 발생하는 균핵병은 방제가 어렵고, 발생이 나타나면 오디 생산에 치명적이므로 지금까지도 많은 농가에서 균핵병 피해를 호소하고 있다.

오디는 2~3주 수확기 동안 많은 노력이 집중적으로 필요하므로 이를 개선하고자 오디수확 망을 활용한 기술도 개발되었다. 무엇보다도 오디는 씻지 않고생과로 먹기 때문에 오디의 안전성은 매우 중요하다. 따라서 오디 GAP(농산물 우수관리 인증)기준을 설정하여 안정성과 품질향상을 도모하였다. 오디 균핵병 방제기술, 시비 및 비배관리, 오디 수확기술, 수확 후 관리기술을 포함한 오디 빵나무 표준재배 매뉴얼을 제작하여 농가에 보급하고 있다.

오디 생산 규모에 관한 정부통계는 농가 재배가 시작된 후 3~4년이 지난 2007년부터 조사가 시작되었는데 744ha에서 2,050톤이 생산되어 약 102억원의 소득 규모였다.

이후 오디농가와 재배면적은 지속적으로 증가추세를 보였으며, 2012년도에 6천호, 1878ha를 정점으로 감소하는 추세로 전환하였다. 2014년도에 생산량과 소득이 각각 8천톤, 780억원으로 최대를 기록하면서 이후 감소추세로 전환되었다. 2019년도 기준으로 최성기 대비 재배농가는 47.8%, 재배면적 46.8%, 생산량 59.2%, 소득액 59.2% 정도로 각각 감소되었다. 이는 오디 병해충발생, 판매의 어려움, 노동력 부족 등으로 오디재배를 포기한 것으로 추측되고 있다.

<오디생산 현황 (참고 : 기능성 양잠산업 현황조사 결과, 농림축산식품부)>

구분	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19
농가(호)	-	3,248	5,198	5,702	5,937	5,996	5,578	5,398	5,114	4,845	4,182	3,377	2,863
뽕밭(ha)	744	1030	1544	1670	1751	1878	1790	1689	1582	1,499	1,308	1,011	878
생산량(톤)	2,050	3,244	5,613	5,626	6,752	6,160	6,810	7,957	7,472	6,400	5,637	5,208	4,707
소득(억원)	102	162	281	343	405	528	635	780	766	582	456	427	405

제5절 양잠산물 기능성 식품원료 개별인정(2007, 2009)

1. 기억·학습력 향상 천연물질 ‘피브로인 추출물 BF-7’ 개발(2007)

잠사곤충부에서는 누에고치를 이용하여 먹는 실크로의 연구를 추진해 온 결과, 그 동안 실크비누, 기능성 실크화장품, 실크염모제 및 실크치약 등을 산업화하는데 성공하였다. 특히 2007년도 하반기에는 누에고치의 주성분인 피브로인 추출물이 기억 및 학습능력을 향상시킨다는 사실을 밝혀내었다. 이 연구는 농촌진흥청의 ‘바이오그린21연구사업’의 일환으로서 중앙대학교 의과대학, 서울대학교 의과대학과 공동으로 선행연구를 포함한 10년 동안 연구를 추진한 결과이다. 또한 공동연구자로 참여한 (주)바이오그랜드에서 식품의약품안전청(KFDA)의 기능성 원료 및 효과·효능을 ‘개별인정’ 까지 받음으로서 양잠분야에서 최초로 식품의약품안전청(KFDA)의 공식적인 기능성 식품원료로 허가받은 것이기 때문에 그 의의는 더 크다고 할 수 있다.

‘피브로인 추출물 BF(Brain Factor)-7’은 학습·기억력 향상 효과를 가진 천연물질 피브로인을 특허공법을



통해 학습·기억력 증진에 크게 이바지하는 물질만을 추출한 것이고, 아울러 본 특수 가공법 분리 기술은 이미 국내·외에 특허등록이 되었다. 그 추출 공정은 특수효소 및 특수 가공 방법을 반드시 이용하여야만 최종적으로 두뇌활성물질을 추출할 수 있으며, 이러한 방법 및 원료물질 이외에는 효과가 없는 것으로 확인되었다.

서울대학교 정희연 교수가 주도한 고등학생 40명을 대상으로 “BF-7”을 복용한 후 조사한 기억력과 학습능력 검사를 통해 22% 향상된 결과를 얻었다. 이것은 기억력 및 학습력의 효과에 있어서 탁월한 효과가 있음을 입증한 결과였다. 또한 ‘기억을 얼마나 효율적으로 수행 하는가’에서도 그 효율이 2배 이상 증가함을 보였다. 이처럼 다양한 임상실험에서 학습력, 기억력, 집중력 개선효과가 20 ~ 30% 이상 뚜렷하게 나타났으며, 숫자를 통한 집중력 테스트에서 ‘피브로인 BF-7’ 투여군은 그 능력이 약 36% 향상을 나타냈고, ‘간섭효과’를 통한 오류를 측정하는 테스트에서는 오류가 40% 줄어드는 효과가 확인되어, 두뇌 및 뇌파활영을 통해 이 물질이 두뇌 활성화에 크게 이바지하고 있다는 것을 입증하였다.

한편 학습능력, 기억력, 집중력 담당 뇌 부위 활성화 연구에서 중앙대 신경정신과 운영철 교수는 최신 fMRI 임상 연구를 통해 ‘피브로인 BF-7’ 투여군은 해당 뇌 부위가 매우 효율적으로 활성화된다는 사실을 시각적으로 입증하였다. 즉 시각으로 들어온 정보의 인식과 그 의미를 파악하여 기억하는 뇌 영역인 후두엽, 관자엽, 두정엽 등이 더욱 광범위하고 효율적으로 활성화되었고, 이를 활용하는 전두엽 역시 매우 활성화됨을 확인할 수 있었다.

2. 동결건조누에분말 - 건강기능식품 기능성원료 개별인정(2009)

‘동결건조누에분말’에 대하여 식품의약품안전청(이하 식약청)으로부터 건강기능식품 기능성원료로 2009년 8월 21일 인정받았다. 이에 대하여 식약청은 건강기능식품 기능성원료 인정에 관한 규정(식약청고시 제2008-72호, 2008. 11. 17)제 10조에 의거 검토결과 ‘건강기능식품 기능성원료 인정서’와 관련서류를 대한잠사회에 통보한 것이다.

이로서 2005년 동결건조 누에분말 기능성원료 신청 이후 5년간의 오랜 노력과 기다림 끝에 ‘동결건조누에분말’은 이제 식약청에서 인정한 건강기능성식품으로 대내외적인 홍보가 가능하게 되었으며, 제품의 판매확산에도 많은 도움을 줄 수 있게 되었다.

식약청에서 통보한 ‘동결건조누에분말’ 인정내용을 살펴보면 제조방법은 5령3일 생 누에를 액화질소가스 또는 급속동결건조(-55℃, 48시간)한 동결건조누에를 분쇄 및 멸균(121℃, 5분)후 제조한 동결건조누에분말이다. 주요 기능성분(또는 지표성분)은

1-deoxynojirimycin (1-데옥시노지리마이신)이다. 제품의 요건으로 기능성내용은“혈당 조절에 도움을 줄 수 있음(기타Ⅱ)”으로 표기하고 홍보하여야 하며 일일섭취량은 “동결 건조누에분말”로서 1일 2.7g이다.

섭취할 때 주의사항으로는 ‘당뇨병의 치료 및 예방에 사용될 수 없으므로 당뇨병 치료가 필요한 경우에는 의사와 상담 하에 사용하여야 합니다.’로 표시하여야 한다.

그러나 동결건조누에분말 제조시 급속 동결건조조건(-55℃, 48시간) 준수 등 제조환경의 문제로 인하여 부득이 건강기능성식품으로의 동결건조누에분말은 일시적으로 생산 활동이 중단되는 문제가 발생하였다. 이를 개선하기 위해 2018년부터 한국기능식품연구원을 통해 현실적이고도 합리적인 새로운 제조공정을 개발하여 보완하고 이를 2018년 12월 27일 식품의약품안전처에 “동결건조누에분말(제2009-67호)” 제조공정 및 성상 변경에 대한 내용으로 제출한 결과 지난 2019년 2월 7일에 건강기능식품 기능성원료 제조방법에 대한 인정을 통보받았다. 향후 동결건조누에분말 생산은 저비용으로 용이하게 생산할 수 있어 경쟁력이 향상될 것으로 예상되고 있다.

<2019년 변경된 동결건조누에분말 제조법>

구분		인정내용	
원료명		(국문)동결건조누에분말	
		(영문)Freeze dry silkworm powder	
제조기준	원재료(학명)	식용누에(학명: Bombyx mori L.)	
	제조방법	제조공정	5령3일 냉동누에(-20℃ 이하) → 동결건조(-30℃ 이하, 30 시간 이상) → 분쇄(80mesh 이상) → 멸균(121℃, 15분 이상) → 동결건조누에분말
		위탁공정	-
		위탁 업체명(소재지)	-
	기능성분(또는 지표성분)	1-deoxynojirimycin	
원재료 함량(배합비)	동결건조누에분말 100%		
제조 시 유의 사항	-		
규격		(1) 성상 : 이미, 이취가 없고 고유 향미가 있는 연두색~녹갈색의 분말 (2) 1-deoxynojirimycin(mg/g): 4.0 (표시량의 80~120%) (3)납(mg/kg) : 1.0이하 (4)카드뮴(mg/kg) : 1.0이하 (5)총수은(mg/kg) : 0.7이하 (7)대장균군 : 음성	
제품의요건	기능성내용	(국문) 혈당조절에 도움을 줄 수 있음 (영문) May help to maintain healthy blood glucose level	
	일일 섭취량	동결건조누에분말로서 2.7g/일	
	섭취 시 주의사항	당뇨병의 치료 및 예방에 사용될 수 없으므로 당뇨병 치료가 필요한 경우에는 의사와 상담 하에 사용하여야 합니다.	
	기타사항	「건강기능식품에 관한 법률」 제5조 및 시행규칙 제 3조에 따라 영업허가를 득한 후 인정효력이 발생됨	
시험방법		* 상세 시험방법은 별첨 참조	

제6절 기능성 양잠산업 육성법 제정 및 추진

1999년 잠업법이 폐지된 이후 2009년 1월 8일 이용희 의원이 기능성 양잠산업 육성 및 지원에 관한 법률안을 대표발의 하면서 ‘기능성 양잠산업은 다른 작목이 추종할 수 없는 친환경적이면서 웰빙농업에 상징적인 작목임에도 불구하고 기능성 양잠농가의 유치방안 등에 대한 정책적 지원이 미흡한 실정이며, 특히 상수원 보호지역과 같은 절대 청정지역이나 친환경농산물 생산지역 등에서의 기능성 양잠은 환경파수꾼으로서의 중요한 역할과 기능을 수행하는 등 기능성 양잠산업에 대한 국가적 관심이 요구되고 있다.

이에 기능성 양잠산업의 지속적인 성장과 기능성 양잠농가의 안정적인 정착을 위하여 기능성 양잠산업 육성 종합계획의 수립, 기능성 양잠산업 및 기능성 양잠농가 지원정책심의회의 설치 등을 통하여 종합적인 양잠지원에 관한 법적, 제도적 근거를 마련하려는 것임.’라는 제안이유로 기능성 양잠산업 육성 및 지원에 관한 법률이 국회에 상정되었다.

이 법률안은 2009년 4월 29일 제282회 국회 본회의에서 진행된 투표결과 216명 재석의원 만장일치로 반대 없이 통과되어 기능성 양잠산업 육성 및 지원에 관한 법률 제9726호로 제정되었다. 이후 기능성 양잠산업 육성 및 지원에 관한 법률 시행령이 대통령령 제21822호로 2009년 11월 28일자로 공포되어 오늘에 이르고 있다.

1. 제1차 기능성 양잠산업 육성계획 수립 및 추진 (2011~2015)

한편 법률이 제정된 2009년도에 처음으로 양잠농가 실태를 조사한 결과 양잠관련농가는 총 6,549호였으며, 오디를 포함한 양잠산물 총 생산액은 약 400억원으로 조사되었다. 누에 사육농가는 1,351호, 뽕밭은 663ha, 누에고치, 건조누에, 동충하초, 수나방 등 양잠산물은 약 90억원이며, 뽕잎, 잠분 등 기타 산물이 27억원이었다. 오디농가는 5,198호이며 오디뽕밭은 1,544ha로, 총 생산액은 281억원이었다. 전년대비 면적은 50%, 생산량은 5,613톤으로 73% 급증하였다.

또한 양잠과 관련된 단체 및 업체는 총 117개였으며, 그중 조합 및 법인이 32개, 누에 및 뽕나무 생산협회가 23개, 양잠산물의 가공 유통업체는 28개, 전통명주 생산업체나 농가는 34개 였다. 양잠규모 0.4ha 미만의 영세한 농가가 전체의 81.8%로 대부분을 차지하였으며, 1.2ha 이상의 대규모 농가는 167호로 3.2%를 차지하였다. 양잠농가 경영주의 평균

연령은 65세로 60세 이상농가가 84%를 차지하여 고령화가 심각한 것으로 조사되었다.

양잠경영의 가장 어려운 점으로 판매문제가 약 49.1%로 가장 높게 나타났으며, 오디농가는 무려 71.4%로 매우 높게 나타났다. 양잠산물의 가공유통은 주로 자체 가공해서 유통하는 농가가 86.2%로 조사되었다. 기능성 양잠산업 발전을 위한 건의사항은 가격안정이 가장 시급한 과제로 조사되었으며, 주로 계약재배를 통한 가격안정을 희망하였다.

기타 잠실개보수 지원, 가공시설 및 장비 지원, 홍보를 통한 판매촉진이 건의되었다. 오디는 무엇보다도 판로확보가 가장 시급한 것으로 나타났으며, 가공제품개발, 균형병 방제, 저온냉동시설 지원 등을 희망하는 것으로 조사되었다.

2009년도의 양잠농가 실태조사 결과를 바탕으로 2010년에 농림축산식품부에서는 양잠산업이 기능성 고부가가치 산업으로 재도약 할 수 있는 발판을 마련하고자 제1차 기능성 양잠산업 육성계획(2011~2015)을 수립하였다. 양잠을 농업분야 신 성장 동력산업으로 도약시킨다는 비전으로, 2015년까지 양잠산물 상품화는 14종에서 42종으로 확대하고, 생산액은 700억원에서 2,000억원으로, 호당소득은 600만원에서 1,200만원을 목표로 설정하였다. 중점추진과제로 고품질 생산기반 조성분야에서는 규격화되고 용도에 적합한 뽕나무 육성 및 보급, 묘목 유통관리 강화, 맞춤형 우량잠종의 원활한 생산 및 보급기능 강화, 사육시설 현대화 및 인공사료 공급확대를 추진하는 것으로 정하였다.

전문인력 양성 및 기술교육 강화에서는 대학 등에 양잠관련 전공과목을 개설하여 전문 양잠인력을 양성하고, 생산자 및 신규 참여농가에 대한 기술교육 확대 및 기능성 양잠 선도 농가를 발굴하고 육성을 추진하는 것으로 하였다. 기능성양잠산업 R&D 촉진은 누에, 뽕, 오디 등 가공제품 개발 활성화로 부가가치를 확대하고, 식·의약소재 산업으로 상품 개발을 확대하여 고부가가치 창출과 가공·유통 활성화 및 마케팅 지원을 세부사항으로 정하였다. 제도개선 및 체계 정비는 뽕나무 묘목의 생산 및 공급제도 개선, 뽕나무 재해 지원기준 마련, 잠업관련 행정, 연구조직, 단체 등의 기능을 보완·개편하여 산업화 촉진 유발 원인으로 활용하도록 세부목표를 정하였다. 이를 추진하기 위해 5년간('11~'15) 총 646억원이 투자되었는데, 국고 274억원, 지방비 248억원, 자부담 124억원이며 기관별로는 농림축산식품부 117억원, 지방자치단체 369억원, 농촌진흥청 160억원이었다.

이와 같이 제1차 기능성양잠 육성계획을 추진한 결과 오디 생산액은 2009년도 281억원에서 780억원으로 278% 급증하였고, 양잠산물도 109억원에서 147억원으로 35%나 증가하였다. 또한 2차 가공 제품 판매도 2009년 2,192억원에서 3,073억원으로 40% 증가하였다. 기능성 양잠산물 수출은 일본, 캐나다를 대상으로 시도한 결과 확대 가능성을 확인

하였다. 젊은 양잠인을 중심으로 양잠체험 및 가공 등 6차 산업화 도입으로 소득증대가 가능하였다. 이러한 성과에도 불구하고 대량 소비시장 창출 및 양잠산물 안정 공급을 위한 농가시설 현대화 및 유통구조 고도화가 시급한 것으로 분석 되었는데, 이는 양잠산업 규모가 적고, 기능성 및 의료용 소재시장 진입이 어렵고, 생산시설의 노후화 및 가공시설 부족 등으로 6차 산업화, 수출 확대에 어려움이 있었기 때문이었다.

2. 제2차 기능성양잠 육성계획 수립 및 추진(2016~2020)

2016년에 수립한 제2차 기능성양잠 육성계획(2016~2020)은 대량 소비시장 확대를 양잠산업 성장 가속화를 비전으로 정하였다. 2020년 목표는 양잠산물 시장규모를 14년의 4천억원에서 20년에는 6,000억원으로, 지역단위 6차산업화 단지조성은 2개소에서 6개소로 확대하고, 양잠산물 가공품 수출액은 2억원에서 100억원으로 목표로 정하였다. 중점추진과제로 양잠특화단지를 지역단위 6차산업화 단지로 전환하고 지역별 특색 있는 축제 및 체험 프로그램을 개발·지원하기로 하였다.



2019년 6월 잠상식의약 협의체토론

양잠산물 수출은 수출국 맞춤형 제품 발굴 및 시장 진출을 모색하고 이는 '양잠산물 수출협의회' 구성·운영을 통해 지원하기로 하였다.

국내 양잠산물 시장 확대는 '동결건조 누에분말' 산업화 애로사항을 해소하고 누에 '추출물 신약' 개발로 의약품 시장 진입을 추진하기로 하였다.

양잠산물 소비자 신뢰제고 및 유통·생산 고도화는 친환경·GAP 인증을 통한 양잠산물의 소비자 안심확산, 생산·가공기술 표준화 및 원산지표시, 국내 양잠산물의 우수성을 홍보하고 이미지를 제고하기로 하였다. 양잠산물 유통체계 고도화는 양잠 복합가공·유통센터 건립으로 양잠산물 유통 허브 기능을 강화하고, 양잠산물 유통·마케팅 활성화를 위한 '유통 전문조직' 설립을 지원하기로 하였다.

양잠산물 생산기반 조성은 잠실 등 노후화된 사육시설의 시설현대화, 누에씨 생산 시설 현대화, 뽕나무 묘목 생산 지원, 오디 수확노력 절감 및 오디 생산모델 개발·보급으로 하는 것으로 하였다.



미래 먹거리 발굴을 위한 연구개발은 6차 산업화, 제2차 기능성 양잠 육성 농축산식품부 회의(2015. 7)

수출 등 현장기반 연구를 강화하고, 융·복합 연구를 통한 신소재 개발로 양잠산물 용도 다양화를 지속적으로 추진한다는 계획이었다.

양잠산업 인프라 구축으로 신규·전문인력 등 인력 양성 체계 및 인프라 구축, 기능성 양잠 특화과정 및 e-러닝 개발 및 운영, '기능성 양잠 교육훈련센터' 설립·운영, 대한잠사회 역량강화를 위한 방안 마련, 양잠산업 통계 및 제도개선을 추진하기로 하였다. 이들 육성계획을 실질적으로 추진하기 위해 5년간('16~'20) 국고 276억원, 지방비 86억원, 자부담 51억원 등 총 413억원을 투자하기로 하였으며, 일부 사업은 6차 산업화 예산(지특회계), 지자체 자체 예산을 활용하는 것이었다. 그러나 이러한 노력에도 불구하고 양잠규모는 5년 전 양잠농가 수 6,378호에서 2019년 현재 3,451호로 45.9% 감소하였고, 뽕밭면적은 2,254ha에서 1,223ha로 45.7%, 총 소득액은 892억원에서 495억원으로 44.5% 등 큰 폭으로 감소하였다.

이러한 추세는 2014년을 정점으로 오디 생산이 큰 폭으로 감소한 것이 주요인이었다. 반면에 누에산물은 지난 5년 전 112억원에서 90억원으로 감소 폭이 낮은 것은 누에가루 생산량이 줄었음에도 불구하고 생누에의 판매량 증가, 양잠의 6차 산업화 도입과 2018년도에 새로운 양잠소득원으로 개발된 홍잠 및 면역누에 생산에 기인한 것으로 판단 된다.

2019년 현재 누에의 최대산지는 경북으로 전체농가 588호 대비 308호로 52.4%를 차지하고 있으며, 뽕밭은 192ha, 43.0%, 누에 소잠량은 5,828상자, 61.1% 차지하였다. 오디농가는 총 2,863호, 재배면적 878ha, 생산량 4,707톤, 소득 405억원 이었다. 그중 전북이 1,644호로 57.4%를 차지하고, 재배면적은 510ha, 58.1%, 생산량은 3,017톤, 64.1%로 조사되었다.

<기능성양잠 생산규모 추이(2007년부터 오디포함)>

	1976	1995	2000	2005	2007	2009	2014	2019
사육농가(호)	488,000	5,000	3,700	2,353	4,000	6,549	6,378	3,451
뽕밭면적(ha)	82,900	2,500	1,500	1,041	1,783	2,207	2,254	1,223
총 생산액(억원)	3,084	153	214	96	233	371	892	495
* 누에산물(억원)					131	90	112	90

[강석우]

제2장 기능성 양잠산물의 개발

제1절 혈당강하제 누에분말

1. 기능성양잠으로 전환 동기

우리나라의 양잠산업은 일본, 중국과 함께 아시아 3개국에 세계잠사업을 주도하여 왔지만 산업의 발달과 노동인건비의 상승을 이겨내지 못하고 1980년 말부터 서서히 사양화의 길로 접어들게 되었다. 1991년 당시 농촌진흥청 잠업시험장에서도 양잠산업의 앞날이 주요 화제였으며 위기의식이 팽배해있었다. 당시 육잠과장이던 이상풍 박사님이 누에를 비롯한 양잠산물을 이용한 약제개발을 제안해 왔으며, 고심 끝에 양잠의 앞날을 위해 도전하기로 결정하였다. 함께 할 공동연구자를 찾는 것이 급선무였다. 다행히 경희대 약대 정성현교수를 만나고 양잠산물 연구에 대한 제안을 받아들여 지면서 공동연구를 하게 되었다. 우선 연구대상 소재로 누에번데기, 누에고치, 뽕잎, 누에똥, 잠퇴지(누에산란대지), 누에오줌, 수나방이 등이었다. 적용 질환을 선정하는 요건으로 일단 질환자가 많아야하고, 민간요법 및 한약제로 가능해야 하고, 효과가 거의 의약품에 버금가야 하는 조건을 충족하는 대상 질환을 찾기가 쉽지 않았다. 다행히 함께 연구를 시작한 경희대 정성현교수는 당뇨병 관련 연구가 주 전공이라 당뇨병을 대상 질환으로 연구목표를 설정하였다. 다음으로 연구대상 소재로 무엇을 하는 것이 양잠산업 발전에 크게 도움이 될 것인가 하는 것이 매우 중요하였다. 물론 동의보감 등 고의서에는 뽕잎과 잠분(누에똥)이 소갈증에 좋다고 가장 많이 기록되어 있다. 하지만 뽕잎이나 잠분을 이용하여 양잠산업을 발전시키는 것에는 한계가 있을 수밖에 없다. 그러면 이러한 물질과 성분을 모두 갖고 있을 것으로 생각된 것이 바로 누에였다.

물론 누에는 동의보감 등 고의서에는 전혀 기록되어 있지 않았다. 그리고 누에는 식용으로 이용한 기록도 없는 것이 매우 큰 부담이 되었다. 그러함에도 불구하고 누에를 소갈증 즉 당뇨병에 적용할 수 있는 연구 진행을 결정하였다. 함께하는 연구원들도 너무 위험한 생각이라고 만류하였지만 과감하게 승부를 걸어보기로 하였다. 그 이유는 누에

고치에서 소득을 올릴 수 없다면 누에만으로도 소득을 올릴 수 있어야 양잠산업이 다시 일어날 수 있다고 생각되어서다.

당시 민간요법에서는 누에를 활용한 처방으로 누에를 찌거나 살짝 삶아서 건조한 것을 일부 민가에서 사용한다는 이야기는 오래전부터 전해져 내려오고 있었다. 누에를 솥에 넣어 찌거나, 삶아서 건조하게 되면 누에가 온통 새까맣게 산화되는 현상이 발생한다. 산화 현상은 누에의 혈액이 새까맣게 변해 버리는 것이다. 이렇게 되면 어떠한 기능성 유용물질이 있다 하더라도 원래의 효과를 얻을 수 없다. 그리고 이용하는 시기 역시 익어가는 주로 큰 누에였다.

일단 연구를 누에를 주제로 설정하고 누에의 성장단계 가운데 가장 큰 전환점으로 실샘이 본격적으로 형성되기 직전인 5령 3일 누에를 이용하기로 하였다. 누에의 5령 3일은 영양 생장에서 생식성장으로 크게 전환되는 시점이다. 이 시점부터 누에의 몸속에는 실샘이 자라면서 액상 실크가 실샘에 저장되기 시작한다. 실크단백질은 고차구조의 단백질로 우리 소화관 내에서 거의 분해를 할 수 없을 정도로 단단하여 이용에 있어서 한계가 있다. 따라서 5령 3일의 열풍건조누에를 먼저 시험을 한 결과 유의한 효과를 얻어내지 못했다. 처음부터 우려하였던 누에 혈액의 산화 방지처리가 걸림돌이었다. 누에 혈액을 시험할 때는 반드시 산화방지제를 처리해야만 제대로 된 결과를 얻을 수 있다. 이 산화방지제는 화학약품이기 때문에 식용으로 이용할 누에에 처리하게 되면 심각한 문제가 발생한다. 이의 처리방법을 고심하던 중 ‘급속동결 방법이 누에처리 과정에서 산화방지가 가능하지 않을까?’라는 아이디어가 떠오른 것이다.

그리하여 액체질소처리 급속동결로 산화 방지는 가능해졌지만, 다시 한번 다음 공정처리 문제가 대두되었다. 당시만 해도 동결건조처리가 보편화 되어 있지 않은 상황이어서 오랫동안 고민하다 모교의 실험실에 구비되어 있는 용량이 작은 동결건조기로 시도해 보았다. 실험 결과를 처음 확인하는 순간 누에의 상태가 살아있는 누에와 거의 같은 모양을 가지고 있었다. 완벽한 결과가 도출된 것이다. 이것은 동결건조 이후 누에 상태를 평상시 실온상태로 보관 가능하다는 장점도 함께 보여주는 것이다. 이러한 실험 결과를 경희대 약대에 시료로 보내 검토한 결과 기존의 방법보다 훨씬 높은 수치의 식후 혈당 강하효과를 얻게 되어 이러한 내용으로 특허를 출원하였고 1995년 3월 21일 언론을 통해 대대적인 보도가 발표되면서 기능성 양잠의 새로운 시대가 시작되었다. 모든 방송에서 저녁 9시대 정규방송 뉴스와 모든 일간지에 대대적으로 보도되어 누에가 없어서 못 팔 정도로 세인의 관심을 끌게 되었다.

2. 누에가루의 소비촉진 및 일본수출

당시 가장 걱정하였던 것이 바로 “인식의 전환”이다. 누에를 어느 나라 누구도 식용으로 활용된 경우가 없는 것이다. 누에를 먹는다는 거부감과 꺼끄러움으로 기피하게 되는데 과연 사람들이 먹을 수 있을까 등등 많은 걱정을 했다. 그러나 누에를 먹어본 당뇨 환자들은 뭔가 힘이 되고 혈당이 떨어진다는 느낌을 받고 난 이후에는 너나 할 것 없이 누에를 적극적으로 이용하기 시작했다. 이러한 현상을 경험하고 나자 확실한 효과는 모든 사소한 문제를 극복할 수 있다는 것을 터득하게 되었다. 그 이후부터 한동안 양잠의 지속성 여부로 고민에 빠져 있던 양잠농가에게는 큰 힘을 보태게 되었고 우리나라 양잠산업발전에도 새로운 돌파구를 마련하게 된 것이다.

그러나 한편에서는 누에가 인기리에 너무 잘 판매되다 보니 심지어 병든 누에까지 몰래 섞어 유통하는 현상이 나타났다. 혹시라도 누에를 먹고 사람이 죽었다거나 다른 질병 발생의 원인을 제공하는 경우가 발생하면 어떻게 할 것인가 매우 걱정되었다. 물론 누에의 몸속에는 뽕잎만 들어있고, 번데기도 오랫동안 먹어 왔기 때문에 문제는 없겠지만 혹시 죽을 때가 된 사람이 우연히 누에를 먹고 죽었다면 누에 때문이라고 문제를 제기할 수 있다는 생각도 해보았다.

더군다나 누에분말이 무허가 식품이라는 것이 문제가 되어 불법 식품임에도 불구하고 버젓이 유통되고 있다면서 법적 조치를 하겠다는 경고 전화를 받을 때마다 엄청난 스트레스였다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 안전성 독성시험 등 약 2.5억원의 연구비를 투입하여 얻은 결과를 ‘식품의약품안전청’에 제출하였지만 우리나라 뿐만 아니라 어느 나라에서도 누에를 식용으로 먹은 사례가 없어 인정할 수 없다고 했다. 그러던 중 일본의 (주)봄빅스약품에서 우리나라의 “혈당강하제 누에분말”관련 사업을 해보고 싶다는 제안을 해왔다. 처음에는 만류를 했지만 일본의 후생성에서 허가를 받아보겠다고 하여 우리 식약청에 제출하였던 자료를 모두 일본의 (주)봄빅스약품에 전달했다. 그것을 모두 일본어로 번역하여 일본 후생성에 제출한 결과 일본에서 처음으로 건강식품으로 인정받게 되었다. 그러한 결과를 바탕으로 우리도 동일한 내용을 식약청에 제출하여 ‘98년 7월 24일에 일반식품으로 비로소 인정을 받게 되었다. 일본에서 건강식품으로 인정받게 되자 본격적으로 건조누에를 일본에 수출하는 것이 가능하여 적극적으로 수출을 추



농림부 식품원료인정



다. 그리고 그 이후부터는 신청조건이 좀 더 엄격해지고 까다로워져 탈락하였고 세 번째인 2009년에 또 다시 도전하게 되었다. 임상시험 비용 등 꽤 많은 연구비를 투자하여 요구하는 모든 조건을 충족하도록 준비하고 신청서를 갖추어 제출하였다. 담당과장과의 면담에서 지금까지 약 15년동안 건조누에가 유통되어 안전성이나 기능성이 모두 입증된 것이냐고 거센 항의를 하였다. 그 결과 식품의약품안전청으로부터 2009년 7월 23일 승인을 통보받았다.

건강기능식품인정과 함께 추진해온 것이 바로 “기능성양잠육성지원법”의 제정이다. 1999년 잠업법이 폐지된 이래 양잠산업은 법적으로 아무런 보호도 받지 못하는 산업으로 전락되고 말았다. 양잠농가들이 법적으로 보호받을 수 있는 방법을 고민하던 끝에 대한잠사회와 함께 법안제정을 추진하기로 결정하였다. 과거 잠업법을 토대로 자료를 검토하여 기능성양잠육성지원법 초안을 작성하여 당시의 이용희 국회의원과 긴밀한 협의를 통해 국회농수산위원회에 입법 발의가 되었고 2009년 4월에 국회 본회의 투표결과 만장일치로 통과되어 법률 제9726호로 제정되었다. 기능성양잠법과 건강기능식품인정까지 모두 성공적인 결과를 얻었고, 양잠농가들에게 도움이 될 수 있는 일본서적의 번역본 “우리들은 당뇨병을 극복했다”라는 책을 집필하게 되었다.

그러나 해를 거듭할수록 건조누에의 판매도 부진하고 대일 수출도 단절되어 많은 어려움을 겪게 되었다. 이러한 문제는 건조누에의 생산원가 상승으로 가성비 면에서 경쟁에 크게 밀리고 있는 것이 주된 요인 이었다. 건조누에 개발 당시에는 kg당 5만원 정도였다. 그런데 시간이 흐르면서 kg당 10만원을 넘기게 되었고, 하물며 일본에서도 건조누에의 가격상승에 따라 수입에 어려움을 호소하고 수출 또한 크게 줄어들었다.

농촌 노동임금의 상승으로 인한 원가 상승의 문제를 해결할 수 있는 방안을 모색할 수밖에 없었다. 그에 대한 결론은 전문의약품으로 개발하는 것이라 생각을 하게 되었고 이에 따른 연구 과제를 수행하게 되었다. 이러한 과정이 원만하게 진행되면 양잠농가가 원하는 수매가로 매입을 하더라도 병원의 처방전으로 건강의료보험 적용을 받게 된다면 소비자에게는 적절한 가격으로 공급할 수 있어 경쟁력이 확보될 것이다. 이런 생각으로 전문의약품 개발과제를 착수하여 IND(임상시험허가)인정까지 받았다. IND를 받게 되면 보건복지부에서 신약개발 연구를 위한 연구비를 약 50억원까지 지원받을 수 있는 자격이 된다. 그러나 후속연구자가 없어 현재는 중단된 상태이다.

진할 수 있었다. 해외수출시장을 개척하지 못하면 내수시장 또한 소비가 일어날 수 없겠다는 생각으로 1998년 경남 산청에서 생산한 누에를 일본으로 수출하게 되었다. 그 이후 건조누에는 일본의 (주)봄빅스약품으로 매년 수출하게 되었다. 일본에서는 주로 “さらば糖尿病”, “私たちは糖尿病を克服した”, “糖尿病と蚕粉末”으로 홍보하고 필요에 따라 요청이 있는 경우에는 동경, 오사카, 후쿠오카에서 직접 특강을 하면서 일본에서의 건조누에 판매 활성화를 적극적으로 지원하기도 했다. 해외수출시장 개척은 내수시장 확대에 엄청난 탄력을 받고 또한 산업발전의 명분 확보에도 절대적으로 필요하다는 것을 직접 경험하게 되었다. 이와 더불어 내수시장 확장을 위한 방안으로 우수 양잠산물 품평회를 기획하게 되었다. 이것은 대학생들과 업체들의 독특하고 개성있으며 기발한 아이디어를 얻어 산업에 적용하는 반면 관계기관에서는 뛰어난 우수작품에 시상으로 보답하는 것으로 일거양득의 효과를 노린 것이다. 농림축산식품부, 농촌진흥청, 대한잠사회 3개 기관이 공동으로 개최한 이 행사는 매년 농식품부 장관을 비롯하여 각계각층의 많은 사람들이 참석하여 지대한 관심을 보였다. 행사를 개최하면서 동시에 양잠산물 학술 심포지엄도 겸하는 국제행사로 발전시켜 일본을 포함하여 각국에서도 잠사관계 학자를 비롯하여 많은 업체와 사람들이 참석하는 성과를 보였다.

3. 건강기능식품 인정과 전문의약품 개발에 도전

2004년 우리나라에 건강기능식품법이 시행되어 이를 인정받으면 효능을 표시할 수 있으며, 제형도 의약품 수준으로 고급형태의 제형으로 만들 수 있는 다양하고 유리한 점이 있었다. 식품의약품안전청에 건조누에를 건강기능성식품으로 인정받기 위한 신청을 추진하기로 하면서 신청주최를 누구로 할 것인가 하는 것이 매우 중요한 문제였다.

농촌진흥청은 국가기관이기 때문에 신청 자체가 불가능하여 대한잠사회와 제약회사 중에 결정할 수 밖에 없었다. 하지만 제약회사로 결정하게 되면 어떠한 특혜나 권리사용에 대한 시비 등 많은 의혹에 휘말릴 여지가 많아 결국 (사)대한잠사회를 신청업체로 결정하게 되었다.

첫 번째 도전은 2005년, 완벽한 서류로 신청하였지만 별다른 이유 없이 탈락하게 되었다. 당시에는 당뇨병 전문의약품 생산 업체의 저항이 매우 심하여 억울하게 탈락한 것이



동결건조누에 분말-식약청인증서

4. 금후 누에관련 연구개발 및 산업화 방향

<건강기능식품과 전문의약품 개발 분야>

모든 제품은 업그레이드와 리모델링을 하지 않으면 제품의 수명은 연장될 수가 없다. 누에관련 제품 역시 무허가식품에서 일반식품으로, 기능성식품으로, 전문의약품으로 가지 않으면 조만간에 그 수명을 다하게 될 것으로 예상된다. 건강기능식품 인정은 2009년 8월에 받았지만 중간에 식약청에서 수정보완을 요구하여 다시 보완하여 2019에 다시 승인을 받은 상태이다. 2020년 내에 국내에서 동결건조누에의 건강기능식품인정 제품이 출시될 예정이다. 이와 더불어 대일 수출시장 개척을 위한 일본의 기능성표시제 식품인정을 추진해야 할 필요가 있다. 몇 가지 문제만 해결된다면 일본에서 기능성표시제 식품으로 인정을 받을 수 있다고 본다. 이렇게 된다면 대일 수출시장이 재차 다시 열리게 되고 일본이외 구미와 유럽으로의 수출도 가능할 것이다. 이를 위하여 2019년 aT센터와 MOU를 체결하고 농림축산식품부와 협력하여 적극적으로 추진하고 있다. 그리고 장기적 안목에서 반드시 누에를 당뇨관련 전문의약품으로 개발해야 할 필요가 있다. 이에 대한 추진 전략은 (사)대한잠사회가 유통센터와 부설연구소를 설립하고 전문의약품 개발자금을 확보해야 만이 관련 제약회사와 협력하여 추진해 나아갈 수 있는 일이다. 그 래야만 우리 양잠농가가 유통판매에 대한 걱정 없이 안정적인 누에생산에 전념할 수 있는 환경이 조성되는 것이다.

<수 누에를 이용한 고급제품개발>

이어서 개발한 것이 5령 3일 수 누에를 이용한 여성호르몬 증강제이다. 이는 누에그라가 시판되면서 많은 여성들이 먹어보고 효과가 좋다는 이야기를 자주 듣고 시작한 연구이다. 동물시험결과 나방이 직전의 수 번데기가 5령 3일 수 누에보다 약간 높은 여성호르몬 증가 효과를 보였지만 투입노동력과 수매가 등을 고려해 보면 5령 3일 수 누에가 훨씬 유리하다. 수 누에는 여성호르몬 증가효과 뿐만 아니라 혈당강하물질인 1-DNJ의 축적량도 암 누에보다 많아 수 누에는 숨은 잠재력이 매우 큰 소재로 여겨진다.

Yin et al. 2006 // J. Zhilina Univ.-Sci & Biomed & Biotechnol/ 2010 1114/286-291

Table 6 Variation of DNJ contents between the female and male larvae

Moth species	DNJ content in mulberry leaf powder (%)	DNJ content in larval powder (%)	
		Female	Male
Nongong 14	0.121±0.025	0.370±0.007	0.401±0.018
Dajuan	0.116±0.019	0.286±0.052	0.341±0.036
Huang 12	0.107±0.008	0.257±0.040	0.310±0.026

*Silkworm variety: Chinese/ Chinese. The larvae of 5th day in 5th instar were tested.

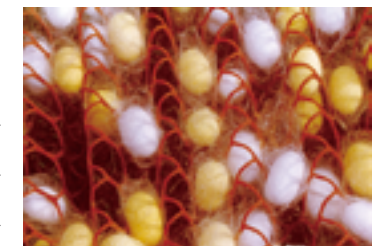
이다. 동물시험결과 나방이 직전의 수 번데기가 5령 3일 수 누에보다 약간 높은 여성호르몬 증가 효과를 보였지만 투입노동력과 수매가 등

수 누에는 여성호르몬 증가뿐만 아니라 2010년 중국에서 Yin 등이 암수누에, 품종별, 성장단계별, 누에의 기관별 등 아주 상세하게 1-DNJ의 축적량을 보고하였다. 이 논문에서 수 누에가 암 누에보다 세 품종 모두 축적량이 높았다. 그리고 더 중요한 것은 1령부터 매일매일 비교한 결과 5령 3일이 가장 높은 33.8% 였다. 이를 이용한 수 누에만을 엄선한 고급제품 개발이 필요하다. 이를 하나하나 동물시험부터 임상시험까지 수행하여 건강기능식품으로 인정받아 효능을 표기한 고급제품으로 생산해야 할 것이다. 이와 더불어 여성호르몬도 증가된다면 여성갱년기 극복에도 큰 도움을 줄 것이다. 이를 바탕으로 누에와 오디를 혼합하여 용·복합형 신제품 양잠산물의 개발도 연구할 가치가 충분하다.

제2절 누에그라의 개발

1. 한성누에품종 육성으로 누에그라 개발

농촌진흥청 잠업시험장에서 우연히 먹어본 수나방이의 맛과 원잠아에 대한 기억이 인연이 되어 개발된 것이 누에그라이다. 당시 연구에 있어서 가장 시급한 문제는 수 나방이를 손쉽게 수급 할 수 있는 방법이였다. 누에고치 속에서 번데기가 나방이 되어 고치를 뚫고 나오자마자 암수나방이는 짝짓기를 바로 하기 때문에 분리해두지 않으면 교미하지 않은 수 나방이를 얻을 방법이 없다. 그래서 생각한 것이 누에고치 상태에서 색상만으로 암·수의 구별이 가능한 한성누에품종을 육성하는 것이라 생각하여 1998년 한성황건 누에품종 “황원잠”육성에 성공하였다. 이 품종은 일반품종은 암수 모두 흰 고치를 짓지만 황원잠은 암 누에는 황색고치를 수 누에는 흰색고치를 짓기 때문에 흰색고치만을 선별하면 교미하기 전 수 나방이를 쉽게 얻을 수 있으나 암 나방이는 버려야 하는 단점이 있었다. 5령 3일의 동결건조누에 때문에 살아있는 누에 상태만으로도 암수 감별이 되어야 한다는 생각을 하고 “양원잠”을 육성하게 되었다. 일반품종은 암수모두 눈 무늬가 있지만 “양원잠”은 암 누에는 눈 무늬가 있고, 수 누에는 눈 무늬가 없게 육성한 품종이다. 이제는 원잠아를 손쉽게 구분할 수 있게 되어



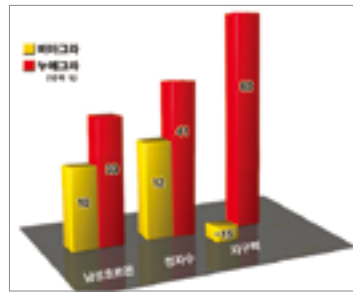
암·수 구별이 가능한 한성황건 누에고치

개발이 효율적으로 진행될 수 있는 환경이 조성되어 본격적인 연구에 착수하였다.

원잠아의 기능성연구의 공동연구자로 당시 부경대학의 최진호 교수가 함께 진행하기로 하였다. 비아그라와 음양곽 등을 양성 대조로 설정하고 시험을 수행하였다. 그 결과 남성호르몬과 정자수가 크게 늘어났다. 지구력 테스트 대상 실험동물에게 강제수영 운동을 진행한 결과 다른 처리 비교 실험동물보다 월등히 긴 시간을 수영하였다.

2. 수 나방이의 일반식품 인정 불가 문제 해결

지구력 등에서 아주 좋은 결과를 얻어 자신 있게 수 나방이를 들고 당시 식품의약품안전청을 방문하였다. 원잠아(수 나방이)를 일반식품으로 인정해 달라고 한 것이다. 그런데 식품의약품안전청에서는 나방이는 식품공전에도 나방이는 절대 식품의 원료로 사용할 수 없다고 명시되어 있어 불가하다는 것이었다. 1년 이상을 고민한 결과 우연히 속옷을 갈아입으면서 누에고치속 번데기가 나방이 되기 위해 허물을 벗는다는 아이디어가 떠올랐다. 나방이로 허물벗기전의 번데기를 이용하면 가능한 것이다. 번데기는 이미 식용으로 인정되어 있어 통조림 등으로 많이 이용되고 있기 때문에 전혀 문제가 되지 않는다는 것이다. 지금까지 수 나방이로 시험한 것이 나방이 직전의 수 번데기와 큰 차이가 없다는 것을 긴급하게 시험한 결과 거의 같은 성적을 확인하게 되었다.



이러한 결과를 바탕으로 2001년 3월에 특허를 출원하고 5월에 근화제약과 기술이전 계약을 체결하게 되었다. 근화제약은 신제품 브랜드의 이름을 ‘누에그라’라고 명명하였다. ‘누에그라’ 출시를 앞두고 연구개발에 참여한 사람들에게 시제품의 평가를 부탁하였다. 체크포인트를 무엇으로 할 것인가도 쉽지 않았다. 결국 새벽 발기 관련 지속시간, 강직도, 회수, 성욕, 사정량을 중심으로 복용 3일, 5일, 7일, 10일 체크하는 것으로 하고 간이 임상평가를 해본 결과 3일 동안에는 별다른 반응이 없었고 5일째 되는 날부터 서서히 개선된 느낌이 오면서 7일, 10일차에 이르러 거의 완성도가 높다는 결과에 대한 확신을 갖게 되었다. 만족스럽다는 평가가 70%이상으로 나타난 것이다.

2001년 9월 4일에 근화제약은 ‘누에그라’ 제품출시 기념식을 서울 프라자호텔에서 성황리에 진행하고 시장진입을 선포하였다.

3. 누에그라 제품 출시와 높은 원가부담으로 생산중단

모든 언론 매체의 엄청난 관심을 받으면서 한국에서 누에그라가 탄생하였다. 남자뿐만 아니라 여자들로 부터도 많은 관심과 전화를 받았다. 여자에게도 효과가 있다는 말을 남편으로부터 전해 듣기도 했고, 직접 전하는 사람도 있었다. 더구나 70~80세의 어르신들이 직접 체험하고 비교 테스트까지 한 결과를 상세하게 설명해 주기도 하였다.

출시 초기에는 원료 나방이 직전의 수 번데기를 염색하여 아주 좋은 평을 받았다. 특히 기자와 방송국 PD들이 아주 평판이 좋다고들 전해왔다. 어떤 사람은 누에그라 먹고 애기가 생겨서 좋다고 전화를 해오기도 했는데 이는 정자수가 약 40% 늘어나는 효과로 인한 결과라 생각한다.

동결건조누에에 이어 누에그라도 건강기능식품으로 인정받기 위해 농촌진흥청에서 2010년에 임상시험까지 모두 마치고 식품의약품안전청에 건강기능식품인정을 신청했지만 ‘성기능 개선관련 건강기능식품은 어느 것도 인정하지 않는다’는 식품의약품안전청의 기본방침에 그대로 포기할 수 밖에 없는 상황이었다. 문제는 시간이 갈수록 자꾸만 효과가 처음만큼 아니라는 불만이 속속 나오기 시작했다. 물론 생산농가에서는 농촌의 임금 상승으로 인한 수매가 인상요구가 있었고, 제조사는 고가의 원가 부담을 문제로 함량을 조금씩 줄이면서 효과가 예전만 못하다는 결과를 가져온 것이다. 근화제약도 야심차게 누에그라 사업을 추진해 왔지만 수 번데기 원료의 품질관리와 가격문제 등으로 한계를 실감하고 사업을 포기하게 되었다. 일반 건강식품회사에서도 원가 부담율이 높아지면서 누에그라 사업은 점점 줄어들었다. 어렵게 개발한 원잠아의 누에그라 사업은 기대만큼 양잠산업 발전에 큰 도움이 되지 못했다.

이렇게 고심하고 있는 가운데 누에그라 출시 당시 여성들에게서 나온 효과를 검정해 보고 싶었다. 성기능 개선의 메카니즘은 남성이나 여성이나 큰 차이가 없다고 한다. 그래서 여성호르몬(Estrogen)의 증가효과를 검정해 본 결과 나방이 직전의 수 번데기 (73pg/ml)가 가장 높았고 그 다음으로 5령 3일 수 누에(71pg/ml)가 근소하게 낮은 차이의 효과를 보였다.

물론 동물시험이지만 아주 재미있는 결과였다. 누에그라의 원료인 나방이 직전의 수 번데기 생산을 위해서는 5령 3일보다 약 25일을 더 키워야 한다. 5령 3일이 지나면 누에 병이 크게 발현되기 때문에 위험부담이 크게 높아진다. 그리고 사육노동력 또한 엄청나다. 뽕잎수확, 급상 그리고 상죽까지 진행되어야 하고 누에고치 절건도 해야 하기 때문에 당

연히 수매가가 높아질 수밖에 없는 환경이다. 이제는 나방이 직전의 수 번데기보다 5령 3일 수 누에로 대체하는 방안이 요구되는 시점이다.

4. 금후 수 누에관련 연구개발 및 산업화 방향

<여성갱년기 극복에 도움을 주는 수 누에>

앞으로 수 번데기에서 수 누에 관련 연구로 방향을 전환하고 동시에 남성의 성기능 개선에서 여성호르몬 및 남성호르몬 증가로 갱년기 극복에 도움을 주는 기능성식품으로 연구개발해야 할 필요가 있다.

여성들에게는 폐경이후 급격하게 감소하는 여성호르몬을 보완할 수 있으면 갱년기 극복에 크게 도움이 될뿐더러 또 나이가 들어감에 따라 높아가는 혈당 상승을 막아주어 혈액순환에도 크게 도움이 될 것으로 예측된다.

<남성호르몬 증가로 근육형성에 도움을 주는 수 누에>

누에그라 개발당시 남성호르몬이 대조 대비 32.8% 증가하는 것으로 나왔다.

남성호르몬의 역할은 남자, 여자 모두에게 매우 중요하다. 남성호르몬은 30세를 기준으로 매년 1%씩 감소한다고 한다. 그래서 20대의 청년들은 아무리 밤늦게 야식을 먹고 자도 배가 잘 나오지 않지만 나이가 든 사람들은 남성호르몬이 크게 감소하여 잉여 칼로리를 근육으로 만들지 못하고 그냥 체지방을 만들고 만다. 그래서 결혼하고 나면 배가 나오게 되는 것도 바로 남성호르몬의 부족이 원인이다.

물론 여성들에게도 남성호르몬이 절대적으로 필요하다. 남성호르몬이 부족하게 되면 당뇨병, 고지혈증, 고혈압, 비만증, 배뇨장애, 발기부전 등 다양한 증상이 나타난다. 그래서 5령 3일 수 누에를 생산하여 남성, 여성호르몬 증가를 중심으로 식후혈당 상승억제, 남성호르몬의 증가로 근육형성 촉진과 남녀 모두 갱년기 극복에 도움을 주는 소재로 연구 개발되어야 할 것이다.

[류강선]

제3절 면역증진 누에동충하초

1. 누에동충하초 개발 배경

동충하초(冬蟲夏草)란 겨울에는 벌레상태로 있다가 여름에는 버섯이 되기 때문에 붙여진 이름으로서 곤충을 기주로 하여 발생하는 버섯을 말한다. 중국에서는 예로부터 동충하초(Cordyceps sinensis)가 불로장생, 강장, 강정의 비약으로 알려져 3,000년 전부터 이용되었다고 전해지고 있는데 문헌상으로는 증류본초와 본초비요를 비롯한 중의학 문헌에 보폐보신(補肺補腎), 지혈화담(止血化痰), 비정익기(秘精益氣) 등의 효능이 있으며 맛은 달(甘)고 따뜻(溫)하며 향(香)이 있는 것으로 기록되어 있다. 동충하초가 관심을 끌고 있는 주요인은 특유의 약리효능으로서 중국에서는 불로장생의 비약으로 알려져 있지만, 인공 재배가 되지 않아 티베트나 히말라야 산악지대에서 자생하는 자연산 동충하초를 주로 사용하기 때문에 채취량이 적은 관계로 널리 사용되지 못하기 때문이다.

이와같이 비싸고 희귀한 동충하초를 인위적으로 대량생산하기 위해 농촌진흥청에서는 누에를 기주로 동충하초 생산연구에 착수하였다. 누에가 식품원료로 사용되고 있는 대표적인 산업곤충이라는 점과 동충하초가 곤충에서 발생하는 약용버섯이라는 점에 착안하여 눈꽃동충하초 등 5종의 동충하초 재배기술을 개발하게 되었다.

누에동충하초란 이와 같이 개발한 여러 종의 동충하초 중 하나인 눈꽃동충하초(P. tenuipes)의 품종명으로서 국내 야산에서 채취한 눈꽃동충하초의 균주를 살아있는 누에에 접종하여 대량으로 생산하는 기술을 개발하여 1998년 종자산업법에 의하여 품종명칭을 누에동충하초로 등록하고 식품위생법에 의하여 식품원료로 사용승인을 받아 농가에 보급하고 있다.

누에동충하초에 감염된 번데기는 단면의 형태가 살아있을



중국동충하초(박쥐나방 유충 기주)



누에동충하초

때의 고유형태인 타원형으로서 중심부

에 1~3mm의 구멍이 있고, 색상은 껍질을 모두 벗긴 땅콩 알갱이의 색으로 옅은 노란색을 띤 갈색을 띠고 있다. 또한, 자실체는 겨울나무 가지에 눈꽃이 내린 것 같이 흰색의 분생포자가 만개한 형태이며, 자루의 색상은 계란의 노른자와 비슷한 크림색이다. 자실

체의 길이는 평균 3cm정도이고 직경은 0.8mm정도로서 기주번데기 1개당 평균 80개가 발생하며 동충하초 전체무게(기주 번데기와 자실체 무게를 합친무게)대비 자실체가 차지하는 무게의 비율은 평균 40% 정도가 된다.

2. 누에동충하초 재배기술



<누에동충하초 재배과정>

누에동충하초 재배는 종균 접종으로부터 시작되며 종균은 5령 기잠 때 접종하는 것이 가장 이상적이다. 접종이 끝난 다음부터는 누에사육에 적합한 표준 온·습도에 따라 환기를 잘 시켜주고 충분한 양의 뽕을 급상하며 사육하면 된다. 이렇게 종균을 접종 후 누에 유충기에 는 감염증세가 나타나지 않고 고치를 짓게 되고 번데기로 용화한 다음이 되어서야 감염증세가 나타난다.

상죽 후 7~8일경에 고치를 수건하여 9~10일경이 되었을 때 누에고치를 잘라 누에동충하초에 감염돼 경화된 번데기를 수거하여 약 15일가량 재배하면 버섯의 크기가 3cm 정도로 자라는데 이때가 수확시기로서 기주번데기와 자실체가 분리되지 않도록 함께 수확한다.

3. 동충하초의 건강기능 효과

가. 중국 동충하초(C. sinensis)

중국 동충하초의 주요 건강기능 효과로는 체액면역과 세포면역을 증강시켜 신체내 식세포 증식에 영향을 주고 식균 작용을 활성화시키는 효과가 있으며, 진정, 항경련, 혈압강하, 거담, 기관지 확장 등 심혈관과 호흡기계통에 우수한 약리적 효과를 나타낸다. 그리고, 신체대사에 영향을 주어 혈중 콜레스테롤 함량을 감소시키고, 근육세포에서 ATP 생성을 촉진시켜 피로에 대한 저항력을 길러주며, 간 기능을 강화시키는 등 여러 가지의 약리적 효능이 있는 것으로 보고되고 있다.

나. 누에동충하초(P. tenuipes)

누에동충하초의 건강기능효과를 농촌진흥청 대형공동연구과제에 의하여 서울대학교 천연물과학연구소 및 경희대학교 한의과대학에서 동물시험과 인체시험을 실시한 결과 다음과 같이 나타났다.

첫째, 인체의 항상성유지와 질병예방을 통한 건강한 삶의 유지를 위해서는 면역력이 가장 기초가 되는 것으로 실험용 흰쥐에 누에동충하초를 투여하여 면역력 증강 효과를 검색한 결과 대조약물인 Zymosan과 비슷하거나 우수한 활성을 나타냄을 확인하였는바 누에동충하초를 섭취하면 인체의 면역력을 증강시켜 감기나 각종 전염병에 대한 저항력이 강화됨으로서 건강하고 활력있는 삶을 살 수 있을 것으로 기대되었다.

둘째, 누에동충하초의 노화억제효과를 증명하기 위해 생체세포 노화의 지표가 되는 과산화지질의 억제효과와 활성산소 소거효과를 세포시험을 통하여 조사한 결과 우수한 활성산소 소거효과와 지질과산화 억제효과가 확인되었다.

셋째, 실험용 흰쥐에 스트레스를 유발시키면서 누에동충하초를 지속적으로 투여한 다음 흰쥐의 부신, 흉선, 비장 및 갑상선을 적출하여 중량을 측정한 결과 스트레스로 인하여 변형된 부신, 흉선, 갑상선 및 비장의 중량이 원상으로 회복되는 것을 확인한 바 이로부터 누에동충하초를 섭취하면 스트레스에 대한 저항력이 길러진다는 것을 알 수 있었다.

넷째, 누에동충하초의 간 보호 효과를 확인하기 위하여 실험용 흰쥐를 이용하여 혈청 GOT 및 GPT활성에 미치는 효과를 검토한 결과 유의성 있는 GOT 및 GPT의 활성감소 효과를 보였다. 또한, 인체시험결과에서는 간장의 기능이 정상인 사람이 섭취하였을 경우에는 혈중 GOT, GPT, γ -GTP, Total bilirubin 및 Cholesterol 등의 수치가 정상범위 내에서 변화가 없으면서도, 이들 수치가 정상범위를 벗어난 사람들의 경우에는 누에동충하초를 섭취한 다음 GOT, GPT, γ -GTP, Total bilirubin 및 Cholesterol 등의 수치가 섭취기간이 길어짐에 따라 정상범위로 회복되는 것을 관찰되었다.

다섯째, 실험용 흰쥐에 누에동충하초를 투여한 다음 흰쥐 꼬리에 무거운 물체를 부착시켜 강제수영을 시킨 결과 토코페롤 투여 군과 비슷하거나 우수하게 수영시간이 연장되었다. 인체시험에서는 과도한 운동 시 근육 내에 쌓임으로서 피로를 느끼게 하는 물질인 젖산이 1개월간 섭취한 다음에는 섭취 전에 비하여 30~40%가량 빨리 분해되는 강력한 피로회복효과를 확인하였으며, 운동선수들이 섭취할 경우 도핑테스트에서 문제가 될 수 있는 흥분제, 마약성진통제, 베타-차단제, 이노제, 스테로이드 및 펩타이드 호르몬 등의 IOC금지 약물이 전혀 검출되지 않아 운동선수들의 경우에도 안심하고 섭취하며 운동능력을 배양하는데 기여할 것으로 기대되었다.

여섯째, 누에동충하초의 항암효과를 알아보기 위하여 암세포를 실험용 흰쥐에 투여하여 암을 유발시킨 다음 누에동충하초를 투여하고 생존일수를 측정한 결과 Sarcoma-180 복수암을 유발시킨 흰쥐의 경우 203%가량 수명이 연장되었으며 L1210 암균주의 경우에는 114%의 수명연장효과를 나타냈다.

또한, 고형암 증식 억제효과를 관찰하기 위하여 Sarcoma-180 복수암 세포를 이용하여 고형암을 유발시킨 후 누에동충하초를 투여하고 생성된 고형암괴를 적출하여 그 양을 측정된 결과 평균 59%의 고형암 억제효과를 확인하였다. 그러나 이와 같은 결과는 동물에 대한 실험결과로서 누에동충하초를 섭취하면 암이 치료되는 것으로 오인하지 말아야 하며, 암치료시 보조식품으로 활용한다거나, 암에 걸리기 전에 면역력을 증강시키고 활성산소를 제거함으로써 암을 예방하기 위한 보조식품으로 섭취하는 것이 효과적이라고 사료된다.

<누에동충하초의 간 보호효과 인체시험 결과>

구분	GOT		GPT		γ-GTP		Bilirubin,total					
	섭취전	섭취후		섭취전	섭취후		섭취전	섭취후				
		1월	2월		1월	2월		1월	2월			
남	71	52	50	65	48	41	147	112	100	1.9	1.2	1.2
여	60	45	45	56	45	43	74	67	60	1.7	1.0	1.0

※ 1일 섭취량 : 0.5g/일

<누에동충하초의 피로회복효과 인체시험 결과>

구분	안정시		운동직후		회복기 5분		회복기 10분		회복기 15분	
	섭취전	섭취후	섭취전	섭취후	섭취전	섭취후	섭취전	섭취후	섭취전	섭취후
젖산농도 (mmol/L)	0.99	0.87	6.63	5.51	7.72	4.81	6.71	4.45	5.65	3.99
젖산감소율(%)	-12.1		-16.9		-37.6		-33.7		-29.4	

※ 섭취기간 : 1개월(1일 3g 투여)

다. 동충하초별 건강기능 효과 및 성분 비교

농촌진흥청에서 누에를 이용한 동충하초 재배기술을 개발하여 농가에 보급한 이후 국민들 사이에서는 중국 동충하초(C. sinensis)만이 진품인 것으로 오인하는 사람들이 많고, 살아있는 누에를 이용하여 생산한 눈꽃동충하초(품종명 : 누에동충하초, 학명 : P. tenuipes)와 중국산 죽은 번데기를 이용하여 생산한 눈꽃동충하초(P. tenuipes)와 차이에 대한 질의로 이에 대한 과학적인 규명이 요청되어 서울대학교 천연물과학연구소에서 동충하초별 건강기능효과와 성분을 비교 시험한 결과 아래와 같이 나타났다.

첫째, 누에동충하초와 중국 동충하초와의 건강기능효과 비교결과 면역력증강, 스트레스억제, 피로회복, 간보호 및 항암효과는 비슷한 효능을 보였으나, 노화억제효과면에서는 누에동충하초가 중국 동충하초에 비하여 활성산소 소거효과가 4.5배, 지질과산화 억제효과는 2배가 우수한 것으로 나타나 누에동충하초가 중국 동충하초의 효능과 비교하여 전혀 손색이 없는 것으로 나타났다.

둘째, 누에동충하초와 중국산 사물(死物)번데기를 배지원료로 이용하여 재배한 유사누에동충하초와 약리효능 비교결과에서는 간 보호효과, 항암효과, 피로회복효과 면에서는 비슷한 효능을 보였으나, 유사누에동충하초는 면역력증강효과가 미약하고, 스트레스억제효과는 없으며, 노화억제효과도 누에동충하초에 비하여 1/3~1/4 약하게 나타났다.

셋째, 성분에 대한 비교시험 결과 누에동충하초와 중국 동충하초에서는 Ergosterol, D-mannitol, Adenosine, Guanosine, Uridine 등의 저분자 물질과 핵산성분이 모두 검출됐으나, 유사누에동충하초에서는 주요 핵산물질이 검출되지 않았다.

<동충하초별 건강기능성 비교결과>

구분	면역력 증강효과	항산화효과		스트레스 억제효과		피로회복 효과	간 보호 효과	항암 효과
		활성산소 소거효과 (IC50)	지질과산화 억제효과 (IC50)	장기무게 회복율				
	면역활성 증가율 (무투여구 대비)		갑상선	부신	수영시간 연장	GOT 활성 감소	수명 연장	
누에동충하초	1.8배	163 μg/ml	56μg/ml	66%	21%	200%	44%	57%
중국 동충하초	1.9	731	106	41	59	187	42	51
유사 누에동충하초	1.1	640	161	64	-191	187	39	51

이와 같은 결과는 현재 한약(생약)규격집에 수재된 중국 동충하초와 비교하더라도 누에동충하초가 효능면에서 전혀 손색이 없으며, 또한 시중에 널리 유통되고 있는 중국에서 수입된 죽은 번데기를 이용하여 생산한 유사 누에동충하초의 경우 어느 정도의 효과

< 동충하초 함유 주요 생리활성물질 비교결과 >

물질명	성분함량		
	누에동충하초	중국 동충하초	유사 누에동충하초
Ergosterol (%)	1.7	1.0	1.1
D-mannitol(%)	8.9	8.3	5.2
Nucleoside (mg/g)	Adenosine	0.2	0.7
	Guanosine	< 0.1	0.1
	Uridine	0.2	0.9

는 인정되지만 살아있는 누에를 이용하여 생산한 누에동충하초와 비교할 경우에는 그 기능성에서 차이가 있다는 것이 분명하였다.

제4절 다양한 효능의 홍잠

1. 홍잠(弘蠶)의 개발 배경

양잠농가의 소득을 증대시키고 우리나라의 전통산업인 양잠산업의 산업기반 확대를 위해서는 기존의 누에관련 산물인 5령 3일 건조누에, 수번데기 및 누에동충하초 외에 새로운 형태의 고부가가치를 가지는 양잠산물의 생산기술 개발과 보급이 필요한 상황으로 농촌진흥청에서는 그동안 딱딱한 견사선으로 인해 섭취할 수 없었던 숙잠을 섭취할 수 있는 가공기술을 개발하여 건강기능효과를 구명하게 되었다.

누에는 알에서 부화한 후 23~25일 정도가 지나면 몸속에 단백질 성분의 견사선(이하 '견사단백질')으로 가득차서 실크의 원료인 누에고치를 짓는 특성이 있다. 숙잠이란 이와 같이 고치를 짓기 직전의 견사단백질이 가득 찬 상태의 누에를 말하며, 몸속에 견사단백질이 가득 차서 맑고 투명하게 보이며, 우리나라 말로는 '익은 누에'라고도 한다.

숙잠의 몸속에 들어있는 견사선은 최고의 단백질 영양원으로 각종 아미노산이 풍부한 최고의 식품원료이지만, 숙잠을 냉동하거나 건조하면 몸속에 들어있는 견사선이 매우 단단하게 변해 섭취가 불가능한 특성이 있다. 이를 해결하기 위하여 살아있는 상태의 숙잠을 수증기로 찌서 익힌 다음 동결 건조한 숙잠을 '익힌숙잠'이라고 하며, 각종 아미노산과 오메가3 지방산, 비타민, 무기성분, 폴리페놀, 플라보노이드 등 다양한 영양성분과 기능성분을 함유하고 있다.

농촌진흥청에서는 세계최초로 '익힌숙잠' 생산기술을 개발하여 언론에 보도하였지만, '익힌숙잠'이라는 이름이 생소하다는 판단에 따라 소비자들이 기억하기 쉽고 부르기 쉬운 새 이름을 작명할 필요성이 있었다. 이에 농촌진흥청에서는 대국민 공모에 의하여 '익힌숙잠'의 새 이름을 '홍잠(弘蠶)'이라고 명명하였는데, '넓고 다양한 건강기능효과로 인간을 이롭게 하는 누에'라는 의미를 담고 있다.

2. 홍잠 생산기술

냉동된 숙잠이나 건조된 숙잠의 경우에는 수증기로 찌서 익히더라도 체내의 견사선이 굳은 상태로 유지돼 섭취할 수 없고, 살아있는 상태의 숙잠만을 찌서 익혀야 한다. 하지만, 살아있는 상태의 숙잠이라고 하여 아무렇게나 찌서 익혀서는 섭취할 수 없고 수증기의 온도와 찌는 시간에 유의하면서 찌야한다. 즉, 찌서 익히는 시간이 경과됨에 따라 1단계에서는 견사선이 덜익은 상태로 있기 때문에 찢 후에 건조하면 딱딱해지고, 2단계에서는 견사선이 익어 연화돼 섭취할 수 있으며, 3단계에서는 찌는 상태에서 경화되고, 4단계에서는 경화되었던 견사선이 다시 연화되는 변성과정을 거치게 된다.

홍잠의 판매를 위해서는 소비자들의 신뢰확보를 위한 품질관리가 중요하다. 좋은 품질의 홍잠은 누에 몸속에 잠분이 없고, 토사된 실이 없으며, 누에체내에 굳어진 견사선이 없어야 하고, 쇳가루 등의 금속성분과 이물질이 없어야 하며, 지방산이 산패되지 않도록 모든 생산 및 보관과정에서 세심한 관리가 필요하다.

홍잠 생산과정



3. 홍잠의 건강 기능효과

가. 알츠하이머 치매 예방효과

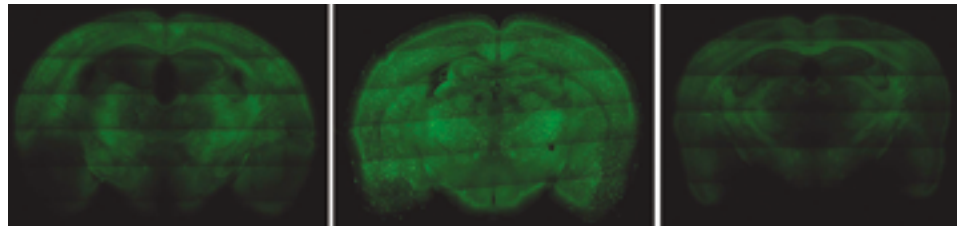
치매는 퇴행성 뇌질환 또는 뇌혈관계 질환으로 인해 기억력, 언어능력, 판단력, 집중력, 수행능력 등이 저하돼 일상생활에 지장을 초래하는 후천적인 다발성 장애를 말하는데,

원인별로 알츠하이머 치매, 혈관성 치매, 전두·측두엽성 치매, 루이소체 치매(파킨슨병 치매) 등 다양하다.

우리나라에서는 알츠하이머 치매 환자가 70% 이상을 차지하고 있는데, 알츠하이머 치매는 사람이 나이를 먹어 고령화가 진행됨에 따라 뇌의 신경연접(시냅스)이 감소되고, 뇌 신경세포에 베타-아밀로이드 단백질이 축적되면서 발병한다. 주요 증상은 단기 기억력과 공간기억력, 사회성 및 자세조절능력이 감소하고, 공격적인 성격으로 변화되며, 나아가서는 기대수명과 건강수명도 감소하는데, 효과적인 예방 또는 치료 방법과 물질이 거의 없는 실정이다. 치매는 환자 본인보다도 가족과 사회 구성원들이 함께 짊어지고 가야 하는 사회적인 질병으로, 치매환자의 주 조호자의 경우 하루 평균 6~9시간을 치매환자 돌봄에 소요하고 있어 과도한 조호부담으로 인해 환자와 가족 구성원들의 삶도 고통으로 점철되고 있는 상황이고, 치매환자 1인당 관리비용은 2,095만원으로 파악되고 있어(2018년 현재) 경제적인 부담도 만만치 않은 실정이다. 이와 같이 조호부담과 경제적인 부담이 많이 소요되고 있지만, 알츠하이머 치매를 효과적으로 예방하거나 치료할 수 있는 방법은 현실적으로 없는 실정으로 예방 또는 치료를 위한 새로운 방법이나 물질의 개발이 필요한 상황이다.

이와 같은 문제점을 해소하기 위하여 치매 유전자 보유 마우스를 이용하여 농촌진흥청과 한림대에서 공동연구를 수행한 결과, 홍잠이 효과적으로 알츠하이머 치매를 예방한다는 것을 확인하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다

먼저 뇌 신경세포에 생성되는 치매 단백질인 베타-아밀로이드 단백질 생성억제효과를 구명한 결과, 홍잠을 섭취하지 않은 시험쥐의 뇌에서는 베타-아밀로이드가 다량 축적되었지만, 홍잠을 섭취한 시험쥐는 정상 시험쥐와 마찬가지로 베타-아밀로이드가 전혀 축적되지 않음을 확인하였다.



정상쥐

치매쥐-홍잠 미섭취

치매쥐-홍잠 섭취

알츠하이머 치매 시험쥐 뇌의 베타-아밀로이드 생성 억제효과
(녹색 형광색 중 밝은 점이 베타-아밀로이드로서 홍잠 미 섭취 치매 쥐에만 있음)

다음으로, 알츠하이머 치매 유전자 보유 시험쥐의 행동학적 특성을 시험하였다. 그 결과, 첫째, 홍잠을 섭취하지 않은 알츠하이머 치매 시험쥐는 치매로 인해 공격성이 증대되어 친구와 싸움이 심하기 때문에 털이 빠지고 몸에 상처를 입는 빈도가 심한데 비하여, 홍잠을 섭취한 알츠하이머 치매 시험쥐의 경우에는 정상 시험쥐와 비슷하게 특별한 일이 아니면 친구와 싸우지 않고 잘 사귀면서 평화롭게 지냄을 확인하여, 홍잠의 섭취로 인하여 치매에 특징인 공격성 증대와 사회성 저하가 나타나지 않음을 알 수 있었다.

둘째, 홍잠을 섭취하지 않은 알츠하이머 치매 시험쥐는 이미 알고 있는 물건에 대해서 관심을 더 보이고, 새 물건에 대해서는 관심도가 떨어지는 데 반해, 홍잠을 섭취한 알츠하이머 치매 시험쥐는 이미 알고 있는 물건보다는 새로운 물건 근처에서 더 오래 머물면서 관찰하는 등 호기심이 정상 시험쥐와 동일할 정도로 왕성하게 유지됨을 확인하여, 홍잠의 섭취로 인하여 치매의 특징인 호기심의 저하가 나타나지 않음을 알 수 있었다.

셋째, 시험쥐를 Y자형 미로를 이용하여 시험한 결과, 홍잠을 섭취하지 않은 시험쥐는 지나왔던 길을 기억하지 못하여 아무데로나 가기 때문에 새로운 길로 가는 빈도가 50.8%인데 비하여, 홍잠 섭취 시험쥐는 지나왔던 길을 기억하고, 새로운 길로 가는 빈도가 60.3%로 나타나, 홍잠의 섭취로 인하여 치매의 특징인 공간기억력의 저하가 나타나지 않음을 알 수 있었다.

넷째, 홍잠을 섭취하지 않은 치매 시험쥐의 경우, 신경세포에 손상을 받은 결과로 인해 손과 발이 자연히 접히고 움직임이 적은 현상을 관찰하였지만, 이에 비하여 홍잠을 섭취한 치매 시험쥐의 경우에는, 정상 시험쥐와 동일하게 자세를 바로 잡으려고 손과 발을 넓게 펼치면서 왕성하게 움직이는 것을 확인한바, 홍잠의 섭취로 인해 치매로 인한 신경세포의 손상이 최소화되면서 자세 조절능력이 감퇴하지 않음을 알 수 있었다.

다음으로 알츠하이머 치매의 대표적인 특징인 단기 기억력 상실에 대한 예방효과를 확인하기 위하여 시험쥐에 단기 기억 상실제를 처리하고 어두운 곳에서 전기충격을 주며 시험한 결과, 홍잠을 미 섭취한 시험쥐는 단기 기억을 상실하여, 전날 어두운 곳에서 전기충격을 받았음에도 불구하고 전기충격의 무서웠던 일을 기억하지 못하기 때문에, 밝은 곳에 놓으면 바로 전기충격이 있었던 어두운 곳으로 들어가는데 비하여, 홍잠을 섭취한 시험쥐는 단기 기억상실제가 처리됐음에도 불구하고, 전날의 무서웠던 일을 기억하기 때문에, 밝은 곳에 놓으면 어두운 곳으로 들어가는 것을 매우 꺼려하는 것을 확인한 바, 이는 강력한 단기 기억 상실제 처리에도 불구하고 무서웠던 기억을 간직한다는 것으로서, 홍잠의 단기 기억 상실 억제효과를 확인하였다.

다음으로 치매 증상이 보이지 않는 원인에 대한 기전을 확인해 본 결과,

첫째, 알츠하이머 치매 유전자를 가진 초파리에 홍잠을 섭취시키지 않은 경우에는 미토콘드리아 컴플렉스의 활성이 크게 떨어졌지만, 홍잠을 섭취한 시험군은 컴플렉스 활성이 홍잠 미섭취 초파리에 비해 크게 증가됨을 확인하였고, 그 결과 홍잠을 섭취할 경우 초파리 뇌 신경세포 조직의 ATP양이 크게 증가됨을 확인하였다.

둘째, 뇌의 신경연접(시냅스)은 노화가 진행됨에 따라 점차 감소하는데, 시간이 지나 신경연접의 수가 일정 수준 이하로 감소하면 알츠하이머 치매 증세가 나타나는 것으로 알려져 있다. 이에, 뇌 신경연접의 감소 억제효과를 확인하기 위하여 홍잠을 알츠하이머 치매 유전자를 가진 초파리 모델에 섭취시키며 시험한 결과, 홍잠 섭취 시험군에서 신경연접을 증가시키는 효과가 매우 우수한 것으로 나타났는데, 이 결과는 홍잠 섭취가 신경연접의 감소를 효과적으로 막아 줌으로서 알츠하이머 치매의 발병을 억제해 준다는 것으로 주목된다.

다음으로 알츠하이머 치매 예방에 우수한 누에 품종을 선정하기 위하여 신경연접 증가 효과가 우수한 백견품종 홍잠과 황견품종 홍잠을 대상으로 신경세포 보호효과와 단기 기억력 개선효과를 비교한 결과, 세포 분열 촉진효과를 나타내는 지표인 세포 증가비율이 백견품종(백옥잠) 홍잠은 최대 159% 증가한데 비하여, 황견품종(골든실크) 홍잠은 최대 253%가 증가하여 황견품종(골든실크) 홍잠의 신경세포 보호효과가 더 우수한 것으로 나타났으며, 단기기억력은 백견품종 홍잠을 섭취한 시험군에 비하여 황견품종 홍잠을 섭취시킨 시험군이 95% 더 우수한 것으로 나타난바, 모든 결과를 종합하여 검토한 결과, 황견품종(골든실크) 홍잠이 알츠하이머 치매 예방효과가 가장 우수한 것으로 판단되었다.

상기 시험결과를 종합하여 요약하면, 홍잠을 지속적으로 섭취할 경우, 뇌 신경세포의 미토콘드리아를 활성화시켜 ATP 생성량이 증가되고, 이로 인하여 신경 세포간 연접이 증가되며, 베타-아밀로이드 단백질이 축적되지 않음은 물론, 행동학적으로도 치매의 특징인 기억력 감퇴, 사회성 상실 등의 증세가 거의 나타나지 않고, 공격성이 나타나지 않는다는 것을 확인한 것으로서, 홍잠의 섭취가 알츠하이머 치매를 효과적으로 예방할 수 있다는 것을 의미하는 결과이다.

나. 독성물질에 의한 간기능 저하 개선효과

농촌진흥청에서는 차의과학대학교와 공동으로 독성 물질로 유발되는 간암에 대한 홍잠의 효과를 시험한 결과, 간암 발생률이 현저하게 감소되는 효과를 확인하였다. 아울러

간경화와 감염 등 간 손상 관련 지표들을 통계적으로 유의하게 개선시키는 것을 확인한 바, 이는 홍잠을 꾸준히 섭취할 경우 일상생활에서 자신도 모르게 섭취할 수 있는 독성 물질로 인해 발생하는 간염과 간경화를 효과적으로 예방하고, 나아가서는 간암의 발생과 진행을 지연시키고 예후에도 좋은 영향을 줄 수 있다는 의미이다.

다. 알코올성 간질환 및 숙취 예방 효과

아울러 알코올로 유발되는 지방간, 간염 및 고지혈증에 대한 예방효과를 홍잠을 섭취시키면서 시험한 결과, 알코올성 지방간과 이로 인한 간경화 예방에 우수한 효과가 있음을 확인하였고, 알코올 섭취 시 증가하는 간 손상인자인 ALT, AST와 중성지방, LDL 콜레스테롤 등이 감소하였으며, 반면 좋은 콜레스테롤인 HDL 콜레스테롤은 크게 증가하여 알코올로 인한 간염과 고지혈증 예방에도 우수한 효능이 있음을 확인하였다.

또한 알코올의 과다섭취로 인하여 발생하는 알코올성 위염을 크게 감소시키고, 혈중 알코올 농도와 아세트알데히드 농도를 크게 낮춰 주취 및 숙취 예방효과도 뛰어난바, 현재 홍잠의 간 기능 개선용 건강기능식품화와 숙취해소식품 개발을 위해 농림축산식품기술개발 과제에 의하여 인체적용시험을 수행 중에 있다.

라. 피부미백 효과

자외선에 의한 홍잠의 피부미백효과를 구명하기 위하여 농촌진흥청과 동의대학교와의 공동연구 결과 우수한 피부후화 억제효과를 확인하였다. 시험결과, 자외선만 쬐인 시험구의 피부는 자외선을 쬐지 않은 시험구에 비해 매우 검어졌지만, 자외선을 쬐이면서 홍잠을 함께 섭취한 시험구는 자외선만 쬐인 시험구에 비하여 피부색이 상대적으로 덜 검어졌고, 멜라닌 색소가 홍잠 섭취량 증가에 비례하여 감소하는 것을 확인하였다. 이와 같은 결과는 홍잠을 지속적으로 섭취할 경우 태양광에 노출되더라도 피부가 덜 검어지고, 과다한 멜라닌 축적으로 인해 발생할 수 있는 기미, 주근깨, 잡티, 검버섯 등의 색소 침착형 피부질환 예방에 도움을 줄 수 있다는 의미이다.

마. 결론

상기와 같은 결과는 홍잠에 함유된 다량의 단백질과 특이하게 많은 알라닌, 세린, 글라이신 등의 아미노산, 리놀렌산 등의 Ω3 지방산, 다양한 종류의 비타민류, 폴리페놀, 플라보노이드 등의 기능성분 및 누에와 견사단백질에 함유된 색소 등 다양한 성분이 복합적

으로 작용한 결과로 판단된다. 이상의 결과로 볼 때 홍잠을 섭취자의 건강정도에 따라서 1일에 1~10g씩 지속 섭취하면 알츠하이머 치매를 비롯한 간암, 간경화, 간염, 지방간, 고지혈증, 위염, 주취, 숙취 등의 알코올성·비알코올성 간질환과 자외선에 의한 피부의 흑화 및 이로 인한 피부질환의 효과적인 예방이 가능할 것으로 예상된다.

섭취방법은 동결 건조한 홍잠을 그대로 섭취해도 되고 분말 또는 과립 등의 형태로 가공하여 물과 함께 섭취하거나 음식물 및 가공식품의 첨가제로 이용해도 된다.

홍잠의 개발과 다양한 건강기능효과의 구명으로 인하여 국민들의 삶의 질 개선과 각종 질병으로 인한 사회적 비용 감소에 큰 기여가 예상되며, 양잠산업이 작목 전환을 희망하는 농가와 귀농을 희망하는 도시민 및 은퇴자들의 관심 산업으로 성장함은 물론 농촌의 소득증대를 견인할 산업으로 비상할 것으로 기대된다.

[지상덕]

제5절 뽕잎제품

1. 뽕잎아이스크림



뽕잎을 이용한 기능성 제품개발의 첫 시도는 나무루의 녹차아이스크림에 대적하는 뽕잎아이스크림을 만들어 보는 것이었다. 롯데의 협력업체인 (주)홍영식품과 공동으로 시작하였는데 뽕잎의 풋내제거와 초미세분말제조가 가장 큰 문제였다. 풋내제거는 소금과 소다수에 30초간 정도 데치는 것으로 해결하고 초미세분말은 분진 채집으로 해결하였다. 그런데 여러 번 시도 해봤지만 뭔가 맛이 나지 않고 퍼석퍼석한 느낌이 들었다. 그래서 생각한 것이 실크분말을 아주 소량 넣고 다시 만들어 본 결과 감칠맛이 돌면서 거의 만족할 만하였다. 뽕잎아이스크림의 노하우는 실크 분말의 첨가였다. 뽕잎두부 역시 실크분말이 들어가야 감칠맛이 든다.

2. 뽕잎호두과자



많은 사람들이 고속도로 휴게소에 들어가게 되면 호두과자 냄새에 유혹을 받게 된다. 호두과자 한 봉지와 커피 하나를 사서 맛있게 먹어보지만 3~4개를 먹으면 더 이상 먹기가 거북해진다. 더 먹고 싶어도 뭔가 속이 불편하고 거북스러워 진다는 생각을 많이 든다.

뽕잎이 가미된 호두과자를 개발하기 위해 천안의 명물 학화호두과자 할머니를 찾아가 뽕잎호두과자를 만들어 달라고 주문하였다. 처음 시제품이 나왔을 당시 시식을 마친 관계자 모두가 감탄하였다. 한번 5~6개를 먹어도 거북하거나 불편함을 느낄 수 없는 것이 크게 차이가 났다. 하지만 아쉽게도 뽕잎 아이스크림과 함께 지금은 찾아볼 수가 없다.

3. 뽕잎두부



뽕잎두부는 많은 시행착오 끝에 탄생하였다. 뽕잎을 이용하여 김치, 빵 등 많은 것들을 만들었는데 그 가운데 뽕잎두부는 유독 퍼석거리고 감칠맛이 나질 않아 고민하고 있다가 아이스크림에 적용한 경험이 있는 실크분말을 첨가하는 것을 시도하였다. 역시 실크분말이 들어간 것과 들어가지 않은 것의 차이는 정말 큰 차이를 보였다. 2003~4년쯤 가을 농진청 국정감사 중 농업생물부의 현장 감사 과정에서 뽕잎두부를 시식하는 자리가 마련되었다. 참석자들 모두 맛이 좋다고 하면서 뽕잎두부를 너무 많이 먹어서 당일 국정감사를 마친 후 저녁 만찬장에 참석한 의원들은 저녁 식사마저 거를 정도였다는 평가를 받았다. 현재 뽕잎두부는 생산과 유통이 중단된 상태이다. 뽕잎김치는 좀 억새고 특유의 향이 없다는 것이 문제일 수 있지만 뽕잎두부는 별다른 이유가 없다. 앞으로 뽕잎아이스크림, 뽕잎호두과자, 뽕잎두부는 다시 한번 연구 개발하여 본격적인 상품으로 유통과 판매를 시도해 볼 수 있는 가치가 있다고 여겨진다

[류강선]

제3장 누에 품종 육성 및 유전자원

누에품종의 육성은 시대와 용도에 따라 육종의 목표와 중점이 변화되고 있다. 특히 시대흐름, 사육기술의 변천과 함께 시대적 요구에 부응하지 않고서는 잠업이 생존할 수 없게 되었다. 최근에는 시대요구에 부응하여 육성된 누에의 용도도 누에가루, 동충하초, 수 번데기, 수 나방이용 강제제 및 숙잠 등으로 다양화되는 추세다.

2020년 현재 농촌진흥청 국립농업과학원에서 육성하여 농가에 보급하고 있는 장려잠 품종은 춘잠기용 9품종, 추잠기용 3품종, 춘추잠기 겸용 11품종 등 모두 23품종이다.

2000년 이후 누에의 용도 다양화 시대로 접어들면서 육종목표도 이에 맞춰 비대중체품종, 생력형 한성품종, 기능성 고치색 특성품종, 나용품종 및 교육·홍보용 품종 등 기능성 위주로 세분화되어 육성되고 있다. 특히 최근에는 한성반문 품종과 한성황견 품종을 한 품종에 집적시킨 양친 한성반문황견 품종 육성은 누에품종 역사에 획기적인 발전이다.

앞으로의 육종 방향은 새로운 육종기술의 개발과 광범위한 육종 소재 탐색을 근간으로 이루어져야 할 것이다. 또한 전통적 육종기술과 유전공학적인 육종기술을 접목하여 유전공학적 기법을 이용한 형질전환 누에품종을 육성하여 새롭고 우수한 형질을 가진 품종을 개발, 누에용도 다양화를 고려해야 할 필요가 있다. 미래의 누에 육종은 우선 고치 생산을 기본으로 하되 시대적 흐름과 요구에 부응하는 고효율 다기능성 누에품종 개발에 목표를 두어야 할 것이다. 침체 되어가고 있는 양잠산업 및 양잠농가에 활기를 불어넣을 수 있는 방향전환의 동기가 될 수 있는 고부가가치 창출이 가능한 새로운 기능성 누에의 육성이 필요한 시점이기도 하다.

◆ 용도별 주요품종 육성현황

- 강건 다수성 품종 : 부흥잠, 대풍잠, 대박누에, 금강잠, 대백잠
- 애누에 인공사료 적합 품종 : 백옥잠, 대성잠, 수옥잠
- 한성반문 품종 : 양원잠, 한생잠, 도담누에,
- 한성황견 품종 : 황보잠,
- 양친한성반문황견 품종 : 한별누에, 백황잠
- 고치색 특성 품종 : 골든실크, 연녹잠, 대황잠, 주황잠

- 교육 전시용 품종 : 얼룩말누에, 흑표범누에, 칠성누에
- 특수용도 품종 : 하초잠

제1절 누에품종 육성 및 특성

① 양원잠(兩元蠶)

교배조합	지정년도	장려잠기	특징
잠143×잠144	1997	춘추잠용	양친한성 반문

1) 양원잠의 주요 특성

양원잠의 부화비율은 95%, 화용비율은 95.1%로 우수하다. 고치가 작고 전견중이 2.30g로 가벼워 1만두 수견량은 21.2kg이다. 해서울은 68%로 좋지 못하다. 1997년도 추잠기, 1998년 춘잠기 장려품종으로 지정하였다. 이 품종은 국내 최초로 누에무늬 암수감별이 가능한 양친 한성반문품종으로 잠종 생산시 노력 절감과 품질 향상에 크게 기여하였다.

지역적응시험 성적

(1998년, 봄누에, 전국 8개소 평균)

품종명	부화비율(%)	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	견사장(m)	해서울(%)	생사량(kg/만두)
양원잠	95	95.1	21.2	2.30	1,204	68	4.33

2) 원종의 주요특성

일본종계 원종인 잠143의 유충무늬는 한성반문이고 고치 모양은 땅콩모양이며 화용비율은 92.2%, 1만두 수견량은 전견중이 1.78g로 가볍고 고치가 작아서 14.9kg이다. 1나방당 산란 수는 539개로 산란성은 양호하다. 중국종계 원종인 잠144의 유충무늬는 한성반문이고 고치 모양은 타원형이며 화용 비율이 82.4%로 낮다. 전견중은 2.08g으로 무거운 나 화용 비율이 82.4%로 낮아 1만두 수견량은 12.6kg이다. 1나방당 산란 수는 645개로 산란성은 양호하다. 양친 한성반문 품종으로 생력화에 부응할 수 있는 품종이다.

원종의 주요 특성

(1998, 춘잠기, 잠사연)

품종명	부화비율(%)	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	산란수(개)	유충무늬	고치모양
잠143	90	92.2	14.9	1.78	539	♀:형, ♂:희	땅콩형
잠144	92	82.4	12.6	2.08	645	♀:형, ♂:희	타원형

② 하초잠(夏草蠶)

교배조합	지정년도	장려잠기	특징
잠307×잠126	2001	추잠용	고치를 짓지 않는 나용품종

1) 하초잠의 주요 특성

하초잠의 부화비율은 99%로 우수하고, 화용비율 90.7%, 수견량이 17.6kg이었다. 나용비율은 64.7%, 박피견 비율 35.3%로 100% 고치를 짓지 않는 품종이다.

이 품종의 주요특성은 동충하초 생산시 수견, 견면 채취 및 절건하는 노력을 줄일 수 있어서 동충하초 생

산시 노력을 34%(109.3 시간/상자 → 71.9) 절감할 수 있고, 일반품종 대비 1만두 생산량이 24%(14.2 kg/만두 → 17.6) 많았다

지역적응시험 성적 (2000년, 가을누에, 전국 8개소 평균)

품종명	부화비율(%)	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	나용비율(%)	박피견비율(%)	용체중(g/두)
하초잠	99	90.7	17.6	64.7	35.3	1.95



2) 원종의 주요특성

하초잠의 일본종계 원종인 잠307의 유충은 무늬누에이고 화용비율은 88.8%이고, 용체중이 1.36g으로 가볍다. 1나방 당 산란수가 348개로 적으나 이는 섭식량이 적고 유충이 작아서 사육량을 많이 할 수 있기 때문에 채종상 크게 문제는 되지 않는다. 잠126은 화용비율 96.0%로 우수하고, 용체중이 1.60g이고 1만두 수견량이 15.8kg이다. 1나방당 산란수는 589로 우수하였다.

원종의 주요 성적 (2000 춘, 농과원)

품종명	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	용체중(g)	산란수(개)	유충무늬	고치색
잠307	88.8	12.1	1.36	348	348	-
잠126	96.0	15.8	1.60	589	589	백견

※ 나용(裸蛹)품종 : 누에가 고치를 다 지은 후에 고치 속에서 번데기로 변하는데 유전적 또는 선택의 환경 등에 의해 고치를 짓지 못하고 평면 토사 후 번데기가 되는 품종

③ 부흥잠(富興蠶)

교배조합	지정년도	장려잠기	특징
잠149×잠150	2003	추잠용	다수성, 중국종계 편친한성 반문

1) 부흥잠의 주요 특성

부흥잠의 실용 부화비율은 96%로 장려 잠품종 지정기준 90%이상 보다 높았고, 유충 경과 일수는 4시간 길었다. 전견중이 무겁고 고치가 커서 1만두 수견량은 18.5kg이다.

부흥잠의 견사장은 1,274m, 견사섬도는 2.91데니어이다. 해서율은 80%로 높았고, 해서 사장은 1,023m이고 견사장은 짧으나, 섬도가 굵고 견사량이 많아 1만두 생사량이 3.68kg/만두로 다사량의 특성을 나타내고 있다.

지역적응시험 성적 (2003년, 가을누에)

품종명	부화비율(%)	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	견사장(m)	해서율(%)	생사량(kg/만두)
부흥잠	96	90.7	18.5	2.05	2.05	80	3.68

2) 원종의 주요 특성

일본종계 원종 잠149는 유충무늬는 무늬누에로 고치모양은 땅콩형이다. 화용비율 88.0%, 1만두수견량이 16.6kg이고, 1나방 당 산란수는 525개이다. 중국종계 원종 잠150은 한성무늬누에(암: 무늬누에, 수: 무늬없는 누에)이며, 고치모양은 타원형이다. 화용비율은 90.8%, 1만두 수견량 16.0kg이다. 산란수는 510개로 산란성이 우수하였다.

원종의 주요 특성 (2003년 춘잠기, 잠사연)

품종명	부화비율(%)	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	산란수(개)	유충무늬	고치모양
잠149	95	88.0	16.6	1.94	525	형	땅콩형
잠150	95	90.8	16.0	1.95	510	♀:형, ♂:희	타원형

④ 대풍잠(大豐蠶)

교배조합	지정년도	장려잠기	특징
잠151×잠152	2005	춘잠용	다수성, 편친 한성

1) 대풍잠의 주요특성

대풍잠의 실용 부화 비율은 97%로 장려잠품종 지정기준 90% 이상보다 높았고, 전령 기간은 17시간 길었다. 1만두 수견량은 25.0kg이다. 애누에 인공사료 적합성은 백옥잠 보다 성적이 떨어지나 인공사료 적합성은 좋은 것으로 평가되었다.

대풍잠의 견사장은 1,226m, 견사섬도는 굵은 3.35데니어 이다. 해서율은 80%로 견사장은 짧으나, 섬도가 굵고 견사량이 많아 1만두 생사량이 5.24kg으로 다사량의 특성을 나타낸다.

지역적응시험 성적 (2005, 봄누에, 전국 8개소 평균)

품종명	부화비율(%)	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	견사장(m)	해서율(%)	생사량(kg/만두)
대풍잠	97	95.7	25.0	2.71	1,226	80	5.24

2) 원종의 주요특성

일본종계 원종 잠151은 유충무늬는 무늬없는 누에로, 고치모양은 장타원형이다. 화용비율 90.4%, 전견중이 2.02g으로 무거워 1만두 수견량이 17.5kg으로 우수하다. 1나방당 산란수는 564개로 우수하다. 중국종계 원종 잠152는 한성무늬누에(암: 무늬누에, 수: 무늬없는 누에)이며, 고치모양은 타원형이다. 산란수는 588개로 일반장려품종의 원종에 비해 산란성이 우수하였다.

원종의 주요 성적 (2005, 봄누에)

품종명	부화비율(%)	화용비율(%)	만두수견량(kg)	전견중(g)	산란수(개)	유충무늬
잠151	95	90.4	17.5	2.02	564	무늬 없음
잠152	87	77.2	13.6	1.90	588	암·형, 수·희

⑤ 골든실크(Golden silk)

교배조합	지정년도	장려잠기	특징
잠311×잠312	2006	춘잠용	기능성 황색실크 생산

1) 골든실크의 주요 특성

골든실크의 부화비율이 97%로 우수하고, 5령 유충기간이 짧아 전령기간은 22일 23시간으로 장려 품종보다 사육기간이 1일 이상 짧고, 유충이 강건하여 사육관리가 쉽다.

이 품종은 황색실크 생산용으로 육성한 품종이지만 누에가루 생산시 누에분말이 황색을 띠고 기능성이 우수하다. 또한 교육학습용 품종으로도 이용 가능하다.

지역적응시험 성적 (2006년, 봄누에)

품종명	부화비율(%)	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	견사장(m)	해서율(%)	생사량(kg/만두)
골든실크	97	95.3	18.9	1.99	1,031	75	3.14

2) 원종의 주요특성

잠종생산 능력에 있어서는 일본종계 원종 잠311은 무늬 있는 누에로 황색의 고치를 짓고, 산란수는 604개로 우수하고, 중국종계 원종 잠312는 무늬없는 누에로 황색의 단타원형 고치를 짓고 산란수는 493개로 산란수가 다소 적으므로 영양부족이 되지 않도록 주

의해서 사육해야 한다. 일본종 잠311이 최청에서 발아까지 기간이 54일로 중국종 잠312가 52일로 일반 장려품종보다 2일정도 짧고, 소잠시에는 중국종은 2일정도 늦게 소잠하고 발아 비율은 양친모두 99% 이상으로 매우 우수하다.

원종의 주요 성적 (2006년, 봄누에)

품종명	부화비율(%)	화용비율(%)	만두수견량(kg)	전견중(g)	산란수(개)	유충무늬	고치색
잠311	87	94.3	14.9	1.72	604	무늬 있음	황색
잠312	97	89.8	15.5	1.82	493	무늬 없음	황색

⑥ 얼룩말 누에, 흑표범 누에, 칠성누에

품종명	교배조합	지정년도	장려잠기	특징
얼룩말	잠313	2008	춘추검용	얼룩말 형태 유충무늬
흑표범	잠314	2008	춘추검용	검은표범 모양 유충무늬
칠성누에	잠321	2016	춘추검용	7쌍의 별무늬, 연녹색 고치

1) 얼룩말 누에 주요특성

얼룩말누에는 흑아×갈원을 교잡하여 무늬특성 위주로 선발 육성한 품종으로 얼룩무늬와 갈색반달무늬를 한 품종에 나타내는 품종이다. 실용 부화 비율은 93%, 전령 기간이 22일 22시간으로 짧다. 화용 비율은 93.1%로 높았고, 고치 크기를 나타내는 1리터 갯수는 109개로 고치가 작다. 황색고치를 짓는 품종으로 누에가 건강하고, 자람새가 고르고 사육관리가 쉽다. 1나방 당 산란수는 452개다.



2) 흑표범 누에 주요특성

흑표범누에는 레몬×흑호을 교잡하여 선발 육성한 품종으로 누에 유충 전체에 검은무늬로 마디 사이에는 연노랑색을 나타낸다. 실용 부화비율은 95%로 우수하고 5령기간이 5일 6시간으로 짧아 전령기간도 일반 품종보다 4일정도 짧다. 황색고치를 짓는 품종으로 누에가 건강하고, 5령 기간이 짧고, 자람새가 고른 특성이 있다. 산란성은 1나방 당 442개 정도로 보통이다.



3) 칠성누에 주요특성

7쌍의 점무늬가 있는 특수품종으로, 연녹색 고치를 지으며, 유충이 건강하고 자람새가



균일하여 사육관리가 쉽다.

실용 부화비율은 94%, 전령기간은 24일, 화용비율은 91.1%, 고치 1리터 갯수는 84개, 전견중이 1.78g, 1만두 수견량은 14.4kg, 산란수는 1나방 당 474개 이다.

지정당시 누에사육 성적

품종명	부화비율(%)	화용비율(%)	만두수견량(kg)	전견중(g)	산란수(개)	유충무늬	고치색
얼룩말	93	93.1	109	1.61	452	얼룩무늬	황색
흑표범	95	95.0	101	1.25	442	검은무늬	황색
칠성누에	94	91.1	84	1.78	474	7쌍 무늬	연녹색

⑦ 연녹잠((軟綠蠶)

교배조합	지정년도	장려잠기	특징
잠315×잠316	2009	춘추겸용	기능성 연녹색 실크생산

1) 연녹잠의 주요특성



연녹잠의 부화비율은 96%였고, 누에 강건성의 지표인 화용비율은 96.7%이고, 전령기간은 23일 1시간으로 현재에 농가에 보급하는 장려품종보다 사육 기간이 짧고, 유충이 강건하여 사육관리가 쉽다. 전견중은 2.31g 이고, 1만두 수견량은 많은 21.9kg이다. 조사 성적은 해서율 81%, 견사장은 1,392m, 견사섬도는 3.04d이다. 이 품종은 누에가 건강하고 사육 기간이 짧아 사육 노력을 줄일 수 있는 유리한 점이 있고, 광택이 있는 녹색 고치실 생산 및 교육용을 목표로 육성한 품종으로, 누에사육은 일반 누에 사육에 준한다.

지역적응시험 성적

(2009년, 봄누에)

품종명	부화비율(%)	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	견사장(m)	해서율(%)	생사량(kg/만두)
연녹잠	96	96.7	21.9	2.31	1,392	81	4.41

2) 원종의 주요특성

일본종계 원종 잠315는 무늬 있는 누에로 녹색의 고치를 짓고, 1나방 당 산란수는 528개로 양호한 편이고, 중국종계 원종 잠316은 무늬 없는 누에로 흰색의 구형 고치를 짓고 산란수는 526개 이다.

원종의 주요 성적

(2006년, 봄누에)

품종명	부화비율(%)	화용비율(%)	만두수견량(kg)	전견중(g)	산란수(개)	유충무늬	고치색
잠315	91	98.2	15.0	1.83	528	무늬 있음	연녹색
잠316	98	86.0	14.3	1.88	526	무늬 없음	흰색

⑧ 한생잠(限生蠶)

교배조합	지정년도	장려잠기	특징
잠153×잠154	2009	춘잠용	양친한성 반문

1) 한생잠의 주요 특성

부화비율은 96%로 장려잠품종 지정기준 90%이상보다 높고 유충경과일수는 10시간 정도 길다. 화용비율은 96.2%로 우수하고, 전견중이 2.43g으로 1만두 수견량은 22.7kg이었다. 실켜기 성적에서 한생잠의 견사장이 1,581m이고 1만두 생사량이 4.86kg 이다. 해서율이 82%로 우수하고, 실의 굵기를 나타내는 견사섬도는 3.03d이다.



지역적응시험 성적

(2009년, 봄누에)

품종명	부화비율(%)	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	견사장(m)	해서율(%)	생사량(kg/만두)
한생잠	97	96.2	22.7	2.43	1,581	82	4.86

2) 원종의 주요 특성

일본종계 원종 잠153의 암컷은 무늬가 있고, 수컷은 무늬가 없는 한성 반문품종이며 고치모양은 땅콩형이다. 화용비율 94.5%, 1만두 수견량이 15.8kg으로 우수하다. 나방당 산란수는 650개로 산란성이 우수하다. 중국종계 원종 잠154는 일본종계 원종 잠153과 마찬가지로 한성반문 품종이며, 고치모양은 타원형이다. 화용비율 83.6%, 1만두 수견량 11.6kg으로 다소 낮다. 1나방당 산란수는 545개로 양호하다.

원종의 주요 성적

(2009, 봄누에)

품종명	부화비율(%)	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	산란수(개)	유충무늬	고치색
잠153	94	94.5	15.8	1.87	650	암:형, 수:희	백견
잠154	98	83.6	11.6	1.79	545	암:형, 수:희	백견

⑨ 대박누에

교배조합	지정년도	장려잠기	특징
잠155×잠156	2010	춘잠용	강건 다수성, 비대충체

1) 교잡종의 주요특성

대박잠의 실용 부화비율은 96%, 화용비율은 96.4%로 우수하다. 전견중이 2.72g으로 무거워 1만두 수견량은 25.4kg으로 다수성 품종이다. 실켜기 성적에서 견사장이 1,506m로 길고, 견사량이 53.2cg, 1만두 생사량이 4.92kg으로 다수성 다사량 품종의 특성을 가지고 있다. 해서율이 78%로 우수하다. 실의 굵기를 나타내는 견사섬도는 3.19d이다.

지역적응시험 성적 (2010년, 봄누에)

품종명	부화비율(%)	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	견사장(m)	해서율(%)	생사량(kg/만두)
대박누에	96	96	25.4	2.72	1,506	78	4.92

2) 원종의 주요특성

일본종계 원종 잠155의 암수 모두 무늬가 없는 희잠 품종이며 고치모양은 타원형이다. 화용비율 81.7%, 1만두 수견량이 16.1kg으로 우수하다. 1나방당 산란수는 533개이다.

중국종계 원종 잠156은 암수 모두 무늬가 없는 희잠 품종이며, 고치모양은 단타원형이다. 화용비율 90.8%, 전견중이 2.23g이고, 1만두 수견량 16.9kg이다. 1나방 당 산란수는 629개로 산란성이 우수하다.

원종의 주요 성적

품종명	부화비율(%)	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	산란수(개)	유충무늬	고치색
잠155	87	81.7	16.1	2.25	533	무늬 없음	백견
잠156	96	90.8	16.9	2.23	629	무늬 없음	백견

⑩ 수옥잠(秀玉蠶)

교배조합	지정년도	장려잠기	특징
잠157×잠158	2011	춘잠용	애누에 인공사료 적합

1) 수옥잠의 주요특성

수옥잠의 실용 부화비율은 97%, 화용비율은 95.9%, 전견중이 2.40g, 1만두 수견량은 22.6kg, 상견비율 95.5%로 우수하다. 이 품종의 견사장은 1,355m이고, 견사량은



49.6cg이다. 1만두 생사량은 4.55kg 이었다. 해서율은 81%로 우수하고, 견사섬도는 3.31d로 실이 굵다. 애누에 인공사료 섭취성은 시험결과 털떨어율 97~99%로 애누에 인공사료 적합성은 우수한 것으로 평가되어 애누에 인공사료적합 품종으로 지정하였다.

지역적응시험 성적 (2011년, 봄누에)

품종명	부화비율(%)	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	견사장(m)	해서율(%)	생사량(kg/만두)
수옥잠	97	95.9	22.6	2.40	1,355	81	4.55

2) 원종의 주요특성

일본종계 원종 잠157은 암수 모두 무늬가 있는 형잠 품종이며, 고치모양은 긴 땅콩형이다. 화용비율 94.2%, 1만두 수견량이 13.7kg이다. 1나방 당 산란수는 513개이다. 중국종계 원종 잠158은 암수 모두 무늬가 없는 희잠 품종이며, 고치모양은 단타원형이다.

화용비율 91.3%, 1만두 수견량 16.6kg으로 우수하다. 1나방 당 산란수는 522개이다.

원종의 주요 성적

품종명	부화비율(%)	화용비율(%)	1만두수견량(kg)	전견중(g)	산란수(개)	유충무늬	고치색
잠157	79	94.2	13.7	1.60	513	무늬 있음	백견
잠158	92	91.3	16.6	1.96	552	무늬 없음	백견

⑪ 황보잠

교배조합	지정년도	장려잠기	특징
잠317×잠318	2012	춘잠용	양친한성 황견

1) 황보잠의 주요특성

황보잠의 부화 비율은 95%, 화용 비율이 93.2%로 우수하다. 양친한성황견 품종으로 전견중이 2.29g으로 무겁고 1만두 수견량이 21.3kg이다. 견사장이 1,418m, 해서율 80%로 1만두 생사량이 4.65kg으로 다사량 품종 특징을 나타내고 있다. 고치가 크고 견충중이 무거운 다수성 품종으로 누에동충하초 생산, 수 번데기 생산용 장려품종으로 지정하였다.

지역적응시험 성적 (2011년, 봄누에)

품종명	부화비율(%)	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	견사장(m)	해서율(%)	생사량(kg/만두)
황보잠	95	93.2	21.3	2.29	1,418	80	4.65

2) 원종의 주요특성

일본종계 원종 잠317은 부화비율 89%, 화용비율 86.5%, 전견중 1.45g으로 원종의 생산성

은 좋지 않다. 1나방 당 산란수도 440개로 일반품종의 산란성에 비해 떨어진다. 그러나 이 품종은 고치색(♀:황,♂:백)으로 암수구분이 가능하여 잠종생산시 암수 감별노력을 크게 줄일 수 있는 이점이 있다. 중국종계 원종 잠318은 전견중이 1.90g이고, 수견량은 13.6kg이다. 1나방당 산란수는 526개로 우수하다. 고치색으로 암수구분이 가능한 품종이다.

원종의 주요 성적

품종명	부화비율(%)	화용비율(%)	만두수견량(kg)	전견중(g)	산란수(개)	유충무늬	고치색
잠317	89	86.5	10.9	1.45	440	무늬 있음	♀:황,♂:백
잠318	89	89.5	13.6	1.90	526	무늬 없음	♀:황,♂:백

* 암(황견), 수(백견) : 한성황견 품종

⑫ 금강잠

품종명	지정년도	장려잠기	특징
잠159×잠160	2013	춘잠용	강건성, 다수 다사량

1) 금강잠 주요특성

금강잠은 화용비율이 95.4%로 높고 5령 3일 유충체중이 3.64g으로 무겁다. 전견중이 2.65g으로 무겁고 화용비율이 높아 1만두 수견량은 23.9kg 다수성 품종의 특성을 나타냈다. 이 품종의 견사장은 1,548m, 해서율 70%로 1만두 생사량이 4.43kg으로 장사장 다사량계 품종이다. 이 품종은 유충이 강건하여 사육이 쉽고 누에가 비교적 커서 누에가루 생산이나 동충하초 생산에 유리한 품종이다.

지역적응시험 성적 (2013 춘, 전국 8개소 평균)

품종명	부화비율(%)	5령 3일 체중(g)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	견사장(m)	해서율(%)	생사량(kg/만두)
금강잠	95.4	3.64	23.9	2.65	1,548	70	4.43

2) 원종의 주요특성

일본종계 원종 잠159는 화용비율 95.5%로 높고, 전견중이 1.78g이고 1만두 수견량은 15.6kg이다. 누에 유충무늬는 무늬가 없는 희잠이고, 흰색 고치를 짓는 품종이다. 1나방당 산란수는 488개이다. 중국종계 원종 잠160은 화용비율이 95.0%이고, 전견중이 무거운 2.09g으로 1만두 수견량이 16.3kg이다. 산란수는 611개로 우수하다. 누에 유충무늬가 없는 희잠이고, 흰색고치를 짓는 품종이다.

원종의 주요 성적

(2013 춘, 농업생물부)

품종명	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	산란수(개)	유충무늬	고치색
잠159	95.5	15.6	1.78	488	무늬없음	백견
잠160	95.0	16.3	2.09	611	무늬없음	백견

⑬ 도담누에

품종명	지정년도	장려잠기	특징
잠161×잠162	2014	춘잠용	양친한성반문

1) 도담누에의 주요특성

도담누에의 화용비율은 95.2%로 우수하고, 전견중이 2.22g이고 1만두수견량은 20.8kg이다. 견사장은 1,444m이고, 해서율은 69%이다. 이 품종은 춘추겸용으로 화용비율이 높은 강건성 품종으로 유충단계에서 유충무늬로 암수구분이 용이한 양친 한성반문품종이다. 잠종생산시 노력절감과 품질향상에 기여할 수 있는 장점이 있다. 그리고 유충사육시 암수구분 사육으로 수번데기 생산이 쉽다.

지역적응시험 성적

(2014년, 봄누에)

품종명	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	견사장(m)	해서율(%)	생사량(kg/만두)
도담누에	95.2	20.8	2.22	1,444	69	4.09

2) 원종의 주요특성

일본종계 원종 잠161은 화용비율이 94.8%이고, 전견중이 1.52g으로 가벼워 1만두 수견량은 11.7kg으로 수량성이 떨어진다. 1나방당 산란수는 503개 이다. 이 품종은 한성반문 품종으로 암컷은 무늬가 있는 형잠이고, 수컷은 무늬가 없는 희잠이다. 고치는 흰색이다. 중국종계 원종 잠162의 화용비율은 85.0%로 다소 낮고, 전견중이 1.69g이고 1만두 수견량은 13.0kg이다. 1나방 당 산란수는 525개로 우수하다. 이 품종은 한성반문 품종으로 암컷은 무늬가 있는 형잠이고, 수컷은 무늬가 없는 희잠이다. 고치는 흰색이다.

원종의 주요 성적

품종명	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	산란수(개)	유충무늬	고치색
잠161	94.8	11.7	1.52	503	암:무늬있음	백견
잠162	85.0	13.0	1.69	525	수:무늬없음	백견

⑭ 한별누에

품종명	지정년도	장려잠기	특징
잠161*잠162	2015	춘잠용	양친한성 반문 황견

1) 한별누에의 주요특성



한별누에의 부화비율은 96%로 지정기준 90%을 상회하였고, 화용비율이 94.9%로 높고 전견중이 2.22g 무거워

1만두 수견량이 20.6kg으로 일반품종보다는 다소 떨어지나 한성품종임을 감안하면 생산성이 우수하다. 견사장은 1,254m, 해서율은 79%이고 1만두 생사량은 3.71kg이다. 이 품종의 주요특성은 한 품종에 누에유충 무늬 유무(암컷: 형잠, 수컷: 희잠)와 고치 색으로도 암수구분이 가능한(암컷: 황색고치, 수컷: 흰색고치) 품종으로 누에육종 연구사에 길이 남을 품종이다. 잠종 생산시 암수구분 노력절감과 감별오차가 없어 잠종품질 향상이 가능하다.

지역적응시험 성적 (2015년, 봄누에)

품종명	부화비율(%)	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	견사장(m)	해서율(%)	생사량(kg/만두)
한별누에	96	94.9	20.6	2.22	1,254	79	3.71

2) 원종의 주요특성

일본종계 원종 잠319는 유충무늬는 한성반문이고 고치색은 한성황견, 고치모양은 땅콩형이며, 화용비율은 88.3%, 1나방 당 산란수는 562개이다. 중국종계 원종 잠320은 유충무늬는 한성반문이고 고치색은 한성황견, 고치모양은 타원형이며, 화용비율은 84.8%, 1나방당 산란수는 484개로 산란성이 다소 떨어진다.

원종의 주요 성적 (2015년, 봄누에)

품종명	부화비율(%)	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	산란수(개)	유충무늬	고치색
잠319	96	88.3	11.6	1.53	562	암:형, 수:희	암:황, 수:백
잠320	89	84.8	12.5	1.63	484	암:형, 수:희	암:황, 수:백

⑮ 대백잠

품종명	지정년도	장려잠기	특징
잠157*잠162	2017	춘추겸용	강건 다수성

1) 대백잠의 주요 특성

대백잠은 화용비율이 98%로 높고, 화용비율이 95.5%, 전견중이 2.29g으로 무거워 1만두 수견량이 21.4kg으로 수량성이 높은 품종이다. 견사장이 1,293m, 해서율은 84%로 1만두 생사량은 4.15kg으로 다사량 품종이다. 이 품종은 유충이 강건하고, 견사량이 많고, 견충중이 무거운 다수성 다사량계 품종으로 혈당강하제용 누에가루 생산이나 동충하초 생산시 유리한 품종이다.

지역적응시험 성적 (2017 춘, 전국8개소 평균)

품종명	부화비율(%)	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	견사장(m)	해서율(%)	생사량(kg/만두)
대백잠	98	95.5	21.4	2.29	1,293	84	4.15

2) 원종의 주요특성

일본종계 원종 잠157은 화용비율 93.9%이고, 전견중 1.61g, 1만두 수견량이 14.7kg이다. 1나방 당 산란수는 565개로 산란성이 우수하며, 유충은 형잠으로 흰색고치를 짓는다.

중국종계 원종 잠162는 화용비율이 95.1%로 강건하다. 전견중이 2.01g으로 무거워 1만두 수견량이 18.3kg으로 다수성 품종의 특징을 나타내고 있다. 1나방 당 산란수는 622개로 산란성이 뛰어난 품종이며, 유충은 형잠으로 흰고치를 짓는 품종이다.

원종의 주요 성적 (2017 춘, 농업생물부)

품종명	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	산란수(개)	유충무늬	고치색
잠157	93.9	14.7	1.61	565	형잠	백견
잠162	95.1	18.3	2.01	622	형잠	백견

⑯ 대황잠

품종명	지정년도	장려잠기	특징
잠323*잠324	2018	춘추겸용	기능성 소재용 황색고치

1) 대황잠의 주요특성

대황잠은 화용비율이 95.0%로 강건성 품종이고, 전령기간은 23.17시간이다. 전견중이 2.41g으로 무거워 1만두 수견량이 21.6kg 우수하다. 견사장이 1,200m이고 해서율은 79%이다. 실의 굵기를 나타내는 견사섬도는 3.1d이다 이 품종은 황색 고치를 짓는 강건성 품종으로 채종이 쉽고, 유충이 무거워 혈당강하제 및 동충하초 생산 등 다양한 양잠산물 기능성 소재용 품종으로 유망하다.

지역적응시험 성적 (2017 춘, 전국8개소 평균)

품종명	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	견사장(m)	해서율(%)	생사량(kg/만두)
대항잠	95.0	21.6	2.41	1,200	1,200	3.50

2) 원종의 주요특성

일본종계 원종 잠323은 화용비율 92.4%로 높고 전견중이 1.87g이고 1만두 수견량이 16.0kg이다. 산란수는 734개로 매우 우수하고, 누에 유충무늬는 형잡이고 고치색은 황색견이다. 중국종계 원종 잠32는 화용비율 85.0%이고, 전견중이 2.03g으로 고치1개 무게가 무거우나 화용비율이 낮아 1만두 수견량은 15.7kg이다. 누에 유충무늬는 형잡이고 고치는 황색이다.

원종의 주요 성적 (2017 춘, 농업생물부)

품종명	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	산란수(개)	유충무늬	고치색
잠323	92.4	16.0	1.87	734	형잡	황견
잠324	85.0	15.7	2.03	566	형잡	황견

⑰ 주항잠

품종명	지정년도	장려잠기	특징
잠325×잠326	2018	춘추검용	기능성 소재용 주항색고치

1) 주항잠의 주요특성

주항잠은 같은 유색견인 골든실크에 비해 전령기간 및 부화율은 비슷하지만 고치가 크고, 실 생산량이 비교적 많다. 특히 고치의 두께가 골든실크에 비해 두꺼워서, 홍잠 등 기능성 식품을 생산할 경우 실크단백질의 함량이 높다. 따라서, 기존의 유색견 품종들과 함께 기능성 양잠산물 소재용으로서의 활용확대 및 농가소득 증대에 기여할 것으로 생각된다.



지역적응시험 성적 (2018 춘, 전국8개소 평균)

품종명	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	견사장(m)	해서율(%)	생사량(kg/만두)
주항잠	97.7	19.9	2.07	1,101	79	3.40

2) 원종의 주요특성

일본종계 원종 잠325는 화용비율 97.9%로 매우 우수하고, 전견중 1.67g이고 수견량은

15.8kg이다. 1나방 당 산란수는 542개이다. 유충무늬는 형잡이고 황색고치를 짓는 품종이다.

일본종계 원종 잠326은 화용비율이 91.0%이다. 전견중이 1.68g이고, 1만두 수견량은 13.5kg이다. 산란수는 1나방 당 589개로 우수하였다. 유충무늬는 형잡이고, 고치색은 황색이다.

원종의 주요 성적 (2018 춘, 농업생물부)

품종명	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	산란수(개)	유충무늬	고치색
잠325	97.9	15.8	1.67	542	형잡	황견
잠326	91.0	13.5	1.68	589	형잡	황견

⑱ 백항잠

품종명	지정년도	장려잠기	특징
잠327×잠328	2019	춘추검용	양친 한성반문 황견품종

1) 백항잠의 주요특성

백항잠의 화용비율은 94.4%, 전견중이 2.24g, 1만두 수견량은 21.8kg로 대조대비 생산성이 우수하다. 견사장은 1,465m로 길고, 해서율이 80%로 우수하다. 이 품종은 견사량이 많고, 견충중이 무거운 다사랑계 품종이다. 또한 숙잠 체중이 무겁고, 고치가 크다. 누에 유충 무늬 및 고치 색깔로 암수 구별 가능하며, 누에씨 생산시 암수감별 노력을 절감할 수 있고, 감별오차를 0%대까지 줄일 수 있어 노동력 절감과 누에씨 품질 향상에 크게 기여할 수 있고, 농가에서는 수번데기 및 동충하초 생산용으로 유리하다.

지역적응시험 성적 (2019 춘, 전국 8개소 평균)

품종명	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	5령3월 체중(g)	숙잠체중(g)	견사장(m)	해서율(%)
백항잠	94.4	21.8	2.24	2.51	4.58	1,465	80

2) 원종의 주요특성

일본종계 원종 잠327은 화용비율이 95.2%로 높고 전견중이 2.03g으로 무거워 1만두 수견량이 18.5kg으로 다수성을 보인다. 1나방당 산란수는 629개로 우수하다. 이 품종은 유충무늬 및 고치색으로 암수구분이 가능한 양친한성반문황견 품종이다. 중국종계 원종 잠328은 화용비율이 94.4%이고 전견중은 1.73g이다. 이 품종 역시 잠327과 같은 양친한성반문황견 품종이다.

원종의 주요 특성

(2019 춘, 농업생물부)

품종명	화용비율(%)	수견량(kg/만두)	전견중(g)	산란수(개)	유충무늬	고치색
잠327	95.2	18.5	2.03	629	암:형, 수:희	암:황색, 수:흰색
잠328	94.4	14.7	1.73	545	암:형, 수:희	암:황색, 수:흰색

<누에장려품종 현황>

* 원종 39품종, 보급종 23품종

구분	품종명	교배조합	지정년도	장려잠기	주요 특성
1	백옥잠	잠123×잠124	1983	춘,추	- 인공사료육 적합, 강건성
2	대성잠	잠125×잠126	1986	하추	- 인공사료육 적합, 강건다수성
3	금옥잠	잠125×잠140	1994	춘,추	- 인공사료육 적합
4	양원잠	잠143×잠144	1997	춘,추	- 양친한성 반문
5	하초잠	잠307×잠126	2001	추	- 내용 품종
6	부흥잠	잠149×잠150	2003	추	- 다수성, 중국종 편친한성
7	대풍잠	잠151×잠152	2005	춘	- 다수성, 비대충체
8	골든실크	잠311×잠312	2006	춘	- 황색실크 생산용
9	얼룩말누에	잠313	2008	춘,추	- 황견, 교육, 홍보, 전시용
10	흑표범누에	잠314	2008	춘,추	- 황견, 교육, 홍보, 전시용
11	연녹잠	잠315×잠316	2009	춘,추	- 연녹색 실크 생산용
12	한생잠	잠153×잠154	2009	춘	- 양친한성 반문
13	대박누에	잠155×잠156	2010	춘	- 비대충체
14	수옥잠	잠157×잠158	2011	춘	- 인공사료육 적합
15	황보잠	잠317×잠318	2012	춘	- 양친한성 황견
16	금강잠	잠159×잠160	2013	춘	- 강건성, 다수 다사량
17	도담누에	잠161×잠162	2014	춘	- 양친한성 반문
18	한별누에	잠319×잠320	2015	춘	- 양친한성 반문황견
19	칠성누에	잠321	2016	춘,추	- 연녹색고치, 교육, 홍보, 전시용
20	대백잠	잠157×잠162	2017	춘,추	- 강건 다수성
21	대황잠	잠323×잠324	2018	춘,추	- 황색고치
22	주황잠	잠325×잠326	2018	춘,추	- 주황색 고치
23	백황잠	잠327×잠328	2019	춘,추	- 양친한성 반문황견

제2절 누에 유전자원 보존 및 이용

1980년대 이후 꾸준히 계대보존 되어온 누에 유전자원은 현재 335품종이 등록되어 유지 보존되고 있다. 그동안 계대보존과 더불어 신품종 육성 등의 응용연구 외에도 기초연구의 소재로 끊임없이 활용되어왔다. 그러나 과거와는 달리 생물다양성 협약 발효이후, 국가간 보호주의에 따른 유전자원의 관심이 고조되어 유전자원의 안전보존과 다양한 유전자원의 확보 요구가 점증하고 있다. 한편, 유전자원의 활용범위도 생물공학 첨단기술 발달에 따라 다양해지고 있으며 신품종 육성소재 외에도 생명공학 관련분야의 기초연구 소재로 확대 이용되고 있다.

[강필돈]



제4장 뽕나무 열매 '오디' 생산

제1절 오디용 뽕나무 품종육성

누에 고치를 생산하던 전통양잠산업 시기에는 오디는 뽕잎을 생산하고 남은 뽕나무에서 생산되는 부산물 정도로만 인식되어 많이 이용되지 않았다. 그러나 오디는 기호성이 좋고, 다양한 기능성을 함유하고 있는 것이 구명되어 널리 알려지면서 오디를 안정적으로 생산하기 위한 오디용 뽕 품종 연구에 관심을 갖게 되었다. 오디 생산이 산업적으로 시작된 것은 2000년 농촌진흥청 농업과학기술원 잠사곤충부(현 국립농업과학원 농업생물부)에서 오디를 이용하기 위한 연구가 시작되면서 부터이다. 오디를 산업적으로 생산하기 위해서는 오디 생산에 적합한 품종의 선발 및 육성, 수형개발, 병해충 방제 등 종합적인 연구가 필요하다.

뽕나무가 뽕잎생산용이 아닌 오디용으로 이용하기 위해서 요구되는 뽕 품종의 육종 목표는 오디의 수량성, 오디의 크기(단과중), 오디의 품질(당도, 산도 등), 병해충 저항성, 오디의 색, 심은 후 결실까지의 기간 등과 오디 수확이 용이할 수 있도록 익은 오디가 잘 떨어지는 특성을 갖고 있는 것이 좋다. 오디용 뽕 품종의 선발 및 육성은 2000년 전과 오디 생산연구를 본격적으로 시작한 2000년 이후로 나누어 볼 수 있다.

2000년까지 오디용으로 이용하기 위한 뽕 품종 선발 및 육성은 표1과 같다.

4배체가 되면 모품종인 2배체보다 오디가 커지는 특성을 이용하여 4배성 계통을 만든 것이 사원뽕20호, 사원뽕22호, 4배성Ficus, 사원뽕26호, 사원뽕31호이며, 교배에 의한 것이 신광뽕(검설/국상21호)과 터키야상으로부터 선발한 터-키D가 있다.

<표1. 2000년 이전 오디용 뽕 품종 선발 및 육성 시기 >

품종명	처리모품종	단과중(g)	당도(Brix%)	수량성	육성년도
사원뽕20호	청일뽕	3.38	13.7	보통	1995
사원뽕22호	대도상	2.99	13.1	보통	
4배성Ficus	Ficus	4.05	12.7	보통	
신광뽕	검설/국상21호	2.18	14.8	보통	
사원뽕26호	검설뽕	1.56	13.3	보통	1997

품종명	처리모품종	단과중(g)	당도(Brix%)	수량성	육성년도
사원뽕31호	국상20호	4.39	17.5	보통	2000
터-키 D	터키야상	3.26	16.7		

그러나, 2000년 이후부터 오디 생산용 품종육성을 위하여 우량계통 선발 및 계통을 육성하였으며, 우량계통의 지역적응시험을 통한 적응성을 검토하여 오디용 품종을 등록하였다.

<2001년 이후 오디용 뽕 품종 선발 및 육성>

품종	계통명	수량성	특성 및 균핵병 저항성	육성년도
대성뽕	노상	높음	대형오디, 4배체, 균핵병 약	2005
대자뽕	노상	높음	대과형, 4배체 적자색, 탈립성 강	2006
대봉뽕	노상	보통	4배체, 단단한 오디	2007
수홍뽕	노상	다수성	붉은색 오디	2008
심홍뽕	백상	보통	균핵병 약강	2009
대심	백상	매우 높음	대과형, 균핵병 약간 약	2010
상촌	백상	다수성	균핵병 약간 강	2011
수향	백상	다소 낮음	고품질, 균핵병 약강	2009
상마루	백상	다수성	균핵병 약간 강	2014
심강	희상	다수성	균핵병 강	2015
새알찬	백상	다수성	균핵병 강	2018

1. 오디용 뽕 품종의 주요 특성

2020까지 오디용 육성 뽕품종은 11개이며, 품종들의 육성경위 및 특성은 아래와 같다.

가. 대성뽕

대성뽕은 휘카스에 콜히친을 처리하여 만든 4배체로 1995년 육성되었으며, 오디의 결실성이 우수하고 수량성이 높아 2001년부터 2004년까지 지역적응시험을 거쳐 2004년 12월 직무육성심의회를 거쳐 오디 생산용 장려품종으로 지정하였다. 특히 오디에는 항산화물질인 C3G, 혈압을 낮춰주는 rutin이 많이 함유되어 있는 것으로 밝혀졌다.



(1) 고유특성

노상형의 4배체이며 수형은 직립성이다. 가지의 청일뽕보다 절간장은 길고 잎두께는

두꺼우며 약간 거친 녹색의 잎이다. 잎 모양은 원엽이 대부분이나 열엽도 섞여 있다.

(2) 가변특성

발아개엽기는 청일뽕과 비슷한 중생종이며 오디의 단과중은 청일에 비하여 무겁고 당도는 약간 낮으며 숙기는 중숙계이다. 오디의 수량성은 청일뽕보다 48% 증수되는 품종으로 초다수성 품종이다. 오디 생산을 위한 재배시 문제가 되는 균핵병 발생률은 청일뽕보다 높은 수준이다.

(3) 적응지역, 용도 및 재배상 유의점

오디의 수량성이 매우 높고 내동성이 보통이므로 전국에 재배할 수 있다. 오디의 당도가 약간 낮은 편이므로 당도 향상을 위해 퇴비위주로 재배하는 것이 좋으며 오디 균핵병에 약하므로 방제에 유의하여야 한다. 또한 잔가지 발생이 적으므로 전지 전정에 유의하여야 한다.

나. 대자뽕

대자뽕은 국상 20호에 콜히친을 처리하여 만든 4배체로 2000년 사원뽕31호로 명명하였으며, 오디의 결실성이 우수하고 수량성이 높아 2003년부터 2006년까지 3개소(수원, 춘천, 진주)에서 지역적응시험을 거쳐 2006년 12월 직무육성품종심의회를 거쳐 오디 생산용 장려품종으로 지정하였다.

(1) 고유특성

노상형의 4배체이며 수형은 직립성이다. 잎 모양은 타원형의 원엽이 대부분이며 잎 두께는 두껍다. 오디의 색은 익었을 때 적자색을 나타내며 오디의 당도가 매우 높아 품질이 우수하다. 그러나 낙과가 매우 심하여 익지 않은 오디도 낙과되기 쉽다.

(2) 가변특성

발아개엽기는 청일뽕과 비슷한 중생종이며 오디의 단과중은 청일에 비하여 무겁고 당도는 높으며 숙기는 중숙계이다. 오디의 수량성은 청일뽕보다 결실 첫해에는 낮으나 나무가 커질수록 수량성이 높아지는 품종으로 초다수성 품종이다.

(3) 적응지역 및 재배상 유의점

오디 수량성이 매우 높고 내동성이 보통이므로 전국에 재배가능하나 오디의 탈립성이 매우 강하므로 오디가 익을 무렵 바람이 많은 곳은 재배를 피해야 하며, 재배할 경우 나무 아래에 그물을 치거나 비닐을 깔아 떨어지는 오디를 활용하는 것이 좋다.

다. 대봉뽕

대봉뽕은 대도상에 콜히친을 처리하여 만든 4배체로 1995년 사원뽕22호로 명명하였으며, 오디의 결실성이 우수하고 수량성이 높아 2003년부터 2007년까지 3개소(수원, 춘천, 진주)에서 지역적응시험을 거쳐 2007년 12월 직무육성품종심의회를 거쳐 오디 생산용 장려품종으로 지정하였다.

(1) 고유특성

노상형(Morus Lhou(Ser.) Koidz)에 속하는 중생종으로 수형은 직립성이다. 잎 모양은 타원형의 원엽이 대부분이며 잎 두께는 보통이다. 오디의 색은 익었을 때 흑자색을 나타내며, 오디의 당도가 약간 낮으며, 오디의 크기는 2.7g의 중소과형이고 과피가 비교적 단단한 편이다

(2) 가변특성

발아개엽기는 청일뽕과 비슷한 중생종이며 오디의 단과중은 청일에 비하여 무겁고 당도는 약간 낮으며 숙기는 중숙계이다. 오디의 수량성은 청일뽕보다 높은 다수성 품종이다. 오디균핵병 저항성은 보통이다.

(3) 적응지역 및 재배상 유의점

오디 수량성이 매우 높고 내동성이 보통이므로 전국에 재배할 수 있으나 오디의 탈립성이 매우 강하므로 당도가 약간 낮은 편이므로 재배시 당도를 높일 수 있도록 퇴비위주로 재배를 하는 것이 좋다.

라. 수홍뽕

노상형(Morus Lhou(Ser.) Koidz)에 속하는 중생종으로 수형은 직립성이다. 잎 모양은 타원형의 원엽이 대부분이며 잎 두께는 보통이다. 오디의 색은 익었을 때 흑자색(검붉은색)을 나타내며, 오디의 당도가 높아 품질이 우수하다.

(1) 고유특성

노상형의 2배체이며 수형은 직립성이다. 잎 모양은 타원형의 원엽이 대부분이며 잎 두께는 보통이다. 오디의 색은 익었을 때 검붉은 색을 나타내며 오디의 당도가 높아 품질이 우수하다. 오디의 크기는 2.9g의 중과형이고 과피가 비교적 단단한 편이다.

(2) 가변특성

발아 개엽기는 청일뽕과 비슷한 중생종이며 오디의 단과중은 청일에 비하여 무겁고 당도는 약간 낮으며 숙기는 중숙계이다. 오디의 수량성은 청일뽕보다 높은 다수성이며, 과피가 비교적 단단한 편이다. 오디균핵병 저항성은 보통이다.

(3) 적응지역 및 재배상 유의점

오디 수량성이 매우 높고 내동성이 보통이므로 전국에 재배할 수 있으나, 오디의 색이 검붉은 색이므로, 전통적인 흑자색의 오디와 달라 소비자 선호도가 떨어지므로 일반적인 색 오디를 원하는 농가는 재배하지 않는 것이 좋다.

마. 심홍뽕

심홍뽕은 백상형(Morus alba L.)에 속하는 중생종으로 농촌진흥청 잠사곤충연구소(현 국립농업과학원) 뽕나무 유전자원 보존포에 보존 중인 계통 중에서 오디의 특성이 우수한 절곡조생을 선발하여, 이 계통을 2004년부터 2009년까지 6년간 국립농업과학원 잠사양봉소재과(수원), 전북 종자사업소(완주) 및 경남 농업기술원(진주) 3개 지역에서 청일뽕을 대조품종으로 지역적응시험을 수행하였다. 그 결과, 절곡조생은 대조품종인 청일뽕보다 오디가 크고 수량성이 높으며, 오디균핵병에 비교적 강하여 오디 생산용으로 우수성이 인정되어 직무 육성품종 심의회에서 '심홍'으로 명명하였으며, 2012년 5월 23일 새로운 오디생산용 뽕나무 장려품종으로 지정하였다.

(1) 고유특성

노상형의 2배체이며 수형은 직립성이다. 잎 모양은 타원형의 원엽이 대부분이며 잎 두께는 보통이다. 오디의 색은 익었을 때 흑자색을 나타내며 오디의 당도는 청일뽕 오디보다는 약간 낮다. 가지는 직립성의 중생종이며 가지는 마디 사이가 희어지고, 수세는 강하다. 오디의 크기는 2.8g의 중소과형이다

(2) 가변특성

발아개엽기는 청일뽕과 비슷한 중생종이며 오디의 단과중은 청일에 비하여 무겁고 당도는 약간 낮으며 숙기는 중숙계이다. 오디는 식재 후 3년차 부터 결실을 시작하며, 10a당 연간수량은 식재 후 3년차('06, 결실 1년차)에 대조품종인 '청일'대비 28%, 식재 후 4년차('07, 결실 2년차)에 18% 적었으나, 5년차('08, 결실 3년차)에는 6% 증수, 6년차('09, 결실 4년차)에는 29% 증수되어, 결실 4년간의 수확량은 '청일'보다 5% 증

수되어 결실성이 우수한 품종이다. 오디균핵병 저항성은 청일뽕보다는 약간 강하다.

(3) 적응지역 및 재배상 유의점

오디 수량성이 매우 높고 내동성이 보통이므로 전국에 재배할 수 있으나, 수령이 5년 이후부터는 수량성이 높지만 수령이 낮은 4년차까지는 오디의 결실성이 낮다.

바. 대심뽕

대심뽕은 백상형(Morus alba L.)에 속하는 중생종으로 농촌진흥청 잠사곤충연구소(현 국립농업과학원) 뽕나무 유전자원 보존포에 보존 중인 계통 중에서 오디의 특성이 우수한 카타네오를 선발하여, 이 계통을 콜히친 처리에 의하여 4배체로 만든 것으로 이 계통을 2005년부터 2010년까지 6년간 국립농업과학원 잠사양봉소재과(수원), 충남 잠사곤충사업장(공주), 전남 곤충잠업연구소(장성) 및 경북 잠사곤충사업장(상주) 4개 지역에서 청일뽕을 대조품종으로 지역적응시험을 수행하였다. 그 결과, 카타네오 4배체는 오디가 크고 수량성이 높은 품종으로 우수성이 인정되어 직무육성품종 심의회(2011. 11. 15)에서 상베리로 명명하였으며, 2012년 5월 23일 새로운 오디 생산용 뽕 품종으로 보호출원(출원번호: 2012-352)하였고, 품종보호 등록되었다. 이후 품종보호 요건에 맞지 않아 대심뽕으로 변경되어 등록하였다.

**(1) 고유특성**

백상형의 4배체이며 수형은 직립성이고, 수세는 강하다. 잎 모양은 타원형의 원엽이 대부분이며 잎 두께는 두꺼운 편이다. 오디의 색은 익었을 때 흑자색을 나타내며 오디의 당도는 청일뽕 오디보다는 약간 낮다. 가지는 직립성의 중생종이며 가지는 마디 사이가 희어지고, 수세는 강하다. 오디의 크기는 4.7g의 대과형으로 매우 크다.

(2) 가변특성

발아개엽기는 청일뽕과 비슷한 중생종이며 오디의 단과중은 4.7g으로 청일뽕 2.2g에 비해 매우 무거운 대과형으로 당도는 낮으며 숙기는 중숙계이다. 오디는 식재 후 2년차 부터 결실하기 시작하였으며, 결실 4년간의 수확량은 '청일'보다 70% 증수되어 결실성이 우수한 품종이다. 오디균핵병 저항성은 청일뽕보다는 약하다.

(3) 적응지역 및 재배상 유의점

오디 수량성이 매우 높고 내동성이 보통이므로 전국에 재배할 수 있으나, 오디균핵병에 약하므로 균핵병 방제에 주의하여야 하며, 당도가 낮으므로 당도향상을 위하여 퇴비위주로 재배하여야 한다.

사. 상촌뽕

상촌뽕은 백상형(*Morus alba* L.)에 속하는 조생종으로 농촌진흥청 잠사곤충연구소(현 국립농업과학원) 뽕나무 유전자원 보존포에 보존중인 계통 중에서 오디의 특성이 우수한 상촌조생을 선발하여, 이 계통을 2006년부터 2011년까지 6년간 국립농업과학원 잠사양봉소재과(수원), 강원도 원종사업소(춘천) 및 충북농업기술원 잠사시험장(청주) 3개 지역에서 청일뽕을 대조품종으로 지역적응시험을 수행하였다. 그 결과, 상촌 조생은 대조품종인 청일뽕보다 오디가 크고 수량성이 높아 오디 생산용으로 우수성이 인정되어 '상촌'으로 명명하였으며, 새로운 오디생산용 뽕나무 장려품종으로 지정하였다.

(1) 고유특성

백상형(*Morus alba* L.)에 속하며, 잎 모양은 타원형의 원엽이 대부분이며 잎 두께는 청일뽕과 비슷한 편이다. 오디의 색은 익었을 때 흑자색을 나타내며 오디의 당도는 청일뽕 오디보다는 약간 높다.

(2) 가변특성

발아개엽기는 청일뽕과 비슷한 중생종이지만, 오디 숙기는 청일뽕보다 빠른 조생종이며, 오디의 크기는 2.9g의 중소과형으로 당도는 청일뽕 오디보다 높아 품질이 우수하다. 오디 수량성은 청일뽕보다 12% 높았으나, 오디균핵병 저항성은 청일뽕과 비슷하였다.

(3) 적응지역 및 재배상 유의점

내동성이 보통이므로 전국에 재배할 수 있으나, 오디균핵병에 강하지 않으므로 균핵병 방제에 주의하여야 한다.

아. 수향뽕

수향뽕은 백상형(*Morus alba* L.)에 속하는 조생종으로 2000년 잠사곤충연구소(현 국립농업과학원) 뽕나무 유전자원 보존포에 보존중인 '조생홍피상'을 모본으로 하고, '개량



뽕'을 부분으로 하여 교배한 계통 중에서 오디의 특성이 우수한 계통을 2001 ~ 2004년에 선발하였으며, 2005 ~ 2006년까지 2년간 개체 선발 및 증식을 하였다. 이 계통을 당상 7호로 명명하여, 2007년부터 2012년까지 6년간 국립농업과학원 잠사양봉소재과(수원), 충남 잠사곤충사업장(공주), 전북 종자사업소(완주) 및 경남 농업기술원(진주) 4개 지역에서 '청일'을 대조품종으로 지역적응시험을 수행하였다. 그 결과, '당상 7호'는 대조품종인 '청일' 보다 오디가 크고 수량성이 높으며, 오디균핵병은 '청일'과 비슷하지만 오디의 당도가 높아 고품질 오디 생산용으로 우수성이 인정되어 직무육성품종 심의회에서 '수향'으로 명명하였으며, 새로운 오디 생산용 뽕나무 품종으로 보호출원 하였다.

(1) 고유특성

백상형(*Morus alba* L.)에 속하며, 잎 모양은 타원형의 원엽이 대부분이며 잎 두께는 청일뽕과 비슷한 편이다. 오디의 색은 익었을 때 흑자색을 나타내며 오디의 당도는 청일뽕 오디보다는 약간 높다.

(2) 가변특성

발아개엽기는 청일뽕과 비슷한 중생종이지만, 오디 숙기는 청일뽕보다 7일정도 빠른 조생종이며, 오디의 크기는 2.5g의 중소과형으로 당도는 청일뽕 오디보다 높아 품질이 우수하다. 오디 수량성은 결실 4년간 청일뽕보다 평균 12% 높았으나, 오디균핵병 저항성은 청일뽕과 비슷하였다.

(3) 적응지역 및 재배상 유의점

내동성이 보통이므로 전국적으로 재배할 수 있으나, 오디균핵병에 강하지 않으므로 균핵병방제에 주의하여야 한다.

자. 상마루

상마루 백상형(*Morus alba* L.)에 속하는 중생종으로 청일뽕에 콜히친을 처리하여 1995년 4배체로 만든 것으로 사원뽕20호로 명명하였으며, 이 계통을 수원상 102호로 2008년부터 2014년까지 7년간 국립농업과학원 잠사양봉소재과(수원), 충북농업기술원 잠사시험장(청주) 및 전남농업기술원 곤충잠업연구소(장성) 등 3개 지역에서 청일뽕을 대조품종으로 지역적응시험을 수행하였다. 그 결과 '청일'오디에 비하여 오디가 크고 수량성이

높아 오디용 뽕나무 품종으로 우수성이 인정되어, 2014년 직무육성품종 심의회에서 상마루로 명명하였으며, 2015년 6월 새로운 오디생산용 뽕나무 품종으로 보호출원(출원번호: 2015-418)하였으며, 품종보호 등록되었다.

(1) 고유특성

백상형의 4배체이며 수형은 직립성이고, 수세는 강하다. 잎 모양은 5열엽으로 엽형은 잎끝이 뾰족하고 잎 두께는 두꺼운 편이다. 잎자루의 길이가 청일뽕보다 길고, 가지의 굵기는 청일뽕보다 굵고, 수세는 강하다. 오디의 색은 익었을 때 흑자색을 나타내며 오디의 당도는 청일뽕 오디보다는 약간 낮다. 오디의 크기는 3.8g의 중과형으로 청일뽕 오디보다 크다.

(2) 가변특성

발아개엽기는 청일뽕과 비슷한 중생종이며 오디의 단과중은 3.8g으로 청일뽕 2.3g에 비해 매우 중대과형으로 당도는 낮으며 속기는 중속계이다. 오디는 식재 후 3년차부터 결실하기 시작하였으며, 결실 5년간의 수확량은 '청일'보다 6% 높은 품종이다. 오디균핵병 저항성은 청일뽕보다는 약하다.

(3) 적응지역 및 재배상 유의점

오디 수량성이 매우 높고 내동성이 보통이므로 전국에 재배할 수 있으나, 오디균핵병에 약하므로 균핵병 방제에 주의하여야 하며, 당도가 낮으므로 당도 향상을 위하여 퇴비위주로 재배하여야 한다.

차. 심강뽕

심강뽕은 희상형(*Morus Microphylla* Buckl.)에 속하는 중만생종으로 외국에서 실생종자를 도입하여 생산한 실생묘로부터 계통을 선발하여 만든 것으로 수원상106호로 명명하였으며, 이 계통을 2011년부터 2015년까지 5년간 국립농업과학원 잠사양봉소재과(수원), 강원도 농산물 원종장(춘천) 전북농업기술원 잠사곤충시험장(부안) 및 경남농업기술원 친환경연구과(진주) 등 4개 지역에서 심홍뽕을 대조품종으로 지역적응시험을 수행하였다. 그 결과, 오디 생산에 가장 큰 피해를 주는 오디균핵병에 강한 특성을 나타냈으며, 오디 수량성이 대조품종인 심홍뽕보다 111% 높은 수준을 나타내어 오디용 뽕나무 품종으로 우수성이 인정되어, 2015년 직무육성품종 심의회에서 대찬뽕 명명하였으며, 2015년 새로운 오디생산용 뽕나무 품종으로 보호출원(출원번호: 2015-418)하였고, 품종보호 등록되었다.※ 대찬뽕은 품종등록과정에서 심강뽕으로 변경되었다.

(1) 고유특성

희상형에 속하는 자용동주로서 암꽃과 수꽃이 같이 피지만 암꽃이 우세하여 결실성이 높다. 잎 모양은 타원형으로 잎의 끝이 뾰족한 피침형으로 잎의 표면은 거칠다.

(2) 가변특성

발아개엽기는 청일뽕과 비슷한 중생종이며 오디의 속기는 심홍뽕보다 2~3일 늦은 중속계이다. 오디의 색은 익었을 때 흑자색을 나타내며 오디의 당도는 심홍뽕 오디보다는 약간 낮다. 오디의 크기는 2.4g의 중소과형으로 심홍뽕 오디 2.7g보다 작다.

(3) 적응지역 및 재배상 유의점

오디균핵병에 강하고 수량성이 매우 높으며 내동성이 보통이므로 전국에 재배할 수 있으나, 오디균핵병에 절대적인 저항성을 보이는 것은 아니므로 기본적인 균핵병 방제를 하여야 하며, 당도가 낮으므로 당도향상을 위하여 퇴비위주로 재배하여야 한다.

카. 새알찬

새알찬은 백상형(*Morus alba* L.)에 속하는 중만생종으로 농촌진흥청 국립농업과학원에 보존된 자원으로부터 실생종자를 채종하여 생산한 실생묘로부터 계통을 선발하여 만든 것으로 수원상108호로 명명하였으며, 이 계통을 2013년부터 2017년까지 5년간 국립농업과학원 잠사양봉소재과(전주), 충남농업기술원 잠사곤충사업장(공주) 전남농업기술원 곤충잠업연구소(장성), 경북농업자원관리원 잠사곤충사업장(상주) 등 4개 지역에서 심홍뽕을 대조품종으로 지역적응시험을 수행하였다.



그 결과, 오디 생산에 가장 큰 피해를 주는 오디균핵병에 강한 특성을 나타냈으며, 오디 수량성이 대조품종인 심홍뽕보다 94% 높은 수준을 나타내어 오디용 뽕나무 품종으로 우수성이 인정되어, 2017년 직무육성품종 심의회에서 새알찬 명명하였으며, 2018년 새로운 오디생산용 뽕나무 품종으로 보호출원(출원번호: 2018-338)하였다.

(1) 고유특성

희상형에 속하는 자용동주로서 암꽃과 수꽃이 같이 피지만 암꽃이 우세하여 결실성이 높다. 잎 모양은 타원형으로 잎의 크기는 중형이며 잎의 표면은 매끄럽다. 오디 수

확 후 전정하였을 때 가지가 많이 재생되어 잔가지가 많다.

(2) 가변특성

발아개엽기는 청일뽕과 비슷한 중생종이며 오디의 숙기는 심홍뽕보다 2~3일 빠른 조생종으로, 오디 초숙기는 대조품종인 심홍뽕과 비슷하지만, 만숙기는 6~12일 정도 늦어 수확기간이 긴 중숙계이다. 오디의 색은 익었을 때 흑자색을 나타내며 오디의 당도는 심홍뽕 오디보다는 약간 낮지만 당도가 높은 품종이다. 오디의 크기는 2.8g의 중소과형으로 심홍뽕 오디 3.2g보다 작다.

(3) 적응지역 및 재배상 유의점

오디균핵병에 강하고 수량성이 매우 높으며 내동성이 보통이므로 전국에 재배할 수 있으며, 오디 수확 후 재생되는 가지가 많아 새순이 발아할 때 눈을 따 주어 이듬해 봄에 전정노력을 줄여주는 것이 좋다. 오디가 중소과형이므로 대규모 상업적인 재배보다는 자가 소비를 위해 소규모로 재배하는 것이 좋다.

제2절 오디 재배기술

1. 오디 균핵병 방제

오디 생산에 큰 피해를 주는 병은 오디균핵병으로 일반적으로 20~30% 정도 피해가 있는 것으로 알려져 있으나, 심한 경우 전혀 오디를 수확할 수 없는 경우가 발생하여 문제



<오디균핵병 생활사>

가 된다. 오디균핵병 생활사를 구명하였으며, 방제에 효과적인 약제를 선발하여 방제용 약제로 등록하였다.

가. 약제에 의한 방제법

오디균핵병을 가장 효과적으로 방제하는 방법으로, 살포시기, 살포방법을 준수하여야 농약이 오디에 잔류되지 않는 안전한 산물을 생산할 수 있다. 방제방법으로는 개화기(4월 중·하순~5월 상순경 눈이 트고 잎이 피는 시기)에 방제약제인 티오파네이트메틸수화제(지오판, 톱신엠 등)나 티오파네이트메틸·트리플루미졸수화제(군타입, 모도우리 등)을 5~6일 간격으로 2~3회 정도 충분히 나무에 뿌려준다. 또한, 시기별, 작업단계별 오디뽕 표준재배 매뉴얼을 작성하여 보급함으로써 작업과 병해충 방제작업을 쉽게 할 수 있도록 하였다.

나. 재배에 의한 피해 경감법

비닐하우스내 재배나, 눈뜨기 전에 뽕밭에 석회(300kg/10a)를 뿌리거나 병에 걸린 오디를 제거하여 준다. 뽕밭에 바람이 잘 통하도록 전지·전정을 해준다. 그러나 재배에 의한 방법으로는 피해경감 효과가 고르지 않아 큰 효과를 보기 어려우므로 약제 방제와 겸하는 것이 효과적이다.

2. 오디 생산용 뽕나무 수형 개발

오디 생산에 적합한 수형은 뽕잎 생산용 뽕나무 수형과는 달라야 하므로 뽕나무 수형을 개발하였다며, 모양 만들기는 낮추만들기, 중간만들기, 교목만들기 등 3가지로 나눌 수 있다(그림 참조). 뽕나무 품종에 따라 적합한 모양이 있으므로, 품종에 따라 나무 모양을 달리하여 재배하는 것이 좋다.

가. 낮추만들기

그루당 수량은 좀 낮으나 가지 위까지 손이 닿아 품질이 우수한 오디를 수확하여 생과로 출하하기에 좋으나 그루당 수량이 적은 단점이 있다. 장점으로는 나무 심는 간격을 줄일 수 있어 성목이 되기 전까지 많은 수확을 올릴 수 있다. 청일뽕, 대자뽕과 같이 품종에 따라 나무를 적게 키울 경우 잘 달리지 않는 품종에는 피하는 것이 좋다. 대성뽕,

대심뽕 등과 같이 나무를 작게 키워도 결실성이 좋은 품종에 적합한 품종이다.

나. 중간만들기

원줄기를 60~80cm 내외로 하고 그 끝에 그루머리를 만드는 방법으로 원줄기에서 3~5개의 원가지가 나오게 만드는 방법이다. 중간만들기는 3년에 완성하는 것이 일반적이거나, 거름 주어 가꾸기(비배관리)를 잘하여 나고 자라는 것(생육)이 좋을 경우는 2년에 만들 수 있다.

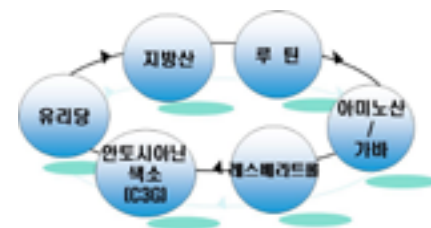
다. 교목만들기

나무를 크게 자라도록 하여, 죽은 가지나 지나치게 많이 자라는 가지를 솎아주는 정도로 관리하는 방법이다. 이 방법은 나무가 많이 자라면 오디가 작아지고, 관리가 어려우므로 일반적으로 많이 권장되는 방법은 아니지만 청일뽕을 이용할 경우 수량성이 매우 높아 제한적으로 이용할 수 있다.

제3절 오디의 성분 및 효능

최근 뽕나무 오디에 대한 기능성 및 이용성에 대한 가치가 재조명되고 있다. 일본에서는 식용오디용 뽕나무 유망계통을 선발하여 오디용 품종으로서 '라라베리(Lalaberry)'와 '팝베리(Popberry)' 두 품종을 최초로 등록하였으며, 중국에서도 과실용 뽕품종으로서 홍과 1호(紅果 1號)를 육성하여 보고하는 등 생식 및 기능성 식품의 원료를 생산하기 위한 연구들이 수행되고 있다. 우리나라의 경우 2002년부터 오디의 기능성이 TV와 신문 등을 통해 일반인에 소개됨에 따라 오디 생산용 뽕나무 재배 농가가 급격히 증가하였으며, 오디 전용 품종에 대한 요구에 부응하여 2004년 '대성뽕', 2006년 '대자뽕(맛나오디)', 2007년 '대봉뽕', 2008년 '수홍' 및 2009년 '심홍'이 등록되었다.

뽕나무 열매인 오디가 식품 소재로서 각광을 받는 이유는 안토시아닌(anthocyanin) 색소를



<오디함유 기능성 성분>

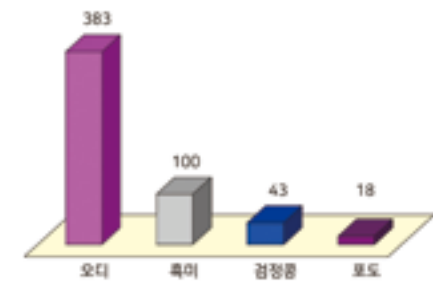
다량 함유하고 있어 천연색소를 이용하기 위한 차원에서 유망시되는 작물이며, 동의보감 탕액편(湯液篇)에 '까만 오디는 뽕나무의 정령(精靈)이 모여 있는 것이며, 당뇨병에 좋고 오장에 이로우며 오래먹으면 배고픔을 잊게 해준다(黑椹桑之精英 盡在於此 主消渴利五臟 久服不飢)'고 하고 '귀와 눈을 밝게 한다(明耳目)'라고 했으며, '오디를 오래 먹으면 백발이 검게 변하고 노화를 방지한다(久服 變白不老)'고 기록되어 있어 기능성에 있어서도 기대가 되는 작물이기 때문이다.

농촌진흥청 잠사양봉소재과에서는 오디 전용 뽕 품종 육성 및 재배법은 물론 뽕나무 오디의 기능성 성분과 이용방법에 대한 과학적 연구를 해오고 있다. 지금까지 밝혀진 뽕나무 오디의 기능성 성분에 대하여 정리하면 다음과 같다.

1. 오디의 기능성 성분

가. 오디함유 안토시아닌(C3G) 색소

최근 천연색소에 대한 관심이 높아짐에 따라 식품이나 화장품 등에 첨가하여 기능성을 높이고자 하는 연구가 진행 중에 있고, 오디 중에 함유되어 있는 안토시아닌 색소를 추출하여 이용하고자 하는 연구도 시도되었다.



<작물별 노화억제 물질(C3G) 함량>

안토시아닌 색소는 식물학적으로 각종 곤충, 조류 등을 유인하여 화분의 수분 및 종자의 확

산에 기여할 뿐 만 아니라, 노화억제, 당뇨병성 망막장애의 치료 및 시력개선 효과, 항산화 작용 등 다양한 생리활성을 갖는 것으로 최근 보고됨에 따라 인체에 무해한 천연색소 및 기능성 소재로서 각광받고 있다. 색소의 기본골격에 결합하는 당의 종류에 따라 색소의 배당체가 결정되며, 항산화 활성 등 생리적 효능에도 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 안토시아닌 색소는 자연계에 배당체 형태로 존재하며 오디에 다량으로 함유된 C3G는 여러 색소 중에서도 가장 항산화력이 뛰어난 것으로 알려져 있기 때문에 오디에 함유된 안토시아닌은 천연색소 자원으로서 그 이용가치가 매우 클 것으로 기대된다. 특히 C3G 단일물질로 존재하기 때문에 분리, 정제하기 쉽고 수율도 높아 천연색소 자원으로서 이용가치가 기대된다.

나. 유리당 조성 및 함량

뽕나무는 교목으로서 수년 자라게 되면 전년도 가지에 화아(花芽)가 분화되어 5월경에 개화 수정되어 오디가 착과되며, 오디는 성숙됨에 따라 적색에서 자홍색 또는 흑자색으로 되어 감미와 향기가 난다. 일반적으로 뽕나무 오디의 과실적 특성 분석에 있어 당도 분석을 실시하게 되는데, 굴절당도계를 이용하여 오디즙 또는 오디즙의 상등액에 대하여 측정된 값(단위 : Brix %)을 읽음으로써 품종간 또는 계통간 단맛의 정도를 가늠하는 척도로 사용해 왔다. 그러나 당도는 기상환경과 재배조건뿐 만 아니라, 채취시기 및 채취부위 등에 영향을 받기 때문에 일반인들이 느끼는 입맛과는 차이가 있음이 지적되어 왔다. 엄밀한 의미에서 당도는 가용성 고형물에 대한 굴절율을 나타낸 것이며 주로 서당, 포도당, 과당, 맥아당 및 polysaccharides 등에 의해 결정되는 값이므로 실제 과실류의 단맛과는 차이가 있음에도 불구하고 같은 의미로 혼동하여 사용해 왔기 때문이다. 따라서 과실류의 단맛 결정인자인 유리당을 오디에서 분석하여 본 결과 단당류인 포도당과 과당만이 검출되었고, 이당류인 서당(sucrose)과 맥아당은 검출되지 않았으며, 뽕나무 품종(계통)별로 오디를 채취하여 유리당의 함량을 분석한 결과 공시한 49계통 모두 과당과 포도당만이 검출되었으며, 평균 함량은 각각 $4.49 \pm 1.06\%$ 와 $4.62 \pm 1.08\%$ 로서 두 성분의 조성 비율은 1:1이었다.

한편, 우리나라에서 생산되는 대표적 과실인 감귤, 복숭아, 포도, 배 및 사과에 대한 유리당의 함량을 분석한 결과에 의하면, 감귤과 복숭아는 서당>과당>포도당 순으로 유리당의 함량이 많은 반면 포도와 배의 경우는 과당>포도당>서당 순으로 함량이 많고, 사과의 경우는 품종에 따라 포도당과 서당의 순서가 다르다고 하였다. 그러나 뽕나무 오디는 이들 과실과는 달리 서당을 함유하고 있지 않은 것으로 나타나 이 성분을 배제시켜야 하는 식품 제조에 있어 좋은 소재로서 활용할 수 있을 것으로 보인다.

다. 가바(GABA) 함량

최근 GABA 성분이 혈압상승을 억제하고 식욕과 포만감을 조절하여 체중을 감소시킨다고 보고됨에 따라 GABA를 함유하는 식품에 대한 선호도가 증가하고 있다. 이미 일본에서는 혐기적 처리에 의해 GABA 함량이 증가된 녹차가 개발되었으며, 우리나라에서도 뽕잎 중 GABA 함량에 대한 연구가 보고되었다. 한편, 오디 중의 GABA 함량에 대해서는 수봉뽕 오디를 포함한 5종의 재배종에 대한 평균 GABA 함량은 0.13mg/g DW 수준으로서 이미 보고된 뽕잎과 상백피의 함량에 비해 현저히 낮았으나 야생오디의 경우에

는 4.88mg/g DW 으로서 재배종의 뽕잎, 상백피보다 2~3배 많은 것으로 나타나 의외의 결과를 얻었다고 보고하였다.

라. 플라보노이드(Flavonoids) 함량

플라보노이드계 화합물은 황색 또는 담황색을 띠며, UV 광선, 해충 및 미생물로부터 식물체를 보호하는 동시에 항산화작용, 효소활성 조절작용, 타감작용 및 꽃색깔의 결정 성분으로 작용하는 등 식물체의 생존에 중요한 역할을 담당하고 있을 뿐 아니라 인간에게도 유용한 성분이다. 특히 루틴(rutin)은 모세혈관 강화작용과 모세혈관 수축작용을 나타내어 순환계질환 치료제, 고혈압치료제, 보조인자 등의 주성분으로 사용됨에 따라 민간에서는 이 성분을 포함하고 있는 천연물 및 기능성식품에 대한 관심이 높아지고 있다. 루틴은 메밀에서 최초로 분리된 물질이며, 이 물질은 식물계에 널리 분포되어 있는 플라보노이드의 한 화합물로서, 메밀 이외에 회화나무, 태산목, 팬지, 마로니에 꽃, 담배, 플라타너스 잎, 대황, 차나무 잎, 감나무 잎, 강낭콩 잎 등에도 많이 함유되어 있다.

이와 관련하여 양잠산물 중 뽕잎에 루틴이 다량 함유되어 있다는 보고가 있으며 뽕잎과 더불어 기능성 및 천연색소 자원으로서 유망시되고 있는 오디를 뽕나무 계통별로 수확하여 루틴 분석을 실시하고 계통간 특성을 살펴본 결과는 다음과 같다.

- (1) 공시계통의 평균함량은 $0.14 \pm 0.050\%$ DW이었으며, '사방소'는 0.29% DW로 가장 높은 함량을 나타낸 반면, '심설'은 가장 낮은 함량인 0.05% DW를 나타냈다.
- (2) 오디 중의 생육시기에 따른 루틴 함량의 경시적(經時的)인 변화를 살펴본 결과, 뽕잎의 경우와 마찬가지로 '암뢰상', '청노상', '강선', '만생백피노상' 및 '사방소' 5계통 모두 수확시기가 이른 것의 오디에서 함량이 높았다.
- (3) 루틴 고함유 계통에 대한 오디로서의 이용가능성을 검토하기 위해 '사방소', '휘카스', '강선', '중호상', '만생백피노상' 및 '팔청시평' 6계통의 과실적 특성을 조사한 결과, '휘카스', '강선' 및 '팔청시평' 3계통은 수량, 과중, 당도 등 과실적 특성도 양호한 성적을 나타냈으므로 금후 오디생산과 기능성을 동시에 고려한 품종선택시 활용할 가치가 있는 우수계통으로 선발하였다.
- (4) 건조방법 및 저장방법이 식물체의 루틴 함량에 영향을 미치므로 오디 건조 및 저장시 지나친 고온과 저온을 피해야 하며, 식품으로 가공 시에도 이 점에 주의하여 생리활성물질인 루틴의 섭취량을 늘리도록 하여야 할 것이다.

마. 지방산의 조성 및 함량

뽕나무 계통별로 지방산을 분석한 결과 오디종자에 함유된 주요 지방산은 팔미트산, 스테아르산, 올레산 및 리놀레산으로서 4종이 확인되었으며, 각 지방산에 대한 공시계통의 평균 함량(%)은 8.8±3.3, 4.2±1.6, 5.8±2.3 및 81.2±6.9로 불포화지방산인 올레산과 리놀레산을 합한 양은 87.0%로서 매우 높은 것으로 보고하였다.

오디 종자에 다량으로 함유된 리놀레산은 리놀렌산 및 아라키도닉산과 더불어 체내에서 합성되지 않는 필수지방산으로서 생체막의 중요한 구성성분이며 혈중 콜레스테롤의 함량을 낮추는 작용을 하는 것으로 알려져 있다. 또한 필수지방산 가운데 아라키도닉산의 생리적 효력이 가장 우수하고 리놀렌산이 가장 떨어지며, 아라키도닉산은 체내에서 리놀레산으로부터 합성되는 것으로 보고하고 있다. 따라서 리놀레산을 다량으로 함유하고 있어 불포화지방산의 함량이 상대적으로 높은 오디종자는 신체의 성장과 유지 및 생리적 과정의 정상적 기능을 수행하는데 중요한 역할을 할 것으로 기대되며, 특히 고지혈증의 혈중 콜레스테롤을 억제시키는 작용 등 생리활성작용을 기대할 수 있어 매우 유용한 자원으로 사료된다.

바. 레스베라트롤 함량

레스베라트롤(Resveratrol)은 UV조사, 금속이온 혹은 Botrytis cinerea나 Plasmopara viticola에 의한 감염 등 생물학적, 비생물학적 스트레스에 대해 자신을 방어하기 위하여 만드는 항독성 물질로서 인체 내에서 지질대사 제어, 혈소판 응집 억제 및 암 예방 등 다양한 효능을 가지는 것으로 알려져 있는 생리활성물질이다. 우리나라에 유전자원으로 보존 중인 뽕나무의 결실 오디를 계통별로 채취하여 레스베라트롤 함량을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 공시계통의 평균함량은 777.3 ± 585.94 ppm 으로 계통간 변이가 매우 심하였다. '만생 백피노상 II'는 3450.6 ppm으로 가장 높은 함량을 나타낸 반면, '사방소 I', '심설', '국부' 및 '야상오디'에서는 검출되지 않았다.
- (2) 과실적 특성인자인 수량, 단과중 및 당도 값을 동시에 만족시켜 오디 생산용 우량 계통으로 선발된 8계통의 레스베라트롤 함량은 각각 '절곡조생(충북)' 777.8ppm, '팔청시평' 1475.9ppm, '강선' 864.0ppm, '수원노상' 639.7ppm, '죽천조생' 1458.5ppm, '수성뽕' 31.1ppm, '당상7호' 771.1ppm, '장소상' 133.9ppm이었다.

(3) 우리나라 최초의 오디생산용 뽕품종으로 등록된 '대성뽕' 오디의 레스베라트롤 함량은 1236.7ppm으로 매우 높았다. 따라서 와인 등의 가공제품 개발시 이 품종의 오디를 선택한다면 기능성 및 이용성에서 유리할 것으로 판단된다.

(4) 이상에서 오디는 C3G, 루틴, 지방산, 아미노산 등 여러 가지 생리활성물질 뿐 만 아니라 레스베라트롤 함량도 매우 높음을 알 수 있었다. 그러나 계통간 변이가 심하므로 품종선택시 '만생백피노상', '죽천조생', '팔청시평', '대성뽕' 등 고함유 계통을 선택하여 이용성을 높이도록 해야 할 것이다.

2. 오디의 효능

오디에 대한 기록으로는 당나라 때 쓰여진 소경, 진장기, 우리나라의 동의보감 등 고의서를 비롯하여 전국 한의과대학이 있으며, 그 효능에 대해서 언급되고 있는 내용을 살펴보면,



면, '달고 차며 독이 없다', '오장과 관절을 이롭게 하고 혈기를 통하게 한다', '백발을 검게 하며 소갈을 덜어 주고 오장을 이롭게 하며 오래 먹으면 배고픔을 모르게 한다' 이외에 부종억제, 숙취제거, 소갈증제거, 대머리 예방 및 치료 등에 사용된 것으로 기록되어 있다.

오디술에 대한 기록은 동의보감 탕액편에 '오디는 오장을 보하며, 귀와 눈을 밝게 한다. 즙을 내어 술을 만든다'와 본초식감에 '검게 익은 오디 한 되에 좋은 술 3되를 넣고 설탕을 2~3근 넣어 저은 후 35일 지나면 마신다'에서 찾아볼 수 있다. 또한 오디가 간장을 튼튼하게 하고 정력을 좋게 하며 풍을 가라앉히고 영양을 풍부하게 하는 것으로 알려져 있다.

한편 오디를 수확하여 신경세포 보호 활성과 항균 활성에 대한 오디 추출물의 효능을 평가한 결과 신경독성 물질 과산화수소 처리에 의해 유도되는 신경세포사에 대하여 오디 추출물 처리시 37%의 세포보호 효과를 나타냈으며, Oxygen-glucose deprivation (OGD)에 의하여 유발된 뇌허혈 모델에서는 오디 C3G의 경우 농도 의존형으로 세포 괴사를 막았다. 또한 오디 추출물과 C3G의 항균활성을 검정한 결과, 청일뽕 오디의 메탄

을 추출물의 항균 활성이 가장 높았으나, Salmonella typhimurium 의 경우 모든 처리군에서 70% 이상의 억제 활성을 나타냈다.

3. 향후 전망



그 동안 오디는 누에의 사료로서 뽕잎을 생산하기 위한 차원에서 부산물로만 취급되어 왔다. 그러나 뽕나무 오디를 주스, 잼, 칩출주, 아이스크림 등의 가공제품의 원료로 사용할 수 있으며, 껍질뿐만 아니라 과육에도 안토시아닌 색소를 다량 함유하고 있어 천연색소를 이용하기 위한 차원에서 유망시되며, 노화억제, 당뇨병성 망막 장애의 치료, 시력 개선 효과, 항산화 작용 등 다양한 생리활성을 기대할 수 있어 인체에 무해한 천연색소 및 기능성 소재로서 새롭게 각광받고 있다. 또한 유리당에 있어 과당과 포도당만으로 구성되어 있어 설당을 배제시켜야 하는 식품제조에 있어 좋은 소재로 활용할 수 있을 것으로 보이며, 리놀산을 다량으로 함유하고 있어 불포화지방산의 함량이 상대적으로 높은 오디종자는 특히 고지혈증의 혈중 콜레스테롤을 억제하는 작용 등 생리활성작용을 기대할 수 있어 매우 유용한 자원으로 사료 된다.

이와 같이 뽕나무 오디는 기능성 식품소재 및 양잠농가의 소득을 증진시킬 수 있는 작목으로서 가능성이 시사되었지만 과실의 크기가 일반 과실에 비해 상대적으로 매우 작고 저장·유통기한이 짧아 이용기술에 대한 체계적인 연구는 이루어지지 않았다. 따라서 앞으로 이들 문제점을 해결하는 것이 가장 시급하며 동시에 그 활용 방안에 대해서는 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

[성규병]

제5장 실크 신소재 개발

제1절 실크의 재발견

실크는 부드러운 촉감, 특유의 광택, 그리고 감미로운 비단 고유의 소리를 가지고 있을 뿐 아니라 착용감이 좋고 옷을 입을 태가 우수하여 ‘섬유의 여왕’이라고 불려왔다. 실크가 몸(피부)에 좋다는 것은 중국 절강의과대학과 서안 의과대학병원에서 30명의 의사와 연구진들이 6~12개월 동안 283개 피부병 증상을 가진 환자를 대상으로 비단 속옷을 처방하여 얻은 임상시험을 통하여 증명되었다. 임상시험 결과에 따르면, 노인, 여성, 어린이의 전신 피부가려움증, 국부 가려움증, 소아 땀띠 등이 85% 이상 치료되었다. 실크가 지닌 이러한 특성은 사람 피부와 유사한 성분을 가지고 있기 때문이라 추정하고 있다. 피부 건강을 증진 시키는 실크의 기능은 피부 친화형 소재 개발의 계기가 되었다.

실크는 자연계에 존재하는 각종 섬유 재료 중에서 유일하게 마디가 없는 긴 섬유로서 수술용 봉합사로도 오랫동안 사용되어 왔다. 현재도 사용되는 수술용 실크 봉합사는 미국 FDA에 생체재료로 인정하고 있다. 미국, 일본 등을 중심으로 실크 단백질의 세포적 합성, 인체 조직 수복용 생체재료 등으로 연구가 확대되고 있어 실크 단백질을 이용한 생체재료 소재 개발의 계기가 되었다.

한편 일본에서는 실크가 100% 단백질 성분으로 구성되어 있다는 것에 주목하였다. 초고령사회로 진입한 일본에서는 고령인에 대한 단백질 공급의 필요성에 절감하면서 실크 단백질을 식품 소재로 활용 가능성을 검토하였다. 실크분말, 실크용액 등을 제조하여 실험동물의 소화 흡수율 등을 확인하고 실크 펩타이드의 건강 기능성 구명을 연구하였다. 이러한 연구 결과를 기반으로 실크단백질의 건강 기능성에 대한 연구가 확대되었으며, 실크를 이용한 건강기능식품 소재 등 식품용 소재 개발의 계기가 되었다.

전통적으로 옷감용 소재로 사용되어 온 실크는 산업화된 한국 사회 변화에 맞추어 피부에 바르고, 몸속의 생체재료로 진화하고 있으며, 고 단백질원을 공급하는 식품 소재로 다양하게 활용되고 있다.

제2절 실크의 기능성 및 제조방법

1. 건강 기능성

가. 항산화 효과

노화 뿐 아니라 각종 질병은 인체 내 항산화 작용과 관련이 있다. 분자량별로 누에 분말의 항산화 효과를 검토한 결과, 분자량 수백 정도의 실크 분말의 대표적인 항산화 물질인 비타민C 대비 85% 정도의 항산화 활성을 보였다. 항산화 효과란 산화적 스트레스에 의하여 발생하는 자유 라디칼에 의한 세포와 조직의 손상을 막아주는 역할을 말한다.

나. 간 기능 개선 효과

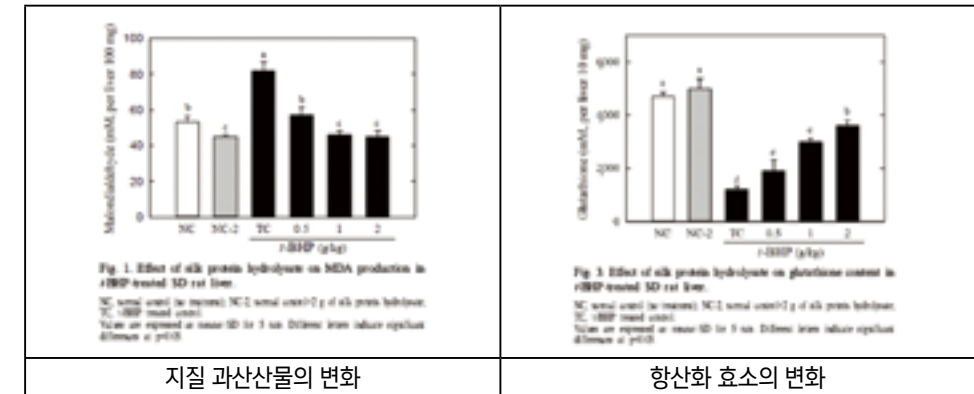
우리나라는 세계적으로 간 관련 질환이 많아 사망률도 높은 편이다.

간의 주요 기능은 지방, 탄수화물, 단백질 등을 에너지로 변환시키는 기능과 체내로 들어온 알코올 등 약물이나 독물을 무독화시키는 기능이 있다.

실크 분말의 간 기능 개선 효과는 간 독성 유발물질을 투여한 동물에 실크 펩타이드를 투여하여 간 독성이 24시간 이후에는 17%, 48시간 이후에는 32% 감소하는 것을 확인하였다. 또한 알코올 분해 활성에 대한 검토 결과 산 가수분해 분말은 26%, 효소 가수분해 분말은 58%의 혈중 알코올이 감소하는 것을 확인하였다. 이러한 결과에 따라 실크 분말은 숙취 해소에도 효과가 있다.

지질과 산화는 생체 내에서 각종 산화물질로 인하여 세포막의 다가 불포화지방산이 과산화되는 것을 현상을 말하며, 불포화지방산이 과산화 과정에서 분해되어 지질과산화물이 생성된다. 간 조직에서 지질 과산화물을 측정된 결과 산 가수분해 실크 단독 투여만으로도 정상군에 비하여 약 20% 가량 지질 과산화가 억제되었다.

약물을 사용하여 간 손상을 유발한 경우 지질 과산화물 (80 mM/100mg)은 정상군보다 약 40% 증가한 값을 보였으나 실크 분말 섭취로 인하여 정상군 내외의 측정값을 보였다. 그리고 체내에서 해독기능, 면역기능, 항산화 기능을 하는 글루타치온은 약물에 의하여 산화 방지 역할을 하면서 급격하게 감소하였으나 실크단백질 투여로 그 감소 현상이 줄어들었다.



지질 과산화물의 변화

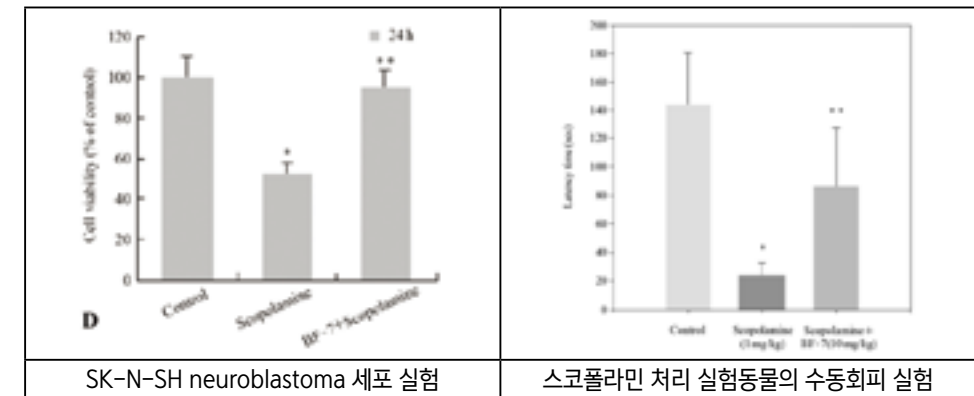
항산화 효소의 변화

다. 당뇨병 예방 효과

예부터 당뇨병을 치료하기 위하여 누에고치를 끓인 물을 마셔왔다는 민간요법에 근거하여, 일본 동경농공대에서는 2주 동안 칼로리가 높은 사료를 먹여 내당성이 낮아진 쥐에서 누에고치를 가수분해한 실크 올리고 펩타이드를 먹인 결과 인슐린 농도가 올라가 실험동물의 혈당치가 정상 수준으로 되돌아온다는 것을 확인하였다. 국내에서도 피브로인 펩타이드를 인슐린 의존성 실험동물과 비의존성 실험동물에 투여한 결과, 인슐린 비의존성 실험동물에서는 뚜렷한 혈당 감소가 확인되었다고 한다. 중국에서도 유사한 결과를 보고하고 있어 이를 활용한 소재 개발도 가능할 것으로 보인다.

라. 신경세포 보호 효과

학습 기억력과 관련하여 뇌 신경세포 보호 작용에 대한 연구결과 실크 단백질(BF-7)을 먼저 처리한 신경세포는 스코폴라민에 의하여 유도된 세포 사멸 효과가 억제되었다. 실험동물을 통한 수동회피실험의 경우에도 실크 단백질 처리에 의하여 실험동물의 반응

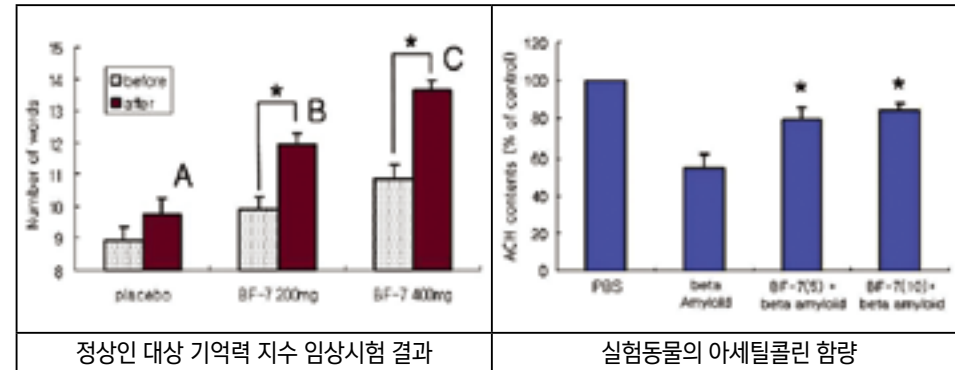


SK-N-SH neuroblastoma 세포 실험

스코폴라민 처리 실험동물의 수동회피 실험

이 대조약물 처리구에 비하여 빠르게 나타났다.

정상인을 대상으로 한 학습 기억력 임상시험을 99명을 대상으로 시험한 결과 실크단백질 복용군에서 용량 의존적으로 기억력 지수가 증가하였다. 또한 실험동물을 대상으로 아세틸콜린 농도를 측정하였다. 베타 아밀로이드 처리할 실험동물 뇌에서 아세틸



콜린의 농도는 정상군과 비교하여 45% 감소하였다. 반면에 실크 섭취로 인하여 정상군 대비 78%, 80%의 아세틸콜린 농도를 보였다. 이러한 결과는 실크 단백질 섭취에 의한 기억력 지수의 증가와 연관이 있다.

2. 실크 분말을 만드는 방법

누에고치로부터 실크 분말을 만드는 방법은 크게 2가지로 산 가수분해 방법과 중성염 용해 효소분해법이 있다.

가. 산 가수분해법

식용 실크 분말을 만드는 데 사용되는 원료는 번데기를 제거한 누에고치이다. 번데기를 뺀 누에고치를 가늘게 자른 후 0.5% 탄산소다 용액에서 30분간 98°C로 2회 정련한다. 정련한 실크는 100배의 염산 용액으로 가수분해한 후 가성소다 용액으로 중화한다. 제조된 실크 용액의 염분을 투석막이나 전기 투석장치를 이용하여 제거한 후 농축 동결건조하면, 약 60%의 유리 아미노산과 40%의 실크 분말을 얻게 된다. 이 분말은 약간 단맛이 나며 소화 흡수에 좋아서 식품 소재로 적합하다.

나. 중성염 용해 효소분해법

정련한 누에고치를 염화칼슘 용액으로 90°C에서 5시간 동안 용해 시킨 후 투석막 또는 겔 여과장치를 통하여 탈염한다. 이 용액을 식용 단백질 효소로 가수분해하면 고순도의 수용성 실크 분말을 얻을 수 있다.

제3절 실크소재의 상용화

1. 피부친화형 소재

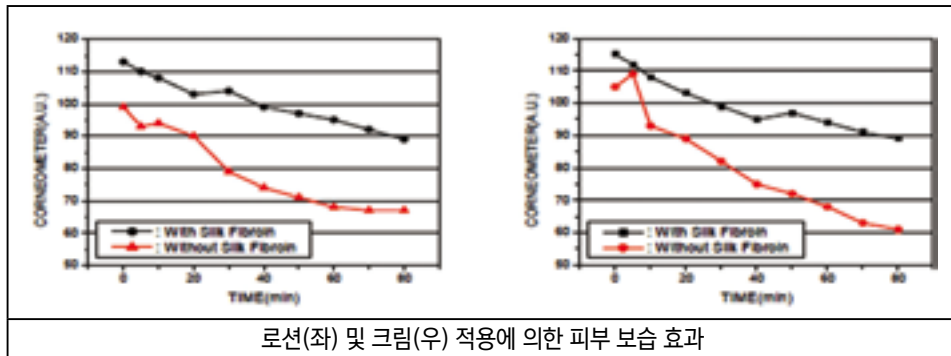
가. 실크화장품

실크 직물은 옷 맵시 뿐만 아니라 피부 건강에도 좋다는 것은 이미 널리 알려져 있다. 누에고치나 실크 직물을 그 상태로 화장품 원료로 사용할 수 없으므로 물질의 구조와 형태를 변화시켜야 한다. 실크의 분자량을 조절하여 만든 실크 단백질은 화장품 원료로 사용할 수 있다. 실크단백질의 첨가 여부에 따른 화장품(로션, 크림)의 보습성을 평가한 결과 실크단백질이 첨가됨에 따라 보습성이 최고 50% 이상 증가하고, 피부의 콜라겐 생성량도 최고 40% 이상 증진되었다. 이러한 결과는 실크단백질로 인하여 피부의 수분 손실을 막아주어 피부 노화를 방지함은 물론 촉촉한 피부를 유지시켜 줄 뿐 아니라 콜라겐 생성 촉진에 의한 주름 개선 효과까지 유도된다.

농촌진흥청의 연구 개발 이후로 실크단백질 성분이 포함된 로션, 크림 등의 화장품류가 국내외에서 개발되어 시판되고 있다. 국내의 일반 백색 누에고치를 활용한 실크화장품 이외에도 밝은 노란색 고치를 짓는 골든실크(누에품종명)를 활용한 실크화장품도 제품으로 출시되고 있다.



실크단백질 함유 기능성 화장품



나. 실크치약

실크치약은 누에고치 중에서 피브로인 단백질이 상처회복 효과를 활용한 것이다. 실크치약을 2주간 사용할 경우 입안 상피 세포 조직 재생이 약 33% 개선되는 효과가 있다. 이어서 각 연령별로 구성된 54명의 임상시험 대상자를 대상으로 실크치약의 사용감에 대한 의견을 청취한 결과 잇몸 질환 개선 효과가 있다는 의견이 46%, 구강 내의 상쾌함과 개운함을 느낀다는 의견이 53%였다. 실크치약의 구강 건강에 도움이 되는 정도를 검증하기 위하여 30명을 대상으로 치은염 지수를 측정한 결과 저분자 실크 펩타이드를 포함하고 있는 실크치약은 실크가 포함되지 않은 치약에 비하여 치은염 개선 효과가 우수하였다.

<실크치약의 치은염 개선 효과>

사용 기간	치은염지수	
	실크 치약	일반 치약
0-2일	1.65	1.66
1주	1.05	1.45
2주	0.51	1.13
3주	0.34	0.96
4주	0.21	0.85

치은염지수. 0 염증없음; 1 경미한 치은염; 2 중증 치은염; 3 고도 치은염

다. 실크비누

누에고치를 구성하고 있는 물질은 세리신과 피브로인이다. 비단 물질인 피브로인과는 달리 세리신의 구성 성분에는 친수성 아미노산이 많이 포함되어 있다. 일반적으로 섬유화 과정에서 제거되는 세리신은 피부의 천연보습인자와 유사한 아미노산 조성을 지니고 있어 건강한 피부를 유지하는 데 많은 도움을 줄 것으로 생각되었다. 농가에서 누에 동충하초 등을 생산한 후에 남은 누에고치를 활용할 수 있어 양잠농가의 부가소득 창출

의 기회가 되기도 한다.

실크 세리신이 함유된 미용비누는 일반적으로 비누를 사용한 후 생기는 피부 당김 현상 등은 없고 보습성이 증가 됨은 물론 세안 후 화장이 잘 받는다는 관능 평가를 받고 있다. 농촌진흥청에서 실크비누를 개발한 이후 실크를 포함하는 미용비누의 상품화가 촉진되었다.

라. 실크염모제

실크는 고운 색으로 염색이 잘 되는 특성이 있을 뿐 아니라, 실크직물 착용에 의한 피부 건강증진 효능까지 있다. 이러한 실크의 특성을 활용하여 실크 염모제가 개발되었다. 일반적인 염모제는 머리카락을 구성하는 케라틴 섬유를 손상시키는 강한 알칼리성 약품이 사용되고 있으며, 피부 건강이 나쁜 사람의 경우 발진, 가려움증 등의 부작용이 생길 뿐 아니라 머릿결의 손상을 유발하는 단점이 지적되곤 하였다.



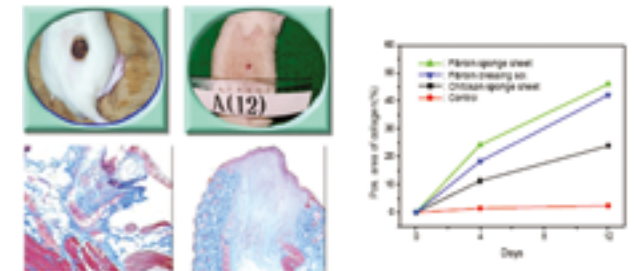
실크 피브로인 복합체 막을 이용한 창상피복 실험(우: 적용 12일 후 콜라겐 생성량)

앞에서 살펴본 실크의 특성이 염모제와 결합 되면, 염모제의 염색기능이 우수하고 피부 트러블이 없는 염모제 개발이 가능하였다. 실크의 우수한 염색 특성에 의하여 염료가 모발 속까지 깊이 염색이 되는 효과가 있어 염색 지속성이 증가하였다. 그리고 머리카락 표면의 손상된 스케일을 코팅하여 부드러운 머릿결을 지속적으로 유지 시켜 주는 것으로 나타났다.

2. 의료용 생체재료

가. 창상피복제

불의의 사고로 피부가 크게 손상을 입었을 경우 이를 치료하기 위해 인공 피부를 사용한다. 피부 진피층이 파괴되는 커다란 손상을 입은 피부



천연실크 염모제로 염색한 모발표면 (좌: 정상, 가운데: 실크 미첨가, 우: 실크 염모제)

는 2차 감염 및 수분 손실까지 발생한다. 그래서 이를 방지하기 위하여 사용되는 인공 피부는 손상된 피부 조직을 보호하고 상처 회복을 촉진하는 기능이 더욱더 요구된다. 기존에 인공 피부용 소재로는 콜라겐, 실리콘, PLA-PGA 공중합체, 키토산 등이 이용되고 있다. 농촌진흥청에서는 실크 단독 또는 기존 인공피부 재료와 혼합하여 필름을 제조하여 창상 피복 효과를 확인하였다.

실크를 소재로 창상 피복제를 제조하여 동물 실험한 결과 상처 회복 속도가 빠르게 나타났을 뿐 아니라 피부 콜라겐이 대조군과 비교하여 많이 생성되는 것을 확인할 수 있었다.

나. 고막패치

사람의 고막은 인체의 다른 피부 조직과 마찬가지로 자연 복원이 되는 특성이 있으나 갑작스러운 사고나 질병으로 인하여 손상을 받기 쉬워 손상된 고막은 일상생활에 많은 불편이 뒤따른다. 특히 고령인 사람의 경우에는 고막 재생효율이 낮은 것으로 알려져 있다. 그리고 구멍이 뚫린 고막을 오랫동안 방치된 경우에는 만성 중이염, 청력 상실 등이 초래될 가능성도 있어서 일반적으로 이의 치료를 위해 고막 패치 기술을 진행하고 있다. 누에고치에서 뽑아서 만든 투명한 실크 단백질 소재로 제작된 필름으로 동물실험을 실행한 결과 기존에 사용되던 종이 패치와 비교하여 고막재생 효능이 137%가 우수하였으며, 재생 기간도 단축되는 결과를 얻었다. 고막 천공환자 50여명을 대상으로 임상시험을 실시한 결과 고막재생 성공비율이 100%에 가깝게 나타나 기존의 사용되던 종이 패치보다 효과가 좋음을 확인하였다. 더불어 환자의 70% 이상은 고막재생이 조기에 완료되어 시술성공에 만족감을 주고 있다.



실크고막패치

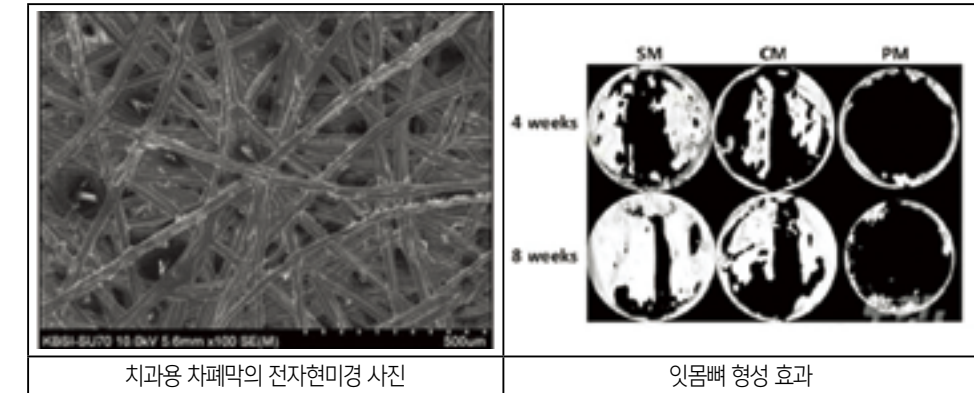


고막재생효과

다. 치과용 차폐막

치과용 차폐막은 손상된 잇몸 조직의 회복을 위하여 잇몸뼈 재생 수술이나 인공 치아

를 이식하는 임플란트 시술에 사용되는 막이다. 이 막은 잇몸뼈 재생에 방해되는 세포들이 치료 부위로 이동하지 못하도록 막는 역할을 한다. 실크 차폐막은 누에고치에서 치밀한 망사조직을 갖는 부위를 분리하여 막는 얇은 막이다. 실크 차폐막은 신생 뼈가 형성될 수 있도록 공간유지 기능을 위한 잇몸 세포 이동 차폐기능 이외에도 기존 차폐막에 비하여 2~8배 정도의 잇몸뼈 형성촉진 기능이 있다. 이에 더하여 봉합 강도가 뛰어나 잘 찢어지지 않고 잇몸뼈가 형성될 때까지 물성을 유지할 수 있다는 장점이 있다.

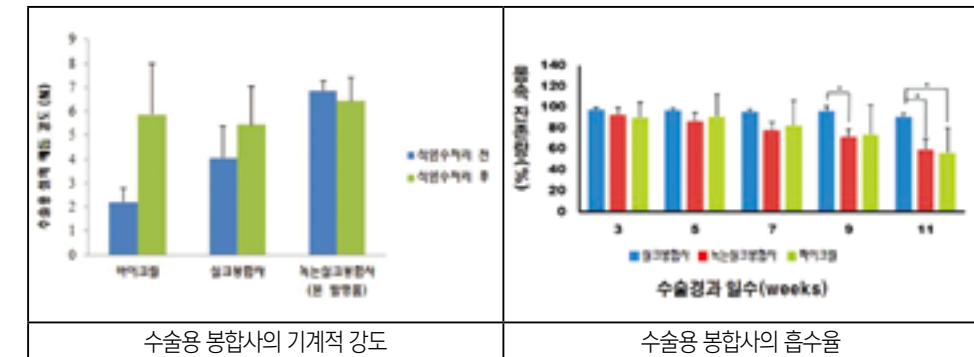


치과용 차폐막의 전자현미경 사진

잇몸뼈 형성 효과

라. 수술용 봉합사

수술용 봉합사로 사용되어 온 실크는 가장 오래된 생체재료 가운데 하나이다. 실크는 길고 매끈한 특성을 지닌 섬유원료로서 오랜 옛날부터 수술용 봉합사로 사용되었다. 최근 의료공학이 발전함에 따라 생체 내에서 분해되어 흡수되는 흡수성 봉합사가 개발됨에 따라 실크 봉합사의 용도는 축소되고 있었다. 대표적인 비흡수성 봉합사인 실크 봉합사는 오랜 세월 동안 의료현장에서 사용되어 온 재료로서 생체적합성이 매우 높다. 실크 봉합사에 식품첨가제로 사용되는 4-헥실레조시놀을 처리하면 뛰어난 항균 활성과 염증



수술용 봉합사의 기계적 강도

수술용 봉합사의 흡수율

반응억제 효과를 가지는 흡수성 봉합사가 된다. 동물실험으로 검증한 결과 이식 11주 후

에 흡수성 실크 봉합사는 59.5%, 시판 흡수성 봉합사는 56.4%로 비슷한 흡수율을 보였으나 인장강도 등 물리적 강도는 실크 봉합사가 우수하여 의료현장에서 활용성은 더 높은 것으로 판단된다.

마. 실크 구강청결제

구강청결제는 치과용 보조용품 중에서 가장 많이 사용되는 것 가운데 하나다. 농촌진흥청에서 개발한 실크가 포함되어 있는 구강청결제는 알코올, 타르 색소 등 화학물질을 사용하지 않고 식물성 추출 등 천연물을 원료로 사용하였다. 구강청결제 원료로 사용되는 실크 세리신은 세포증식 등과 관련된 HIF-1 α 등의 발현을 증진 시켜 면역세포를 활성화함으로써 구강의 살균과 상처 치유를 돕는다. 실크 구강청결제를 32명을 대상으로 임상시험을 한 결과, 기존 구강 청결제 보다 살균 효과는 2배 이상 높았고, 입 냄새 제거 효과는 30% 증가하였으나 구강 청결 효과도 3배 이상 오래 지속되는 것으로 확인되었다.

3. 식품 소재

누에고치를 구성하고 있는 주요 성분은 피브로인과 세리신이라는 단백질이다. 아미노산은 실크 단백질을 비롯한 모든 단백질의 기본 구성단위이다. 아미노산은 일반적으로 인체 내에서 각각 나름의 생리 활성을 가지고 있다. 영양학 측면에서 볼 때 아미노산은 인체 내에서 생합성이 되는 비필수 아미노산과 음식을 통해서 섭취로 가능한 필수 아미노산으로 나눌 수 있다. 실크 단백질은 18종의 아미노산으로 구성되어 있어 실크 분말을 통해서 다양한 필수 아미노산의 섭취가 가능하다. 실크 단백질에 많이 포함되어 있는 아미노산의 기능적 특성을 정리하면 아래와 같다.



화장용 순수 분말

실크 단백질에 많은 아미노산의 기능 특성	
아미노산	기능 특성
글리신	혈중 콜레스테롤 저하, 간 기능 강화, 알코올대사 촉진, 혈당 강하 신경전달 정보, 뇌혈류 순환, 뇌졸중 예방
알라닌	혈중 콜레스테롤 저하, 간 기능 강화, 혈당 저하 중금속 및 약물 해독 작용, 인슐린 분비 촉진
세린	인슐린 생산 촉진, 혈중 콜레스테롤 저하, 간 기능 강화, 혈당 저하 노인성 치매 치료, 콜레스테롤 제거, 혈류 순환
티로신	노인성 치매 치료 기미 생성 억제, 뇌혈류 순환 촉진

실크 단백질에 많은 아미노산의 기능 특성	
발린*	두뇌 활동 관여, 근육, 관계, 정서 안정 등 기미 생성 억제, 뇌혈류 순환 촉진

**** 필수 아미노산

표에서 보는 바와 같이 실크 단백질은 콜레스테롤 저하, 혈당 저하, 간 기능 강화, 노인성 치매 치료 등 다양한 건강 기능성이 기대된다.

아미노산은 소화관에서 흡수되어 인체에 이용되는 것으로 알려져 있었다. 최근 연구 결과에 의하면, 유리 아미노산 보다 아미노산이 2~3개 결합 되어 있는 저분자 펩타이드가 인체 흡수율이 높은 것으로 나타났다. 그 이유는 인체 내에서 소화되는 단백질의 주로 저분자 펩타이드 형태로 변환되고, 이를 소장 점막에서 있는 펩타이드 수용체를 통해 인체 내로 흡수되기 때문이다.

실크 분말의 아미노산과 저분자 펩타이드의 함량을 비교한 표를 살펴보면 다음과 같다.

표. 실크 단백질에 많은 아미노산의 함량(%) 비교		
아미노산	산가수분해 분말	효소가수분해 분말
글리신	42.9	28.9
알라닌	30.4	23.7
세린	12.2	11.0
티로신	4.8	4.1
발린	2.5	1.2
저분자 펩타이드	7.2	31.1
계	92.8	68.9

실크 분말을 산 가수분해법으로 제조한 경우에는 글리신이 42.9%로 높고 저분자 펩타이드는 7.2%로 측정되었으며, 효소 가수분해법으로 제조한 실크분말은 글리신이 28.9%로 산 가수분해법 보다는 낮아졌으나 저분자 펩타이드가 31.1%로 높게 나타났다.

누에가 만드는 누에고치는 분자량이 30만 이상 되는 거대한 물질로서 먹어도 소화 흡수가 되지 않는 것으로 알려져 있다. 이러한 실크를 가수분해하여 아미노산이나 펩타이드로 만들면 90% 소화 흡수가 된다. 대개 실크 분말을 물이나 차에 타서 먹으면, 변비가 해소되고 노인들의 피부에 생기는 검버섯도 적어진다고 한다. 일본에서는 실크 분말을 제조하여 국수, 과자, 케이크 등 다양한 식품 원료로 활용하고 있다고 한다. 실크를 가수분해하여 중화하여 염분이 25% 정도 포함한 것을 제조하면 건강에 도움을 주는 기능성 간장으로 활용이 될 수 있다. 그 가운데에서 간장은 우리나라를 비롯한 동아시아 지역에서 많이 널리 사용하고 있는 식재료이다.

[권해용]

제 6장 바이오 생명공학기술 개발

우리나라의 누에 생명공학 연구는 80년대 후반부터 대학을 중심으로 시작되었으나 큰 발전은 없었다. 90년대 후반에 농업과학원에서 유전자 조작한 곤충 배플로 바이러스를 누에에 접종하여 살아있는 형광누에 개발에 성공함으로써 많은 주목을 받았으며, 이때부터 누에를 유용물질을 대량생산하는 생체공장으로 이용하려는 연구가 활발하게 추진되었다.

2000년 초반에는 인간의 게놈 초안이 보고되면서 곤충분야의 생명공학 연구에도 큰 영향을 끼쳤다. 2001년도에는 농진청과 대학에서 일본, 중국 등과 나비목 곤충의 유전체 연구를 위한 국제컨소시엄을 구성하여 정보를 교류하기도 하였다.

최초의 누에 유전체 해석은 2004년도에 일본의 Mita 연구진에 의해 보고되었고, 이듬해 중국의 Xia 연구진 의해 재차 보고되면서 누에 유전체에 대한 관심이 한층 고조되었다. 이러한 영향으로 농촌진흥청의 바이오그린21 사업과 함께 국내에서도 누에 유전체 해석과 유용유전자 개발연구가 본격적으로 추진되었다.

농촌진흥청에서의 누에 생명공학 연구는 입는 양잠에서 먹는 양잠 연구로의 전환과 함께 이루어졌다고 볼 수 있다. 초창기에는 누에에 적용할 수 있는 유전공학 기술의 한계 등 연구기반이 열악하여 제한적으로 연구가 수행되었다.

1990년대 누에 생명공학 관련 주요 연구내용은 다음의 4분야로 집약할 수 있는데

- 첫째는 DNA다형 현상을 이용한 누에계통 해석,
- 둘째 누에를 이용한 유용물질 생산 발현계 구축 및 생체공장화 연구,
- 셋째 누에 생체방어 관련 유전자 등 유용유전자 개발 연구,
- 넷째 누에 피브로인 단백질 유전자 연구,
- 다섯째 누에 형질전환 기술 개발이 그것이다.

DNA 다형현상을 이용한 유전자 해석기술 개발 분야에서는 RFLP, RAPD-PCR, Mt. DNA

탐침자 등을 이용하여 멧누에와 집누에, 누에장려품종의 원종간의 유전적 연관성을 분석하였다. 이러한 기술로 누에품종 특이적인 밴드를 확인하였으며, 멧누에와 일본, 중국, 유럽종 간에 유전적 연관성이 매우 낮다는 사실도 밝혀졌다. 이와 더불어 RFLP, RAPD, Mt.DNA 다형 현상을 이용한 계통도로 품종분류가 가능하다는 사실도 확인하였다.

이와 함께 누에로부터 기능성유전자를 개발하는 연구도 많이 수행되었다. 특히 누에 생체 방어관련 단백질 유전자 연구에서는 그람 양성세균에 높은 항세균활성을, 특히 식중독균에 가장 높은 활성을 보이는 항균성 펩타이드를 개발하여 ‘모리신’이라 명명하였다. 누에로부터 20kDa의 항세균성 펩타이드 ‘누에신’을 개발하여 항균성을 확인한 결과 그람음성균 및 양성균 등에 폭넓은 항세균 스펙트럼을 가지고 있었다. 더불어 인·축 및 작물에 해로운 많은 세균에도 우수한 항세균력이 확인되어 환경친화형 생물농약이나 천연 광범위 항생제 개발 소재로 활용 가능하였다. 기존에 밝혀진 항균단백질인 누에 세크로핀계와 유사한 구조를 갖는 항세균성 펩타이드 유전자를 찾아내어 ‘엠보신’이라 하였는데, 이는 그람 양성, 음성 등에서 광범위한 항세균성이 확인하였다.

한편 누에의 실크합성 등 누에 고유의 기능을 담당하는 유전자를 분석하기 위해 멧누에의 실크단백질 유전자를 분리하여 염기서열을 분석하였다. 누에 휴면과 관련 있는 것으로 추정되는 DDC(Dopa decarboxylase)유전자를 개발하여 염기서열을 결정하였으며, 이 유전자는 휴면호르몬을 분비하는 식도하신경구의 4개 세포에서 발현되는 것을 확인하였다. DDC의 전구물질인 L-Dopa를 누에에 첨식 시 누에 휴면을 유도한다는 사실을 알았고, 탈피호르몬과 부의 상관관계임을 구명하였다.

누에 형질전환 연구로 2000년대 초반에 천잠 피브로인유전자를 집누에에 삽입하는데 성공하였으며, 유전자 고정을 위한 계대사육이 추진되기도 하였다.

2004년부터 농진청의 바이오그린21사업으로 우리 고유의 누에품종인 조선재래암을 소재로 누에 기능유전체 해석연구를 수행하였다. 그 결과 초기배 발육시기 및 유충 조직 특이적으로 발현하는 유전자로 약 1만여 개의 독립유전자를 선별하였으며, 이들 독립유전자를 이용하여 고밀도 DNA 칩을 제작하여 누에 유충 및 초기배 발현유전자의 발현양상을 구명하고 DB화 한 바 있다.

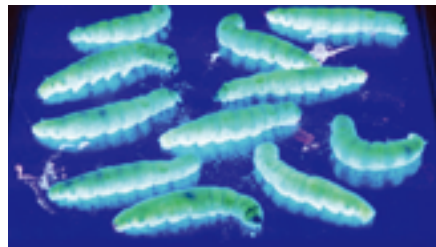
제1절 누에 생체공장화

생명공학의 발달로 인간에게 유용한 생체고분자 물질을 실험관내 혹은 배양세포에서 생산 가능하게 되었다. 그러나 동물세포나 대장균을 이용해서 유용물질을 생산하는 기술은 종종 기대하는 활성을 나타내지 못하거나 생산비용이 높아 실용화에 어려움이 있어 왔다. 곤충은 포유동물의 세포와 유사하게 외래유전자가 발현되고 이어서 번역 후 변형과정을 거치는 등 기존의 발현계를 대체할 수 있는 수단으로 주목받아 왔다.

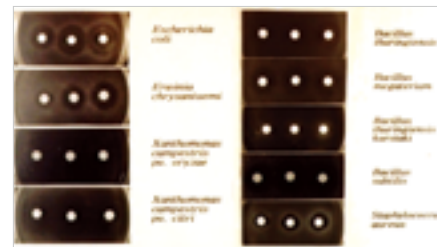
특히 누에가 주목받는 것은 누에의 물질합성기능이 인간이나 가축과 유사한 점이 많을 뿐 아니라 총체가 크고 연중사육과 취급이 용이하고 다양한 품종과 대량사육 기술이 잘 정립되어 있어 값싸게 생산할 수 있는 장점이 있기 때문이다.

누에 생체공장화 연구는 1985년 일본의 마에다에 의해 누에 고름병바이러스를 이용하여 인터페론을 생산하는 기술이 성공하면서 크게 주목 받게 되었다. 1997년에 농촌진흥청에서도 해파리에 들어있는 초록형광 단백질유전자(GFP)를 곤충 베쿨로바이러스에 도입하여 제작한 재조합 바이러스를 누에에 접종하여 살아있는 누에에서 형광단백질을 생산하는 형광누에를 개발함으로써 누에의 생체공장화 가능성을 높였다.

이어서 곤충 베쿨로바이러스 시스템을 이용하여 항균성 누에신 단백질 생산에 성공하였으며, 이 산물이 가지, 감자, 고추의 무름병 균, 가지, 고추의 풋마름병 균 및 버섯 갈반병 균에 대해 항세균 활성이 우수하다는 것을 확인하기도 하였다.



살아있는 형광 누에



재조합 단백질의 항균성 검정

하지만 오랜 기간 많은 연구 노력에도 불구하고 누에 생체공장화를 통해 유용물질을 생산하고 실용화하는 원천기술에는 개선해야 할 부분이 많다. 즉 곤충 베쿨로바이러스 시스템의 실용성을 높이기 위해서는 고효율 발현 벡터의 개발, 발현된 목적 단백질을

순수하게 분리할 수 있는 기술, 세포 내 목적 단백질의 발현 후 폴딩이나 당사슬 부가 기능의 향상을 통한 생리활성의 제고 등이다.

일반적으로 고능률 발현 벡터 개발을 위한 프로모터는 주로 누에 고름병 바이러스의 다각체 단백질 유전자이나 p10 유전자의 프로모터를 이용한다.

농촌진흥청에서는 p10 유전자 프로모터를 이용하여 다각체를 형성하는 재조합 바이러스 제작 기술을 개발하여 그동안 일일이 주사접종을 해야 하는 어려움을 해결하였다. 목적 단백질의 순수분리를 용이하게 하기 위해 누에 고름병 바이러스의 다각체 유전자의 일부분을 형광단백질 유전자를 도입한 재조합 바이러스를 제작하기도 하였다. 발현된 재조합 단백질의 활성증대를 위한 연구에서 곤충 세포로부터 단백질 고차구조 형성에 관여하는 전사제어 인자로 기존의 효모의 전사인자와 구조 및 기능에서 유사한 ATFC 유전자를 개발하였으며, 이 유전자는 각종 스트레스 유도제 처리의 경우 강하게 발현하는 특성을 지니고 있었다. 또한 단백질 고차구조형성을 촉진하는 PDI(Protein Disulfide Isomerase) 유전자를 개발하였으며, 이를 이용하여 생산한 재조합 Transferrin 단백질의 기능 향상과 발현 증대 효과를 확인하였다. 지금까지 누에 생체공장화로 상업화에 성공한 사례는 일본의 토레이(주)에서 누에 생체를 이용하여 고양이 백신 생산에 성공한 경우이다. 이는 기존의 대장균을 이용한 경우의 1g당 생산비를 1억엔에서 2천엔으로 대폭 절감에 성공하여 현재 사료 첨가제로 판매되고 있는 정도이다.

누에 생체공장화의 최종목표는 누에 몸을 이용하여 생리활성 유용물질을 대량으로 생산하는 것이고, 양잠농가로 하여금 새로운 소득원으로 보급하는 것이다. 이를 위해서는 목적 단백질별로 최적의 발현조건을 확립하고, 발현 산물의 회수 및 생리활성의 극대화 등 맞춤형 연구가 향후 수행되어야 할 필요가 있다.

제2절 누에 형질전환 및 실용화

누에는 수 천년 동안 실크를 생산하는 대표적인 견사곤충으로 오랜 기간에 걸쳐 인류에 지대한 공헌을 해왔다. 초파리 등에서 이루어진 곤충 생명공학 기술의 발전은 누에가 전통적인 실크를 생산하는 산업 곤충에서 강력한 생물학적 모델 곤충 또는 인·축적용 단백

질 의약품을 생산하는 생체공장화의 대상 곤충으로써, 그리고 분자유종을 통한 신기능성 품종 개발을 가능하게 하였다.

형질전환 시스템이 확립된 초파리와 마우스는 유전자의 발현 및 조절과 관련된 생물학적 기능 이해에 매우 유용하다는 것은 널리 알려져 있다. 누에 형질전환에 대한 관심은 1970년대부터 있어 왔지만, 당시에는 유전자 조작을 통한 누에 형질전환 기술이 없어 사실상 불가능했다.

최초의 누에 형질전환 시도는 1971년 일본의 Nawa 등에 의해 이루어진 실험으로 흑란 계통의 전체 게놈 DNA를 추출하여 백란 계통의 알에 주입하여 흑란 계통의 누에를 얻는 실험이었다. 이러한 시도는 주입된 DNA가 급속히 분해되거나 어떤 벡터의 도움 없이는 실효성이 없는 것으로 판단되었다. 이후 오랜기간 동안 다양한 방법으로 누에 형질전환을 위한 많은 시도가 있었지만, 형질전환 누에 개발에 성공하지는 못했다.

1995년 Mori 등에 의해 곤충 벡로바이러스의 게놈이 차세대 누에로 전달된다는 사실이 최초로 보고되었는데, 이를 응용하여 1999년 Yamao 등은 벡로바이러스에 의한 상동 재조합을 통해 누에 피브로인 유전자 표적 형질전환 누에를 최초로 개발하였다. 누에에 있어서 벡로 바이러스에 의한 상동재조합 방법은 최초의 유전자 표적 형질전환 기술이었으나, 형질전환 효율이 약 0.16%로 매우 낮아 실효성에서 문제가 있었다.

최근 형질전환 누에를 만드는 방법 중 가장 일반적인 것은 피기백(piggyBac) 전이 인자를 벡터로 이용하는 방법으로 2000년 Tamura 등이 최초로 개발한 기술이다. 실제로, 누에 형질전환체는 마커 유전자를 가진 벡터와 헬퍼(helper)라고 불리는 전이효소 유전자를 발현시키는 2종류의 플라스미드를 미세주사장치를 사용하여 발생 초기의 누에 알에 동시에 주입함으로써 제작한다.

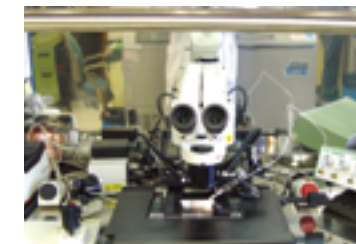
DNA형의 전이인자인 피기백을 이용한 누에 형질전환 기술은 이제는 일반화되어 안정적으로 형질전환체를 생산할 수 있을 뿐만 아니라, 연속적으로 세대가 내려가더라도 도입한 외래유전자가 제거되지 않고 유지된다. 이와 같은 방법을 통해, 현재까지 형광단백질, 사이토카인, 혈청알부민, 콜라겐, 인터페론, 항체, 거미 피브로인 유전자가 도입된 하이브리드 실크 등 다양한 유용물질을 생산하는 형질전환 누에가 개발되었다.

1. 국내의 형질전환 연구

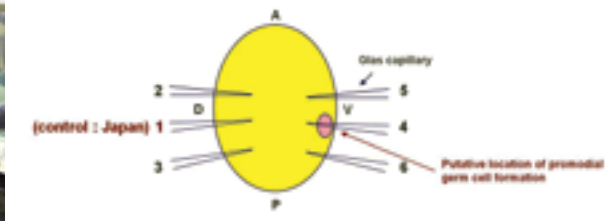
국내의 누에 형질전환 연구는 농촌진흥청에서 주로 수행하였으며, 이때 형질전환에 사용된 전이인자는 피기백을 사용하였다. 그동안 형질전환 누에에 사용되는 프로모터는 주로 누에 온몸에서 발현하는 액틴(BmA3) 및 열충격(Hsp70) 프로모터와 실샘 특이적 발현을 위한 실크 세리신 (Sericin1A), 실크 피브로인 (Fib-L/H, Fhx) 프로모터 등이다. 그러나 낮은 유용물질의 발현효율 및 순수정제에 대한 어려움이 있어 이를 개선하고자 효모 유래의 GAL4/UAS 시스템을 누에에 도입하였으나, 마찬가지로 낮은 발현효율 및 강한 독성을 유발하는 등 문제점이 지속 되어왔다.

농촌진흥청에서는 이러한 문제점을 해결하고자 누에에 적합한 효모 유래의 HacI/UPRE 시스템을 이용한 새로운 이중 벡터시스템을 개발하였다. 이는 활성인자인 HACI을 발현시키는 형질전환 누에와 목적 단백질 유전자 및 UPRE 서열을 가지는 형질전환체를 각각 제작한 후 교배하여 얻은 형질전환 1세대 교잡종에서 목적 단백질의 발현이 유도되는 시스템을 확립하였다.

한편 일본의 누에 형질전환 기술은 형질전환 효율이 10% 전후로 낮아 형질전환 누에 제작을 위해서는 많은 시간과 노력, 비용이 소요되는 단점이 있었다. 이를 개선하기 위해 농업과학원에서는 먼저 미량주사장치의 미세유리 주사관 부를 상하 조절이 가능하도록 설계해 누에 알 내 미세 주사의 정밀성을 향상시켰으며, 제작한 미량주사장치를 이용해 누에 알 내 최적 미세 주사 위치를 구명함으로써 형질전환 효율을 평균 42.5%, 최대 75%까지 향상시켰다. 또한 세계 최초로 누에 실용품종의 형질전환에 적합한 누에 알 제조 방법을 확립하였다. 이는 산란 후 4시간 이내에 저온에서 염산 처리하여 휴면을 각성시킨 다음 제조하거나 휴면계통인 실용품종을 저온에서 암 처리하여 비휴면 계통으로 전환하여 제조하는 방법이다.



미량주사 장치



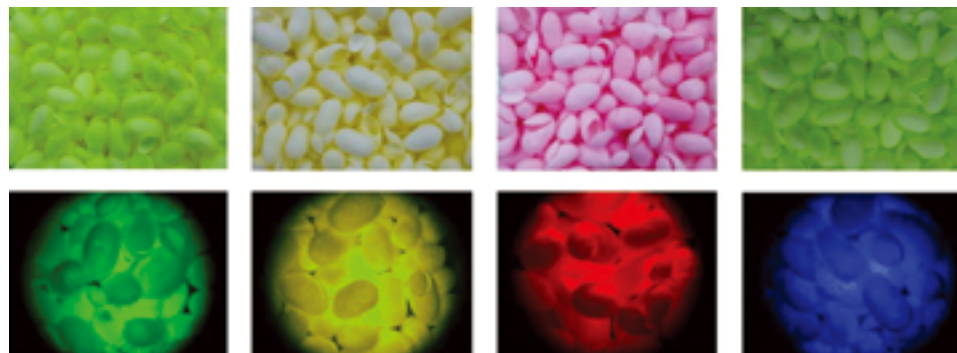
누에알의 최적 미량주사 위치

이와 같이 개선된 형질전환 기술을 이용하여 2011년 녹색 형광 실크를 생산하는 형질전

한 누에의 개발하였다. 우선 해파리나 말미잘 등에서 발견되는 형광단백질의 유전자를 실크피브로인 프로모터에 의하여 발현이 조절되게 하였고, 아울러 피기백전이 인자와는 특이적인 프로모터(3xP3)에 의해 조절되는 형광 마커유전자(EGFP, DsRed등)을 같이 포함하여 전이 벡터를 구축하였다.

이와 같이 제작한 전이 벡터와 전이효소를 발현하는 헬프(helper) 벡터를 혼합하여 인공 부화를 위하여 염산처리가 이루어진 누에의 알에 미세 주사를 하였다. 처리된 알을 부화시킨 후 일반 누에와 동일하게 사육을 하면서, 형광현미경을 이용하여 눈에서 발현되는 형광 개체를 선발하였다. 선발된 형질전환체는 교배를 통해 다음 세대인 F1 교잡종을 생산하였다. 일반적으로 형질전환을 수행한 G0 세대에서 형질전환 성공률은 2% 미만으로 매우 낮지만, 선발된 형질전환 계통(G1)의 다음 세대 형질전환 비율은 ~25% 까지 증가하였다. 이후 형질전환 누에는 유전자의 발현이 안정적으로 나타날 때까지 지속적으로 형광 마커를 이용한 선발을 수행하였다. 완전하게 형질전환 된 누에를 최종 선발하여 특정 파장의 광원을 조사했을 때 고유의 형광색을 띄는 고치를 생산할 수 있게 되었다.

이러한 방법으로 지금까지 농촌진흥청에서 개발한 형질전환 누에는 녹색, 황색, 적색 및 청색 고치 등 4종의 형광 실크를 생산하는 형질전환 누에를 개발하였다.



녹색형광 고치

황색형광 고치

적색형광 고치

청색형광 고치

2. 형광실크 생산 및 실용화

형광 실크를 생산하는 형질전환 누에를 일반누에 처럼 사육하여 수견하고 제사한 후 제직하여 다양한 용도의 시제품을 만들어 상용화 가능성을 시험하였다. 이를 위해 농진청에서는 장려품종으로 보급되고 있는 백옥잠(잠123x잠124)과 원종인 잠124의 월년 란

을 산란 후 40~60시간째에 온도는 15~20℃, 조명은 암(0L:24D)처리로 100% 불월년화 하였다. 이렇게 유도된 불월년 란은 월년 란에 비해 부화율, 상족율 및 화용 비율에 있어 큰 차이가 없었다. 불월년 란으로 유도된 백옥잠의 원종 누에 알에 누에 형질전환용 전이 벡터를 미세주입한 경우 부화율 40~70%로 인공부화 처리한 월년 란의 10~30%, 다화성 누에 HM의 30~50%에 비해 높게 나타났다. 선발한 형질전환 백옥잠은 일반누에 사육에 준해서 사육이 가능하였다. 이때 녹색 형광 누에고치는 견사의 주성분인 피브로인 유전자 내에 녹색 형광 유전자(EGFP)가 삽입된 것으로 정련을 해도 형광 단백질의 고유한 색깔이 그대로 유지되었으며, 자연광 아래에서도 도입 형광 유전자 고유의 형광색을 나타내는 특성을 가지고 있었다. 그러나 형광 누에고치를 수견 한 후 살용건조, 자견 및 조사하는 과정에서 기존의 일반 누에고치에 적용하던 100℃ 내외의 고온 처리는 형광 실크 단백질에 심각한 변성을 초래하여 이로 인해 형광 색깔을 잃게 되는 문제점이 발생하였다.

이를 해결하고자 충북농업기술원에서는 녹색 형광 누에고치에 적합한 새로운 저온건조 방법과 저온 진공 감압 처리에 의한 고치 내 침지액 침투방법과 조사(실켜기)방법 등을 개발하여 천연의 녹색 형광색이 나타나는 생사 생산에 성공하였다. 수견한 녹색형광 누에고치를 55~60℃ 저온에서 15시간 열풍건조 했을 때 살용과 함께 고유의 녹색 형광 색상이 유지되었으며, 이때 건건 비율은 38% 내외로 곱팡이 피해 없이 장기저장 가능하였다. 자견(고치살기)은 형광 고치의 변성을 막기 위해 일반 누에고치와 다른 과정을 확립하였다.

녹색형광 누에고치의 자견처리는 침지액으로 0.1% 농도의 Triton X100과 0.2% 농도의 탄산나트륨 용액을 60℃까지 가온한 후 형광 누에고치를 20분간 침지하고, 감압기에 옮겨 -620 mmHg까지 감압을 실시한 후 이 상태로 1~5 분간 유지한 다음 5~10분에 걸쳐 서서히 상압으로 복압을 실시하였으며 이 과정을 3회 반복하였다. 자견은 40℃ 정도의 온도에 고치를 침지하는 것을 시작하여, 100℃ 이상의 온도에서 고온 처리하고 다시 75℃ 정도의 저온 부에서 저온 처리 후 다시 고온 처리하여 비등 온도에서 서서히 60℃ 정도까지 온도를 낮추는 과정으로 진행하였다. 조사(실켜기)는 감압기에서 형광 고치를 꺼낸 후 수돗물에 10~20분 수세 한 후 침지액을 제거하였으며, 조사(실켜기)는 자체 개발한 세미조사기를 이용하였다. 이때 조사는 실 켜는 속도 160m/min, 목적 섬도 21 denier, 실 켜기 시작 시 고치 갯수 7~10개, 실끝 찾기 탕 온도 68~70℃, 실 켜기 탕 온도는 38~40℃ 조건에서 각각 실시하였다.



넥타이 스카프 블라우스 전등갓 벽지

이와 같은 일련의 과정으로 생산한 녹색 형광 생사의 특성을 한국실크연구원에서 조사한 결과 섬도는 32~33d 내외로 일반실크에 비해 평균 섬도는 큰 것으로 보이나 편차가 크게 나타나 섬도가 불균일한 것으로 나타났으며, 인장강 신도도 일반 실크에 비해 매우 약한 것으로 제직성이 떨어지는 단점이 있었다. 따라서 제직의 경우에는 일정 강도를 부여하기 위해 형광사의 연도 및 합연은 4합사 이상을 사용하며, 형광실크를 경사로 사용할 경우 제직성이 매우 떨어지므로 경사는 일반 실크로 하고 위사는 형광실크 외 일반실크, 울 등을 사용하여 교직함으로써 부족한 물성을 보완하도록 조건을 구명하였다. 이렇게 개발하여 생산한 형광실크를 이용하여 고부가가치의 소재로 적용하고자 스카프 및 넥타이 원단으로 12가지 패턴의 자카드 디자인을 개발하여 활용하였다. 패션의류(여성블라우스) 및 인테리어 소품(전등갓)으로 적용 가능한 총 6개 자카드 디자인을 개발하였는데, 이는 누에의 부드러운 곡선을 형상화한 모티브를 활용하여 불규칙적 또는 기하학적으로 표현하여 형광 실크만의 상징성을 표현하였다.

여성 블라우스용 소재는 이중 직 자카드를 이용하여 텍스처를 표현하여 소재에 운동감을 부여하였으며, 그라운드에 형광 실크사(絲)를 이용하여 형광색이 잘 발현되도록 하고, 누에 문양은 울 소재를 사용하여 소재 특성차로 표면 입체효과가 나타나 텍스처와 볼륨감이 느껴지는 패션 소재를 개발하였다.

전등갓 소재는 이중직 자카드를 이용하여 형광 누에를 기하학 문양으로 응용하였으며, 형광 실크 위사를 이용하여 일부 문양에 형광색상을 부여하고 그라운드 색상을 어둡게 대비함으로써 형광색이 도드라질 수 있게 하였다.

또한 형광 누에와 누에고치를 형상화한 모티브를 개발하고 이를 최신 인테리어 및 의류 소재 트렌드를 적용하여 현대적 감각의 파티 의복 및 벽지 직물 소재를 표현하고자

총 4개 자카드 디자인 개발하였다.

벽지용 디자인은 침실 혹은 거실에 적합하도록 누에가 오밀조밀 모여있는 모습에서 이를 형상화하여 불규칙한 형태로 배열하였다.

이와 같이 형질전환 누에를 통해 생산된 형광실크는 별도의 염색이 필요 없어 친환경적이면서도 매우 경제적이다. 또한 다양한 색깔의 형광 실크는 고급 패션의류, 벽지, 조명등의 갓, 액세서리, 인테리어용품, 기능성 화장품원료, 세척도 의류 등의 소재로써 활용범위가 넓어 고부가가치 섬유산업, 화장품 산업 등을 창출하는데 다양한 활용가치를 갖고 있다.

최근에는 형광실크의 새로운 용도로 적색 형광 고치의 활성산소 생성과 이에 따른 항균 활성으로 항균 기능성 섬유의 이용 가능성이 대두되었을 뿐만 아니라 실크의 열 차단 및 패시브 쿨링 효과를 이용한 특수소재를 비롯하여 형광 실크의 특성을 적용한 '위조 의약품 방지 인증 보안 솔루션' 등의 기술이 개발되고 있어 다중 기능성 섬유로서 가치를 입증받고 있다.

그러나 이와같은 형질전환 기술은 누에를 새로운 부가가치를 창출할 수 있는 대상으로는 단연 주목받고 있지만 생산하는 과정에서 외부 유전자의 도입이 필수적이기 때문에 유전자변형생물체(GMO)로 취급되어 안전성에 대한 논란과 규제로 상용화에 어려움을 겪고 있다.

이에 따라, 농촌진흥청은 자체 개발한 형광실크 누에를 일반 농가에 보급하여 사육할 수 있도록 하고, 생산된 형광 실크를 관련 산업 분야에서 소재로 이용하기 위한 제도적 장치 마련을 목적으로 한국바이오안전성정보센터, 바이오 평가센터 및 경북대학교와 함께 '형광실크 누에의 인체 및 환경 위해성 평가연구'를 수행하였다.

이 연구를 통해 형광누에 제작과정에서 발생하는 신규 단백질의 독성검정과 유전독성을 평가하고 인체에 미칠 수 있는 위해성 여부를 검증하였다. 형광 누에와 정상 누에의 생리·생태학적 비교 연구와 함께 GM(유전자변형)누에의 비의도적 환경방출에 따라 발생할 수 있는 자연환경에 대한 위해성을 검토하였다.

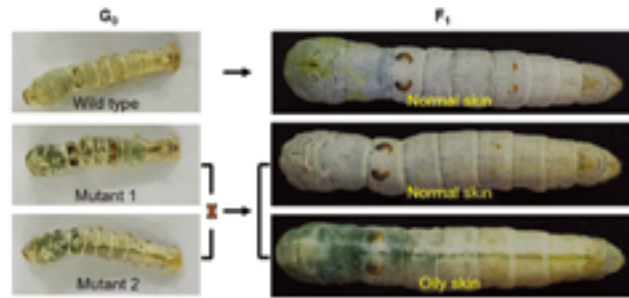
이를 바탕으로 GM누에 사육시설의 설치 기준과 운영사항, GM누에 사육장에서 발생하는 GM누에 부산물의 처리 방법 등 취급 안전관리를 위한 세부적인 지침을 마련하였으며, 형질전환 누에의 산업화를 위한 노력을 기울이고 있다.

3. 유전자 편집기술을 이용한 신기능 누에 개발

그밖에도 농촌진흥청에서는 GMO(유전자변형농산물)에 대한 규제를 극복하기 위하여 다양한 연구를 수행하고 있으며, 그 가운데 대표적인 연구가 유전자편집 기술이다. 현재 까지 1, 2, 3세대 기술이 개발되었는데, 1과 2세대 기술은 복잡하고 형질전환과 동일한 벡터 제작 및 형질전환 과정이 필요하기 때문에 육종 수단으로는 큰 장점이 없었으며, 주로 질병 치료제 분야의 연구가 주를 이루고 있다. 반면에 3세대 유전자가위 기술은 사용이 간편하고 소요 비용이 적다는 장점이 있어 새로운 육종 방법으로 인간, 동식물 연구자들에게 많은 각광을 받고 있다.

현재 농촌진흥청에서는 GMO에 대한 규제와 전통육종의 한계를 극복하기 위하여 유전자가위를 이용하여 누에를 육종하는 연구가 진행 과정에 있다. 주요 방법은 3세대의 mRNA와 단백질 복합체를 이용한 유전자편집으로써 특정 유전자에 대한 표적 부위를 특

정하고, 이에 대한 가이드 RNA를 시험관 내에서 합성하여 정제한 후 Cas9 단백질과 복합체를 형성시켜 누에의 알에 미세 주사를 한다. 이후 형질전환과 동일하게 부화 된 누에를 사육



유전자 가위를 이용한 BLOS유전자 편집과 교배에 따른 표현형 변화

하고 유전자편집 개체를 선발하고 교배하는 과정을 거치게 된다. 그러나 유전자 편집에서는 형질전환 누에처럼 눈으로 확인 가능한 선발 마커가 없는 관계로 사육하는 누에로부터 소량의 혈 림프를 채취하여 유전자 검사(PCR)를 통해 선발이 이루어진다.

실제 국립농업과학원의 연구사례를 살펴보면 누에의 표피 색 형성에 관여하는 BLOS(biogenesis of lysosome-related organelles) 효소의 유전자에 대한 가이드 RNA를 제작한 후 Cas9 단백질과 복합체를 형성시켜 누에의 알에 미세 주사한 결과 유충의 표피 색이 흰색에서 투명한 색으로 변화되는 것이 관찰되었으며, BLOS 유전자의 발현이 급감한다는 것이 확인되었다.

유전자편집이 이루어진 누에의 염기서열을 분석한 결과에서는 gRNA의 표적 부분에 유전

자의 결실이 확인되었으며, 투명한 표피 색은 다음 세대로 전달이 이루어졌다. 반면 이용된 가이드 RNA와 Cas9 단백질 등은 G0 세대의 성충 및 G1 세대에서도 검출되지 않았다.

또 다른 연구에서는 누에의 체액성 면역반응을 조절하는 전사인자의 조절인자인 Cactus 유전자에 대하여 가이드 RNA를 제작하고 Cas9 단백질과 함께 누에 세포에 도입시킨 결과, Cactus 유전자의 발현은 감소하고, 전사조절인자인 Rel A의 발현과 항균 펩타이드의 발현이 증가 된 누에 세포가 만들어졌다.

이와 같은 유전자편집 세포는 별도의 처리 과정 없이 지속적인 배양만으로 라이소자임과 같은 항균물질을 일반 세포에 비해 20배 이상 많이 생산할 수 있었다. 다만 동일한 방법으로 항균물질을 지속적으로 생산하고자 하는 연구도 진행되었으나, Cactus 유전자의 편집이 유도된 누에의 경우 배자 발생이 억제되는 문제가 발생 되어 향후 추가적인 연구가 필요한 상황이다.

4. 유전자 편집에 의한 누에 분자육종 전망

이러한 유전자편집을 이용한 누에육종의 기본방향은 특정 유전자에 대한 결실을 유발함으로써 의도된 돌연변이를 생산하는 것이다. 유전자 결실 돌연변이 제작을 통해 누에의 산업화 및 이용에 저해가 되는 인자들을 제거함으로써 전통육종의 한계를 극복하고 목적에 따른 육종을 수행할 수 있을 것으로 기대된다. 뿐만 아니라 cactus 돌연변이와 같이 유전자의 기능에 대한 결함을 유발시켜 특정 유전자의 발현을 임의로 조절할 수 있게 되었으며, 이를 통해 누에가 가진 고유의 기능성 성분의 생산성을 향상시킬 수 있을 것이다.

그러나 누에 유전자의 기능이 완벽하게 규명되지 않은 현시점에서 유전자편집을 통해 발생 된 돌연변이가 연구자가 의도한 표현형을 가진다는 결과를 확신할 수는 없다. 따라서 유전자편집 기술을 통한 육종기술을 완성하기 위해서는 누에 유전자의 기능에 대한 더욱 세분화되고 구체적인 연구가 선행되어야 할 것이다. 그뿐만 아니라 유전자가위를 이용한 육종의 가능성은 결실 돌연변이에서 그치지 않고 유전자의 삽입 및 전위 돌연변이 유발에도 사용될 수 있다.

유전자의 결실 돌연변이는 일반적으로 CRISPR/Cas에 의해 게놈 내부에 발생 된 절단(double strand brake)이 DNA 회복 기작에 의하여 일부 염기가 제거된 상태로 회복되어

결실 돌연변이가 발생하거나 이와는 다르게 회복 반응 중 절단된 부위와 유사한 염기서열이 주위에 존재할 경우 해당 서열을 복사하여 절단된 부위로 포함 시키게 되기도 한다. 후자의 경우는 유전자편집 과정에서 유전자의 좌위를 이동하는 전위돌연변이 및 특정 서열을 삽입하는 삽입 돌연변이 유발을 통한 육종도 가능할 것으로 기대되고 있다.

이와 같은 기술은 비교적 형질전환 기술에 비례하여 GMO에 대한 규제로부터 자유롭고 전통육종보다는 확장 범위가 넓으며, 전통육종이나 형질전환에 비례하여 시간 및 비용을 절감할 수 있는 관계로 향후 발전 가능성이 높은 분야라 할 수 있겠다.

미국 등 일부 선진국에서는 유전자가위를 이용한 육종은 GMO 규제 대상에서 제외되는 추세이지만, 국내에서는 여전히 규제에 대한 목소리만 높이는 실정이다. 지난 20여 년간 누에 GMO에 대한 논의가 실용화에 걸림돌이 되어왔던 것처럼, 무엇보다도 유전자가위 기술의 안정성에 대한 충분한 논의가 이루어진 후 실용화를 도모하여야 할 것이다.

제3절 면역유도 누에의 가축 사료화

누에는 살아가는 동안 끊임없이 외부에서 침입하는 각종 병원균에 대응하면서 살아간다. 누에는 인간이나 가축처럼 고도로 발달된 자체방어 기능은 없으나 그들만의 방어체계를 지니고 있다. 1차적으로 딱딱한 키틴질의 피부는 곰팡이나 세균의 침입을 저지함에 있어서 중요한 역할을 한다. 뽕잎과 함께 묻어서 입을 통해서 들어온 병원균이나 바이러스는 소화액에 의해서 병원성이 약해지거나, 배설물과 함께 배출되기도 한다. 병원균의 침입은 누에 소화관의 미세 용모 또는 세포 간극을 통해서 체강 쪽으로 흘러 들어가거나 직접 피부를 뚫어서 또는 숨구멍을 통해서 체강에 침입하게 된다. 2차적으로 누에는 혈액으로 침입한 병원균을 제거하기 위해 식균작용 등 세포성 면역반응을 일으키거나 체액성 면역 반응으로 면역방어물질(펩타이드)을 분비하게 된다.

예로부터 곤충 체액성 면역과 관련된 생체방어물질에 관한 연구는 많았으며, 최근 생명공학 기술과 접목하여 분자 수준에서 유전자를 구명하고 기작을 밝히는 등 많은 연구가 이루어져 오고 있다.

이와 함께 인간과 가축에 내성 및 부작용이 없는 새로운 개념의 차세대 항생제로 곤충 면역물질을 산업적으로 이용하려는 많은 시도가 있었다. 특히 축산분야의 동물용 항생제는 그동안 가축 사료 내 항생제의 오용 및 남용으로 인해 내성균의 출현, 축산물 내 항생제 잔류, 가축의 질병 저항성 약화, 분뇨로 유출된 항생제 잔류물로 인한 생태계 오염 등으로 인하여 많은 문제점으로 규제 대상이 되어왔다.

따라서 기존의 항생제를 대체할 수 있는 천연 항생제의 개발에도 많은 관심을 기울여 오고 있는 실정이다. 이러한 배경으로 2014년부터 농업과학원에서는 축산과학원과 산업체와 함께 누에의 체액성 면역반응을 인위적으로 유도하고 이를 천연항생효과를 가진 축산사료 첨가제로 개발하려는 연구를 추진하였다. 그 결과 누에 면역유도 방법, 사료 첨가제로서 최적의 제형화 기술, 가축에 대한 항생효과 및 안전성 평가, 사료 소재로서의 가치평가, 현장 실증시험 등을 통해 면역유도 누에를 축산용 사료 첨가제로 개발하게 되었다.

1. 누에 면역유도 기술 개발

일반적으로 누에는 병원성 그람양성 세균이 침입하면 선천성 면역반응을 일으키고 항균 펩타이드를 생산한다. 이에 착안하여 그람양성균과 유사한 세포벽 구조를 지니지만, 인체에는 해가 없는 유산균을 새로운 누에 면역유도제로 개발하였다.

즉 유산균에서 유래한 4종의 면역유도 후보 물질 중 세포막 성분인 lipoteichoic acid(LTA)가 포함된 pLTA(L.plantarum n-butanol) 추출물이 5~10mg/ml 주사농도에서 10시간 경과 후 다른 후보 물질과 대비해 가장 높은 항균 활성을 나타냈었고, 누에 생육에도 영향이 없어 최종적으로 누에 면역유도제로 선정하였다.

최적의 누에 면역유도 조건은 주사농도는 1mg/ml 하고, 면역유도 시간은 18시간으로 결정하였다. 하지만 누에 개체 각각에 주사기를 통해 면역유도제를 체강에 정확하게 주사하여야 하므로 전문성이 요구될 뿐 아니라, 낮은 생산효율로 대량생산에 어려움이 있었다. 이를 개선하고자 누에 자동화 주사장치를 개발하여 면역누에 대량생산이 가능하게 되었지만, 가격이 비싸서 농가에 보급하기에는 어려웠다.

이를 개선하고자 면역유도 물질을 누에의 피부에 분무하여 면역유도 누에를 생산하는 시스템을 개발하게 되었다.

누에 분무 접종에 적합한 면역물질로 그람양성 세균의 세포벽의 이루는 성분 가운데

하나인 펩티도글리칸(PG)을 선발하였다. 펩티도글리칸 층은 그람양성균에서 총 건조 중량의 90%를 차지하여, 곤충이 세균을 인식하는 데에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 왔다. 펩티도글리칸은 N-아세틸글루코사민과 N-아세틸뮤람산이라는 아미노당이 번갈아가며 선형의 사슬을 이루는 구조를 지니고 있는데, 이 중 N-아세틸글루코사민은 수용액 상태로 물에 녹으며 체내 흡수가 용이하고 이미 건강기능식품으로 인정되어 생체 내 안전성과 효능을 입증받은 물질이다.

이러한 특성을 지닌 N-아세틸글루코사민을 최종 선발하여 누에 면역유도제로 하였다. 누에 체강에 100ppm N-아세틸글루코사민 수용액을 주사한 이후 6시간부터 무처리 대비 면역유도 효과가 나타나기 시작하여 18시간 경과한 시료에서 면역유도 활성이 가장 높았으며, 이후 항균 활성이 점차 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 누에 분무로 처리하였을 경우 면역유도가 되는 누에 개체가 모두 제각각이었으며, 면역유도 된 누에 또한 유도 효율에서 편차가 심하였다.

이러한 문제점을 해결하고자 1차로 10% 아세톤을 분무처리 처리하여 누에의 체벽층을 약화시키고, 2차로 누에 면역유도 물질을 피부에 분무 처리하는 방법을 확립하였다. 즉 1단계에서는 10% 아세톤 용액을 생누에 kg당 100mL 비율로 분무처리하고, 2단계는 누에 면역유도제 N-아세틸글루코사민(농도 1000ppm)를 생누에 kg당 100mL 비율로 분무한 후 뽕잎을 급상하고 18~20시간 경과 후 회수하여 냉동 보관하였다.

2. 닭 및 오리에 대한 면역유도 누에 첨식 효과

이와 같이 농가에서 생산한 면역유도 누에를 동결건조 분말로 가공하여 기존의 사료에 0.01%를 함유한 시제품을 만들어 육계에 5주간 공급하였다.

그 결과 항생제 무첨가 대조군과 비교해 체중은 최대 6.7% 늘어났으며, 체중 1kg 증가에 필요한 사료 요구량은 최대 9.1% 줄어들었으며, 장내 유해균인 대장균과 살모넬라균은 감소하였다. 산란계에 12주간 먹인 경우 산란율은 최대 2.3% 증가했고, 계란 1kg 생산에 필요한 사료 요구량은 최대 7.6% 줄었으며, 계란의 품질이 향상됐고 저장 기간도 늘었다. 오리를 대상으로 한 실험에서도 체중이 최대 2.4% 늘어났으며, 체중 1kg 증가에 필요한 사료 요구량은 최대 4.2% 감소되었고, 신선도가 오래 유지되는 효과가 있었다.

3. 면역유도 누에 첨가 축산사료의 시범보급

이렇게 개발된 면역누에 대량생산 및 사료화 기술은 산업재산권으로 등록하였으며, 이 기술을 (주)대호에 기술을 이전하여 사료 첨가제 '이뮤나' 시제품을 출시하였다.

개발한 기능성 축산사료 시제품은 2018년부터 국립농업과학원의 신기술 시범사업에 참여한 12개 시군의 육계, 산란계, 양돈농가에 공급하여 면역누에 첨가사료의 효과 및 농가에서의 반응, 문제점 등을 검토하였다. 특히 본 사업에 소요되는 면역유도 누에 생산은 (주)대호와 양잠농가 간 계약으로 생산하였는데, 2017년도에는 공주 및 예천의 양잠농가에서 1,440kg을 2018년에는 예천에서 18,030kg, 2019년 4,000kg을 성공적으로 생산 공급함으로써 양잠농가의 새로운 소득원으로 가능성을 보였다.



양잠농가 면역유도누에 생산

시제품 : 누에플러스, 이뮤나

하지만 양잠농가는 5령 3일 누에가루 생산에 비해 5령 5일까지 사육해서 면역유도제를 분무하고 일정 시간 경과 후에 수거하는 번거로움과 추가 노력은 단점으로 향후 이를 개선하기 위한 노력이 필요한 것으로 생각된다.

[강석우]