

제3차년도  
최종보고서

도축폐기물로부터의 새로운 혈액 합성접착제 등의 개발  
Development of utilization and new adhesives  
from Bloods of slaughtered animal

혈액 접착제 개발

Development of New Adhesives from Blood

Serum protein의 특성, 처리공정 및 활용기술 개발

Characteristics of serum Protein and Development of process and  
utilization

도축현황 및 환경평가

Survey for slaughter facilities and evaluation of environmental effects

경제성 평가

An Economic Analysis of the Treatment of Blood

연구기관 : 충남대학교

농림부

## 주 의

1. 이 보고서는 농림부에서 시행한 농림수산특정연구사업의 연구 보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표할 때에는 반드시 농림부에서 시행한 농림수산특정연구사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니 됩니다.

# 제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “도축폐기물로부터의 새로운 혈액 합성접착제 등의 개발”과제의 최종보고서로 제출합니다.

1997. 11. 30.

주관연구기관명 : 충남대학교

총괄연구책임자 : 이화형

세부연구책임자 : 송경빈

세부연구책임자 : 이규승

세부연구책임자 : 김재홍

연 구 원 : 이종신

연 구 원 : 한기선

연 구 원 : 조정례

연 구 원 : 권진욱

연 구 보조원 : 김동만

연 구 보조원 : 이민경

연 구 보조원 : 양동규

연 구 보조원 : 이상국

# 요 약 문

## I. 제 목

과제명	(국문) 도축폐기물로부터의 새로운 혈액 합성접착제 등의 개발		
	(영문) Development of utilization and new adhesives from Bloods of slaughtered animal		
주관연구기관	충남대학교	총괄 연구책임자	(소속)충남대학교
			(성명)이화형

## II. 연구 개발 목표 및 중요성

최근 오염된 내륙하천이 연안해역에 대량유입되어 수질이 급격히 악화되면서 시화호를 비롯하여 남해안 연안의 청정해역에서 적조와 녹조현상, 어패류 집단폐사 현상을 보이는 등 3면 연안해역이 죽어가는 현실 속에서 우리나라 환경정책이나 환경기술의 현주소를 실감케 한다.

축산 중에서도 양돈산업은 국민소득의 증가와 함께 돼지고기 소비는 계속 늘어날 전망이다. 또 우리나라의 농업부문 중에서 국제경쟁력이 높은 분야로 평가받고 있으므로 앞으로 더욱 발달할 것으로 생각된다. 따라서 우돈육의 생산부문에서는 축산기술의 생산성 향상으로 국제경쟁력을 갖추어야 하겠으나 이와 함께 우돈육의 생산과정에서 발생하는 가축의 배설물에 의한 환경오염과 정육의 생산과정에서 발생하는 혈액을 비롯한 폐기물에 의한 환경오염을 줄일 수 있는 기술도 개발하여야 한다.

우돈육의 생산과정에서 발생하는 환경오염은 1991년 '오수 분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률'이 공포된 이후 오수와 분뇨의 퇴비화 등 많은 기술들이 개발되었으며, 지금도 개발되고 있으나 정육의 생산과정에서 발생하는 가축혈액에 의한 오염은 거의 연구되지 않고 있다.

도축으로부터 발생된 혈액은 폐기할 경우 오염원이 되나, 이를 다른 용도로 이용할 경우 다양한 이용방법이 있어 환경문제를 해결할 수 있을 뿐 아니라 산업용으로도 수익이 높은 사업으로 활용될 수 있다.

대통령께서도 환경공동체 건설을 위한 기본원칙에서 환경과 경제의 통합을 선언하고 있고, 사전예방 및 오염자 부담 원칙을 강조하였다. 이 원칙이 강조될 경우 대부분의 축산농가는 오염방지비를 지불하지 못하여 파멸할 것이고, 설사 축산농가가 폐수 오염 문제를 해결하였다 하더라도 도축장에서 도축을 하지 못하게 되어 축산농가는 멸망할 것이다. 도축장 환경문제의 심각성은 진작부터 거론되어 왔으나 다 아는 사실로서 떠들지 않았을 뿐이다. 이러한 환경문제를 농업문제를 동시에 해결하는 정책으로 가장 좋은 것이 사전예방에 해당하는 오염원의 생산부문으로의 활용일 것이다.

일반적으로 가축혈액 1톤을 처리하기 위하여 상수 5톤이 필요하고 이들 대부분이 하수로 방류되어 오염을 일으키고 있고, 또 이를 폐수종말처리장으로 유입시켜 폐수를 처리할 경우에도 하루 300-400마리 정도를 처리하는 소규모 도축장의 경우에도 월 300-400만원의 폐수처리비가 든다는 현실을 감안하여 볼 때 가축혈액을 이용하여 다른 유용한 물질을 생산할 경우 이에 의한 환경의 피해를 줄일 수 있을 뿐 아니라 새로운 재화에 대한 수요의 창출로 앞으로 국내 가축의 생산기반을 확대하는데 작으나마 도움을 줄 수 있어 매우 바람직한 일이라고 볼 수 있다. 이와 함께 여기서 만들어지는 물질은 천연의 제품이므로 화학적 용품을 대신하여 사용하므로써 환경규제를 회피할 수 있다면 더욱 좋을 것이다.

본 연구는 이런 목적을 달성하기 위하여 도축혈액의 환경문제를 해결한 뿐만 아니라 도축혈액의 성분을 모두 활용하기 위한 방법을 강구하기 위한 연구로서 1세부과제는 기존의 혈액접착제 제조방법이 고가여서 폐늘수지에 밀려 전혀 사용되지 못한 점을 고려, TCA와 HCl 침전 처리에 의하여 수분과 염류로부터 혈장을 간단하고 신속히 분리하는 방법과 개발된 TCA나 HCl 침전 혈분을 이용 유리 HCHO방산문제가 전혀 없이 인체에 무해한 합성수지와 공결합 수지를 개발하여 목질판상제조용 접착제를 개발하기 위하여 실시하였다. 2세부과제는 혈장 단백질의 분리정제, 및 특성분석과 접착력에 관련된 성질규명 및 공정개발과 기타 재활용 기술개발에 관한 연구를 실시하였다. 3세부과제는 도축장 시설현황 및 폐수발생량 조사와 혈액발생량 및 수질오염도

조사를 통하여 도축혈액의 재활용을 위한 연구로서 아미노산, 사료 및 비료로서의 활용가치를 검토하고 4세부과제에서는 이 모든 것의 산업화를 위한 도축혈액의 총체적 경제성 분석을 하고자 실시하였다.

따라서 본 연구는 공해를 유발하는 도축 폐기물의 비료 및 사료화 등의 자원화를 통한 축산 및 농업의 발전은 물론 목질판상 제조를 위한 포름알데히드접착제의 단점을 도축혈액을 이용 보완하여 목재산업의 발전과 쾌적한 주거환경 뿐만 아니라 국민 영양과 건강을 위하여 일석삼조의 효과를 얻어 국가발전에 크게 공헌하리라 기대된다.

### Ⅲ. 연구내용 및 범위

#### 1. 제 1 세 부 과 제

##### 가) 1 차 년 도

◎ 혈액접착제 개발 및 특성조사 → 침엽수합판 제조조건 조사 → 침엽수합판 제조 및 특성조사와 효과 측정

##### 나) 2 차 년 도

◎ HCHO 포착제 개발 → 접착제(혈액접착제, UF,PF와 혼합접착제)의 제조와 이에 따른 특성조사 → 목질판상제품(합판, PB)제조와 유리 HCHO 방산효과 측정 및 특성조사

##### 다) 3 차 년 도

◎ 접착제의 제조와 작업성→보존제 처리 → 합판과 PB 제조 → 부후 시험 및 보존성 평가

#### 2. 제 2 세 부 과 제

##### 가) 1 차 년 도

◎ Serum Protein의 분리정제 → 혈액 조성성분 비교 분석 → 건조방법에 따른 혈액접착제 분석

##### 나) 2 차 년 도

◎ Serum Protein구조-접착력 상관성 분석 → 용해도, 변성도, 접착력

비교 → Protein-HCHO 상호작용 규명

다) 3 차 년 도

- ◎ Serum Protein 연속 분리공정 개발 → Serum Protein의 건조처리 방법 개발 → 증자혈액의 건조 처리기술 개발 → 건조혈분의 재활용 기술개발.

**3. 제 3 세부과제**

가) 1 차 년 도

- ◎ 도축장시설현황 및 폐수발생량 조사 → 혈액발생량 및 수질오염도 조사 → 도축혈액 재활용 연구
- 1) 축산물 작업장의 도축 처리 실태조사는 축산물 작업장 현황과 일부 도축장에 대한 도축장별 도축량 및 폐수발생량 조사
- 2) 혈액 발생량 조사 및 도축혈액의 수질환경오염도 평가에서는 단위 체중당 혈액량 및 방혈량을 조사하였고 수질환경 오염도 평가는 도축직 후의 방류 수질에 대한 오염도 조사
- 3) 도축혈액의 재활용 연구에서 퇴비 및 단미사료화 활용연구 완료

**4. 제 4 세부과제**

가) 1 차 년 도

- ◎ 접촉제 수요추정 → 혈액량 추정 → 비용분석

나) 2 차 년 도

- ◎ 혈액접촉제의 수요 추정 → 혈액접촉제의 가격산정 → 환경편익분석 (도축장 부분)

다) 3 차 년 도

- ◎ 경제성 평가 → 보조비 계산 → 연구프로젝트의 산업적 효과 계산 (1. 혈액처리의 가능성 2. 혈장처리의 가능성 3. 경제성 평가)

## IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

### 가. 연구개발결과

#### 1. 제1세부과제

혈액접착제 제조를 위하여 고비용 전통건조방법 대신 TCA나 HCl에 의한 혈장 침전방법에 의하여 염가로 제조하는 공정을 개발하였으며, 혈액 단독접착제보다는 페놀수지와 공결합하여 개발한 PF 혈액공결합접착제가 보다 우수한 결과를 보여주었다. PF 혈액공결합접착제의 성능은 페놀수지와 같고 페놀의 70-80%를 혈액으로 대체하므로써 가격 저하 뿐만 아니라 작업성과 보존성이 우수하고 포름알데히드 방산문제도 해결되는 아주 좋은 결과를 도출하였다. 현재 TCA는 공업용으로 생산되지 않아 추정 가격으로 산출하였으나 HCl은 화공약품중 가장 싼 원료이므로 침전방법이 극히 싸게 들므로 HCl 방법을 30여회의 실패 끝에 성공하여 아주 좋은 결과를 얻었다.

#### <1차년도 요약>

##### 1) 혈액 접착제 개발 및 특성조사

---

기존의 혈액접착제 제조방법 : 혈액 - 교반 - 탈성유 - 건조 - 혈분  
개발된 새로운 혈액 접착제 제조법 : 혈액 - 원심분리 - TCA 침전  
(발명 특허 출원중 95-39511)

- 1) 침전 페이스트 그대로
- 2) 건조고형분

---

#### 개발된 혈액 접착제의 특성

- (1) 기존의 진한 피색과 달리 옅은 황갈색으로 접착제의 색깔로는 이상적이다.
- (2) 기존의 제조방법과는 달리 제조비용이 극히 저렴하다.

건조비용때문에 기존혈액접착제의 가격은 매우 비싸(요소수지-UF)의 6배, 페놀수지(PF)의 1.5배) 합성수지에 도태당하였으나 TCA침전 방법으로 수분과 염류를 1차분리하여 고형분만 빨리 침전되므로 그대로 TCA침전물을 사용하



는 경우는 건조비가 전혀 들지 않으며, TCA침전물을 건조 할 경우도 대부분의 수분을 전처리 공정으로 분리하였으므로 건조비가 예전 방법에 비하여 건조가 빠르고 비용도 매우 적게 든다.

- (3) 상태접착력과 준내수 접착력이 현재 합판제조에 사용되고 있는 합성수지인 요소수지보다 우수하며 요소·멜라민 접착제(멜라민 함량 30%)와 동등이상의 우수한 성질을 보였다.(표 1 참조)
- (4) 기존방법에 비하여 동등이상의 좋은 접착력을 나타냈다.(표 1 참조)
- (5) 혈액 접착제의 고형분은 15.17%로서 접착제의 대부분이 물이므로 혈액접착제 제조원가가 매우 저렴하다.
- (6) TCA혈액접착제의 가사시간은 기존 혈액 접착제의 6-12시간보다 길어 24시간이 넘어 안정성이 높다.
- (7) MDI를 혼합하면 완전내수 접착력이 보다 향상된다.
- (8) 페놀수지에 10-20%의 TCA혈분을 혼합하면 상태 접착력 및 완전내수 접착력이 월등히 향상되었고 열압시간이 20% 단축된다.
- (9) 새롭게 개발된 혈액알부민 접착제는 국내에서 대량으로 생산되는 돼지혈액에 알맞는 방법으로 개발되었다. (표 1 참조)

## 2) 침엽수 합판제조 조건 규명

열대 활엽수의 원목수입이 어려워짐에 따라 국내합판 업계는 침엽수 합판으로서 전향을 위하여 설비를 바꾸고 있는 중이다. 새로 개발된 혈액 접착제를 사용하여 침엽수 합판(뉴질랜드산 Radiata pine, 현재 D사에서 생산하는 단판 사용)제조를 위한 열압조건을 규명한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

적정단판 함수율 : 11%

적정온도, 시간, 압력 : 120℃, 3분, 10kgf/cm<sup>2</sup>

## 3) 제조된 합판의 특성

◎ 비중 : 0.567

◎ 함수율 : 11.57%

◎ 접착강도 : (상태 접착력) 18.57±3.17 kgf/cm<sup>2</sup>

(준내수 접착력) 11.57±1.28 kgf/cm<sup>2</sup>

혈액접착제의 배합비에 따라 다르나 현재 가장 우수한 성적을 나타낸 뉴질랜드 산 라디에타 소나무 합판 결과는 다음 표와 같다.

Table 1. Physical and mechanical properties of plywood bonded with various adhesives

Factor Adhesives	Properties							
	Physical properties		Mechanical properties					
	Density	M.C (%)	Dry (F=0.86)			Wet (F=24.2**) <sup>1)</sup>		
			Strength (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Wood failure(%)	Duncan test	Strength (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Wood failure(%)	Duncan test
UF resin <sup>2)</sup>	0.54	10.94	19.73±2.92	38	ns:(nonsignificance)	7.68±0.63	20	C
UMF resin <sup>3)</sup>	0.55	11.11	17.95±1.31	25		12.12±0.47	25	A
Existing B.G <sup>4)</sup>	0.56	11.3	19.72±1.91	14		9.15±0.44	10	B
TCA B.G <sup>5)</sup> (Undried)	0.56	11.25	17.68±1.77	34		9.93±0.97	20	B
TCA B.G <sup>6)</sup> (Dried powder)	0.57	11.57	18.57±3.17	45		11.57±1.28	35	A

\* K.S of plywood requires greater value than 7.5 kgf/cm<sup>2</sup> of shear strength

\* K.S of plywood requires value below 13% of moisture content

1) Wet ( 60℃, 3hr. )

2) UF resin : Urea Formaldehyde resin

3) UMF resin : Urea Melamine Formaldehyde resin

4) Existing B.G : Existing Blood Glue

5) TCA B.G : TCA Blood Glue (Dried powder)

6) TCA B.G : TCA Blood Glue (Undried)

## <2차년도 요약>

### 1) 공결합수지 개발

요소수지와는 PH관계로 공결합수지 상태가 불량하여 실패하였으나, 페놀수지 (PF)와 TCA침전 혈액제는 상용성이 아주 좋아 3종류 모두 100%성공하였다.

### 2) 합판 제조

PF와 TCA혈분으로 공결합된 수지 3종류(페놀량의 80%까지 TCA혈분으로 대체해도 아주 우수함)로 만든 합판은 상태, 준내수뿐만 아니라 자비처리시험까지 통과하였고, KS를 훨씬 상회한 우수한 결과를 가져왔다. 현재 국내에서 생산된 합판의 90%이상이 콘크리트 형틀용으로 사용되고 있으며, 접착제는 UMF를 사용하고 있다. 현재 멜라민(M)가격이 톤당 100만원 이상으로 높아져 페놀(PF, 70만원/톤당)이 상대적으로 싸졌을 뿐만 아니라 UMF는 자비처리에 합격하지 못하므로 품질이나 가격면으로 볼 때 개발된 페놀 혈액 공결합수지가 훨씬 우수하였다.

### 3) 파티클 보드(PB) 제조

PF와 TCA혈분 공결합 수지로 제조된 PB는 페놀수지만으로 제조된 파티클 보드보다 3종 모두 내부결합도나 곡강도 모두가 훨씬 높았으며 KS200타입을 훨씬 상회하여 대단히 만족한 결과를 가져 왔을 뿐만 아니라 현재 사용되는 페놀양의 70%를 값이 아주 저렴하고 HCHO문제가 전혀없는 TCA혈분으로 대체하고도 이와 같이 우수한 결과를 얻게 되었다.

### 4) 유리 HCHO 방산량 측정 및 포착효과

유리포름알데히드 방산량 시험에서, 페놀혈분 공결합수지는 혈분량의 증가에 따라 유리 HCHO방산량이 아주 적어 우수한 포착기능과 함께 무취제품 제조에 적합한 결과를 나타냈다.

Table 1. Properties of plywood manufactured from phenol-formaldehyde  
TCA blood Adhesive

Factor Adhesives	Physical properties			Mechanical properties								
	Density (g/m <sup>3</sup> ) (F=2.33:ns)	M.C.(%) (F=107 <sup>**</sup> )	Duncan test	Dry (F=138 <sup>**</sup> )			Wet(F=6.55 <sup>**</sup> )			Boil (F=69.12 <sup>**</sup> )		
				strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	WF (%)	Duncan test	strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	WF (%)	Duncan test	strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	WF (%)	Duncan test
UF con -2min	0.63±0.023	10.1±0.32	A	19.97±2.22	60	A	6.97±5.28	9	D	0	0	C
PF-Wh con 밀-5min	0.61±0.017	6.02±0.75	CD	13.83±1.67	56	BC	13.32±3.85	32.5	BC	0	0	C
PF-Wo con 목-5min	0.63±0.015	5.47±0.32	D	14.98±0.96	56	B	18.88±2.43	60	A	14.84±2.94	74	A
P20%B15g -5min	0.60±0.015	5.61±0.40	D	19.65±2.15	64.5	A	13.54±1.67	53	BC	13.1±2.86	43	AB
P20%B20g -5min	0.61±0.018	5.84±0.27	D	18.52±2.78	81.5	A	14.94±4.19	71	AB	13.37±2.34	53	AB
P10%B25g -5min	0.62±0.023	6.48±0.21	C	19.42±2.02	88.5	A	12.91±3.47	48	BC	11.53±1.86	24.5	B
Blood con -3min	0.60±0.024	8.33±0.45	B	12.29±0.65	53	C	8.79±1.17	27	CD	0	0	C

\*K.S of plywood Bonding shear strength : 7.5 kgf/cm<sup>2</sup>

\*K.S of plywood moisture content : below 13%

UF : Urea formaldehyde resin(50%NVC)

PF : Phenol formaldehyde resin(50%NVC)

PF-Wh : PF added with wheat flour filler(10%), Hot pressing time 5min

PF-Wo : PF added with wood flour filler(10%), Hot pressing time 5min

P20%B15g : PF(20%NVC)100g+TCABlood powder15g + wheat flour filler 5g

P20%B20g : PF(20%NVC)100g+TCABlood powder20g + wheat flour filler 5g

P10%B25g : PF(10%NVC)100g+TCABlood powder25g + wheat flour filler 5g

Table 2. Properties of particleboard from phenol-formaldehyde-TCA  
blood Adhesive

Factor Adhesive	Physical properties		Mechanical properties	
	Density (g/cm <sup>3</sup> )	M.C (%)	Bending strength	Internal bonding strength(IB)
PF-con	0.85	6.0	206.5±35.8	8.8±2.46
PF(20%)B12g	0.87	6.38	264.6±33.9	13.9±3.27
PF(20%)B15g	0.92	6.29	275.6±24.5	16.4±1.87
PF(15%)B15g	0.94	6.25	310.8±26.6	15.2±2.17

Table 3. Free Formaldehyde Emission from Plywood and Particleboard

HCHO Adhesive	HCHO Emission(ppm)	
	Plywood	Particleboard
UF	1.48	-
PF	0.3	0.1
P20% B12g	-	0.03
P20% B15g	0.08	0.024
P20% B20g	0.06	-
P15% B15g	-	-
P10% B25g	0.028	0.02
B	0.02	-

\* 표 2, 3의 주는 표 1과 같음.

<3차년도 요약>

- 1) 3차년에 최종개발된 HCl 침전혈액접착제의 적정배합비는 TCA침전혈액접착제 적정배합비보다 50% NaOH는 더 들어가고 소석회를 덜 배합하는 것(표1의 D 배합비)이 우수하였으며, HCl의 침전 처리 농도는 1.5N이 적당하였다. HCl 침전혈액접착제의 제조가격이 TCA침전혈액접착제보다 훨씬 저렴하므로 지난 2년간 많은 애로 끝에 3차년도에 성공시켰으며 과거의 혈분 접착제의 합판용 적정 점도보다 적정 범위가 넓어 7000-31000 cps 였고 가사시간은 24시간이 넘어 작업성과 안정성이 매우 높았으며 합판의 접착강도도 매우 우수하였다.(표 1, 2 및 3 참조)
- 2) HCl혈분접착제나 TCA혈분접착제 단독의 경우 HCl혈분접착제가 TCA혈분접착제보다 성질이 우수하며 양쪽 모두 합판의 상태 및 준내수 규격은 통과되나 내수시험은 통과하지 못하므로 페놀수지와 공결합수지로 사용하는 것이 좋다(표 8). PB제조인 O-phenylphenol을 2.5%, 5% 처리한 합판은 상대접착력의 경우 무처리보다 높아졌으나 준내수의 경우 다소 떨어졌다 5%처리가 2.5%보다 접착강도는 다소 높았다.(표 5) PB의 경우 PB의 휨강도나 내부결합도에 미치는 보존제의 영향은 별차 없었다.(표 6)
- 3) 보존성 평가로서 첫째, HCl이나 TCA에 의한 침전 혈장은 강산(pH 1-2)이므로 침전혈장 페이스트 자체는 대기 중에 놓아 두어도 그대로 건조될 뿐 부후되지 않았다. 또한 보존제를 처리하거나 PF-혈액 공축합 수지도 전혀 부후되지 않았다. 따라서 개발된 PF-혈액 공축합 수지는 보존성이 매우 양호하여 별도의 보존제를 처리하지 않아도 되었다. 보존제 처리된 접착제로 제조된 합판의 중량감소를 보면 처리별 유의성이 나타나지 않았고 PB의 경우는 구름버섯에서 처리별 차이가 나타났다.

이는 합판이나 PB의 경우 목질전건중량에 대한 보존제의 처리가 보존효과가 나타나도록 많아야 되는데 접착층이 부후되지 않도록 접착제에 대한 보존처리효과를 보았으므로 접착제는 부후되지 않으나 목질 자체는 목재부후균에 의하여

영향을 받기 때문인 것으로 생각되며 합판의 경우는 접착층이 별도로 되어있어 목질부후균의 영향이 잘 나타나고 PB의 경우는 파티클의 표면에 접착제와 보존제가 피복되어 있으므로 구름버섯의 경우 보존효과가 나타났다. 따라서 개발된 PF-혈액접착제를 사용할 경우 보존제를 처리할 필요가 전혀 없었다.

Table 1. 1.5N HCl 침전혈분의 제조배합비

(Unit : g)

	A	B	C	D	E	F	G	TCA적정배합비
물	40	40	40	40	40	40	40	35.58
침전혈분	5	5	5	5	5	5	5	5
목분	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
소포제	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.25
50% NaOH	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	0.85
소석회	0.625	0.53	0.5	0.47	0.31	0.31	0.625	0.625
물유리	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	1.1	1.1	2.2
물	4	4	4	4	4	4	4	6

Table 2. 1.5N HCl 침전혈분으로 제조한 접착제의 시간에 따른 점도변이

(Unit : cps)

Time(hr)	A	B	C	D	E	F	G	TCA
0	21000	10400	12500	994	1870	10000	48	7,150
2	34800	31000	34400	7843	2285	11000	115	14,000
4	Gel	Gel	Gel	10280	4012	7050	3800	28,800
6				14430	5100	6800	8963	76,000
8				21500	5150	5200	31000	120,000
10				24840	5760	4300	48000	90,000
24				31000	10300	9800	Gel	25,400

\* A-G : Table 1. 참조

\* Gel : Gelation of blood glue

Table 3. 1.5N HCl 침전혈분의 제조배합비별 제조된 합판의 물리·기계적 성질

처리	Physical property				Tensile-shear bonding strength			
	비중(F=0.95 <sup>ns</sup> )		M.C.(%)(F=12.62 <sup>**</sup> )		Dry test(kgf/cm <sup>2</sup> ) (F=8.805 <sup>**</sup> )		Wet test(kgf/cm <sup>2</sup> ) (F=6.18 <sup>**</sup> )	
	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test
A	0.63 ± 0.022	A	6.75 ± 0.289	B	20.74 ± 1.625	A	5.92 ± 0.627	C
B	0.65 ± 0.041	A	6.8 ± 0.327	B	17.43 ± 1.918	AB	9.67 ± 1.443	ABC
C	0.65 ± 0.034	A	7.83 ± 0.250	A	17.61 ± 0.662	AB	9.99 ± 1.777	ABC
D	0.61 ± 0.022	A	5.53 ± 0.419	C	21.1 ± 2.828	A	14.08 ± 2.419	A
E	0.66 ± 0.021	A	6.70 ± 0.698	B	13.87 ± 2.629	BC	8.23 ± 2.223	BC
F	0.64 ± 0.043	A	7.09 ± 0.246	AB	14.43 ± 1.802	BC	11.15 ± 1.614	AB
G	0.63 ± 0.030	A	6.59 ± 0.246	B	12.01 ± 3.650	C	9.76 ± 3.071	ABC

\* A-G : Table 1. 참조

Table 4. 1.5N HCl-Blood glue의 제조배합비에 따른 기본성질

	A	B	C	D	E	F	G
NVC(%)	15.3	15.6	15.8	15.8	15.2	14.9	14.6
pH	11.69	11.47	11.08	11.69	10.96	10.84	11.16

\* A-G : Table 1. 참조



Table 5. 보존제 처리한 TCA 침전혈분으로 제조한 합판의 물리·기계적 성  
질

처리	Physical property		Tensile-shear bonding strength			
	비중	M.C(%)	Dry test(kgf/cm <sup>2</sup> ) (F=11.60 <sup>**</sup> )		Wet test(kgf/cm <sup>2</sup> ) (F=12.03 <sup>**</sup> )	
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test
TCA con <sup>1)</sup>	0.60 ± 0.024	8.33 ± 0.45	12.4 ± 0.824	C	8.83 ± 0.20	A
TCA+2.5% <sup>2)</sup>	0.68 ± 0.03	10.3 ± 0.64	14.4 ± 2.188	AB	7.90 ± 0.222	B
TCA+5% <sup>3)</sup>	0.65 ± 0.04	9.5 ± 0.38	19.4 ± 2.841	A	8.04 ± 0.402	B

- 1) Only TCA-blood glue
- 2) TCA-blood glue + O-phenylphenol 2.5%(based on air weight of blood powder)
- 3) TCA-blood glue + O-phenylphenol 5%(based on air weight of blood powder)

Table 6. 보존제 처리한 PF-TCA와 PF-HCl 침전혈분으로 제조한 PB의 물리·기계적 성질

처리	Physical property						Mechanical property			
	비중(F=2.84 <sup>ab</sup> )		M.C.(%)(F=13.6 <sup>**</sup> )		흡수 두께팽윤율(%)(F=5.51 <sup>**</sup> )		힘강도 (kgf/cm <sup>2</sup> ) (F=4.673 <sup>3</sup> )		박리강도(kgf/cm <sup>2</sup> ) (F=0.96 <sup>ab</sup> )	
	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± S D	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test
PF-con <sup>1)</sup>	0.85±0.025	A	6.03±0.250	C	74.5±3.43	AB	200.53±13.84	AB	10.2±1.07	A
TCA+2.5% <sup>2)</sup>	0.89±0.061	A	6.84±0.415	AB	85.7±9.23	C	210.05±8.19	A	11.4±1.120	A
TCA+5% <sup>3)</sup>	0.94±0.049	A	7.42±0.330	A	78.7±13.4	AB	207.4±5.077	A	11.3±1.599	A
HCl+2.5% <sup>4)</sup>	0.94±0.022	A	6.39±0.165	BC	60.1±12.3	A	195.65±11.88	AB	11.1±2.754	A
HCl+5% <sup>5)</sup>	0.88±0.059	A	7.19±0.328	A	62.0±2.43	A	180.27±13.84	B	9.56±0.831	A

- 1) Only PF resin
- 2) PF(20%) 85part : TCA-blood powder 15part  
+ O-phenylphenol 2.5%(based on air weight of blood powder)
- 3) PF(20%) 85part : TCA-blood powder 15part  
+ O-phenylphenol 5%(based on air weight of blood powder)
- 4) PF(23.2%) 100part : HCl-blood powder 22.7part  
+ O-phenylphenol 2.5%(based on air weight of blood powder)
- 5) PF(23.2%) 100part : HCl-blood powder 22.7part  
+ O-phenylphenol 5%(based on air weight of blood powder)

Table 7. TCA 침전혈분으로 제조한 합판과 PB의 보존성

	처리	균종류	중량감소율(%)±SD (F=2.572;ns)	균종류	중량감소율(%)±SD (F=2.320;ns)	
Plywood	Blood con <sup>1)</sup>	TYP <sup>4)</sup>	10.91±1.50	COV <sup>5)</sup>	11.53±1.00	
	Blood + 2.5% <sup>2)</sup>	TYP	10.84±1.00	COV	10.39±0.50	
	Blood + 5% <sup>3)</sup>	TYP	13.3±1.95	COV	10.44±0.60	
PB	처리	균종류	중량감소율(%)±SD (F=1.176;ns)	균종류	중량감소율(%)±SD (F=7.034**)	Duncan test
	PF con <sup>6)</sup>	TYP	28.69±1.48	COV	11.6±0.89	B
	PF + TCA <sup>7)</sup>	TYP	28.23±1.59	COV	10.90±0.84	B
	PF + HCl <sup>8)</sup>	TYP	25.88±2.75	COV	9.93±1.09	B
	PF + TCA +2.5% <sup>9)</sup>	TYP	25.76±6.79	COV	8.54±1.42	AB
	PF + TCA +5% <sup>10)</sup>	TYP	25.0±1.52	COV	8.36±1.89	AB
	PF + HCl +2.5% <sup>11)</sup>	TYP	24.53±1.03	COV	5.23±3.83	A
	PF + HCl + 5% <sup>12)</sup>	TYP	23.11±4.77	COV	4.73±2.26	A

- 1) Only TCA-blood glue
- 2) TCA-blood glue + O-phenylphenol 2.5%(based on air weight of blood powder)
- 3) TCA-blood glue + O-phenylphenol 5%(based on air weight of blood powder)
- 4) 부후개떡버섯(*Tyromyces palustris*)
- 5) 구름버섯(*Coriolus versicolor*)
- 6) Only PF resin
- 7) PF(20%) 85part : TCA-blood powder 15part
- 8) PF(23.2%) 100part : HCl-blood powder 22.7part
- 9) PF(20%) 85part : TCA-blood powder 15part

- + O-phenylphenol 2.5%(based on air weight of blood powder)
- 10) PF(20%) 85part : TCA-blood powder 15part
  - + O-phenylphenol 5%(based on air weight of blood powder)
- 11) PF(23.2%) 100part : HCl-blood powder 22.7part
  - + O-phenylphenol 2.5%(based on air weight of blood powder)
- 12) PF(23.2%) 100part : HCl-blood powder 22.7part
  - + O-phenylphenol 5%(based on air weight of blood powder)

Table 8. PF-TCA blood glue와 PF-HCl blood glue로 각각 제조한 합판의 물리·기계적 성질비교

처리	Physical properties			Tensile-shear bonding strength								
	비중 (F=1.08 <sup>mm</sup> )	함수율(%) (F=31.6 <sup>mm</sup> )	Duncan test	Dry (F=5.52 <sup>mm</sup> )			Wet(F=5.55 <sup>mm</sup> )			Boil (F=43.03 <sup>mm</sup> )		
				strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	WF (%)	Duncan test	strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	WF (%)	Duncan test	strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	WF (%)	Duncan test
PF con	0.63±0.015	5.47±0.32	C	14.98±0.96	56	BC	18.88±2.43	27	A	14.84±2.94	74	A
Blood con(TCA)	0.60±0.024	8.33±0.45	A	12.29±0.65	53	C	8.79±1.17	43	C	0	0	C
Blood con(HCl)	0.61±0.022	6.59±0.24	B	21.10±2.83	50	A	14.08±2.42	43	AB	0	0	C
P20% TCA B15g	0.60±0.015	5.61±0.40	C	19.65±2.15	64.5	AB	13.54±1.67	53	ABC	13.1±2.86	43	AB
P20% TCA B20g	0.61±0.018	5.84±0.27	C	18.52±2.78	81.5	AB	14.94±4.19	71	AB	13.37±2.34	53	AB
P10% TCA B25g	0.62±0.023	6.48±0.21	B	19.42±2.02	88.5	AB	12.91±3.47	48	BC	11.53±1.86	24.5	B
PF-HCl B	0.63±0.042	6.74±0.44	B	18.59±4.56	51	AB	13.72±0.75	22	AB	11.28±0.82	12	B

\*K.S of plywood Bonding shear strength : 7.5 kgf/cm<sup>2</sup>

\*K.S of plywood moisture content : below 13%

PF : Phenol formaldehyde resin(50% NVC)100g + wood floor filler 10g

P20%B15g : PF(20% NVC)100g + TCA-blood powder 15g + wheat floor

extender 5g

P20%B20g : PF(20% NVC)100g + TCA-blood powder 20g + wheat floor extender 5g

P10%B25g : PF(10% NVC)100g + TCA-blood powder 25g + wheat floor extender 5g

PF-HCl B : PF(23.2% NVC)100g + HCl-blood powder 22.7g + wood floor filler 15.4g

Table 9. PF-TCA blood glue와 PF-HCl blood glue로 각각 제조한 PB의 물리·기계적 성질비교

처리	Physical properties						Mechanical properties			
	비중 (F=8.00*)		함수율(%) (F=7.66*)		흡수 두께 팽윤율(%) (F=24.26**)		곡강도(kgf/cm <sup>2</sup> ) (F=55.35**)		박리강도(kgf/cm <sup>2</sup> ) (F=17.86**)	
	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test
PF con	0.85 ± 0.025	B	6.03 ± 0.25	B	74.52 ± 3.4 3	A	200.5 ± 13.8 4	B	10.2 ± 1.071	B
PF-Blood (TCA)	0.94 ± 0.045	A	6.26 ± 0.10	B	53.81 ± 4.5 7	B	310.55 ± 26. 6	A	15.23 ± 2.17 2	A
PF-Blood (HCl)	0.91 ± 0.017	AB	6.69 ± 0.32	A	67.55 ± 4.7 2	A	188.65 ± 8.9	C	9.9 ± 0.40	B

PF con : Only PF resin

PF-Blood(TCA) : PF(15% NVC) 100g : TCA-Blood powder 15g

PF-Blood(HCl) : PF(23.2% NVC)100g + HCl-blood powder 22.7g

## 2. 제2세부과제

<1차년도 요약>

### 가. 연구 수행결과 요약

1) Serum protein의 분리 정제

(1) 혈액에서의 serum의 분리

도축 혈액은 채혈 즉시 항응고제로서 EDTA 2g/L를 첨가하여 응고를 방지한

후 7000rpm-9000rpm에서 30-40분간 원심 분리하여 상등액인 serum을 분리하였다. 도축혈액에서 얻어진 serum양은 Table 1과 같다. 일반적으로 전체 도축 혈액의 50% 정도의 serum을 얻는 것으로 나타났다.

Table 1. 채혈량 및 serum의 분리량

채혈일자	도축혈액 종류	채혈량	원심분리 속도 및 시간	serum 양
95. 1. 10	Pig	3L	8000rpm/30min	1750 ml
95. 1. 17	Cow	3L	9000rpm/30-40min	1270 ml
95. 1. 24	Pig	2.5L	9000rpm/30min	1300 ml
95. 2. 6	Cow	3L	8000rpm/25min	1100 ml
95. 2. 27	Cow	2L	8000rpm/25min	1000 ml
95. 5. 8	Pig	2.2L	7000rpm/30min	1000 ml
95. 5. 16	Cow	2.2L	7000rpm/30min	1250 ml
95. 5. 29	Pig	9.5L	7000rpm/40min	4800 ml
95. 6. 7	Pig	10L	7000rpm/40min	5400 ml
95. 7. 20	Pig	3L	7000rpm/40min	1500 ml
95. 7. 26	Pig	3L	7000rpm/40min	1300 ml
95. 8. 22	Pig	2L	7000rpm/40min	1000 ml

## (2) serum protein의 분리

도축된 혈액의 serum으로부터 serum protein을 분리하기위한 최적 조건 및 방법을 확립하기 위하여 돼지의 blood serum에 각각 다른 농도의 TCA용액과 HCl용액을 첨가하였으며 volume ratio는 serum : acid = 4 : 1로 가하여 serum protein을 침전시켰다.

얻어진 침전물 1g을 취하여 dd H<sub>2</sub>O 5ml 에 분산시켜 pH를 측정하고 12000rpm, 10min 조건하에서 원심분리한 후 상등액을 취하여 280nm에서 absorbance를 측정하여 각각의 용해도 분석을 하였다. 여러 TCA 및 산농도 조건에서의 침전량, pH 및 absorbance 를 Table 2 에 나타내었다. Table 2에

따르면 TCA와 HCl의 농도에 따른 침전량의 경우 가장 높은 final concentration인 10% TCA, 2.26 N HCl 을 가하였을때의 침전량은 오히려 6% TCA, 1.2N HCl 보다 더 적게 나타났다. 따라서 가장 적합한 TCA와 HCl의 조건은 최종pH, 용해도, 침전물의 양을 고려할 때 TCA는 최종 농도 2%, 그리고 HCl은 최종농도 0.6N 일때 가장 적합하다고 사료된다.

**Table 2. TCA와 HCl에 의한 serum protein의 침전량**

첨가한 Acid의 concentration	첨가량	Final concentration	precipitate weight(g)	pH	A <sub>280</sub>
TCA 50%	10 ml	10 %	14.61	1.45	0.185
TCA 30%	10 ml	6 %	16.54	1.70	0.272
TCA 10%	10 ml	2 %	15.62	2.67	0.648(10x)
TCA 5%	10 ml	1 %	8.38	3.27	1.330(10x)
HCl 11.3N	10 ml	2.26N	16.05	1.05	0.302(10x)
HCl 6N	10 ml	1.2N	16.68	1.20	0.507(10x)
HCl 3N	10 ml	0.6N	13.67	1.38	1.412(10x)
HCl 1N	10 ml	0.2N	1.34	2.83	1.524(10x)

### (3) TCA에 의한 serum albumin의 침전

도축혈액으로부터 TCA침전에 의해 분리된 serum protein의 특성을 조사하기 위해 SDS-PAGE를 했다. Pig blood serum에 8.5% TCA 침전 처리한 결과 TCA 에 의해 침전되는 major fraction은 albumin인 것으로 나타났으며 이는 혈분 접착제의 주성분이 albumin인 것을 시사한다.

## 2) 혈액 종류에 따른 혈액 조성성분 비교

### (1) 소와 돼지의 blood serum의 SDS-PAGE에 의한 비교

혈액 종류에 따른 혈액 조성 성분을 비교하기 위하여 소와 돼지의 도축혈액으로부터 분리한 serum protein의 SDS-PAGE를 분석 비교하였다.

소와 돼지의 serum protein의 주성분은 albumin ( Mw 66000 )이었으며 돼지의 경우 albumin band 의 윗 부분에 single thick band ( Mw 72000 )가 보였고 아래부분에 소의 경우에는 없는 band (Mw 44000)가 보였다. 소의 경우는 serum protein의 분포에 있어 분자량이 다소 큰 fraction이 존재하며 또한 돼지의 경우와 비교해 볼 때 분자량 20000 정도에서 뚜렷한 band가 보였다. 결론적으로 소와 돼지는 serum protein 의 양 및 종류에 있어 어느 정도의 차이는 있으나 비교적 유사한 pattern을 갖는 것으로 사료된다. 이것은 소와 돼지의 혈분 접착제의 특성에 있어 약간의 차이는 인정되나 커다란 차이가 없으리라는 것을 간접적으로 시사한다.

## (2) Blood serum ammonium sulfate fractionation

도축혈액으로부터 분리된 serum protein의 fractionation 및 정제를 위한 기초 연구로서 대표적인 단백질 침전제인 ammonium sulfate 를 이용하여 다음과 같이 fractionation 했다. 소와 돼지의 blood serum protein을 각각 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%의 다른 ammonium sulfate 농도에 따라 침전시킨후 단백질을 SDS-PAGE (12.5% gel)로 분석하였다

pig와 cow blood 는 ammonium sulfate fractionation 에서 유사한 경향을 보여 별다른 차이가 없었으며 20% 까지는 albumin이 거의 침전되지 않았고 20-30% 농도에서부터 albumin이 침전되었으나 그 양이 적었고 pig의 경우 50-60%, cow의 경우 60-70% 농도에서 가장 많은 양의 albumin이 fractionation 되었다. 따라서 albumin 분리 정제를 위한 최적 ammonium sulfate fractionation 조건은 본 연구 결과를 참조하여 이루어지는 것이 바람직하다.

## 3) 건조방법에 따른 혈분의 특성 비교

### (1) 혈분의 건조

건조 방법에 따른 혈분 접착제의 특성을 비교하기 위하여 먼저 혈분은 다음과 같은 방법으로 건조하였는데

- 1) blood serum의 동결 건조
- 2) blood serum의 57℃ - 60℃에서 열풍 건조
- 3) blood serum에 8.5% TCA 용액을 1 : 1로 가하여 blood serum을 침전



시킨후 이 침전물의 건조 등의 세가지 방법을 이용하였다.

## (2) 혈분의 용해도 측정

위에 기술된 방법으로 건조된 혈분 접착제들의 특성을 연구하기 위하여 중요한 인자중의 하나인 용해도를 측정하였다 (Table 3).

**Table 3. Dried serum powder의 solubility**

건조방법 혈액종류	Freeze drying	hot air drying(50 °C)	TCA ppt freeze drying
pig	145mg/ml	2mg/ml	5.1mg/ml
cow	109mg/ml	5.7mg/ml	1mg/ml

### <2차년도 요약>

- 1) Serum protein의 종류에 따른 접착력과의 상관성 조사를 하기 위해 Pig plasma를 각각의 건조방법에 따라 건조한후 pH와 점도를 측정하였는데 pH와 점도 모두 Hot-air dried (HD)가 높게 나타났으며 pH에 있어서 freeze dried(FD)와 HD powder가 알칼리성이었고 TCA precipitate(ppt) FD는 산성을 나타냈다. 점도는 HD가 가장 높았으며 TCA ppt FD, FD순으로 낮게 나타났다.
- 2) 여러 종류의 serum protein를 사용하여 glue를 제조한 후 시간에 따른 viscosity 변화를 glue제조 직후부터 시간에 따른 점도 변화를 측정한 결과 TCA ppt-FD glue는 viscosity 10,000cp전후를 유지하면서 완만하게 상승하다가 1.5시간 이후 급상승한 반면 pig plasma HD glue는 glue자체가 균일하지 못하여 점도가 불규칙하게 변화하였으며 다른 glue에비해 점도가 매우 높게 나타났으며 또한 FD glue는 TCA ppt-FD와 같은 경향을 보였다. 본 연구 결과에 따르면 pig plasma FD glue가 다소 비교 우위에 있으나 실용화하기에는 shelf-life가 너무 짧고 FD cost가 문제되는 바 경제성을 고려했을 때 같은 pattern을 보인 TCA ppt FD glue가 보다 적합할 것으로 사료된다.

- 3) Serum protein의 용해도 및 변성도와 접착력과의 비교 연구를 위해 Pig와 cow의 TCA ppt와 HD sample에 NaOH량을 달리 첨가하여 용해도를 측정한 결과 TCA ppt sample의 경우 NaOH농도를 0.1%에서 0.5%까지 단계적으로 증가시켰을 때 pig와 cow 모두 용해도가 현저히 증가하였고 pig의 경우 cow보다 증가 경향이 크게 나타났다
- 4) NaOH에 의한 Blood plasma protein 가수분해 정도를 SDS-PAGE를 이용하여 분석, 분자량을 추정한 결과 pig와 cow는 대체로 유사한 경향을 보였으나 NaOH 농도 차이에 의해 band pattern이 상이하게 나타났다.
- 5) Alkaline hydrolysis 정도에 따른 접착력과의 상관성 연구를 위해 pig와 cow의 FD sample에 여러 농도의 NaOH를 첨가한 후 시간에 따른 viscosity 변화를 측정한 결과 모든 sample에서 시간이 지남에 따라 viscosity가 감소하는 경향을 보였으며 2.5% NaOH 처리한 cow FD를 제외한 다른 sample들은 NaOH처리 농도가 낮아지면서 4시간 후의 viscosity 값이 낮게 나타났다. 접착제의 강도와 shelf-life를 고려하면 10% NaOH의 경우가 바람직할 것으로 사료되며 실제 접착제의 제조에 있어 plasma protein powder와의 다른 성분과의 상관관계에 의한 접착력의 변화가 나타날 수 있으므로 각각의 제조방법에 따라 NaOH처리량의 적정성을 가져야 할 것으로 사료된다.
- 6) Serum protein의 HCHO의 포착성을 연구하기 위하여 HCHO에 의해 cross-linked protein의 conformational change를 circular dichroism, FTIR, spectrofluorometer 을 이용하여 연구하였는데 protein의 conformational change 등이 관찰되는 등 serum protein의 HCHO 포착성의 결과로서 protein의 secondary structure, tertiary structure의 변화 등이 측정되었다.

### <3차년도 요약>

#### 1) 혈액에서의 serum의 분리공정 및 최적조건

실험결과 도축혈액에서의 serum은 약 50%정도, serum protein의 경우는 약 10% 정도 차지하는 것으로 나타났다. serum protein의 분리과정중 각각의 수율은 Table 1

과 같다.

**Table 1. 혈액내의 serum protein의 함량**

	혈액	혈구	serum	serum protein
건조무게(g)	284.8	76.3	52.25	28.4
수분함량(%)	86	84	89	78
백분율(%)	100	50.1	49.9	9.9

도축혈액으로부터 TCA 및 HCl의 처리에 따른 serum protein의 침전은 Table 2에  
서 보는 바와 같이 가장 높은 최종 농도인 10% TCA, 2.26 N HCl을 가하였을 때의  
침전량은 오히려 6% TCA, 1.2N HCl의 처리보다 더 적게 나타났다. 따라서 가장 적  
합한 TCA와 HCl의 조건은 최종 pH, 용해도, 침전물의 양을 고려할 때 TCA는 최종  
농도 2%, 그리고 HCl은 최종농도 0.6N일 때 가장 적합하였다.

**Table 2. TCA 와 HCl의 처리에 의한 serum protein의 침전량**

첨가한 acid의 농도	첨가량	최종 농도	precipitate weight(g)	pH
TCA 50%	10 ml	10 %	14.61	1.45
TCA 30%	10 ml	6 %	16.54	1.70
TCA 10%	10 ml	2 %	15.62	2.67
TCA 5%	10 ml	1 %	8.38	3.27
HCl 11.3N	10 ml	2.26 N	16.05	1.05
HCl 6N	10 ml	1.2 N	16.68	1.20
HCl 3N	10 ml	0.6 N	13.67	1.38
HCl 1N	10 ml	0.2 N	1.34	2.83

또한 serum의 최적분리조건을 설정하기 위하여 혈액 1000ml를 대상으로 원심분리  
시 회전속도와 시간에 따른 분리효율을 검토하였다.

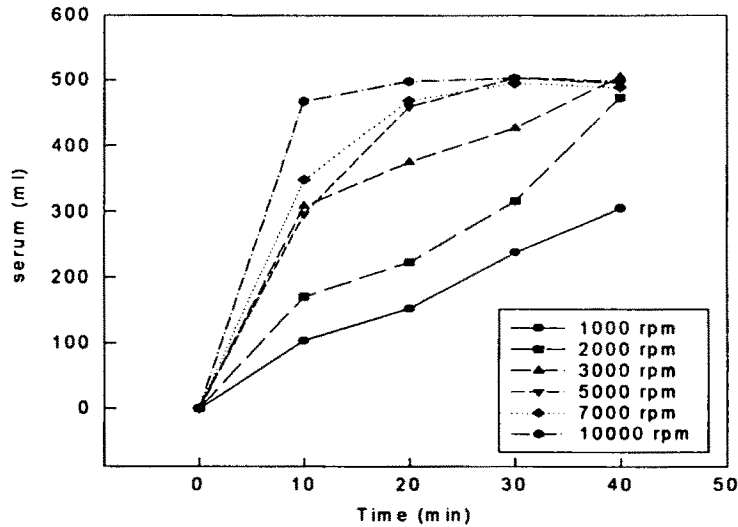


Fig. 1. 원심분리의 회전속도와 운전시간에 따른 serum 양의 변화

Fig. 1.에서와 같이 회전속도와 운전시간이 증가할수록 serum의 양이 증가하는 경향을 나타냈으며 회전속도가 10000rpm의 경우 초기 10분 동안에 혈액내의 거의 모든 serum이 분리되었고, 5000rpm의 경우 30분 동안에 모든 serum이 분리되었다. 따라서 처리하는 혈액의 양에 따라 10000rpm이상에서 10분과 5000rpm이상에서 30분의 운전조건으로 처리하는 것이 바람직하였다.

## 2) serum protein의 건조처리방법

serum protein의 건조 방법으로서 상온(28℃)에서의 건조방법과 열풍건조(50℃, 80℃, 100℃) 그리고, 감압동결건조(0℃, -50℃, -80℃)의 방법으로 나누어 그 건조특성 및, 최적건조조건을 살펴보았다.

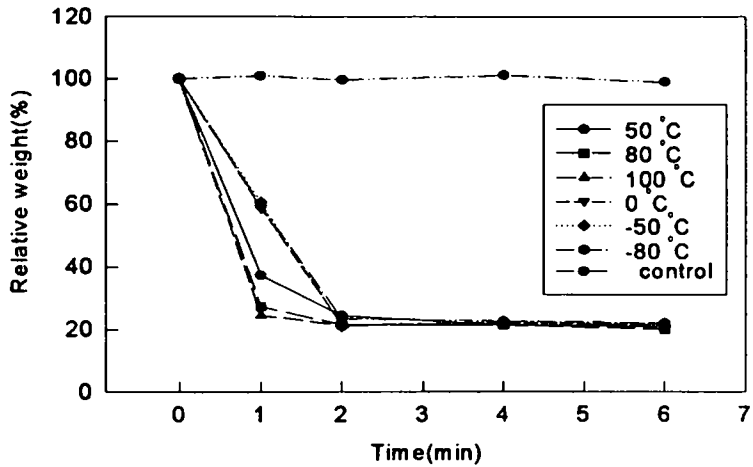


Fig. 2. 시간 및 온도에 따른 열풍건조와 감압냉동건조의 처리효율

Fig. 2.는 각각의 방법에 따른 건조특성을 보여주고 있는데 상온(control)서의 건조는 6시간이내에서 별다른 건조효과가 없었고, 열풍건조의 경우는 80℃나 100℃에서 1시간 정도에 거의 모든 수분이 증발되어 항량에 이르게 되었으며 50℃의 조건하에서는 1시간 건조시 38%로 약간 적은 효율을 보였고 2시간 건조시 약 21%로 항량을 유지하였다. 감압동결건조의 경우 0℃, -50℃, -80℃의 온도에 따른 별다른 차이를 보이지 않고 2시간 건조후 항량에 도달하였다.

따라서, 열풍건조는 80℃에서 1시간 건조시키는 것이 효율적이라고 판단되고, 감압냉동건조의 경우에는 0℃에서 2시간 처리하는 것이 최적이라고 판단되었다. 또한 열풍건조 및 감압냉동건조에 따른 큰 성분변화가 없는 것으로 보아 열풍건조방법이 보다 더 효율적이었다.

### 3) 증자혈액의 건조처리 방안

증자혈액의 수분함량은 일반적으로 85-90%정도를 보였으며, 가열건조와 냉동건조 두가지 방법중 우선 가열건조방법에 의한 건조처리 방법을 검토 해 보았다. 혈분시료를 Fresh, Steaming, Steaming & crush 등으로 나누어 105℃의 dry oven에서 넣어 수분이 완전 제거되는데 필요로 하는 시간과 각각 성분들의 변화 추이를 조사해 본 결과 Steaming & crush, Steaming, Fresh의 순으로 빨리 수분이 제거되었으며 각 성분들은 주목할 만한 차이를 보이지 않았다. 또한 마쇄정도에 따른 효율을 알아보기 위하여 증자혈액의 직경을 0.5cm, 1cm, 2cm, 3cm, 4cm, 5cm, 10cm로 각각 마쇄하여 건조효율을 살펴본 결과 직경 2cm이하의 크기에서는 거의 동일한 건조효율의 결과를 나타냈으며, 이후 직경이 증가할수록 건조효율이 상당히 감소하였다. 80℃ 열풍건조처리에 있어서도 직경이 3cm이하의 크기에서는 그 크기에 따라 건조효율이 다소 감소하였고, 주목할만한 한 차이는 보이지 않았으나 그 이후의 크기에서는 효율이 상당히 감소하였다.

따라서, 증자혈액을 열풍건조처리 할 경우 그 직경을 3cm이하로 마쇄하는 것이 효과적이었다.

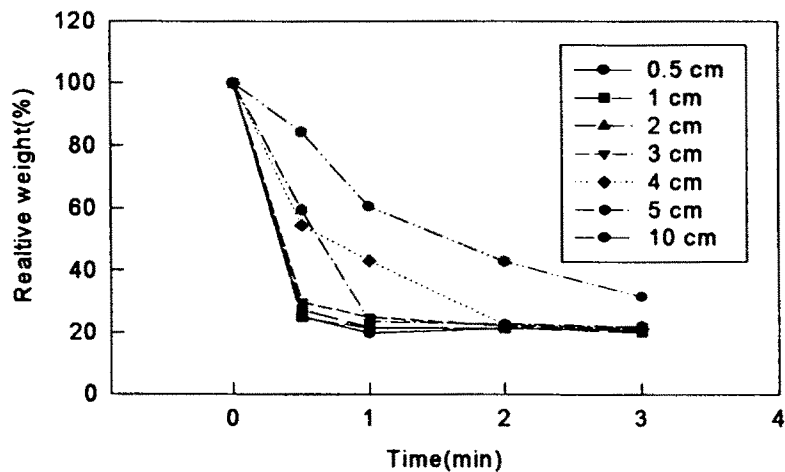


Fig. 3. 증자혈액의 직경에 따른 건조효율.

#### 4) 건조혈분의 재활용기술 개발

본 연구팀은 새로운 혈분의 이용방안을 모색하고 연속적인 처리공정을 확립하기 위해 혈분중에 남아있는 모든 단백질을 분해하여 아미노산을 구축하여 고부가가치화 하는 방안과, 폭쇄한 목재를 이용 이를 혈분에 침지 건조시켜 사료화하는 방안에 대하여 검토하였다.

##### 가) 도축혈액의 전량 아미노산화 방안

혈액 전량을 아미노산화 하기 위하여 HCl을 이용 환류추출을 하였다. 환류 추출물을 아미노산 분석을 해 본 결과 Table 3에서 보는 것처럼 Leu, His, Ala등의 아미노산이 가장 많이 존재하는 것으로 나타났다.

Table 3. 혈액내의 Amino acids 함량

	M.W.	Concentration (nM)	Amount (µg)	Percentage (%)
Met S + Asp		19.196		
Thr	119.12	16.67	0.4965	4.953
Ser	105.09	29.52	0.7755	7.737
Glu	147.13	16.77	0.61675	6.153
Pro	115.13	26.88	0.77375	7.719
Gly	75.07	25.1	0.471	4.699
Ala	89.09	52.65	1.1725	11.698
Val	117.15	21.27	0.623	6.215
Met	149.21	5.976	0.222925	2.224
Iso	131.17	1.249	0.04095	0.409
Leu	131.17	44.17	1.4335	14.297
Tyr	181.19	7.29	0.33025	3.295
Phe	165.19	23.18	0.95725	9.550
His	155.16	29.43	1.1415	11.388
Cys	121.16	22.7	0.6875	6.859
Arg	174.20	6.44	0.2805	2.798

Total amount of amino acids : 10.023375 µg/250ml

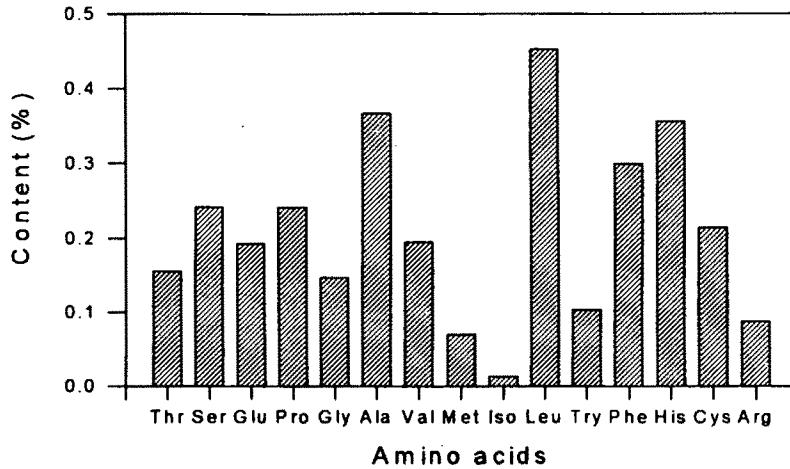


Fig. 4. 혈액내의 Amino acids 함량.

또한 연속공정이 가능한 처리를 위해 각각의 여과 공정을 식품여과 공정으로 응용되고 있는 Ultrafiltration (Modified plate and frame module)을 이용하여 대용량과 연속처리를 가능케 하였다. 결과적으로 혈분을 6N HCl로 환류냉각시키고 여과를 위해 중화시킨후 UF membrane을 통과시켜 정제하고 시료중에 남아있는 물을 제거하여 전체 고형분의 양을 증가시켜 현재 식품공업에서 많이 응용되고 있는 spray dryer로 건조 농축시키는 공정이 가장 효율적이고 합리적이라고 사료되었다.

또한 분해시 첨가되는 6N HCl의 양과 분해 시간에 의한 조건을 확립하기 위해 시료량의 3배 4배, 5배의 6N HCl을 첨가하고 각각 4, 6, 12, 24시간 동안 분해 하여 total nitrogen의 함량을 비교해 본 결과 3배의 경우 분해장치의 기벽에 붙는 시료의 양이 너무 많아 68%의 낮은 T-N 수율을 보였으며 4배의 경우 86%, 5배는 약 90%의 수율을 보이면서 가장 안정적이었다. 또한 분해시간에 의한 수율은 4시간의 경우는 공히 평균 수율보다 낮은 수치를 나타냈으며 6시간부터 24시간까지는 T-N의 수율에 큰 차이를 나타내지 않아 분해과정에 있어서의 조건은 5배량의 6N HCl을 사용하여 6시간 동안 분해하는 것이 가장 적합한 조건이라는 결론을 낼수 있었다.



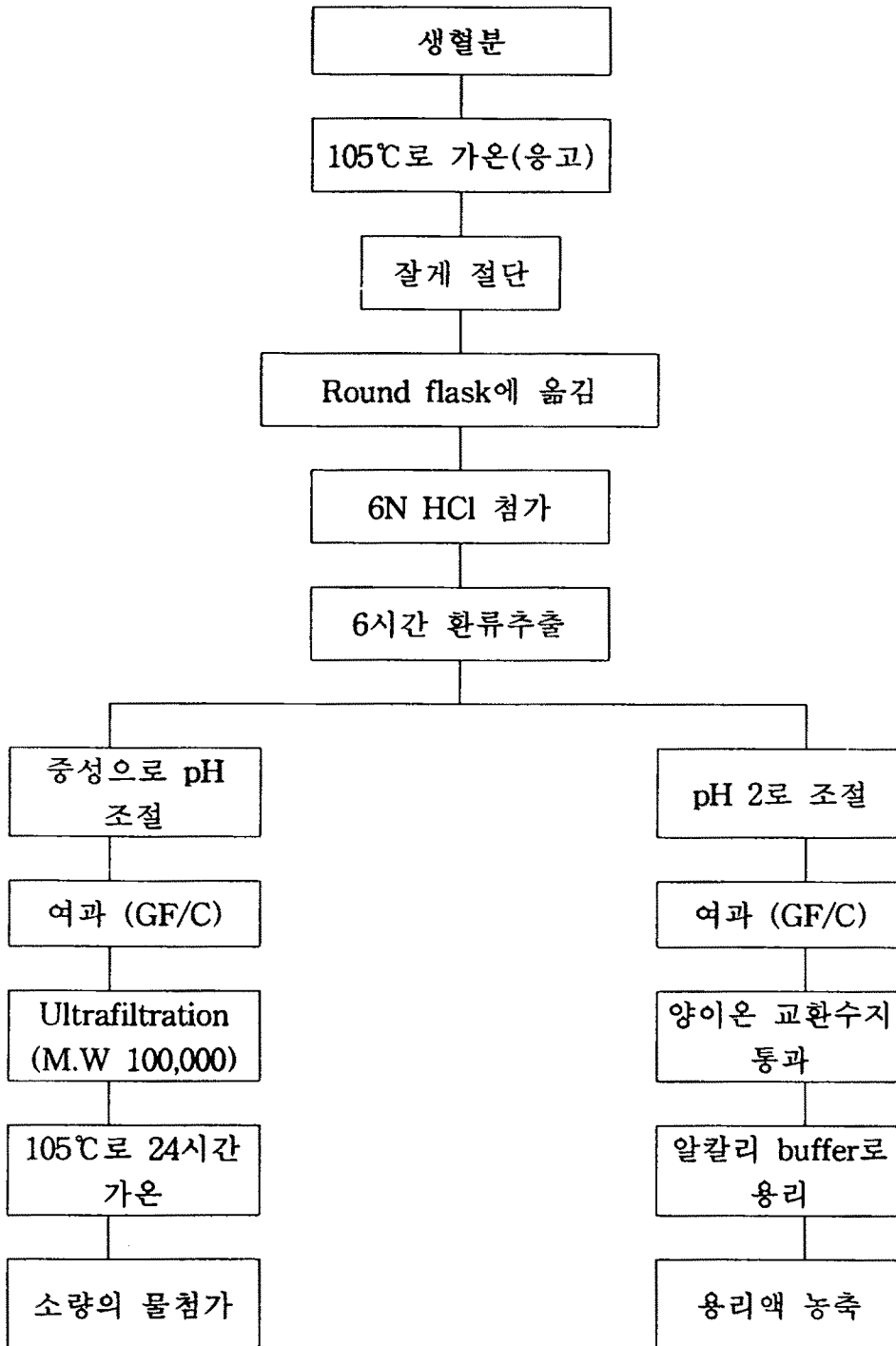


Fig. 5. 혈액으로부터 amino acid추출을 위한 공정도.

나) 사료화 방안

폭쇄한 목재를 건조시키지 않은 도축혈분에 침지시킨후 열풍건조시켜 이를 사료화 하는 방안을 검토하고 있다.

Table 4.에서 보는 바와 같이 목재의 각 성분 함량으로 볼 때 혈분의 재활용면에 있어서 도축혈분에 침지시킨후 열풍건조 시켰을 때 충분한 사료의 가치가 있다고 판단되며 차후 남은 기간 수행되어야 할 부분이다.

Table 4. 폭쇄한 목재(아카시아)의 성분함량

목재	수분 함량	흡수율	T-C	T-N	셀룰 로오스	헤미 셀룰 로오스	리그닌
(폭쇄한 아카시아)	32.4	520	53.5	0.092	58.3	20.1	31.9

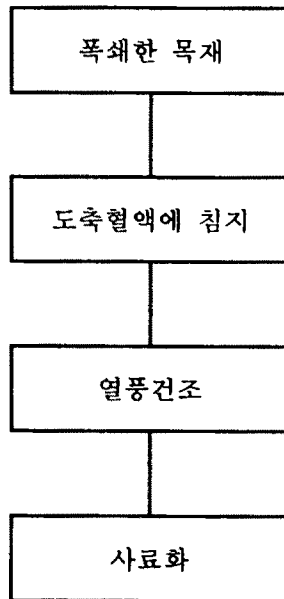


Fig. 6. 도축혈액과 폭쇄한 목재의 사료화 공정도.

### 3. 제 3 세부과제

#### <1차년도 요약>

- 1) 전국의 도축시설은 도축장 115개소이고 간이 도계장까지 합하여 179개소가 운영되고 있다. 도축장 시설은 일부를 제외하고는 매우 열악하여 위생상의 문제도 많다고 평가되었다.

표 1. 전국의 축산물 작업장 현황

도 축 장					도 계 장	
도축장	간이도축장	관영	축협	민영	도계장	간이도계장
65	50	18	11	86	55	9
계 115					계 60	

(’95. 1. 5일 기준, 단위:개소)

- 2) 국내에서 도축되는 소와 돼지로부터 수집될 수 있는 혈액량은 1994년 말 현재 각각 5,880m<sup>3</sup>과 36,840m<sup>3</sup>으로 추산된다.

표 2. 도축장별 도축량과 폐수발생량 현황

	1일 폐수		처리능력 (두/일)		’94도축 (두/일)	
	발생량	방류량	소	돼지	소	돼지
계	2,796	2,789	1,136	12,680	383	8,697
1일혈액방류량			9.8*	38**	3.1*	26.1**

(단위 : m<sup>3</sup>) (\* 8L / 마리, \*\* 3L / 마리)

- 3) 발생하는 방혈량중 폐수로 유입되어 환경오염을 유발할 수 있는 1일 혈액량은 표3에 의하여 소는 2,290m<sup>3</sup> 그리고 돼지는 15,350m<sup>3</sup>으로 추산된다.

표 3. 단위체중당 혈액량 및 방혈량

	단위 체중당 혈액량	도체 평균 혈액량	방혈량*
소	67-78 ml/Kg	30-35 L/450Kg	7-8 L/마리
돼지	55 ml/Kg	6.1 L/110Kg	2.5-3.0 L/마리
닭	70 ml/Kg	0.12 L/1.8Kg	0.06 L/마리

\* 방출량은 전체 혈액중 소는 8L, 돼지는 3.0L로 계산하였습.

Source : The Merk Veterinary Manual fourth Ed.

4) 도축장에는 활성오니법에 의한 폐수처리시설이 되어 있으나 도축장별로 도축규모에 따라 차이가 많은 것으로 나타났다. 방혈되는 혈액을 수집할 수 있는 시설은 전무한 수준으로 많은 양의 혈액성분과 기타 내장등 오염물질이 세척수와 함께 혼합되어 폐수처리시설로 유입되므로 폐수처리의 효율을 낮추는 결과를 가져오고 있다.

따라서 도축량과 폐수발생량과의 관계(표2)를 보면 소와 돼지 도살과정에서 폐수로 유입될 수 있는 혈액은 약 60배정도 회석되어 약 3,000mg/Kg수준이 되므로 300mg/Kg 이하로 유지하기 위해서는 10배의 회석수가 필요할 것으로 추산된다.

5) 도축장의 폐수는 도축두수와 작업시간대에 따라 성상의 차이가 매우 크다. 대부분의 도축장에서는 폐수의 채취가 불가능하였으며 채취협조가 이루어진 도축장은 모두 방류 한계수질인 BOD 150mg/Kg 이하였다.

6) 도축혈액의 재활용방안은 혈분퇴비와 혈분단미사료 제조로 나누어 수행되었다. 원료로 사용된 가열하여 익힌 혈액분, 톱밥과 질석의 비효가치를 평가한 결과는 표4와 같다.

표 4. 원료별 비료가치

	pH	수분함량 (%)	유기물함량 (%)	T-N	C/N ratio
혈분	6.27	19.3	42.0	8.9	2.7
톱밥	5.4	23	52	0.3	100.5
질석		15		0.6	

따라서 이들 원료로 혼합하여 혈분퇴비를 조제하였으며 1차로 조제한 혈분퇴비의 비료가치는 표 5와 같이 평가되었다. 시료 A와 B는 톱밥과 질석의 함유비율을 달리 하여 제조하였으나 C/N율로 볼 때 질소의 함유비가 높은 것으로 평가된다.

표 5. 혈분 퇴비의 조성

	pH	수분 함량 (%)	유기물 함량 (%)	T-N	C/N	protein (%)	K <sub>2</sub> O (%)	생균수 /gram	총균수 /ml
A	7.3	11.8	12.3	2.2	3.2	14.0	0.2	1.2 x 10 <sup>8</sup>	2.1 x 10 <sup>10</sup>
B	7.2	17.0	6.5	0.8	4.2	5.3	0.1	5.3 x 10 <sup>8</sup>	1.2 x 10 <sup>10</sup>

7) 단미사료의 원료로 이용하기 위한 가온 혈액의 건조특성은 아래와 같다.

소와 돼지의 혈액을 100℃에서 10분간 가온하여 80℃와 100℃ dry oven 그리고 -80℃와 -50℃ 감압냉동건조하에서 건조를 하면서 경시적으로 무게를 칭량하여 건조 전 수분함량을 100으로 하였을 때의 상대적인 수분함량을 나타내었다. 건조전의 수분함량은 소의 경우 72.2%, 돼지의 경우 83.8%였다.

소의 가온 혈액과 돼지의 가온 혈액은 모두 비슷한 건조특성을 보였으며, 거의 2시간후에 항량에 도달하였다.

한편 건조혈액의 성상은 dry oven에서 건조된 혈액이 검은색으로 변화되었으며 부피의 감소경향이 나타난 반면 감압냉동건조하에서 건조된 혈액은 처음의 갈색을 유지했으며 부피의 감소량은 변화가 없었다. 또한 dry oven에서 건조한 혈액이 보다 더 견고한 성상을 나타내었다.

## 4. 제 4 세부과제

### <1-3차년도 총괄요약>

#### 1) 방향 및 목적

폐기물 정책의 방향은 첫째, 자원을 절약하고 폐기물을 최소화하는 것이다. 라이프 사이클의 각 단계에서 폐기물의 발생을 원천적으로 줄이고, 불가피하게 발생하는 폐기물은 재이용, 재활용 등의 방법에 의하여 최종처분되는 폐기물을 최소화하는 것이다.

둘째는 폐기물을 자원화하는 것이다. 폐기물이 자원으로 순환이용될 수 있도록 제품의 재활용성을 제고하고, 폐자원의 효율적인 회수체계를 구축하며, 재활용산업을 활성화하는 등 종합적이고 효율적인 리사이클링시스템을 구축하여 자원화하여야 한다.

셋째, 폐기물의 최종처분에 있어서 수질오염, 토양오염, 대기오염 등 환경오염을 최소화하는 것이다(환경백서 p.284).

우리나라는 1995년 이후 연간 1,000만 마리 이상의 돼지를 도살하고 있는데 여기서 발생하는 돼지혈액은 자원화가 가능하나 현재 전량 폐기되어 환경오염을 일으키고 있다. 본 연구는 다른 세부과제에서 개발된 돼지혈액의 자원화 방향으로 원심분리법과 蒸餾法 기술에 대한 경제성을 분석한다.

#### 2) 혈액양과 혈액의 처리

돼지의 도축과정에서 연간 3만M/T의 혈액이 발생하여 이의 처리를 위해 10배의 물과 처리비용이 발생한다.

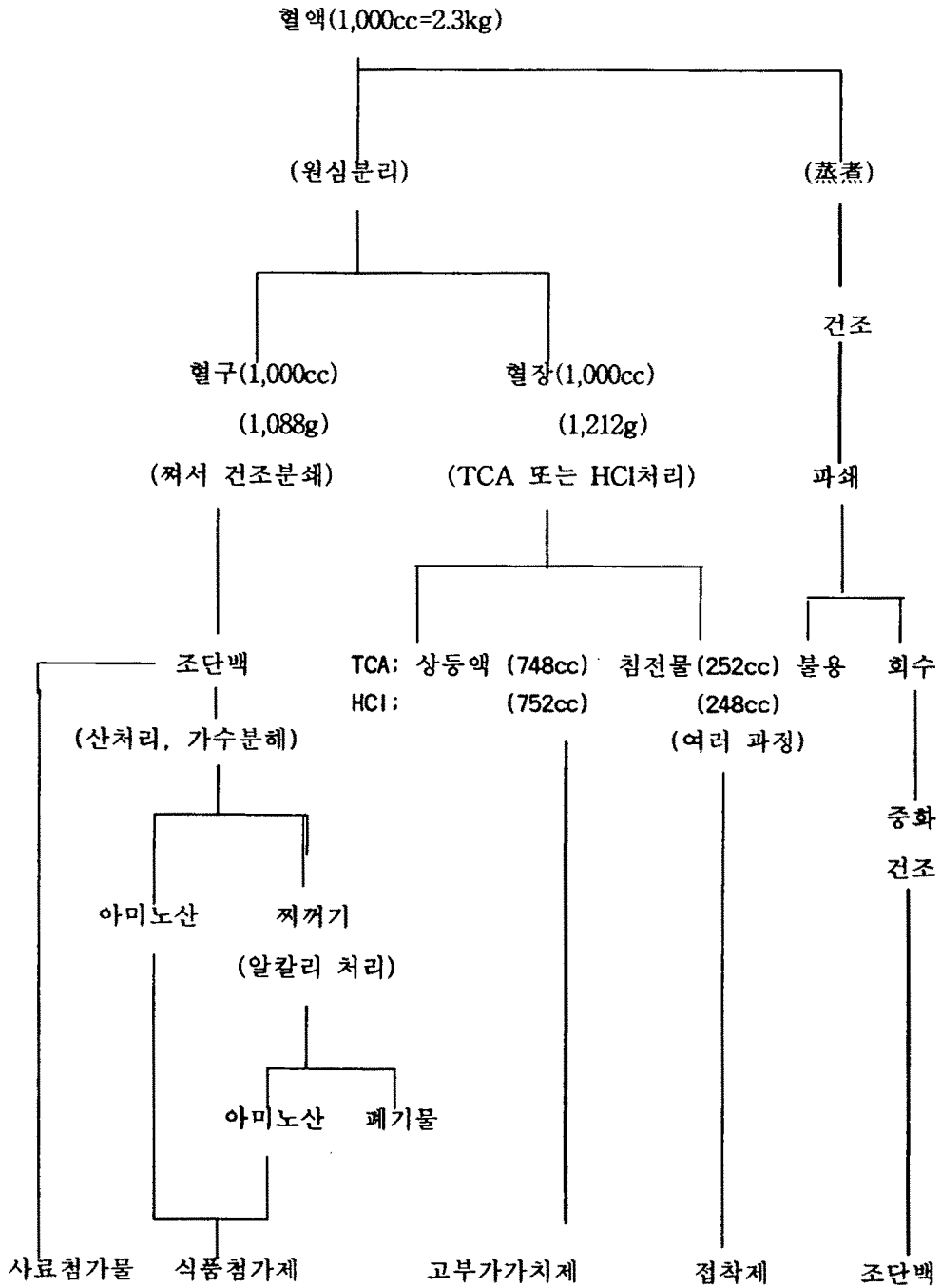
표 3-1 돼지에서 발생하는 혈액량 추정

년도	돼지고기 (천M/T)	돼지혈액 (M/T)
1994	614	18,420-30,700
1998	678.2	20,346-33,910
2000	726.4	21,792-36,320
2003	798.8	23,964-39,940
2005	847.0	25,410-42,350
년증율 <sup>1</sup>	3.0	

주1) 1994-2005 년평균증가율.

따라서 혈액을 아래와 같이 처리할 경우 환경보존효과가 클 뿐 아니라 자체로 수익성이 있는 사업으로 변환될 수 있어 폐기물의 처리정책과 합치한다.

그림 3-1 혈액의 처리





### 3) 遠心分離法의 경제성분석

#### (1) 원심분리법에 의한 제품의 생산

원심분리법에 의해 생산되는 제품은 혈구에서 사료첨가물인 조단백, 식품첨가제인 아미노산과 폐기물이 발생되며, 혈장에서는 고부가가치제와 접착제의 원료가 생산된다. 그런데 아미노산은 톤당 4,000\$에 달하는 고부가가치의 제품으로 실험실적 방법으로는 생산이 가능하나 경제성을 분석할 수 있을 정도의 공정이 개발되어 있지 못하며, 혈장 상등액에서 만들어지는 고부가가치제는 가능성만 있는 것으로 예상되기 때문에 경제성분석을 하지 못하였다. 따라서 여기서는 혈액합성 접착제가 주 내용이 된다.

#### (2) 혈액합성접착제의 생산

국내 혈액합성접착제의 생산가능량은 돼지고기 수요에 따른 돼지도축량에 의존한다. 돼지고기의 공급량과 혈액 발생량은 1차년도의 추정결과를 사용하였다. 그 결과 표 3-1과 같은 양의 돼지혈액이 발생하며, 혈액합성접착제 생산가능량은 접착제의 생산공정에 따라 추론한 결과이다. 우리나라에서 돼지혈액에 의한 혈액합성접착제 생산가능량은 13천톤에서 26천톤에 달할 것이다. 이는 접착제수요의 10-20%에 해당된다.

표 3-2 돼지 혈액합성접착제의 생산량 추정

년도	돼지고기 (천M/T)	돼지혈액발생량 (M/T)	혈액합성접착제생산가능량 <sup>1)</sup> (m <sup>3</sup> )
1994	614	18,420-30,700	
1998	678.2	20,346-33,910	12,738-21,230
2000	726.4	21,792-36,320	13,644-22,739
2003	798.8	23,964-39,940	15,004-25,006
2005	847.0	25,410-42,350	15,909-26,515

자료; 혈액발생량은 1차년도보고서, p.63.

일반관리비를 포함한 혈액접착제의 생산가격은 258원/kg으로 요소수지보다는 고가이나 대체가능한 요소농축 접착제나 요소·멜라민 접착제에 비해서는 가격우위가 있고, PF보다는 매우 낮은 가격이다. 이들 제품에 일부 첨가하여 사용하는 것이므로 충분한 수요가 있을 것으로 본다. 혈액접착제의 상한가격은 요소·멜라민 접착제의 가격으로 한다.

이와 같이 접착제를 생산할 경우 기업이윤은 발생하지 않는 것으로 보았다. 공해방지라는 사회적 이익이 발생하므로 공해방지비용의 일부를 기업체에 보조금으로 지불할 수 있다.

#### 4) 蒸餾法の 경제성 분석

##### (1) 생산량 추정

혈액 100g을 蒸餾法에 의해 처리할 경우 15%의 고순도(90%이상) 조단백이 생산되며, 10%의 폐기물과 30%의 처리수가 발생한다. 생산가능량은 연간 3,000-6,000M/T으로 1996년 사료생산에 들어간 동물성단백질 140,233M/T의 2.1%-4.3%에 불과하여 적절한 가격만 제시할 경우 소비에는 문제가 없을 것으로 보인다.

##### (2) 조단백의 가격 추정

현재 톤당 약 850\$로 수입되고 있는 동물성사료첨가제인 조단백은 단백질 함량이 17-28% 정도이며, 단백질의 함량에 따라 가격차가 있다. 여기서 생산된 조단백은 단백질 함량이 90% 이상이므로 4-5배의 가격으로 팔릴 가능성이 있으나 3배에 해당하는 톤당 2,500\$로 계산하였다. 1\$=900원으로 계산하면 표 3-3과 같은 판매액이 추정된다.

표 3-3 조단백 생산량 및 판매액 추정

년도	조단백생산가능량 (M/T)	판매액 (억원)
1998	3,051-5,087	68.6-114.5
2000	3,269-5,448	73.6-123.5
2003	3,595-5,991	80.9-134.8
2005	3,812-6,353	85.8-142.9

(3) 단위공장의 경제성 분석

일일 1,000두를 도축하는 도축장의 경우를 가정하여 이의 부설로 조단백을 생산할 수 있는 공정을 건설하여 조단백을 생산한다고 하자. 현재 1,000두 이상을 도축할 수 있는 시설을 갖춘 도축장은 20개소로 도축장의 약1/3이 여기에 해당되며, 전국적으로 분포되어 있다. 개략적 시산에 의하면 년 1.4억원의 이익이 발생할 수 있을 것으로 본다.

표 3-4 공장운영의 시산

	일단위	년단위	비고
혈액 공급량	3.45톤	1035톤	마리당 3천cc의 혈액추출, 1천cc=1.15kg
조단백 생산량	0.52톤	155톤	1년은 300일 기준
조단백 생산액	117만원	3.5억원	
시설비 감가상각		2천만원	시설비 2억원, 10년 정액법
시설비 이자		2천만원	10%의 이자율 가정
시설유지비		3천만원	
직접생산비		3천만원	전기료, 수도료, 용액비 등

인건비(3인)	5.6천만원	120만원*12월*3인*1.3(보너스포함)
일반관리비	5.3천만원	직접비의 50%
년간이윤	1.4억원	

\* 시산입, 자세한 분석은 최종보고서 참조.

#### (4) 감응도 분석

- 여기서는 도축장이 공장을 운영하고, 조단백의 가격을 톤당 225만원으로 보았는데 도축장이 아닌 다른 주체가 운영할 경우 현재는 폐기물로 반재화(bads)인 혈액이 재화(goods)가 되어 혈액의 가격이 형성될 수 있으며 이 경우 이윤이 달라진다. 또 조단백의 가격이 톤당 135만원 이하로 하락할 경우에도 이윤은 발생하지 않는다.

- 3인을 별도로 고용하여야 하나 현재 폐기물 처리에 관련되는 1명의 인건비는 줄일 수 있다. 따라서 순고용증가 인원은 2명이다.

### 5) 공해방지비용의 추정

#### (1) 추정이유

폐기물을 자원화할 경우 가장 큰 장점은 기존의 방법으로 처리할 경우 드는 비용을 줄일 수 있다는데 있다. 공해의 발생을 방지하였으므로 추정된 공해방지비용은 사회적 이익으로 계산되어 기업에 보조금으로 지급하는 것이 가능하게 된다. 공해방지비용의 추정은 공해방지시설을 건설하거나 폐기물업자에게 위탁판매하는 두가지의 경우를 가정하였다.

#### (2) 공해방지시설 건설

공해방지시설의 건설비를 추정할 경우 비용의 추정은 폐수의 성질, 처리방법, 폐수처리장의 규모 및 위치에 따라 달라지나 도축혈액의 처리비용은 공장폐수나 축산폐수보다는 처리하기 힘들 것이므로 1977년 축산폐수처리비용인 일일 천톤당 300억원 이상으로 보는 것이 타당하다고 여겨진다. 여기서는 폐수처리비용이 가장 비싼 축산폐수처리비용으로 가정하였다.

공해방지시설을 가동하기 위해서는 공해물질 처리비용을 제외하고서도 매년 유

지관리비용이 들어가겠으나 생략하고 내용년수를 철근콘크리트 퇴비사의 내구년 한인 60년으로 보아 정액법으로 감가상각할 경우 천톤당 5억원이 된다. 정액법으로 할 경우 비용이 너무 낮게 평가된다는 단점이 있으나 연간 비용을 추정하기 위해서는 정액법을 사용할 수 밖에 없다. 따라서 실제 건설비용의 감가상각비는 이 비용보다 높게 나타날 것이다.

공해방지시설을 운영하여 공해물질을 제거하기 위해서는 많은 비용이 들어간다. 비용은 전력비, 약품비, 인건비, 슬러지처리비, 기타로 구분된다. 처리방법에 따라 하루에 천톤을 처리하는데 드는 비용이 1,500만원(종합처리)부터 12,700만원(화학적 처리)까지 차이가 크며, 인플레이션도 계상하여야 하므로 처리비와 설치비의 비율로 보았다. 처리비는 설치비의 28.7%이므로 하루에 천톤을 처리하는데 약 86억원 정도가 소요될 것으로 예측된다.

표 3-5 추정된 공해방지비용; 공해방지시설 건설

년도	폐지혈액 (M/T)	환경방지비용(백만원)
1994	18,420-30,700	
1998	20,346-33,910	508.7-847.8
2000	21,792-36,320	544.8-908.0
2003	23,964-39,940	599.1-998.5
2005	25,410-42,350	635.3-1,058.8

그런데 이 돈은 순전히 혈액만을 대상으로 한 것이므로 서론에서 언급한 것처럼 혈액 1톤을 처리하는데 물 5톤 이상이 필요하므로 실제로는 최소로 보아도 연간 30억원의 이익이 발생할 가능성이 있다는 것을 예측할 수 있다.

(2) 폐기물 위탁처리 비용

폐기물을 처리하는 다른 방법으로 폐기물 처리업자에게 위탁하는 방법이 있다. 폐기물 업자는 혈액을 액체상태로 받아 처리하거나 고체상태로 받아 매립하기도

한다. 액체일 경우 분뇨를 수거하는 식으로 하는데 처리비는 톤당 7만원이며, 썩어서 고체상태로 수거할 경우 슬러지 처리를 가정하면 톤당 4만원이라고 한다.

이 가격은 폐기물에 대한 규제가 강화되고 매립장이 점점 없어져가고 있음을 고려해 보면 앞으로 급격하게 상승할 것으로 생각된다. 현 가격수준에서 이를 처리할 경우에도 표 3-6과 같이 고체일 경우 썩는 비용을 고려하지 않는다고 하더라도 연간 8억원에서 17억원, 액체일 경우 연간 14억원에서 30억원까지의 비용을 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

표 3-6 추정된 공해방지비용; 폐기물관리업자에게 위탁

년도	돼지혈액 (M/T)	환경방지비용(고체;백만원)	환경방지비용(액체;백만원)
1994	18,420-30,700		
1998	20,346-33,910	813.8-1,356.4	1,424.2-2,373.7
2000	21,792-36,320	871.7-1,452.8	1,525.4-2,542.4
2003	23,964-39,940	947.8-1,597.6	1,677.5-2,795.8
2005	25,410-42,350	1,016.4-1,694.0	1,778.7-2,964.5

물론 본 연구결과와 같이 처리할 경우에도 10-40%의 폐기물이 발생하므로 이 부분은 위의 이익에서 삭감하여야 할 것이다. 그렇다 하더라도 위와 같이 처리할 경우 발생하는 폐기물은 혈액을 방류하였을 경우에 비해 환경에 미치는 영향은 적다.

## 6) 효과

아미노산의 공정이 아직 확정되지 아니한 상태이므로 돼지혈액의 처리는 증자법에 의해 조단백을 생산하는 것이 현실적으로 가장 확실한 방향이므로 이의 결

과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 사회경제적 효과

- 공해절감; 연간 약 15-30억원
- 신제품생산; 연간 약 30억원
- 고용증가; 68명
- 조단백, 아미노산의 수입대체효과;

(2) 도축장의 경영에 미치는 효과

- 경영비 감소; 혈액에 의한 폐수처리비 또는 환경오염부담금 감소
- 혈액세척에 필요한 상하수도료 감소

(3) 사업주체에 미치는 효과

- 연간 약 1.4억원의 수입발생

## 나. 연구결과 활용계획 및 실적

(논문 발표)

1. 이화형, 송경빈, 1995, TCA침전 혈액접착제의 합판제조에 관한 연구, 한국가구학회지6(1,2):53-58
2. 이화형, 이종신, 장상식 1996, 합판용 페놀수지 접착제에 대한 TCA침전 혈액분말의 첨가 효과. 한국목재공학회지 24(2):15-19
3. Eunhee Park, HwaHyung Lee, and Kyung Song 1996 Characterization of plasma Proteins from Bloods of Slaughtered Cow and Pig and utilization of the Proteins as Adhesives, Agricultural Chemistry and Biotechnology 39(2):123-126
4. Eunhee Park, Misun Won, Hwa-Hyoung Lee, and Kyung Bin Song, 1996 "Angiotensin converting enzyme inhibitory pentapeptide isolated from

supernatant of pig plasma treated by trichloroacetic acid" Biotechnology techniques 10(7):479-480 (1996)

5. 이화형, 김영식 "페놀수지와 TCA침전혈분의 혼합접착제가 합판의 성질에 미치는 효과" 한국가구학회지 7(1,2):85-92(1996)
6. 이화형, 한기선 "TCA혈분 페놀수지가 파티클보드의 성질에 미치는 영향" 한국가구학회지 8(1) 1997 발간예정

#### (특허출원)

95.10.31 특허출원 제 39511호

소, 돼지 도축혈액으로부터 단백질의 신속한 분리정제 방법(95-39511)

#### (창업회사)

사료로 활용하기 위한 창업 회사

1. 영남리싸이클 (15억) 중소기업진흥공단 신청

사료 및 아미노산을 위한 창업회사

1. 일류환경 (3억) 대전시 벤처창업자금 신청

### 다. 결과 활용에 대한 건의

1차년도 결과보고서를 각 도서관 및 유관기관에 배포 후 도축장에 관계된 분들이 사료를 위한 창업회사를 구상하고 97년에 자금지원을 신청하였으며, 또 다른 일류환경이라는 회사는 아미노산을 겨냥하여 회사를 설립하였다. 현재는 도축혈액을 폐기비용을 주고 처리하고 있으나 장래에는 자원으로 간주하여 가격을 매기고 또한 계속 가격을 올릴 경우 현재 추진 중인 창업회사는 어려움에 다다를 것으로 생각되어 이의 중재가 필요할 것으로 생각된다.



## SUMMARY

Considerable amount of blood coming from slaughtered animal as waste material have caused many problems. Especially, bloods are mostly discharged through sewage after diluting with tap water without suitable waste water treatment. Thus improper disposal of blood seriously causes water pollution. Therefore, appropriate utilization of bloods should be considered to overcome this problem.

In this study, to utilize bloods isolated from slaughtered animals and prevent water pollution, simple and rapid method of purification of plasma proteins and new combination adhesives with phenol formaldehyde resin and TCA- or HCl-precipitated blood were developed for the manufacture of plywood and particle board.

Other utilization of bloods such as amino acids, feed for livestock animals, fertilizer were investigated. Slaughtering capacity, blood production and water pollution from slaughtered house were basically examined and Economic feasibility analysis for blood utilization were also conducted. The results were as following

### 1st section

<Development of New Adhesives from blood>

(1st year)

1. To utilize the waste materials and develop wood adhesive from isolated bloods, simple and rapid method of isolation and purification of plasma proteins from bloods with trichloroacetic acid (TCA) treatment was developed. The optimum hot pressing condition was obtained at 120°C, 3minutes, and 10kgf/cm<sup>2</sup> and appropriate moisture content of veneer was 11 percent for the manufacture of plywood.

The results of dry and wet tensile shear test for the strength of TCA-precipitated blood glue was quite satisfactory compared to amino resin. This glue had a longer working life of about 24hr as compared with about 6 to 12hr of traditional blood albumin glue.

Adding of MDI improved wet strength and adding 10% to 20% of TCA blood into phenol resin adhesives increased dry and wet strength and permitted 20% reduction in the pressing time.

(2nd year)

To solve the formaldehyde emission problem from the wood adhesive, PF-TCA blood adhesive was developed. PF-TCA blood adhesives were made from phenol formaldehyde resin and TCA precipitated blood.

Physical and mechanical properties of PB from PF-TCA blood adhesive showed better than those of PF control and met the KS standard of PB200, although TCA blood substituted for the PF solids of 70 percent. Physical and Mechanical properties of plywood from PF-TCA blood adhesives met the KS for the dry and wet test and also showed better than those of UMF which now used for the manufacture of concrete panel plywood.

Free formaldehyde emission from PB bonded by PF-TCA blood adhesive indicated the almost same value as that from wood. Free formaldehyde concentrations met Eo of Jis.

(3rd Year)

To overcome high cost of TCA, PF-HCl blood adhesive was developed for the workability, preservation and mold resistance as well.

For the glue composition of HCl-precipitating blood, 50 percent of NaOH was more needed and less in Hydrated lime. Optimum concentration of HCl was 1.5 N. A more useful range for plywood gluing of this glue was 7,000 - 31,000 cps

of viscosity and working life 24hrs.

PF-HCl blood adhesive showed better strength than that of sole HCl blood glue. There were no differences in the mechanical properties between the controls and O-phenyl phenol treated particle boards.

HCl precipitated blood paste and PF-HCl blood adhesive imparted excellent preservation and mold resistance.

and there was no need to treat preservatives of O-phenyl phenol in case of using of PF-HCl blood adhesive.

## **(2nd section)**

(1st year)

### **1. Purification of serum protein**

#### **(1) Isolation of serum from blood**

Serum was prepared from bloods by centrifugation at 7000-9000 rpm for 30-40min after addition of EDTA (2g/L) as an anticoagulant. The amount of serum was shown in Table 1. About 50% of total blood was obtained as serum.

#### **(2) Preparation of serum protein**

To establish the optimal condition for preparation of serum protein, various concentrations of TCA and HCl solutions were added to precipitate serum protein. The solubility of each precipitate was determined by resuspending in deionized and distilled water and centrifugation, followed by measuring the absorbance at 280 nm. The results of the amount of precipitate, pH, absorbance under various treatments were shown in Table 2. The optimal condition was 2% TCA or 0.6 N HCl as a final concentration.

#### **(3) Precipitation of blood serum albumin by TCA**

SDS-PAGE was performed to characterize the serum protein precipitated by

TCA. The results show that albumin is the major component precipitated by TCA, indicating that albumin is the major blood adhesive.

## 2. Comparison study between pig blood and cow blood

### (1) SDS-PAGE pattern of blood serum

SDS-PAGE was performed to compare the composition of pig and cow blood. The major serum protein was albumin (Mw 66000). In the case of pig blood, the thick band (Mw 72000) and another band (Mw 44000) were shown. Although there was small difference in terms of serum protein types and amounts, pig and cow bloods had almost the same pattern. This suggests that pig and cow blood adhesives do not have any significant difference.

### (2) Ammonium sulfate (A/S) fractionation of blood serum

To characterize the serum protein, A/S, a typical protein precipitant, was added to serum at various concentrations and analyzed on SDS-PAGE. Pig and cow bloods had the same pattern. Serum albumin was not precipitated by addition of A/S up to 20% A/S. However, the majority of albumin was precipitated at 50-60 % for pig blood, and 60-70% for cow blood. This result should be referred as the optimal condition for blood serum protein preparation.

## 3. Comparison of serums prepared by different drying methods

### (1) Drying methods were as follows: freeze drying, hot air drying at

57-60C, and precipitation of serum by 8.5% TCA and drying.

### (2) Measurement of solubility of serum dried

To characterize the blood adhesives dried, their solubility was determined.(Table 3)

(2nd year)

1. To characterize the blood adhesives prepared by different methods, pH and viscosity values of hot-air dried (HD), freeze dried (FD), and TCA precipitated FD (TCA FD) blood adhesives were examined. Viscosity and pH values were the highest for HD.
2. After preparing the glue, the change of viscosity with time was measured. In the case of TCA FD glue, viscosity slightly increased with maintaining 10,000 cp, and it rapidly increased. FD glue had the same pattern with TCA FD. In contrast, for HD glue, viscosity was fluctuated due to unhomogeneity. These results show that TCA FD glue is suitable for preparation of blood adhesive with respect to shelf life and cost.
3. To study the relationship between adhesivity and solubility and degree of denaturation, TCA FD and HD samples of pig and cow were treated with various concentrations of NaOH from 0.1% to 0.5% and their solubility values were determined. As NaOH concentration increased, both the solubilities of pig and cow samples significantly increased. And pig's increased further more.
4. Degree of hydrolysis of blood plasma proteins by NaOH was analyzed using SDS-PAGE. Pig and cow had a similar pattern. However, the blood patterns were quite different, depending on the concentration of NaOH.
5. To study the relationship between adhesivity and degree of alkaline hydrolysis, the viscosity of pig and cow FD samples was measured after addition of various concentrations of NaOH. All the samples had the decreasing pattern with time. Also, most samples had lower viscosity values with decrease of NaOH concentration after 4 hr. Considering the strength and shelf life of adhesives, 10% NaOH treatment is desirable.
6. To study HCHO binding by serum protein, interaction of serum protein with HCHO was determined using CD, FTIR, spectrofluorometer. The results show that there were significant conformational change of protein secondary and tertiary structure, indicating that blood glue could scavenge HCHO.

(3rd year)

In order to find the optimum separation of serum protein which be a raw material of adhesive from slaughtering blood the optimum centrifugal conditions and addition rates of precipitates such as TCA and HCl were investigated.

And Drying methods of serum protein and steamed blood were compared, also preparation of amino acids by HCl treatment of whole blood and feed stuff preparation by soaking the crushed wood into blood were carried out.

1. Contents of water, serum and serum protein in blood were about 80%, 52.3%, and 28%, respectively.
2. The optimum centrifugal condition for serum separation was 15min at 10,000rpm or, 30min for 5,000rpm.
3. The optimum addition rate of precipitator were 6% for TCA and 1.2N for HCl
4. Drying for serum protein was optimum for 2 hrs at 0°C by vacuum freeze drying, and 1hr at 50°C by air drying.
5. Drying of steamed blood showed similar results to serum protein. Also, below 3cm of diameter showed good drying result.
6. Preparation of amino acids from steamed blood showed the optimum result at 6hrs digestion by 6N-HCl with 5times volume to steamed blood.
7. the crushed wood soaking into blood could be a good feed stuff for including protein in basis of composition and digestion rate

(3rd section)

In order to find the effects of slaughtering blood to environment and the utilization methods for that this experiment was carried out.

Survey for slaughter houses and waste water production was managed, also the water qualities of waste water and stream water near slaughter houses were investigated.

For utilization of waste blood organic compost and feed stuff were prepared.

1. In 1995, there were 65 of slaughter houses, 50 of semi-slaughter houses, and 64 of chicken slaughter houses in Korea.
2. The operation rate of slaughter houses were 19.2% for cattle and 56.4% for pigs, also many slaughter houses were regarded insufficient waste water treatment facilities.
3. The bleeding amounts per day were investigated 275 m<sup>3</sup> for cattle, 101.9 m<sup>3</sup> for pig and totally 46,574 m<sup>3</sup> per year. Also BOD loading amounts were calculated as 7,685 M/T per year.
4. Almost of slaughters were kept water quality standard, some of them were discharged over standard limits seasonally by self-determination.
5. Blood contented high nitrogen and showed low C/N ratio. It could be evaluated as a low material for compost mixed with high contents of carbon sources.
6. Contents of crude protein, crude fat, crude fiber and amino acid compositions of dried blood were not much different by drying methods.
7. Dried blood showed high protein content and over 98% of digestion rate, so it could be a good source of feed stuff.

#### **(4th section)**

(1st year)

1. The demand for porks is increasing 3.0% annually, which means 20-30 thousand M/T of hog blood contaminating environment. Utilizing of the contaminants as the blood based adhesives and the blood based feeds were studied.

2. The demand for wood based panel products are increasing 4.4% annually while the requirements of the adhesives are increasing 8.9% annually, because the main products of wood based panel will be transformed from the plywood to the particle board and MDF.

(2nd year)

1. The price of the blood based adhesives is estimated 258won/kg, that is lower than its substitute adhesives. The quality of the blood adhesive is better than its substitutes.
2. The blood adhesives will substitute 12-21% of total adhesive requirements. Shortage of blood supply will lower its portion.
3. The total amount of pollution control benefits are estimated 1.5-3.0 billion won annually.

(3rd year)

1. The gross benefits of blood based protein feed production are estimated 3 billion won annually.
2. The slaughter house of which size is 1,000head/day will earn 140million won as benefits from the production of the blood based feeds.



# CONTENTS

Korean Summary .....	2
1. Objectives and Importance.....	2
2. Research contents and scope .....	4
3. Results and Recommendation .....	6
English Summary .....	47
English contents .....	55
Contents.....	58
I. Introduction .....	60
II. Development of New Adhesives from Blood.....	62
1. Introduction .....	62
2. Material and method .....	65
3. Results and discussion .....	70
4. Conclusion .....	94
5. Reference .....	97
III. Characteristics of serum Protein and Development of process and utilization .....	99
1. Introduction.....	99
2. Material and method .....	100
3. Results and discussion .....	108
4. Conclusion .....	141
5. Reference .....	145
IV. Survey for slaughter facilities and evaluation of environmental effects.....	148
1. Introduction .....	148

2. Materials and Methods.....	148
3. Results and Discussion.....	151
1) Survey for slaughter and waste water treatments facilities	
2) Evaluation for water quality of waste water and stream water near slaughter	
3) Utilization of slaughtering blood	
4. Conclusion .....	171
5. Reference .....	172
V. An Economic Analysis of the Treatment of Blood.....	173
1. Introduction .....	173
2. An Estimation of Blood Supply.....	177
1) The scope of the study	
2) An estimation of blood coming from slaughtered livestock	
3. Estimations of the demand for wood based panel products and adhesives .....	182
1) The scope of the study	
2) Review of the literature	
3) An Estimation of the demand for wood based panel products	
4) An economic analysis of the blood adhesives	
5) An economic analysis of the cooking method	
4. An Estimation of the Benefit of the Pollution Control.....	217
1) The scope of the study	
2) An estimation of the construction of the pollution control facilities	
3) Estimated benefits of the pollution control (I)	
4) Estimated benefits of the pollution control (II)	

5. Conclusion .....	224
6. Reference .....	226

## 목 차

제출문 .....	1
요약문 .....	2
연구개발목표 및 중요성 .....	2
연구내용 및 범위 .....	4
연구개발결과 및 활용에 대한 건의 .....	6
영문요약 .....	47
영문목차 .....	55
목차 .....	58
제 1 장 서 론 .....	60
제 2 장 혈액접착제 개발분야 .....	62
제 1 절 서 언 .....	62
제 2 절 재료 및 방법 .....	65
제 3 절 결과 및 고찰 .....	70
제 4 절 결론 .....	94
제 5 절 참고문헌 .....	97
제 3 장 Serum protein의 특성, 처리공정 및 활용기술 개발분야 .....	99
제 1 절 서 언 .....	99
제 2 절 재료 및 방법 .....	100
제 3 절 결과 및 고찰 .....	108
제 4 절 결론 .....	141
제 5 절 참고문헌 .....	145
제 4 장 도축 현황 및 환경평가 분야 .....	148
제 1 절 서 언 .....	148
제 2 절 연구 방법 .....	148

제 3 절 결과 및 고찰 .....	151
제 4 절 결론 .....	171
제 5 절 참고문헌 .....	172
제 5 장 경제성 평가 분야 .....	173
제 1 절 서 언 .....	173
제 2 절 가축 도축량 및 혈액량의 추정 .....	177
제 3 절 목재판상제품 및 목재판상제품 생산에 필요한 접촉제 수 요의 추정 .....	182
제 4 절 공해방지비용의 추정 .....	217
제 5 절 결론 .....	224
제 6 절 참고문헌 .....	226

## 제 1 장 서 론

최근 오염된 내륙하천이 연안해역에 대량유입되어 수질이 급격히 악화되면서 시화호를 비롯하여 남해안 연안의 청정해역에서 적조와 녹조현상, 어패류 집단폐사 현상을 보이는 등 3면 연안해역이 죽어가는 현실 속에서 우리나라 환경정책이나 환경기술의 현주소를 실감케 한다.

축산 중에서도 양돈산업은 국민소득의 증가와 함께 돼지고기 소비는 계속 늘어날 전망이다. 또 우리나라의 농업부문 중에서 국제경쟁력이 높은 분야로 평가받고 있으므로 앞으로 더욱 발달할 것으로 생각된다. 따라서 우돈육의 생산부문에서는 축산기술의 생산성 향상으로 국제경쟁력을 갖추어야 하겠으나 이와 함께 우돈육의 생산과정에서 발생하는 가축의 배설물에 의한 환경오염과 정육의 생산과정에서 발생하는 혈액을 비롯한 폐기물에 의한 환경오염을 줄일 수 있는 기술도 개발하여야 한다.

우돈육의 생산과정에서 발생하는 환경오염은 1991년 '오수 분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률'이 공포된 이후 오수와 분뇨의 퇴비화 등 많은 기술들이 개발되었으며, 지금도 개발되고 있으나 정육의 생산과정에서 발생하는 가축혈액에 의한 오염은 거의 연구되지 않고 있다.

도축으로부터 발생된 혈액은 폐기할 경우 오염원이 되나, 이를 다른 용도로 이용할 경우 다양한 이용방법이 있어 환경문제를 해결할 수 있을 뿐 아니라 산업용으로도 수익이 높은 사업으로 활용될 수 있다.

대통령께서도 환경공동체 건설을 위한 기본원칙에서 환경과 경제의 통합을 선언하고 있고, 사전예방 및 오염자 부담 원칙을 강조하였다. 이 원칙이 강조될 경우 대부분의 축산농가는 오염방지비를 지불하지 못하여 파멸할 것이고, 설혹 축산농가가 폐수오염 문제를 해결하였다 하더라도 도축장에서 도축을 하지 못하게 되어 축산농가는 멸망할 것이다. 도축장 환경문제의 심각성은 진작부터 거론되어 왔으나 다 아는 사실로서 떠들지 않았을 뿐이다. 이러한 환경문제와 농업문제를 동시에 해결하는 정책으로 가장 좋은 것이 사전예방에 해당하는 오염원의 생산부문으로의 활용일 것이다.

일반적으로 가축혈액 1톤을 처리하기 위하여 상수 5톤이 필요하고 이들 대부분이

하수로 방류되어 오염을 일으키고 있고, 또 이를 폐수종말처리장으로 유입시켜 폐수를 처리할 경우에도 하루 300-400마리 정도를 처리하는 소규모 도축장의 경우에도 월 300-400만원의 폐수처리비가 든다는 현실을 감안하여 볼 때 가축혈액을 이용하여 다른 유용한 물질을 생산할 경우 이에 의한 환경의 피해를 줄일 수 있을 뿐 아니라 새로운 재화에 대한 수요의 창출로 앞으로 국내 가축의 생산기반을 확대하는데 적으나마 도움을 줄 수 있어 매우 바람직한 일이라고 볼 수 있다. 이와 함께 여기서 만들어지는 물질은 천연의 제품이므로 화학적 용품을 대신하여 사용함으로써 환경규제를 회피할 수 있다면 더욱 좋을 것이다.

본 연구는 이런 목적을 달성하기 위하여 도축혈액의 환경문제를 해결한 뿐만 아니라 도축혈액의 성분을 모두 활용하기 위한 방법을 강구하기 위한 연구로서 1,2 세부과제는 기존의 혈액접착제 제조방법이 고가여서 폐놀수지에 밀려 전혀 사용되지 못한 점을 고려, TCA와 HCl 침전 처리에 의하여 수분과 염류로부터 혈장을 간단하고 신속히 분리하는 방법과 개발된 TCA나 HCl 침전 혈분을 이용 유리 HCHO방산문제가 전혀 없이 인체에 무해한 합성수지와 의 공결합 수지를 개발하여 목질판상제조용 접착제를 개발하기 위하여 실시하였다. 3세부과제는 도축장 시설현황 및 폐수발생량 조사와 혈액발생량 및 수질오염도 조사를 통하여 도축혈액의 재활용을 위한 연구로서 아미노산, 사료 및 비료로서의 활용가치를 검토하고 4세부과제에서는 이 모든 것의 산업화를 위한 도축혈액의 총체적 경제성 분석을 하고자 실시하였다.

따라서 본 연구는 공해를 유발하는 도축 폐기물의 비료 및 사료화 등의 자원화를 통한 축산 및 농업의 발전은 물론 목질판상 제조를 위한 포름알데히드접착제의 단점을 도축혈액을 이용 보완하여 목재산업의 발전과 쾌적한 주거환경 뿐만 아니라 국민 영양과 건강을 위하여 일석삼조의 효과를 얻어 국가발전에 크게 공헌하리라 기대된다.

## 제 2 장 혈액 접착제 개발분야

### 제 1 절 서 언

접착제로서 동물혈액의 이용 역사는 고대로 올라간다. 아스테인디안은 시멘트에 동물혈액을 혼합하여 그들 건축의 특징인 타원형 아취를 만들었으며, 이들 중 일부는 아직까지 남아있어 아취 그 자체의 구조적인 건전성 보다는 오히려 혈액접착제의 기념탑으로 남아있다. 비록 이집트인이 동물교를 더 선호하여 세계 최초로 목재 단판을 동물교를 사용하여 접착하였으나 지중해연안인들도 혈액의 접착적 성질을 알고 있었으나 비밀스럽게 전수되어 지금까지 발틱연안국가들은 혈액접착제의 특별기술을 발전시켜 왔다. 고대동물혈액접착제는 혈구와 혈장 모두가 접착성분이 있으므로(Meyer,1950) 신선한 용액상태로 주로 목재접착에 사용되어 왔으나 빠른 변성으로 그 사용에 제한을 갖고 있었다. 그러나 혈액접착제가 근세에 들어와 미국을 위시하여 급성장을 하게된 것은 두가지 큰 이유가 있다. 그 하나는 혈액을 물에 녹을 수 있는 분말로 건조시키는 방법(Eichholz,W 독일특허 1907)을 개발한 것이 첫번째 이유이고, 둘째로 1차 세계대전동안 비행기 제조에 사용되는 내수성 합판을 제조하기 위하여서는 그 당시로서는 혈분접착제를 이용, 열경화시키는 방법이 최상의 방법이었기 때문이다. 따라서 유럽과 미국은 1931년에 페놀수지가 1937년에 아미노수지가 발명될 때까지 혈액접착제가 최고의 자리를 지켜 왔으나 계속 사용되고 있었던 유럽과는 달리 미국의 경우는 내구성과 내수성이 좋고 작업이 간단한 페놀수지에 급속히 대치되어 2차 세계대전까지 거의 사용되지 않았었다. 2차 세계대전으로 내장용 내수합판의 요구가 증가됨에 따라 다시 혈액접착제가 미국에서 사용되기 시작하였으며 단판접착과 합판제조에 열경화방법만으로 제한되어 사용했던 혈액접착제도 2차 세계대전 이후 단백질접착제의 재료와 기술의 발전에 힘입어 냉압방식도 가능하여짐에 따라 집성재와 가구제조에 활용되기 시작하여 1980년대까지 사용되어 왔었다. 1973년 오일쇼크 기간동안 페놀수지의 대용으로 즉각적으로 혈액 접착제를 사용하였으나 최근에는 합성수지에



밀려 거의 사용되지 않게 되었다. 미국의 예를 들면 1945년부터 1955년까지 매년 1천5백만 파운드가 목재공업에 사용되었고 1960년대에는 급속한 합판산업의 팽창과 혈액접착제의 가격에 힘입어 5천만파운드, 1970년대에 2천5백만파운드, 1980년대에 3백30만파운드, 1986년에 1백만파운드(ACS,1989)로 계속 급감하고 있는 실정이다.

일본의 경우는 1950년대에 高島(1952,1953,1956,1957,1958,1960,1961)를 중심으로 10여편의 혈액접착제에 대한 연구가 말 혈액의 성분에 따른 접착강도, 혈액단백질의 등전점에 있어서의 접착강도, 요소수지와 혈액접착제의 혼용에 대한 연구를 합판제조를 중심으로 진행하였으나 60년대이후는 연구한 바 없으며 이점은 미국도 마찬가지로 접착제 핸드북 1판(1962년판)의 경우는 57편의 참고문헌이 소개되었으나 제2개정판(1977년)은 6개의 참고문헌이 소개되었고 제3개정판(1990년)은 혈액접착제에 자체에 관한 정보 일체가 완전히 사라지고 Casein만 다루고 있는 실정으로 미루어 보와 이미 역사 속으로 사라졌다고 볼 수 있다.

농림수산부 통계(1995)에 의하면 1994년의 쇠고기 생산량은 1,473,000M/T, 돼지고기는 64,000 M/T를 생산하였다. 국내의 경우 도축장에서는 소와 돼지만을 도축하는데 도살수가 적은 D시의 경우 하루에 도살되는 돼지 400두당 120톤( 돼지 1톤당 물 약 3톤)의 물이 생산을 위하여 소요되며 이 혈액과 물은 폐수종말장으로 유입되어 폐수처리비도 월 400만원을 낸다고 한다. 아마도 최소한이라 생각되는 이런 기준으로 따진다 하여도 서울 가락동과 마장동 도살장만의 경우 돼지를 하루에 4000마리가 넘게 도축되는데 생산되는 혈액은 하루에 10톤, 여기에 사용되는 물량도 1200톤에 달하며 물고기가 강에 살 수 있는 5 ppm 정도로 강을 정화하는데에 필요한 수량을 계산한다면 적어도 하루에 330,000톤이나 되는 많은 물이 필요하게 되며 지금처럼 그대로 방류하여 수질오염을 일으키지 않도록 처리를 한다면 전력 사용량과 처리비도 상당할 것이다. 결국 해마다 600,000톤의 돼지고기를 생산하기 위해서는 적어도 1,800,000톤의 물이 필요 할 뿐만 아니라 이 폐수가 그대로 수질을 오염시키는 원인이 되거나 이를 정화하는데에는 495,000,000톤이라는 많은 물이 필요하게 되며 폐수처리하기 위하여서도 많은 경제적 부담을 갖게 함으로써 결국

축산업의 발전을 저해하는 요인으로 작용할 것은 자명한 일이다.

미국화학회(ACS,1989)는 보속자원으로부터의 접착제라는 책에서 밝힌 혈액접착제의 미래에 대하여 결정적으로 제한될 수 밖에 없으며 한마디로 압축한다면 합성수지로 완전히 대체되는 것은 시간문제이고 이미 끝났다고 보고 있다. 그 이유는 공정상 혈액채취, 분리 및 건조가 까다롭고 가격면에서 요소수지나 페놀수지보다 상대적으로 비싸고(Detlefsen 1989, 요소수지의 6배, 페놀수지의 1.5배), 내구성면에서 박테리아나 균의 침해를 받을 수 있기 때문으로 설명하고 있다. 압력을 주지않아도 젤필링효과가 좋고 합성수지만큼 강하고 접착력과 내수성, 작업성이 좋아 그동안 외장용 합판제조에 사용하여 왔음에도 불구하고 사양길에 접어들어 접착제핸드북에서도 이미 다루지 않고 있다. 합성수지에 비하여 아무런 득이 없다고 판단하고 있기 때문이다. 그러나 지구의 석유부존자원의 고갈과 환경문제의 대두로 환경처리에 따른 처리비가 가중됨에 따라 도축폐기 혈액으로부터 혈액접착제의 생산가격이 상대적으로 저렴하게 될 뿐만 아니라 기술개발을 통한 혈액접착제 가격을 낮추고 또한 천연혈액접착제의 단점을 보완할 수 있는 공결합 방법이나 내구성 및 보존성 개선방법을 강구하고 합성수지의 단점인 포름알데히드 방산 문제를 해결하는 포착제로의 역할과 경화시간의 단축, 작업성 향상, 공극충전성 향상 및 내수성, 내노화성 향상등 기술을 개발함으로써 혈액접착제에 대한 연구는 축산폐기물의 자원화를 통한 축산업의 발전은 물론 목재산업의 발전과 쾌적한 주거환경을 위한 일석삼조의. 효과를 얻어 국가발전에 크게 공헌하리라 기대한다.

따라서 본 연구는 현재 수질오염을 일으키고 있는 도축폐기물인 혈액을 이용하여 목재접착제를 개발하는 연구로서 과거의 고비용 전통혈액건조방법과는 달리 접착제 가격을 낮추기 위하여 TCA이나 HCl처리에 의하여 혈장을 침전시킴으로써 혈액내의 모든 수분을 건조시키지 않고 간단히 TCA나 HCl에 의하여 serum protein을 침전, 분리하여 건조비를 대폭 감소하여 혈액접착제를 제조 개발하고자 하였으며 혈액 단독 접착제와 페놀수지와 혈액의 공결합수지를 개발하여 이를 비교하고 유리포름알데히드 방산 문제를 해결하고 작업성과 보존성을 해결하고 이를 합판과 PB에 적용하여 보다

값싸고 질 좋은 제품을 개발하고자 시행하였다.

## 제 2 절 재 료 및 방 법

### 1. 공시재료

#### 가. 목결재료

단판제조용 원료수종은 뉴질랜드산 라디에타 소나무(*Pinus radiata*)로 비중이 0.48이었으며 현재 A사에서 사용되는 단판을 사용하였다. 침-활엽수 콤비합판의 경우 표판은 비중 0.6의 파퓌아뉴기니아산 Malas(*Homallium feotidium*)와 증판은 라디에타 소나무를 사용했다. 코아용 단판은 2.4mm, 표판용 단판은 1.2mm였다.

파티클 보드용 원료수종은 남양재 혼합수종으로 현재 D사에서 사용하고 있는 파티클을 분양받아 사용하였다.

#### 나. 목재접착제

- (1) 아미노수지 : 합판용 접착제로 가장 많이 사용되는 요소수지(UF) 및 요소멜라민공축합수지(UMF)는 A사에서 현재 사용하는 아미노수지를 사용하였다. UF의 경우 제조물비는 요소대 포름알데히드의 비가 1:1.34이며 불휘발분은 50-54%, 점도는 25-60cps, pH는 7.0-7.2였다. UMF의 경우 제조물비는 3.05:1:7.99로서 불휘발분은 63%, 점도는 80cps, pH는 7.5였다.
- (2) 혈액종류 : 도축장에서 발생하는 신선한 돼지와 소의 혈액을 사용하였다.
- (3) 페놀수지 및 MDI수지 : 페놀수지(PF)의 제조물비는 페놀 대 포름알데히드 비가 1:1.6으로 하였으며 불휘발분은 40-54%였으며 점도는 24-80cps였다. MDI수지는 4-4'diphenylmethanediisocyanate를 사용하였다.

#### 다. 보존제

혈분으로 제조된 수지 자체의 보존성 평가와 혈액접착제로 제조된 합판, 파

티클 보드의 보존성을 알아보기 위해 보존제인 O-phenylphenol을 첨가하여 부후시험을 행하였다.

## 2. 실험방법

### 가. 혈액단백질 분리 방법

- (1) 기존혈분 제조방법 : 2차대전이후 발전된 알카리 변성 혈분제조방법은 도축 혈액을 바로 교반하여 탈섬유한 후 혈청을 분리하며 주로 스프레이 건조에 의하여 혈분으로 제조하였다. 본 실험에서는 보다 질 높은 대조구를 사용하고자 동결건조를 실시하였다.
- (2) TCA침전 신개발법 : 돼지 도축시 발생하는 도축혈액으로부터 도축 즉시 저장탱크를 거쳐 혈액 응고 방지제 EDTA(Ethylenediaminetetraacetic acid)를 혈액에 1-2g/L 처리한 후 7500rpm하에서 40분간 원심분리하여 혈청과 혈구로 분리된다. 분리된 혈청을 적정한 최종 농도가 4%되도록 TCA(Trichloroacetic acid)를 첨가하여 침전된 혈청 단백질을 간단하고 쉽게 원심 분리하여 얻는다. 이 상태 그대로 접착제를 제조한 것을 미건조형 TCA 혈액제라 하고 침전된 혈청단백질을 건조시킨 분말을 사용하여 제조된 혈액제를 건조분말형 TCA 혈액제로 구분하여 설명하기로 한다.
- (3) HCl 침전 신개발법 : 3차년도에 30여회의 실패 끝에 개발된 HCl 침전에 의한 HCl 혈액제는 먼저 분리된 혈청을 적정한 최종농도를 찾기 위해 (0.6N, 0.8N, 1N, 1.2N, 1.5N, 2N)6조건에서 실험하여 최적 적정농도를 1.5N로 결정하였다.

### 나. 혈액접착제 제조 배합비

Table 1. 최종농도 4% TCA 침전혈액제 및 1.5N HCl 침전혈액제의 제조배합비

(Unit : g)

	1.5N HCl 침전혈액제의 제조배합비							4% TCA 침전혈액제의 적정배합비
	A	B	C	D	E	F	G	
물	40	40	40	40	40	40	40	35.58
침전혈분	5	5	5	5	5	5	5	5
목분(#200)	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
소포제	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.25
50% NaOH	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	0.85
소석회	0.625	0.53	0.5	0.47	0.31	0.31	0.625	0.625
물유리	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	1.1	1.1	2.2
물	4	4	4	4	4	4	4	8

다. 페놀-혈분 공결합수지 제조

1차년도에 경우 페놀수지와 건조분말형 TCA혈액제와의 합성효과를 보기 위하여 TCA혈액제를 PF(40%) 전건증량에 10%, 20% 첨가하였다. MDI접착제와 TCA혈액접착제의 합성효과를 보기 위하여 먼저 혈액접착제의 배합비에 따라 혈액액체접착제를 제조하고 여기에 MDI를 전건증량비로 9:1, 8:2, 7:3으로 혼합하여 혼합합성접착제를 제조하였다.

2차년도에 경우 표 2와 같이 페놀혈액 공결합수지 제조를 위하여 물로 희석한 페놀수지 20%와 10%에 혈분을 15g, 20g, 25g 첨가하였다.

특히 3차년도에 최종개발된 HCl 침전혈액접착제의 페놀과의 공결합을 위하여 제조한 결과 적정배합비는 페놀수지(49.5%) 100에 대하여 HCl 침전혈분 22.7, 물 113.34이었기 때문에 페놀수지의 실제 고형분량은 23.2%이므로 가격을 낮출 수 있었다. 제조된 수지의 pH는 11.54, 점도는 3,400cps였다.

Table 2. Compounds of combination adhesives with PF and TCA-Blood powder

Compound	part			
	PF20B15	PF20B20	PF10B25	
Plywood	20% PF	100	100	×
	10%PF	×	×	100
	Blood powder	15	20	25
	Wheat flour	5	5	5
	50% NaOH	×	1.12	3.11
PB	PF20B15	PF20B15	PF15B15	
	20%PF	100	100	×
	15%PF	×	×	100
	Blood powder	12	15	15
	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.6	0.6	0.45

이렇게 제조된 페놀-TCA 공결합수지의 특성은 표 3과 같다.

Table 3. The nature of PF-TCA blood glues

Adhesives	pH	Solid Content(%)	Viscosity(cp)	
UF	4.8	53	625	
Plywood	PF WH	10.7	55	1,775
	PF WO	10.7	54	750
	PF20B15	10.1	32.3	1,750
	PF20B20	10.02	36.7	12,000
	PF10B25	10.51	28.8	5,000
	Blood Glue	10.3	15.6	8,600
	PB	PF20B12	10.2	28.6
PF20B15		10.1	32.3	500
PF15B15		10.0	26.1	321

#### 라. 합판 및 파티클 보드의 제조

1차년도의 경우 라디에타소나무를 단판으로 사용하고 혈액접착제를 사용하여 합판의 적정제조 조건을 규명하기 위하여 적정단판함수율 3수준 (5%, 8%, 11%) 압력조건 3수준(10, 12.5, 15 kg/cm<sup>2</sup>), 온도 2 수준(110℃, 120℃), 열압시간 3수준으로 하여 침엽수 합판의 열압조건을 규명하였으며 페놀수지와 MDI수지와 혼용합성효과와 가사시간을 알아 보기위하여 합판을 각각 제조하였으며 합판의 면적은 250 X 250 (mm<sup>2</sup>)으로 처리당 4반복 제조하였다.

2차년도의 경우 개발된 TCA-혈분 공결합 수지로 침, 활엽수 콤비합판 제조와 파티클 보드 제조를 각 조건별로 수행하였다. 그리고 목질재료의 유리 HCHO 방산효과를 알아보기 위해 방산량을 측정하였다.

3차년도의 경우 2년의 애로 끝에 개발된 HCl-혈분 공결합 수지로 침, 활엽수 콤비합판 및 파티클 보드를 제조하여 TCA-혈분 공결합 수지로 제조된 것과 비교, 고찰하였다.

#### 마. 합판 및 PB의 물성조사

제조된 합판과 파티클 보드의 물리·기계적 성질을 조사하기 위하여 KS F 3101-1987과 KS F 3104 1992에 의하여 합판의 경우 상태 및 준내수 접착력, 비중, 함수율, 포름알데히드 방출량을 측정, 검토하였고 파티클 보드의 경우 휨강도, 박리강도, 흡수두께 팽창율, 비중, 함수율, 포름알데히드 방산량을 측정하였다.

#### 바. 보존성 시험

혈분으로 제조된 접착제 자체의 부후성과 혈분접착제를 사용하여 제조된 합판, 파티클보드의 보존성을 알아보기 위해 보존제인 O-phenylphenol을 2.5%, 5% 첨가하여 부후시험을 행하였다. 접착제 자체의 부후를 위하여 단백질 부후균주로서 *Aspergillus oryzae*, *Bacillus subtilis* 의 2종을 사용하였고 합판과 파티클보드의 부후시험을 위하여 목재부후균주로서 부후개떡버섯(*Tyromyces palustris*)과 구름버섯(*Coriolus versicolor*)의 2종을 사용하였으며 균사의 발육

상태 검사 및 중량감소율을 측정하였다.

#### 사. 통계처리

제조한 합판과 파티클보드의 물리·기계적 성질을 측정하여 그룹간의 유의성검정을 위하여 Duncan의 신다중검정을 행하였다.

## 제 3 절 결과 및 고찰

### 1. 1차년도(혈액접착제의 개발 및 특성조사와 침엽수 합판 제조 조건 규명 및 효과 측정)

#### 가. 적정압력 규명

합판 제조시 가압력은 수종의 비중에 달린 것으로(이,1981) Lambuth(1977)의 열압스케줄에 따라 온도 120℃, 열압시간 3분, 단판함수율을 9%로 조정하여 제조한 합판의 압력에 따른 상태접착력과 준내수 접착력의 결과를 보면 그림1과 같이 압력간에 접착력의 차이는 없었다.

Lambuth(1977)에 의하면 실내용 미송 합판의 적정압력은 12 kgf/cm<sup>2</sup> 이었으나 라디에타소나무의 경우는 10 kgf/cm<sup>2</sup>이 적정하였다.

#### 나. 적정온도와 열압시간 규명

가.의 결과에 따라 압력을 10 kgf/cm<sup>2</sup> 으로 고정하고 열압온도와 열압시간에 따른 상태접착력과 준내수 인장전단접착력의 결과를 보면 그림 2와 같다. 상태접착력은 처리간 유의차가 없으며 준내수 인장전단접착력은 120℃, 3분이 처리그룹중 가장 좋았다. 이 결과는Lambuth(1977)의 116℃, 2-3/4분과 유사한 결과였으나 약간 열압시간이 더 걸린 편이었다. 따라서 적정열압압력과 온도, 시간은 10 kgf/cm<sup>2</sup>, 120℃, 3분이었다.

#### 다. 적정 단판함수율 규명

단판의 적정함수율 규명을 위하여 단판 함수율을 5%, 8%, 11%로 조정하



여 건조형TCA침지혈액제를 사용하여 적정열압조건(120℃, 3분, 10 kgf/cm<sup>2</sup>)에 따라 합판을 제조하고 단판함수율에 따른 상태접착력과 준내수 인장전단 접착력 시험을 한 결과는 그림 3과 같다. 그림3의 결과는 상태접착력은 단판함수율간 차이가 없으며 준내수인장전단접착력은 8%가 5%와 11%에 비하여 떨어졌다. 이러한 결과는 Lambuth(1977)의 혈액접착제를 이용한 실내용미송합판 제조를 위하여 적정단판함수율을 5%로 조정 한 것과는 다소 다른 값으로 단판건조비가 생략될 수 있어 TCA혈액제 제조 방법이 더 좋은 것으로 생각된다.

#### 라. 접착제에 따른 접착강도 비교

표 4에서와같이 라디에타소나무로 만든 합판은 비중이 0.54-0.57이고 함수율이 13%미만으로 KS를 모두 만족시켰다. 합판의 인장전단접착력시험의 경우, 상태접착력은 현재 업계에서 사용되고 있는 아미노계 합성수지(요소수지 UF와 요소멜라민공축합수지 UMF)와 혈액접착제가 차이가 없음을 나타냈다. 그러나 준내수인장접착강도에 있어서는 현재 목재업계에서 가장 많이 사용하고 있는 요소수지가 가장 강도가 낮고 내수접착제로 사용되고 있는 요소멜라민공축합수지와 건조분말형 TCA침전혈액접착제가 같은 그룹으로 가장 높았다. 과거에 개발된 기존혈액접착제와 현재 개발된 미건조형 TCA침전혈액접착제는 같은 그룹으로 그 중간에 위치하고 있으며 모두 KS의 준내수접착력을 만족시켜주고 있다. 따라서 유리 포름알데히드 방산문제를 갖고 있는 아미노수지에 비하여 전혀 포름알데히드 문제가 없는 개발된 TCA침전혈액접착제는 실내용 합판 제조를 위하여 강도 면에서도 만족하게 대체될 수 있음을 나타냈다.

그림 4는 소와 돼지의 기존방법과 새로 개발된 방법간의 상태 및 준내수접착력 결과이다. 상태접착력은 차이가 없이 나타났으며 준내수접착력은 TCA침전돼지혈액접착제가 제일 높게 나타났다.

#### 마. TCA침전혈액접착제의 가사시간

혈액분말접착제의 기존방법은 건조온도와 방법에따라 용해도가 차이가 난

다. 20% 이하의 용해도를 가진 건조혈분은 접착력을 떨어뜨리지 않고는 다시 용해하기 어렵다. 높은 건조온도에 의하여 용해도가 떨어지면 당연히 접착력이 떨어지는 것은 당연하나 TCA에 의하여 침전된 것은 그냥 녹이는데에는 용해도가 떨어지나 알카리에 의하여 다시 용해되어 접착력을 유지하는 점이 다르다. 알카리 제조배합비에 따라 점도와 접착력이 결정되는데 이 가사시간을 측정하기 위하여 합판을 제조하고 그 접착력을 관찰한 결과 그림 5와 같이 24시간까지 가능하였다. 이는 가사시간이 기존방법의 경우 6-12시간인 것에 비하면(Pizzi, 1989, Lambuth 1977) 보다 안정성이 높은 것으로 나타났다.

#### 바. 합성수지와 혼합접착제 제조에 따른 효과

혈액접착제는 대두접착제와는 달리 황화합물에 의하여 영향을 받지 않으나 알데히드에는 민감하고 또한 소석회, 암모니아등 알카리용액에서는 잘 분산되고 접착력 또한 향상된다. 알카리형페놀수지는 특별한 변성제로서 적당한 알카리도를 갖고 있을 때 (Monsanto Co.,1968) 상용성이 좋은 것으로 (Pizzi,1989) 보고되고 있으나 합판용접착제로 사용되고 있는 높은 알카리형 페놀수지는 급속한 썩화를 야기시키는데(Carmicael,1945) TCA침전혈액제는 pH가 2.7이므로 높은 pH를 떨어뜨리면서 그림 7과 같이 아주 좋은 결과를 나타내고 있다. PF에 대한 TCA침전혈액제의 혼합효과는 열압시간이 같은 5분일 경우 상태접착력, 준내수 및 내수접착력 공히 향상되었고 20% 첨가시 열압시간이 20% 감소시키는 결과를 가져왔다. 이것은 기존방법과 거의 같은 결과를 보여주고 있다.(Gossett,1959)

TCA침전혈액접착제에 MDI의 혼합효과는 그림 6과 같이 MDI의 비율이 높아 질수록 상태접착력은 차이가 없으나 준내수 및 내수접착력을 크게 향상시켰다.

혈액접착제의 배합비에 따라 다르나 현재 가장 우수한 성적을 나타낸 뉴질랜드산 라디에타 소나무 합판 결과는 다음 표와 같다.

**Table 4. Physical and mechanical properties of plywood bonded with various adhesives**

Factor Adhesives	Properties							
	Physical properties		Mechanical properties					
	Density	M.C (%)	Dry (F=0.86)			Wet (F=24.2**) <sup>1)</sup>		
			Strength (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Wood failure(%)	Duncan test	Strength (Kgf/cm <sup>2</sup> )	Wood failure(%)	Duncan test
UF resin <sup>2)</sup>	0.54	10.94	19.73±2.92	38	ns:(nonsi- gnificance)	7.68±0.63	20	C
UMF resin <sup>3)</sup>	0.55	11.11	17.95±1.31	25		12.12±0.47	25	A
Existing B.G <sup>4)</sup>	0.56	11.3	19.72±1.91	14		9.15±0.44	10	B
TCA B.G <sup>5)</sup> (Undried)	0.56	11.25	17.68±1.77	34		9.93±0.97	20	B
TCA B.G <sup>6)</sup> (Dried powder)	0.57	11.57	18.57±3.17	45		11.57±1.28	35	A

\* K.S of plywood requires greater value than 7.5 kgf/cm<sup>2</sup> of shear strength

\* K.S of plywood requires value below 13% of moisture content

1) Wet ( 60°C, 3hr. )

2) UF resin : Urea Formaldehyde resin

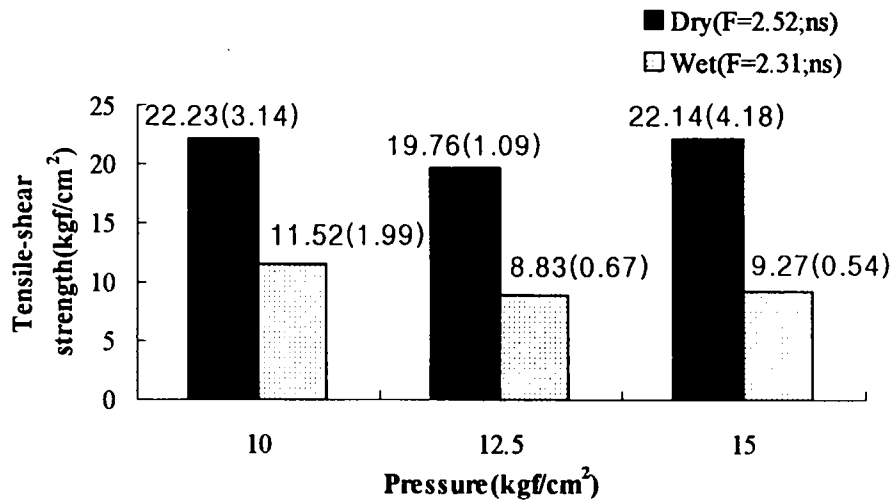
3) UMF resin : Urea Melamine Formaldehyde resin

4) Existing B.G : Existing Blood Glue

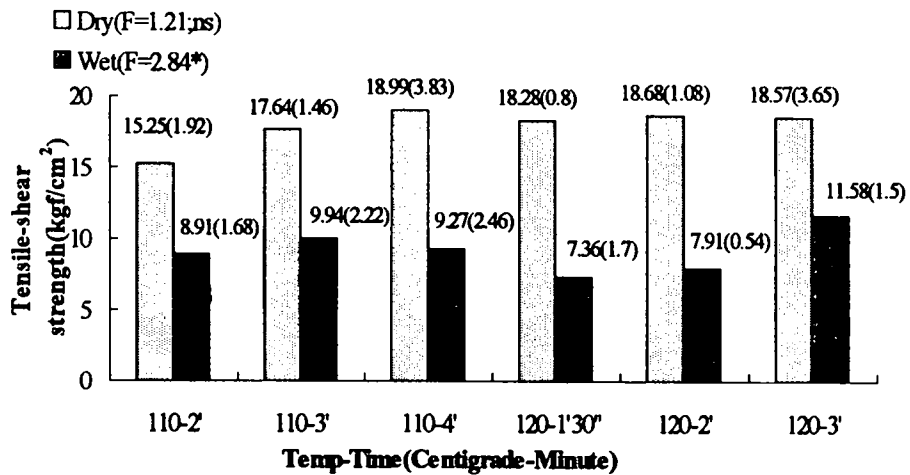
5) TCA B.G : TCA Blood Glue (Dried powder)

6) TCA B.G : TCA Blood Glue (Undried)

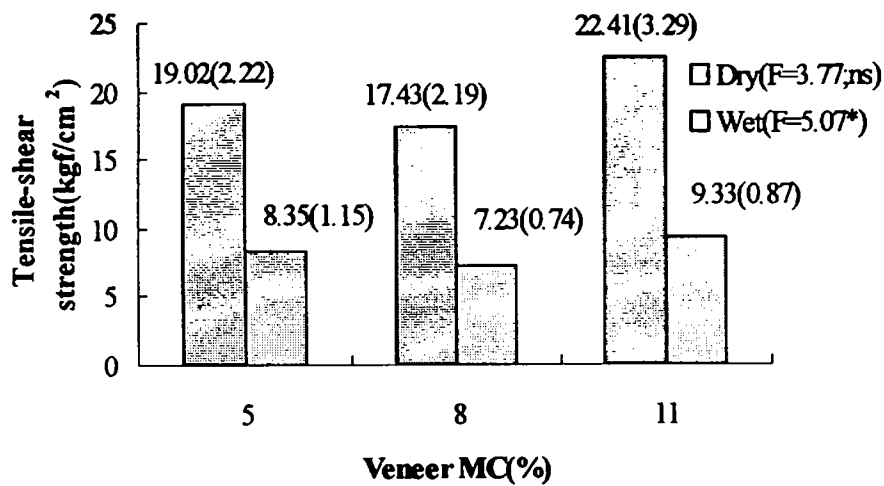
7) WF : Wood failure



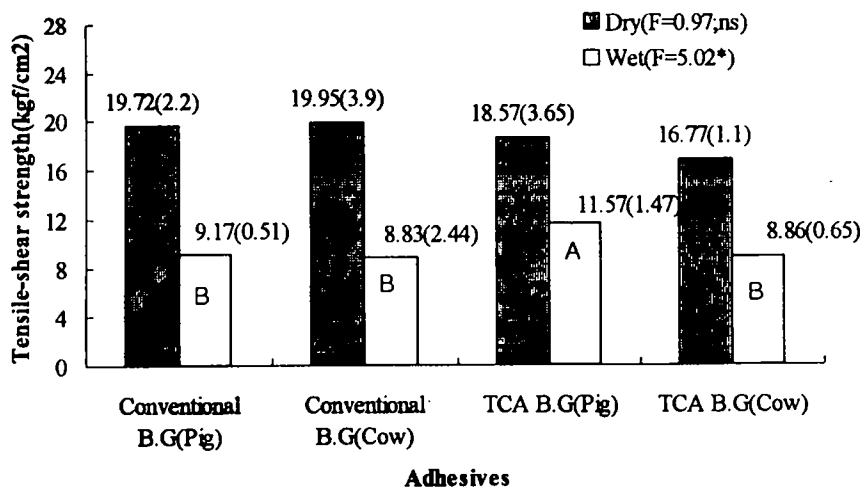
**Fig. 1. Relationship between tensile-shear strength and hot pressing pressure for blood glued plywood**



**Fig.2. Relationship between tensile-shear strength and hot pressing temperature-time schedule for blood glued plywood**



**Fig.3. Relationship between tensile-shear strength and veneer moisture content for blood glued plywood**



**Fig. 4. Effect of method employed for drying blood and species on tensile-shear strength**

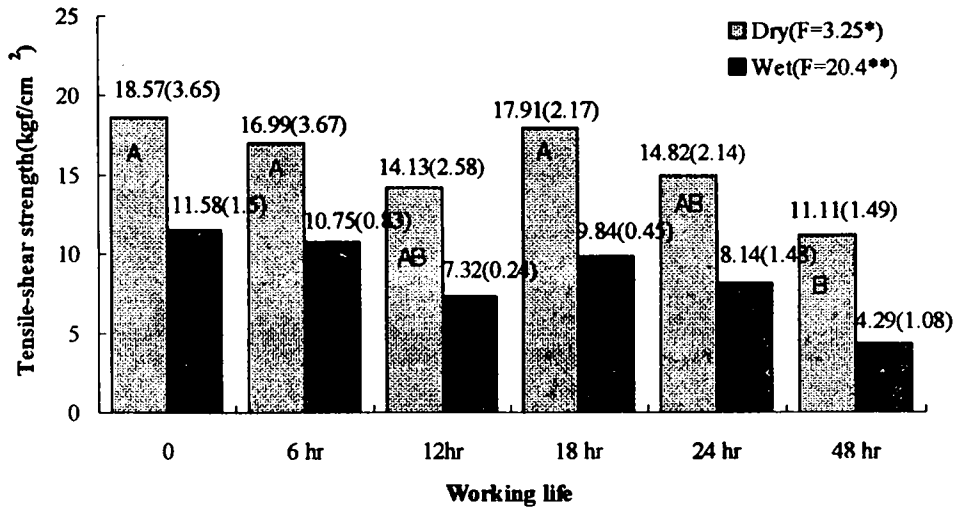


Fig. 5. Relationship between tensile-shear strength and working-life of blood glue

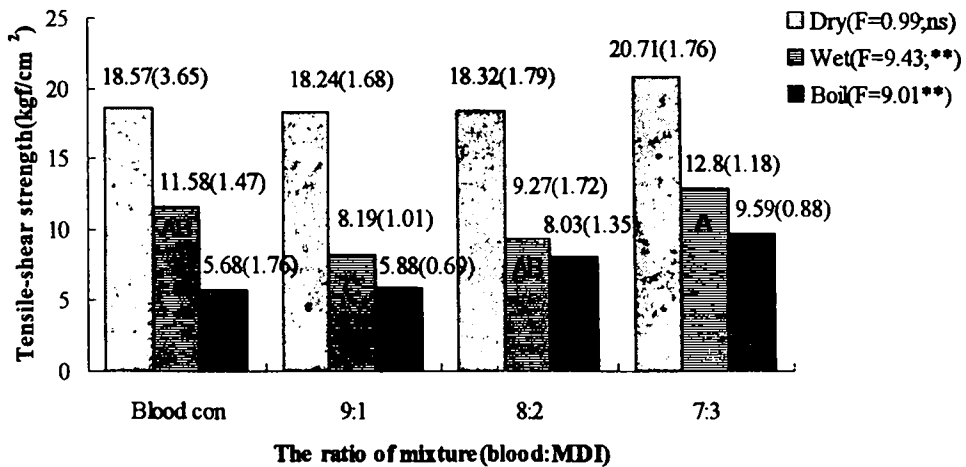
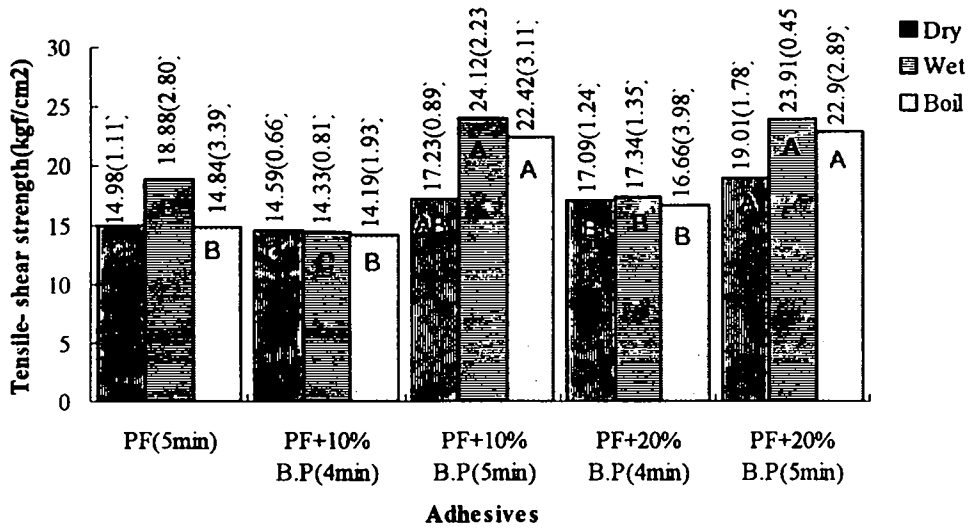


Fig. 6. Effect of MDI treatment on tensile-shear strength of blood glue



**Fig. 7. Adding effect of TCA-Precipitated blood powder on tensile-shear strength of PF adhesive**



사진 1. 소의 기존 혈분접착제 및 TCA침전 처리된 혈분접착제의 색의 비교



사진 2. 돼지의 기존 혈분접착제 및 TCA침전 처리된 혈분접착제의 색의 비교



사진 3. 개발된 돼지 혈분접착제의  
조제후 최종 접착제의 모습  
- 열압후는 목재 색깔과 거의 비슷함.

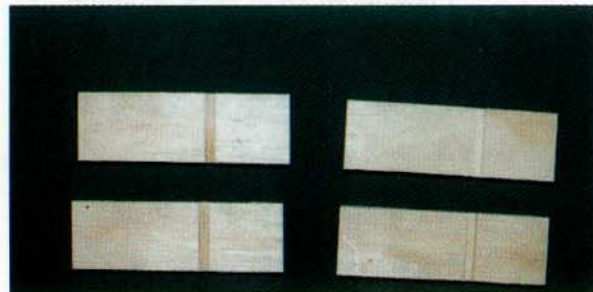


사진 4. 제조된 뉴질랜드산 라디에타 소  
나무 합판시편





사진 1. 소의 기존 혈분접착제 및 TCA침전 처리된 혈분접착제의 색의 비교



사진 2. 돼지의 기존 혈분접착제 및 TCA침전 처리된 혈분접착제의 색의 비교



사진 3. 개발된 돼지 혈분접착제의  
조제후 최종 접착제의 모습  
- 열압후는 목재 색깔과 거의 비슷함.

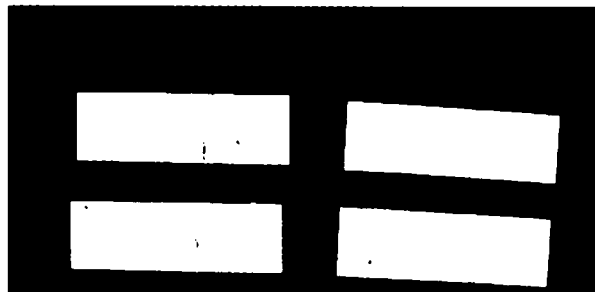


사진 4. 제조된 뉴질랜드산 라디에타 소  
나무 합판시편

## 2. 2차년도(유리 HCHO 문제가 없는 (혈액포착제) 및 공결합 수지 개발 및 효과 규명)

### 가. 공결합수지 개발

페놀수지(PF)와 TCA침전 혈액제는 상용성이 좋아 3종류 모두 100%성공하였고, 요소수지와는 pH관계로 공결합수지 상태가 불량하여 실패하였다.

### 나. 합판 제조

PF와 TCA혈분으로 공결합된 수지 3종류(페놀량의 80%까지 TCA혈분으로 대체해도 아주 우수함)로 만든 합판은 상태,준내수 뿐만 아니라 자비처리시험까지 통과하였고, KS를 훨씬 상회한 우수한 결과를 가져왔다. 현재 국내에서 생산된 합판의 90%이상인 콘크리트 형틀용으로 사용되고 있으며, 접착제는 UMF를 사용하고 있다. 현재 멜라민(M)가격이 톤당 100만원 이상으로 높아져 페놀(PF, 70만원/톤당)이 상대적으로 싸졌을 뿐만 아니라 UMF는 자비처리에 합격하지 못하므로 품질이나 가격면으로 볼 때 개발된 페놀 혈액 공결합수지가 훨씬 우수하였다. (표 5참조)

### 다. 파티클 보드(PB) 제조

PF와 TCA혈분 공결합 수지로 제조된 PB는 페놀수지만으로 제조된 파티클 보드보다 3종 모두 내부결합도나 곡강도 모두가 훨씬 높았으며 KS200타입을 훨씬 상회하여 대단히 만족스러울 뿐만 아니라 현재 사용되는 페놀양의 70%를 값이 아주 저렴하고 HCHO문제가 전혀없는 TCA혈분으로 대체하고도 이와 같이 우수한 결과를 얻게 되었다.(표 6참조)

### 라. 유리 HCHO 방산량 측정 및 포착효과

만족한 결과를 얻었다. 원래 단백질은 포르말린과 결합하는 성질을 갖고 있으며 제조된 공결합수지로 합판이나 PB를 만들어 KS(데시케이트法)에 따라 유리 HCHO를 측정한 결과 거의 목재자체에 가까울 정도로 유리HCHO방산량이 떨어졌다. (표 7참조)

Table 5. Properties of plywood manufactured from phenol-formaldehyde-TCA blood Adhesive

Factor Adhesives	Physical properties			Mechanical properties								
	Density (g/m <sup>3</sup> ) (F=2.33:ns)	M.C (%) (F=66.4**)	Duncan test	Dry (F=13.8 <sup>***</sup> )			Wet(F=6.55 <sup>**</sup> )			Boil (F=69.12 <sup>***</sup> )		
				strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	WF (%)	Duncan test	strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	WF (%)	Duncan test	strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	WF (%)	Duncan test
UF con -2min	0.63 ± 0.023	10.1 ± 0.32	A	19.97 ± 2.22	60	A	6.97 ± 5.28	9	D	0	0	C
PF-Wh con -5min	0.61 ± 0.017	6.02 ± 0.75	CD	13.83 ± 1.67	56	BC	13.32 ± 3.85	32.5	BC	0	0	C
PF-Wo con -5min	0.63 ± 0.015	5.47 ± 0.32	D	14.98 ± 0.96	56	B	18.88 ± 2.43	60	A	14.84 ± 2.94	74	A
P20%B15g -5min	0.60 ± 0.015	5.61 ± 0.40	D	19.65 ± 2.15	64.5	A	13.54 ± 1.67	53	BC	13.1 ± 2.86	43	AB
P20%B20g -5min	0.61 ± 0.018	5.84 ± 0.27	D	18.52 ± 2.78	81.5	A	14.94 ± 4.19	71	AB	13.37 ± 2.34	53	AB
P10%B25g -5min	0.62 ± 0.023	6.48 ± 0.21	C	19.42 ± 2.02	88.5	A	12.91 ± 3.47	48	BC	11.53 ± 1.86	24.5	B
Blood con-3min	0.60 ± 0.024	8.33 ± 0.45	B	12.29 ± 0.65	53	C	8.79 ± 1.17	27	CD	0	0	C

\*K.S of plywood Bonding shear strength : 7.5 kgf/cm<sup>2</sup>

\*K.S of plywood moisture content : below 13%

UF : Urea formaldehyde resin(50%NVC)

PF : Phenol formaldehyde resin(50%NVC)

PF-Wh : PF added with wheat flour filler(10%), Hot pressing time 5min

PF-Wo : PF added with wood flour filler(10%), Hot pressing time 5min

P20%B15g : PF(20%NVC)100g+TCAblood powder15g + wheat floor filler 5g

P20%B20g : PF(20%NVC)100g+TCAblood powder20g + wheat floor filler 5g

P10%B25g : PF(10%NVC)100g+TCAblood powder25g + wheat floor filler 5g

Table 6. Properties of particleboard from phenol-formaldehyde-TCA blood adhesive

Factor Adhesive	Physical Properties		Mechanical Properties	
	Density (g/cm <sup>3</sup> )	M.C (%)	Bending Strength	Internal Bonding Strength(IB)
PF-con	0.85	6.0	206.5±35.8	8.8±2.46
PF(20%)B12g	0.87	6.38	264.6±33.9	13.9±3.27
PF(20%)B15g	0.92	6.29	275.6±24.5	16.4±1.87
PF(15%)B15g	0.94	6.25	310.8±26.6	15.2±2.17

PF-con : PF(40% NVC) 100g : Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> : 1.2g

PF20B12 : PF(20% NVC) 100g : TCA-Blood powder 12g : Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> : 0.6g

PF20B15 : PF(20% NVC) 100g : TCA-Blood powder 15g : Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> : 0.6g

PF15B15 : PF(15% NVC) 100g : TCA-Blood powder 15g : Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> : 0.45g

Table 7. Free Formaldehyde Emission from Plywood and Particleboard

Adhesive HCHO	HCHO Emission(ppm)	
	Plywood	Particleboard
UF	1.48	-
PF	0.3	0.1
P20% B12g	-	0.03
P20% B15g	0.08	0.024
P20% B20g	0.06	-
P15% B15g	-	-
P10% B25g	0.028	0.02
B	0.02	-

\* 표 7의 주는 표 5, 6과 같음

### 3. 3차년도(생산현장 적용을 위한 TCA혈액제와 공결합수지의 작업성 개선 및 보존성 규명)

#### 1. HCl 침전 혈전 혈액 접착제 제조를 위한 적정 제조 배합비

예비실험의 결과에 따라 1차년도에 개발한 TCA침전 혈액 접착제 제조를 위한 TCA약제는 공업용으로 제조되지 않고 있어 공업용 중에서도 HCl을 Plasma protein 을 침전시키는 침전제로 사용하여 침전된 혈장을 혈액접착제로 개발하고자 시도 하였다.

표 1과 같이 배합비를 정하고 이에 따른 HCl 침전 혈액접착제의 시간에 따른 점도 변이와 접착제의 특성 및 이 접착제의 제조 배합비 별로 제조된 물리, 기계적 성질을 보면 표 8, 표 9, 표 10과 같다.

표 8의 D 배합비가 합판의 접착강도가 가장 좋았으며 또한 단백질 접착제는 일반적으로 점도를 갖고 가사시간과 작업성을 평가하는데 작업성 또한 24시간까지 도포와 기타 작업에 적절하였고 점도는 7000 -31,000 cps로서 전통적인 합판용 혈액 접착제의 5,000-15,000 cps보다는 다소 높았으나 작업성과 안정성은 매우 양호하였다.

#### 2. PF-HCl 침전 혈액 공결합수지의 효과

1차년도에 개발한 TCA 침전 혈액 접착제에 비하여 HCl침전혈액 접착제는 접착제 제조에 거의 3년을 다 소비한 셈이었다. TCA가 공업용으로 제조되지 않으므로 가격에서 비교적 고가이고 안정되지 않아 HCl로 제조하기 위하여 많은 실패를 하였다. 혈액 단독의 경우 표 14에서 보는 바와 같이 HCl침전 혈액접착제가 TCA침전혈액접착제 보다 합판의 접착강도가 우수하다. 그러나 상태 및 준내수 시험은 합격하나 내수 규격에서는 통과하지 못하므로 국내 콘크리트 형틀용 합판제조용을 위한 국내 합판업체를 위해서는 반드시 내수 규격에 합격하여야 된다. 따라서 표 12에서와 같이 PF(페놀 포름알데히드 접착제)와 공결합을 할 경우 내수 시험의 기준인 7.5kg/cm<sup>2</sup>을 모두 훨씬 상회하여 모두 합격시키고 있다.

PF-HCl 침전 공결합수지의 경우 PF-TCA 침전 공결합수지와 내수 및 준내수 시험은 동시 같은 그룹으로 KS를 만족시켰고 페놀의 약 반을 혈분으로 대체시켜 경제

적으로도 유리할 뿐만 아니라 내수의 경우도 KS를 만족시키는 좋은 결과를 보였다.

PB제조 경우에는 표 15에서와 같이 TCA공결합수지가 HCl공결합수지보다 훨씬 우수하였으나 양쪽 공히 모두 KS PB 200규격을 만족시켰다.

### 3. 보존제 처리 효과

#### 가. O-phenyl phenol 보존제 처리 효과

Lambuth(1977)는 전통적인 혈액 접착제의 보존처리로서 0.5-5%의 보존제를 첨가하는 것이 유용하다고 하였다. 보존제로서는 phenyl phenol, copper naphthenate, tributyltin oxide등을 사용하였다. 따라서 본 연구는 접착제 제조의 맨 마지막 단계에 O-phenylphenol을 2.5%, 5% 두 수준으로 첨가하였다. 표 13에서 보존 약제 처리된 접착제로 만든 합판의 부후 시험에서의 중량감소율은 각 처리별 유의성이 없었으며 PB의 경우 구름버섯(COV)을 접종한 조건에서 PF-HCl 공결합수지에 O-phenylphenol을 2.5%, 5% 첨가한 것이 무처리나 다른 조건과 달리 효과가 있었는데 이는 합판의 접착층과는 달리 파티클의 표면에 접착제와 보존제가 도포되어 있기 때문으로 생각되나 그 효과가 적은 것은 보존제의 처리량이 접착제에 대한 백분율이고 목질파티클에 대한 백분율이 아니고 상대적인 전건목재에 대한 중량백분율로는 너무 미량이기 때문이라고 유추된다. 그리고 부후개떡버섯(TYP)에서는 별 차가 없었다.

보존제 처리된 접착제로 제조한 합판의 물리 기계적 성질에 미친 효과를 보면 표 11과 같이 상태 접착력의 경우 처리가 무처리보다 강도가 높았고 준내수의 경우는 다소 떨어졌다.

보존제 처리된 PF-TCA혈액 접착제나 PF-HCl혈액 접착제로 제조된 PB의 경우 PB의 휨강도나 내부결합도에 미치는 보존제의 영향은 표 12와 같이 별차 없었다.

이러한 이유는 보존제 처리가 접착제의 보존처리이지 목재 자체의 보존처리가 아니므로 합판이나 파티클보드의 부후 실험에서는 처리간의 큰 차이를 볼 수 없는 것은 당연하다고 할 것이다.

#### 나. 개발된 혈액 접착제 자체의 보존성

혈액을 침전 분리하는데 사용되는 TCA나 HCl은 강산이므로 침전된 혈장 paste는

강산(pH 1-2)이기 때문에 공기중에 그대로 방치하여 놓으면 부후되지 않고 그대로 건조될 뿐이다.

따라서 사진 5, 6에서처럼 혈액 그대로는 건조된 후에 부후조건이 부여되면 부후되거나 보존제를 처리하거나 TCA나 HCl 침전 혈장 paste나 PF-혈액 공축합수지는 전혀 부후되지 않는 것을 알 수 있다. Lanbuth에 의하면 전통적인 혈액 접착제의 전건중량으로 10%의 페놀수지를 첨가하면 보존성을 부여하며 경화 후에 습한 조건에서 접착층의 부후나 기타 leaching에 의한 손실이 없음을 보고하고 있다.

따라서 새로 개발된 PF-혈액 공결합 수지의 보존성은 매우 양호하며 별도의 보존제를 처리할 필요가 전혀 없다고 결론 지을 수 있다.

Table 8. 1.5N HCl 침전혈분 및 TCA 침전혈분으로 제조한 접착제의 시간에 따른 점도변이

(Unit : cps)

Time(hr)	A	B	C	D	E	F	G	TCA
0	21,000	10,400	12,500	994	1,870	10,000	48	7,150
2	34,800	31,000	34,400	7,843	2,285	11,000	115	14,000
4	Gel	Gel	Gel	10,280	4,012	7,050	3,800	28,800
6				14,430	5,100	6,800	8,963	76,000
8				21,500	5,150	5,200	31,000	120,000
10				24,840	5,760	4,300	48,000	90,000
24				31,000	10,300	9,800	Gel	25,400

\* A-G : Table 1. 참조

\* Gel : Gelation of blood glue

Table 9. 1.5N HCl 침전혈분의 제조배합비별 제조된 합판의 물리·기계적 성질

처리	Physical property				Tensile-shear bonding strength			
	비중(F=0.95 <sup>***</sup> )		M.C.(%)(F=12.62 <sup>**</sup> )		Dry test(kgf/cm <sup>2</sup> ) (F=8.805 <sup>**</sup> )		Wet test(kgf/cm <sup>2</sup> ) (F=6.18 <sup>**</sup> )	
	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test
A	0.63±0.022	A	6.75±0.289	B	20.74±1.625	A	5.92±0.627	C
B	0.65±0.041	A	6.8±0.327	B	17.43±1.918	AB	9.67±1.443	ABC
C	0.65±0.034	A	7.83±0.250	A	17.61±0.662	AB	9.99±1.777	ABC
D	0.61±0.022	A	5.53±0.419	C	21.1±2.828	A	14.08±2.419	A
E	0.66±0.021	A	6.70±0.698	B	13.87±2.629	BC	8.23±2.223	BC
F	0.64±0.043	A	7.09±0.246	AB	14.43±1.802	BC	11.15±1.614	AB
G	0.63±0.030	A	6.59±0.246	B	12.01±3.650	C	9.76±3.071	ABC

\* A-G : Table 1. 참조

Table 10. 1.5N HCl-Blood glue의 제조배합비에 따른 기본성질

	A	B	C	D	E	F	G
NVC(%)	15.3	15.6	15.8	15.8	15.2	14.9	14.6
pH	11.69	11.47	11.08	11.69	10.96	10.84	11.16

\* A-G : Table 1. 참조



Table 11. 보존제 처리한 TCA 침전혈분으로 제조한 합판의 물리·기계적 성질

처리	Physical property		Tensile-shear bonding strength			
	비중	M.C(%)	Dry test(kgf/cm <sup>2</sup> ) (F=11.60**)		Wet test(kgf/cm <sup>2</sup> ) (F=12.03**)	
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test
TCA con <sup>1)</sup>	0.60±0.024	8.33±0.45	12.4±0.824	C	8.83±0.20	A
TCA+2.5% <sup>2)</sup>	0.68±0.03	10.3±0.64	14.4±2.188	AB	7.90±0.222	B
TCA+5% <sup>3)</sup>	0.65±0.04	9.5±0.38	19.4±2.841	A	8.04±0.402	B

1) Only TCA-blood glue

2) TCA-blood glue + O-phenylphenol 2.5%(based on air weight of blood powder)

3) TCA-blood glue + O-phenylphenol 5%(based on air weight of blood powder)

Table 12. 보존제 처리한 PF-TCA, PF-HCl 침전혈액 공결합수지로 제조한 PB의 물리·기계적 성질

처리	Physical property						Mechanical property			
	비중(F=2.84 <sup>***</sup> )		M.C.(%)(F=13.6 <sup>**</sup> )		흡수 두께팽윤율(%)(F=5.51 <sup>**</sup> )		휨강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )(F=4.673 <sup>*</sup> )		박리강도(kgf/cm <sup>2</sup> )(F=0.96 <sup>***</sup> )	
	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test
PF-con <sup>1)</sup>	0.85 ± 0.025	A	6.03 ± 0.250	C	74.5 ± 3.43	AB	200.53 ± 13.84	AB	10.2 ± 1.07	A
TCA+2.5% <sup>2)</sup>	0.89 ± 0.061	A	6.84 ± 0.415	AB	85.7 ± 9.23	C	210.05 ± 8.19	A	11.4 ± 1.120	A
TCA+5% <sup>3)</sup>	0.94 ± 0.049	A	7.42 ± 0.330	A	78.7 ± 13.4	AB	207.4 ± 5.077	A	11.3 ± 1.599	A
HCl+2.5% <sup>4)</sup>	0.94 ± 0.022	A	6.39 ± 0.165	BC	60.1 ± 12.3	A	195.65 ± 11.88	AB	11.1 ± 2.754	A
HCl+5% <sup>5)</sup>	0.88 ± 0.059	A	7.19 ± 0.328	A	62.0 ± 2.43	A	180.27 ± 13.84	B	9.56 ± 0.831	A

- 1) Only PF resin
- 2) PF(20%) 85part : TCA-blood powder 15part  
+ O-phenylphenol 2.5%(based on air weight of blood powder)
- 3) PF(20%) 85part : TCA-blood powder 15part  
+ O-phenylphenol 5%(based on air weight of blood powder)
- 4) PF(23.2%) 100part : HCl-blood powder 22.7part  
+ O-phenylphenol 2.5%(based on air weight of blood powder)
- 5) PF(23.2%) 100part : HCl-blood powder 22.7part  
+ O-phenylphenol 5%(based on air weight of blood powder)

Table 13. TCA 침전혈분으로 제조한 합판과 PB의 보존성

	처리	균종류	중량감소율(%)±SD (F=2.572;ns)	균종류	중량감소율(%)±SD (F=2.320;ns)	
Plywood	Blood con <sup>1)</sup>	TYP <sup>4)</sup>	10.91±1.50	COV <sup>6)</sup>	11.53±1.00	
	Blood + 2.5% <sup>2)</sup>	TYP	10.84±1.00	COV	10.39±0.50	
	Blood + 5% <sup>3)</sup>	TYP	13.3±1.95	COV	10.44±0.60	
PB	처리	균종류	중량감소율(%)±SD (F=1.176;ns)	균종류	중량감소율(%)±SD (F=7.034**)	Duncan test
	PF con <sup>6)</sup>	TYP	28.69±1.48	COV	11.6±0.89	B
	PF + TCA <sup>7)</sup>	TYP	28.23±1.59	COV	10.90±0.84	B
	PF + HCl <sup>8)</sup>	TYP	25.88±2.75	COV	9.93±1.09	B
	PF + TCA +2.5% <sup>9)</sup>	TYP	25.76±6.79	COV	8.54±1.42	AB
	PF + TCA +5% <sup>10)</sup>	TYP	25.0±1.52	COV	8.36±1.89	AB
	PF + HCl +2.5% <sup>11)</sup>	TYP	24.53±1.03	COV	5.23±3.83	A
	PF + HCl + 5% <sup>12)</sup>	TYP	23.11±4.77	COV	4.73±2.26	A

- 1) Only TCA-blood glue
- 2) TCA-blood glue + O-phenylphenol 2.5%(based on air weight of blood powder)
- 3) TCA-blood glue + O-phenylphenol 5%(based on air weight of blood powder)
- 4) 부후개떡버섯(*Tyromyces palustris*)
- 5) 구름버섯(*Coriolus versicolor*)
- 6) Only PF resin
- 7) PF(20%) 85part : TCA-blood powder 15part

- 8) PF(23.2%) 100part : HCl-blood powder 22.7part
- 9) PF(20%) 85part : TCA-blood powder 15part
  - + O-phenylphenol 2.5%(based on air weight of blood powder)
- 10) PF(20%) 85part : TCA-blood powder 15part
  - + O-phenylphenol 5%(based on air weight of blood powder)
- 11) PF(23.2%) 100part : HCl-blood powder 22.7part
  - + O-phenylphenol 2.5%(based on air weight of blood powder)
- 12) PF(23.2%) 100part : HCl-blood powder 22.7part
  - + O-phenylphenol 5%(based on air weight of blood powder)

Table 14. PF-TCA blood glue와 PF-HCl blood glue로 각각 제조한 합판의 물리·기계적 성질비교

처리	Physical properties			Tensile-shear bonding strength								
	비중 (F=1.08 <sup>***</sup> )	함수율(% ) (F=31.6 <sup>***</sup> )	Duncan test	Dry (F=5.52 <sup>***</sup> )			Wet(F=5.55 <sup>***</sup> )			Boil (F=43.03 <sup>***</sup> )		
				strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	WF (%)	Duncan test	strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	WF (%)	Duncan test	strength (kgf/cm <sup>2</sup> )	WF (%)	Duncan test
PF con	0.63±0.015	5.47±0.32	C	14.98±0.96	56	BC	18.88±2.43	27	A	14.84±2.94	74	A
Blood con(TCA)	0.60±0.024	8.33±0.45	A	12.29±0.65	53	C	8.79±1.17	43	C	0	0	C
Blood con(HCl)	0.61±0.022	6.59±0.24	B	21.10±2.83	50	A	14.08±2.42	43	AB	0	0	C
P20% TCA B15g	0.60±0.015	5.61±0.40	C	19.65±2.15	64.5	AB	13.54±1.67	53	ABC	13.1±2.86	43	AB
P20% TCA B20g	0.61±0.018	5.84±0.27	C	18.52±2.78	81.5	AB	14.94±4.19	71	AB	13.37±2.34	53	AB
P10% TCA B25g	0.62±0.023	6.48±0.21	B	19.42±2.02	88.5	AB	12.91±3.47	48	BC	11.53±1.86	24.5	B
PF-HCl B	0.63±0.042	6.74±0.44	B	18.59±4.56	51	AB	13.72±0.75	22	AB	11.28±0.82	12	B

\*K.S of plywood Bonding shear strength : 7.5 kgf/cm<sup>2</sup>

\*K.S of plywood moisture content : below 13%

PF : Phenol formaldehyde resin(50% NVC)100g + wood floor filler 10g

P20%B15g : PF(20% NVC)100g + TCA-blood powder 15g + wheat floor extender 5g

P20%B20g : PF(20% NVC)100g + TCA-blood powder 20g + wheat floor extender 5g

P10%B25g : PF(10% NVC)100g + TCA-blood powder 25g + wheat floor extender 5g

PF-HCl B : PF(23.2% NVC)100g + HCl-blood powder 22.7g + wood floor filler 15.4g

Table 15. PF-TCA blood glue와 PF-HCl blood glue로 각각 제조한 PB의 물리·기계적 성질비교

처리	Physical properties						Mechanical properties			
	비중 (F=8.00 <sup>*</sup> )		함수율(%) (F=7.66 <sup>*</sup> )		흡수 두께 평윤율(%) (F=24.26 <sup>**</sup> )		곡강도(kgf/cm <sup>2</sup> ) (F=55.35 <sup>**</sup> )		박리강도(kgf/cm <sup>2</sup> ) (F=17.86 <sup>**</sup> )	
	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test	Mean ± SD	Duncan test
PF con	0.85 ± 0.025	B	6.03 ± 0.25	B	74.52 ± 3.43	A	200.5 ± 13.84	B	10.2 ± 1.071	B
PF-Blood (TCA)	0.94 ± 0.045	A	6.26 ± 0.10	B	53.81 ± 4.57	B	310.55 ± 26.6	A	15.23 ± 2.172	A
PF-Blood (HCl)	0.91 ± 0.017	AB	6.69 ± 0.32	A	67.55 ± 4.72	A	188.65 ± 8.9	C	9.9 ± 0.40	B

PF con : Only PF resin

PF-Blood(TCA) : PF(15% NVC) 100g : TCA-Blood powder 15g

PF-Blood(HCl) : PF(23.2% NVC)100g + HCl-blood powder 22.7g



사진 5. 균(*A. oryzae*)접종 시료  
(순수 혈액)

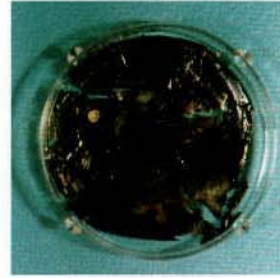


사진 6. 균(*B. subtilis*)접종 시료  
(순수 혈액)



사진 7. 균(*A. oryzae*)접종 시료  
(순수 Blood glue-TCA)

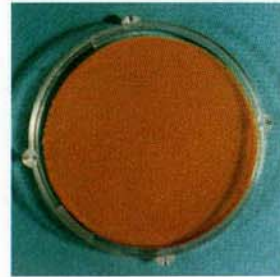


사진 8. 균(*B. subtilis*)접종 시료  
(순수 Blood glue-TCA)



사진 9. 균(*A. oryzae*)접종 시료  
(순수 Blood glue-HCl)

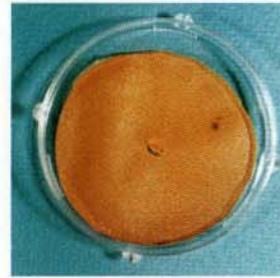


사진 10. 균(*B. subtilis*)접종 시료  
(순수 Blood glue-HCl)



사진 11. 균(*A. oryzae*)접종 시료  
(TCA blood glue + 5% 보존제)



사진 12. 균(*B. subtilis*)접종 시료  
(TCA blood glue + 5% 보존제)



사진 5. 균(*A. oryzae*)접종 시료  
(순수 혈액)

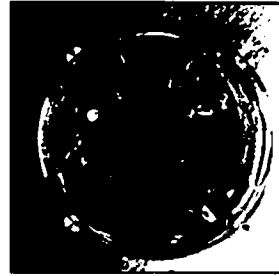


사진 6. 균(*B. subtilis*)접종 시료  
(순수 혈액)



사진 7. 균(*A. oryzae*)접종 시료  
(순수 Blood agar-TCA)

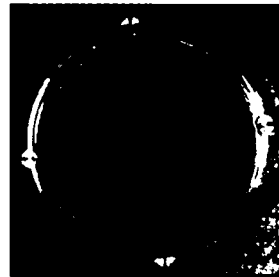


사진 8. 균(*B. subtilis*)접종 시료  
(순수 Blood agar-TCA)

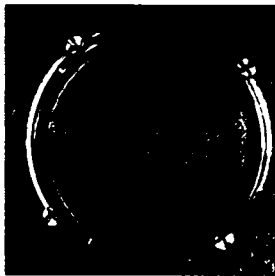


사진 9. 균(*A. oryzae*)접종 시료  
(순수 Blood agar-HCl)

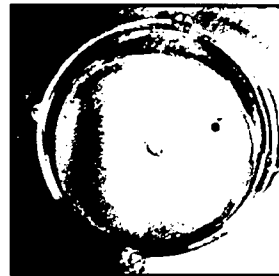


사진 10. 균(*B. subtilis*)접종 시료  
(순수 Blood agar-HCl)



사진 11. 균(*A. oryzae*)접종 시료  
(TCA blood agar + 5% 보존제)



사진 12. 균(*B. subtilis*)접종 시료  
(TCA blood agar + 5% 보존제)



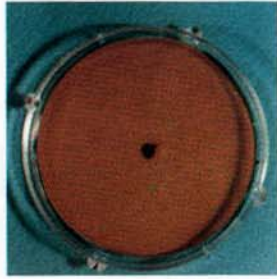


사진 13. 균(*A. oryzae*)접종 시료  
(HCl blood glue + 5% 보존제)

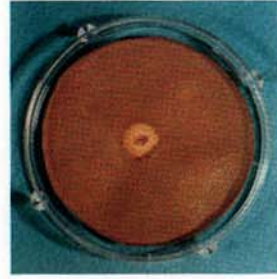


사진14. 균(*B. subtilis*)접종 시료  
(HCl blood glue + 5% 보존제)



사진 15. 균(*A. oryzae*)접종 시료  
(PF-HCl resin)



사진 16. 균(*B. subtilis*)접종 시료  
(PF-HCl resin)



사진 17. 균(*A. oryzae*)접종 시료  
(PF-HCl blood glue + 5% 보존제)



사진 18. 균(*B. subtilis*)접종 시료  
(PF-HCl blood glue + 5% 보존제)

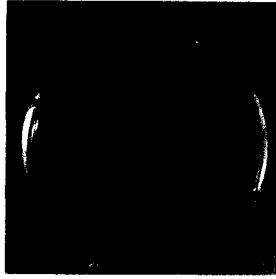


사진 13. 균(*A. oryzae*)접종 시료  
(HCl blood glue + 5% 보존제)

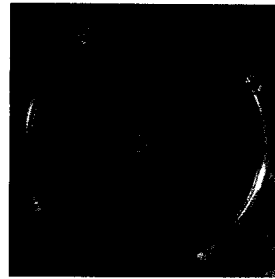


사진14. 균(*B. subtilis*)접종 시료  
(HCl blood glue + 5% 보존제)

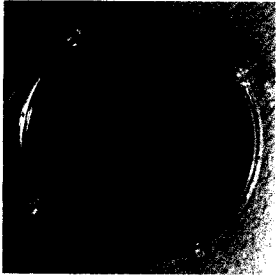


사진 15. 균(*A. oryzae*)접종 시료  
(PF-HCl resin)



사진 16. 균(*B. subtilis*)접종 시료  
(PF-HCl resin)

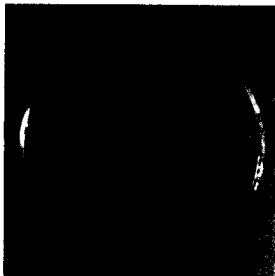


사진 17. 균(*A. oryzae*)접종 시료  
(PF-HCl blood glue + 5% 보존제)



사진 18. 균(*B. subtilis*)접종 시료  
(PF-HCl blood glue + 5% 보존제)

## 제 4 절 결 론

### 1. 1차년도

본 연구는 수질오염을 일으키는 도축폐기물인 도축혈액을 이용하여 기존혈액접착제 제조 방법과는 달리 접착제가격을 대폭 낮추는 새로 개발된 TCA침전방법으로 혈액내의 수분과 염류를 건조하지 않고 간단히 TCA에 의하여 serum protein을 침전 분리하여 혈액접착제를 개발하고 이를 합판에 적용하여 그 적정단판함수율과 열압조건을 규명하고 현재 사용되고 있는 아미노수지와 그 특성을 비교검토하고 아울러 페놀수지와 MDI수지와 의 혼합합성 효과와 특성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 가. 적정단판함수율은 11%였고 TCA침전혈액접착제의 적정열압조건은 120℃, 3분, 10kgf/cm<sup>2</sup>이었다.
- 나. 상태접착력과 준내수접착력이 현재 합판제조에 사용되고 있는 합성수지인 요소수지보다 우수하며 요소멜라민접착제(멜라민함량 30%)와 동등이상의 우수한 성질을 나타냈다.
- 다. 기존혈액접착제 제조방법에 비하여 동등이상의 좋은 접착력을 나타냈다.
- 라. 혈액접착제의 가사시간은 6-12시간보다 길어 24시간이 되며 안정성이 높다.
- 마. MDI수지를 혼합합성하면 내수접착력이 향상된다.
- 바. 페놀수지에 10-20%의 TCA침전혈분제를 혼합하면 상태 및 준내수, 내수접착력이 월등히 향상되며 또한 열압시간이 20% 단축된다.

### 2. 2차년도

2차년도의 경우 새로운 공정으로 제조된 혈액제를 이용하여 목질판상제품(합판, PB)으로부터 방산되는 유리 HCHO를 낮추는 효과를 연구하기 위하여 단독 또는 PF수지와 의 공결합 수지를 개발하여 합판과 PB를 제조하여 현재 목질보드산업에서 가장 문제가 되고 있는 인체에 해로운 유리 HCHO의 방산제거효과와 그 특성을 규명하

고자 하였고 성공적으로 페놀-혈액 공결합수지를 개발하여 값싸고 저렴하면서 유리 HCHO문제가 전혀없는 목질판상제품 제조에 성공하였고 다음과 같은 결론을 얻었다.

가. 공결합수지 개발 : 페놀수지(PF)와 TCA침전 혈액제는 상용성이 좋아 3종류 모두 100%성공하였고, 요소수지와는 PH관계로 공결합수지 상태가 불량하여 실패하였다.

나. 합판 제조 : PF와 TCA혈분으로 공결합된 수지 3종류(페놀량의 80%까지 TCA혈분으로 대체해도 아주 우수함)로 만든 합판은 상태, 준내수 뿐만 아니라 자비처리시험까지 통과하였고, KS를 훨씬 상회한 우수한 결과를 가져왔다. 현재 국내에서 생산된 합판의 90%이상이 콘크리트형틀용으로 사용되고 있으며, 접착제는 UMF를 사용하고 있지만 UMF는 자비처리에 합격하지 못하므로 품질이나 가격면으로 볼 때 개발된 페놀 혈액 공결합수지가 훨씬 우수하였다.

다. 파티클 보드(PB) 제조 : PF와 TCA혈분 공결합 수지로 제조된 PB는 페놀수지만으로 제조된 파티클 보드보다 3종 모두 내부결합도나 곡강도 모두가 훨씬 높았으며 KS200타입을 훨씬 상회하여 대단히 만족스러울 뿐만 아니라 현재 사용되는 페놀량의 70%를 값이 아주 저렴하고 HCHO문제가 전혀없는 TCA혈분으로 대체하고도 이와 같이 우수한 결과를 얻게 되었다.

라. 유리 HCHO 방산량 측정 및 포착효과 : 만족한 결과를 얻었다. 원래 단백질은 포르말린과 결합하는 성질을 갖고 있으며 제조된 공결합수지로 합판이나 PB를 만들어 KS(데시케이트法)에 따라 유리 HCHO를 측정한 결과 거의 목재자체에 가까울 정도로 유리 HCHO방산량이 떨어졌다.

### 3. 3차년도

3차년도는 TCA약제가 공업용이 생산되지 않으므로 값싼 HCl를 이용하여

serum protein을 침전처리하여 혈액 접착제의 제조를 성공시켰으며 생산현장적 용을 위한 작업성과 보존성을 평가하여 다음과 같은 좋은 결론을 얻었다.

가. 3차년에 최종개발된 HCl 침전혈액접착제의 적정배합비는 TCA침전혈액접착제 적정배합비보다 50% NaOH는 더 들어가고 소석회를 덜 배합하는 것이 우수하였으며, HCl의 침전 처리 농도는 1.5N이 적당하였다. 이전에 제조된 혈분 접착제의 합판용 적정 점도보다 적정 범위가 넓어 7000-31000 cps 였고 가사시간은 24시간이 넘어 작업성과 안정성이 매우 높았으며 합판의 접착강도도 매우 우수하였다.

나. HCl혈분접착제나 TCA혈분접착제 단독의 경우 HCl혈분접착제가 TCA혈분접착제보다 성질이 우수하며 양쪽 모두 합판의 상태 및 준내수 규격은 통과되나 내수시험은 통과하지 못하므로 페놀수지와 공결합수지로 사용하는 것이 좋다. PB제조인 경우 HCl혈분접착제보다 TCA혈분접착제가 성질이 우수하였다. 보존제인 O-phenylphenol을 2.5%, 5% 처리한 합판은 상태접착력의 경우 무처리보다 높아졌으나 준내수의 경우 다소 떨어졌다 5%처리가 2.5%보다 접착강도는 다소 높았다. PB의 경우 PB의 힘강도나 내부결합도에 미치는 보존제의 영향은 별차 없었다.

다. 보존성 평가로서 첫째, HCl이나 TCA에 의한 침전 혈장은 강산(pH 1-2)이므로 침전혈장 페이스트 자체는 대기 중에 놓아 두어도 그대로 건조될 뿐 부후되지 않았다. 또한 보존제를 처리하거나 PF-혈액 공축합 수지도 전혀 부후되지 않았다. 따라서 개발된 PF-혈액 공축합 수지는 보존성이 매우 양호하여 별도의 보존제를 처리하지 않아도 되었다.

보존제 처리된 접착제로 제조된 합판의 중량감소율을 보면 처리별 유의성이 나타나지 않았고 PB의 경우는 구름버섯에서 처리별 차이가 나타났다.

## 제 5 절 참고문헌

1. Ash,J.R., and Lambuth,A.L. 1957. U.S.Patent 2,817,639, Dec.24.
2. Carmicchael,O.C. 1945. U.S. Patent 2,375,195 May 8.
3. Detlefsen,W.D. 1989 In 'Adhesives from renewable resource',Hemingway,R.W.  
Blood and Casein Adhesives for Bonding Wood,p.445,ACS.
4. Eichholz,W. 1907. German Patent 199,093,Aug.6.
5. Gossett,J.M.,et al. 1959. U.S.Patent 2,874,134, Feb.17.
6. Lambuth,A.L. 1967. U.S. Patent 3,324,103, June 6.
7. Lambuth,A.L. 1977. Blood Glues In 'Handbook of Adhesives',2nd ed., Skeist,I,  
Ed.,p.181, Van Nostrand Reinhold Co.,New York.
8. Lee,H.H.1983.Blood glue In 'Forest Products' p.113, Hyung Moon Pub. Co.Seoul
9. Lee,H.H.1981.Plywood In 'Forest Products' , Hyung Moon Pub. Co.Seoul
10. Lee,H.H. 1995. Manufacture of plywood bonded with TCA-precipitated blood  
glue. KSFT 6 on publishing
11. 이화형, 송경빈, 1995, TCA침전 혈액접착제의 합판제조에 관한 연구,  
한국가구학회지 6(1,2): 53-58
12. 이화형, 이종신, 장상식 1996, 합판용 페놀수지 접착제에 대한 TCA침전 혈액분말  
의 첨가 효과, 한국목재공학회지 24(2):15-19
13. Meyer,K.H. 1950. Natural and Synthetic High Polymers. New York,  
Wiley-Interscience,pp.572-584
14. Monsanto.Co.Product Bulletin. 1968. "PF3097 Phenolic Resin Adhesive for  
Exterior Type Softwood Plywood," Schedule No.PG1976. Seattle,WA,Dec.6.
15. Nylund,S. 1987. "Foam Gluing Innovations". Proceedings of the Forest Products  
Research Society Conference on Structural Wood Composite November,  
Madison,WI.
16. Park.Eunhee , HwaHyung Lee, and Kyung Bin Song 1996 Characterization of  
plasma Proteins from Bloods of Slaughtered Cow and Pig and utilization of the

- Proteins as Adhesives, Agricultural Chemistry and Biotechnology 39(2):123-126
17. Pizzi,A. 1989. Blood Glues In ' Wood Adhesives,Vol.2.' Marcel Dekker Inc.,New York
  18. Sellers,T.Jr. 1985. Plywood and Adhesive Technology p.353, Marcel Dekker.Inc.
  19. Takashima T.,Kayamori H. and Motegi S. 1956. Researches on blood glue(VIII) Jnl. of Japan Forestry Society.38(7):273-275
  20. Takashima T. and Ariga K. 1957. Researches on Blood Glue(XI) Mokuzai Gakkaishi 3(2);71-74
  21. Takashima T. and Ariga K. 1958. Researches on Blood Glue(XII) Mokuzai Gakkaishi 4(1);10-14
  22. Takashima T. Ariga K. and Chubachi M. 1960. Researches on Blood Glue(XIII) Mokuzai Gakkaishi 4(1);10-14

# 제 3 장 Serum protein의 특성, 처리공정 및 활용 기술 개발분야

## 제 1 절 서 언

환경오염에 대한 관심이 높아지면서 수질 오염에 관한 연구가 다방면에서 진행되고 있는데 축산 폐기물 중 하나인 도축된 동물의 혈액은 도축되는 동물의 수를 고려할 때 상수원 오염 등 그 처리 문제가 대단히 심각하다. 특히 현재 대부분이 물에 희석되어 배출되고 있어 수질 오염등의 심각한 환경오염을 발생 시킬 수 있다. 따라서 본 연구는 이러한 문제점을 인식하여 폐기되는 도축 혈액을 재활용하여 새로운 소재로 이용하고자 실행되었다.

동물의 혈액은 고대 aztec 인디언 시대부터 천연 접착제 원료로써 이용되어 왔으며 현재까지 몇몇 특정 분야에서 혈분접착제가 이용되고 있다. 혈분접착제의 주 성분은 혈액 중의 serum protein으로 특히 serum albumin이 주요성분으로 알려져 있어 albumin 접착제라고도 한다. 따라서 본 연구는 도축 혈액으로부터 serum protein을 분리하여 목재 접착제로 실용화하기 위한 혈분의 제조를 주된 목적으로 하고 이와 병행하여 serum protein에 대한 기초 연구를 진행하였다.

혈분접착제는 혈분의 건조 방법에 따라 접착력에 영향을 받게 되는데 특히 1차년도에는 건조 방법에 따른 혈분의 solubility는 직접적으로 영향을 미친다. 또한 그 원료가 되는 혈액 성분에 따라 성능이 달라진다. 따라서 1차년도 연구에서는 먼저 소, 돼지의 도축 혈액으로부터 serum protein의 적절한 분리 방법 및 건조 방법 등 접착제로서의 사용을 위한 전처리 방법을 개발하기 위한 실험 및 serum protein의 성분등을 연구하였다.

2차년도 연구과제의 연구개발목표는 serum protein의 종류에 따른 접착성 및 HCHO와의 상호 작용 규명이다. 구체적인 연구내용으로는 serum protein의 종류에 따른 접착성 연구, 용해도 및 변성도와 접착력과의 상관성, protein-HCHO 상호작용 및



기능 연구이다. 즉, 제조된 serum protein의 종류 따른 접착성 연구 결과를 얻어 glue 제조시 경제성, 효율성 등을 고려할때 어떤 유형의 pig plasma protein이 바람직한 유형이라고 결정하는 등 접착성 연구를 수행하고 또한 NaOH 처리에 의한 serum protein의 partial hydrolysis 결과 glue 제조 공정시 용해도, 변성도와 접착성과의 비교연구를 통한 protein의 구조-기능적 성질 관계에 대한 이해 증진 등 상관성 규명을 연구한다. 그리고 protein-HCHO 포착성 연구를 위해 이들의 상호작용 따른 FT-IR, CD, spectrofluorometer 이용한 protein의 conformational change 연구를 통하여 protein-HCHO 상호작용을 규명하고자 하였다.

따라서 3차년도 연구는 도축혈액으로부터 serum protein을 분리하여 목재접착제로 실용화하기 위한 혈분의 제조를 주된 목적으로 하고 이와 병행하여 도축혈액의 사료화 방안 및 전량의 아미노산화 하는 재활용방안에 대하여 연구를 진행하였다.

본 연구에서 TCA를 첨가한 serum protein의 최적분리 조건과 이에 관련한 최적 건조조건 및 증자혈액의 최적 건조조건 그리고, 도축혈액의 재활용으로서 사료화방안과 아미노산화 방안에 관한 연구를 보고하는 바이다.

## 제 2 절 재 료 및 방 법

### 1. 재 료 및 시 약

혈액은 시중 도축장의 소와 돼지의 도축 혈액을 사용하였다. 본 연구에서 사용한 시약은 모두 1급 이상 시약이었다.

#### 가. 시 약

60% HClO<sub>4</sub>, 45% NaOH, 4% Boric acid, Zn powder, 0.4N 중크롬산칼리황산 혼합용액 0.2N 황산제일철암모늄용액, Diphenylamine, EDTA, 85% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, 표준용액(칼리,칼슘,마그네슘), 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 0.1M NaOH, 1% CuSO<sub>4</sub> 5H<sub>2</sub>O, 2% 타르타르산 나트륨칼륨, BSA(bovin serum albumin)용액, TCA, Folin시약, 1N Acetic acid(pH2.31), H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(1:2), methyl orange, n-hexane, 무수황산나트륨, ether(diethyl ether, anhydrous), 1.25% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 1.25% NaOH, 95% alcohol, 30%H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 6N HCl, 1.68% Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, Sodium citrate buffer(pH2.2), phenol, formic acid.

## 나. 초자

desiccator, mess cylinder, 100ml volumetric flask, Kjeldahl flask, Kjeldahl분해장치, filter paper, glass funnel, burette, pipette, pipette filler, Erlenmeyer flask, separate funnel, washing bottle, crude fiber beaker, Berzelius beaker, crude fiber condenser. 2000ml round flask. glass beaker, petridish.

## 다. 기구

Chemical balance (Ohaus), dry oven, shaker, pH meter, heating mantle, magnetic stirrer, sand bath, water bath, incubator, electric muffle furnace(800℃), soxhlet extractor, ice bath, vacuum freeze dry system(SAMWON), evaporator(BUCHI Rotavapor R-124), Uv/vis Spectrophotometer(Hewlett packard 8452A), Atomic absorption spectrophotometer(Baird Atomic Ltd. Alpha-4), Amino acid analyzer(LKB Biochem Ltd. LKB 4150 Alpha), Spray dryer(Ohkaward Kakohki Co. Ltd.).

## 2. 실험방법

### 가. 1차년도 연구수행방법

#### 1) 혈액에서의 serum의 분리

도축 혈액은 채혈 즉시 항응고제로서 EDTA 2g/L를 첨가하여 응고를 방지하였다. 이 도축 혈액을 7000rpm - 9000rpm에서 30 - 40분간 원심 분리하여 상등액인 serum을 분리하였다. serum은 즉시 처리하거나 -20℃에 저장하였다.

#### 2) serum protein의 화학적 분리

Acid 침전법에 의해 분리하였다.

돼지의 blood serum에 각각 다른 농도의 TCA용액과 HCl을 serum : acid = 4 : 1로 가하여 serum protein을 침전시키고 그 양을 비교하였다.

### 3) serum protein의 분획 및 분석

소와 돼지의 blood serum을 각각 분리하여 ammonium sulfate fraction (20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%) 과 SDS-PAGE법으로 분석하였다.

### 4) 혈분의 제조

Blood serum을 바닥이 넓은 용기에 넣어 동결건조기와 정온 건조기에서 건조 하였다. 건조 후 밀폐하여 냉장 보관하였다.

### 5) solubility 측정

Lowry법에 의하여 용해도를 측정하였다. 먼저 각각 다른 방법으로 건조된 혈분을 20mM phosphate buffer에 과량녹여서 4000rpm, 20min 원심 분리하여 상등액을 취하고 적당한 농도로 희석하여 sample을 준비하였다.

sample에 reagent A 15ml, reagent B 0.75ml, reagent C 0.75ml 을 넣고 상온에서 15min incubate시킨 후 2N-Folin-phenol Reagent에 10배량의 물을 넣어 희석한 용액 3ml 을 넣고 즉시 vortexing하고 45분간 incubate한 후 540nm에서 absorbance를 측정하여 protein 농도로서 solubility를 측정하였다.

## 나. 2차년도 연구수행방법

### 1) Pig plasma 의 건조방법에 따른 pH 및 viscosity 측정

건조방법에 따른 혈분접착제의 특성을 비교하기 위하여 다음과 같은 방법으로 건조하였다.

가) blood plasma 의 동결 건조

나) blood plasma 의 57℃~60℃에서 열풍건조

다) blood plasma 에 8.5% TCA 용액을 1 : 1로 가하여 plasma protein을 침전시킨후 이 침전물의 동결건조

각각의 pig plasma protein dried powder 1g을 증류수 20ml에 녹인후 pH를 측정하고 Brookfield viscometer와 UL-adaptor를 사용하여 viscosity를 측정하였다.

2) Glue의 제조와 viscosity 측정

가) TCA ppt f.d glue 제조

물	67g
혈분	10g
목분	2.8g
50% NaOH	1.7g
소포제	0.5 ~ 0.1

---

5min vortexing

소석회	0.625g
물	2g

---

5min vortexing

물유리	4.4g
물	18.16g

---

5min vortexing

나) F.D glue 제조

물(80℃)	25g
혈분	10g
목분	2.25g
소포제	0.25g

---

10min vortexing

물(35 ~ 38℃) 38.75g

소포제 0.25g

---

2min vortexing

소석회 0.875g

물(35 ~ 38℃) 1.75g

---

2min vortexing

물유리 4.375g

물(35 ~ 38℃) 5g

---

5min vortexing

다) H.D glue 제조

물 87g

혈분 10g

목분 2.8g

50% NaOH 1.3g

소포제 0.5 ~ 0.1g

---

5min vortexing

소석회 1.25g

물 4g

---

2min vortexing

물유리 4.4g

물 18.16g

---

5min vortexing

### 3) NaOH 처리에 따른 plasma dried powder의 용해도 측정

가) Pig와 cow로부터 얻어진 TCA ppt FD powder와 HD powder를 각각 증류수 50ml에 과량 첨가하여 30분간 stirring.

나) 각각의 solution에 대하여 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5% NaOH를 첨가하여 5분이상 vortexing.

다) 4000rpm에서 20분간 원심분리하고 상등액을 취하여 용해도 측정.

라) 용해도는 280nm에서의 absorbance와 Bradford's method로 단백질을 정량함으로써 측정하였다. standard로는 serum albumin을 사용하였으며, Bradford's method 수행시에는 Bio-rad 사의 시약(sample : 시약 = 1.6 : 0.4)을 사용하였다.

### 4) NaOH 처리에 의한 viscosity 측정

Pig와 cow의 FD powder에 여러농도의 NaOH를 첨가한후 시간에 따른 viscosity 변화를 측정하였다.

가) FD powder 1g을 증류수 16ml에 넣고 vortexing.

나) “가”의 용액을 3500rpm에서 20분간 원심분리

다) 상등액 16ml을 취하고, 각각 12.5%, 25%, 37.5%, 50% NaOH 4ml를 처리하여 10초간 vortexing(NaOH의 최종농도는 각각 2.5%, 5%, 7.5%, 10%.)

라) NaOH처리한 sample은 즉시 UL-adaptor에 넣고 6rpm, spindle No. 0번으로 Brookfield viscometer를 사용하여 30분 마다 4시간 동안 viscosity변화를 측정.

### 5) SDS-PAGE

SDS-PAGE는 Laemmli의 방법에 의해 수행하였다.

### 6) Serum protein - HCHO 상호작용 연구

가) Fluorescence spectroscopy study

단백질 용액을 50 mM borate buffer (pH 8.0)에 0.1 M HCHO solution을 첨가하여 실온에서 crosslinking reaction 을 시킨후 280 nm에서 excited 시켜 emission spectrum을 측정하였는데 HCHO 용액과 cross-linking에 의한 단백질의 3차구조변화를 시험하기 위하여 다음과 같은 조건에 따라

spectrofluorometer (SLM 4800S)를 이용하여 fluorescence를 측정하였고 얻어진 spectrum 의 relative intensity를 비교하였다.

---



---

Excitation Wavelength	280 nm
Path length	1mm
Scan Wavelength	300-400 nm
EX. resolution	8
EM. resolution	8

---

#### 나) FTIR study

50mM 붕산염 완충용액 (sodium borate buffer, pH 8.0)에 각각의 단백질을 2% 농도로 용해한 후 microfilter ( 0.45  $\mu$ m pore size, Whatman Co.)를 이용하여 여과하고 이것의 여액을 0.01M HCHO 용액과 부피대비 1:1로 혼합하여 상온에서 30분간 교반하면서 반응시켰다. 그리고 단백질-HCHO 반응액을 교반시킨 THF에 조금씩 떨어뜨리면서 반응을 정지시킨후 4000 rpm에서 10분간 원심분리 하였고 얻어진 침전단백질을 acetone 으로 세척하였다. 그리고 이것을 speed vaccum dryer 로 건조한후 IR용 KBr에 소정의 농도로 준비하였으며, 대조구로써 0.01M HCHO 용액대신 50mM 붕산염 완충용액을 부피대비 1:1로 첨가하였다. FTIR (Bomem MB 100) 의 사용조건은 transmission resolution 4  $\text{cm}^{-1}$ , scan number 16 이었다.

#### 다) CD study

0.01M NaOH 용액에 각각의 단백질을 0.02% 농도로 용해한 후 4000 rpm에서 15분간 원심분리하였고 이것의 상등액을 취하여 1M HCHO 용액과 부피대비 10:1로 5분간 반응시킨후 이것을 즉시 -20 $^{\circ}$ C로 옮겨서 반응을 정지하였으며 대조구로써 1M HCHO 용액대신 0.01M NaOH 용액을 부피대비 10:1로 첨가하였다. HCHO 용액과 cross-linking에 의한 단백질의 2차구조변화를 시험하기 위하여 다음과 같은 조건에 따라 spectropolarimeter (JASCO J-715)를 이용하여 CD연구를 수행하였으며 얻어진 spectrum의

ellipticity 를 비교하였다.

---

Scan Wavelength	190-250 nm
Path length	1mm
Sensitivity	20 mdeg
Response	2 sec
Step resolution	0.2nm/sec
Scan speed	50nm/min

---

다. 3차년도 연구수행방법

1) 혈액에서 serum protein의 분리

도축혈액을 1000 ~ 10000 rpm의 회전속도에서 시간별로 원심분리하였다.

2) Serum protein의 화학적 분리

TCA 및 HCl을 첨가하여 침전 시켜 분리하였다.

3) 혈액의 이화학적 분석법

혈액의 이화학적 분석방법은 Total nitrogen (Kjeldahl법), 유기물 및 total carbon (Tyurin법), protein (Lowry법, 표준단백질: bovin serum albumin ), potassium (원자흡광분석법), sodium (원자흡광분석법), calcium (원자흡광분석법)의 분석은 AOAC방법에 준하여 분석하였다.

4) 사료성분 분석법

Crude protein(Kjeldahl method), Crude fat(Soxhlet extraction method), Crude fiber 의 분석은 AOAC 방법에 준하여 실시하였으며 Amino acid 분석은 Amino acid analyzer(분석조건-column: Ultrapac11 cation exchange resin 200nm, flow rate: buffer40ml/hr ninhydrin 25ml/hr, buffer change: pH3.2 to 4.25 between alanine and cystine, pH4.25 to 10.0 after phenylalanine column temp : 50°C reaction temp:80°C chart speed: 5mm/min, analyzing time: 90min) 를 이용하여 분석하였다. 건조혈액의 *In vitro digestibility* 시험은 사료분석법에 준하여 실시하였다.



### 제 3 절 결과 및 고찰

#### 1. 1차년도 연구결과

##### 가. Serum protein의 분리 정제

##### 1) 혈액에서의 serum의 분리

도축혈액은 채혈 즉시 항응고제로서 EDTA 2g/L를 첨가하여 응고를 방지한 후 7000rpm-9000rpm에서 30-40분간 원심 분리하여 상등액인 serum을 분리하였다. 도축혈액에서 얻어진 serum양은 Table 1과 같다. 일반적으로 전체 도축 혈액의 50% 정도의 serum을 얻는 것으로 나타났다.

Table 1. 채혈량 및 serum의 분리량

채혈일자	도축혈액 종류	채혈량	원심분리 속도 및 시간	serum 양
95. 1. 10	Pig	3L	8000rpm/30min	1750 ml
95. 1. 17	Cow	3L	9000rpm/30-40min	1270 ml
95. 1. 24	Pig	2.5L	9000rpm/30min	1300 ml
95. 2. 6	Cow	3L	8000rpm/25min	1100 ml
95. 2. 27	Cow	2L	8000rpm/25min	1000 ml
95. 5. 8	Pig	2.2L	7000rpm/30min	1000 ml
95, 5. 16	Cow	2.2L	7000rpm/30min	1250 ml
95. 5. 29	Pig	9.5L	7000rpm/40min	4800 ml
95. 6. 7	Pig	10L	7000rpm/40min	5400 ml
95. 7. 20	Pig	3L	7000rpm/40min	1500 ml
95. 7. 26	Pig	3L	7000rpm/40min	1300 ml
95. 8. 22	Pig	2L	7000rpm/40min	1000 ml

2) serum protein의 분리

도축된 혈액의 serum으로부터 serum protein을 분리하기위한 최적 조건 및 방법을 확립하기 위하여 돼지의 blood serum에 각각 다른 농도의 TCA용액과 HCl용액을 첨가하였으며 volume ratio는 serum : acid = 4 : 1 로 가하여 serum protein 을 침전시켰다.

얻어진 침전물 1g을 취하여 dd H<sub>2</sub>O 5ml 에 분산시켜 pH를 측정하고 12000rpm, 10min 조건하에서 원심분리한 후 상등액을 취하여 280nm에서 absorbance를 측정하여 각각의 용해도 분석을 하였다. 여러 TCA 및 산농도 조건에서의 침전량, pH 및 absorbance 를 Table 2 에 나타내었다. Table 2에 따르면 TCA와 HCl의 농도에 따른 침전량의 경우 가장 높은 final concentration인 10% TCA, 2.26 N HCl 을 가하였을때의 침전량은 오히려 6% TCA, 1.2N HCl 보다 더 적게 나타났다. 따라서 가장 적합한 TCA와 HCl의 조건은 최종pH, 용해도, 침전물의 양을 고려할 때 TCA는 최종 농도 2%, 그리고 HCl은 최종농도 0.6N 일때 가장 적합하다고 사료된다.

Table 2. TCA와 HCl에 의한 serum protein의 침전량

첨가한 Acid의 concentration	첨가량	Final concentration	precipitate weight(g)	pH	A <sub>280</sub>
TCA 50%	10 ml	10 %	14.61	1.45	0.185
TCA 30%	10 ml	6 %	16.54	1.70	0.272
TCA 10%	10 ml	2 %	15.62	2.67	0.648(10x)
TCA 5%	10 ml	1 %	8.38	3.27	1.330(10x)
HCl 11.3N	10 ml	2.26N	16.05	1.05	0.302(10x)
HCl 6N	10 ml	1.2N	16.68	1.20	0.507(10x)
HCl 3N	10 ml	0.6N	13.67	1.38	1.412(10x)
HCl 1N	10 ml	0.2N	1.34	2.83	1.524(10x)

### 3) TCA에 의한 serum albumin의 침전

도축혈액으로부터 TCA침전에 의해 분리된 serum protein의 특성을 조사하기 위해 SDS-PAGE를 했다 (Fig 1). Pig blood serum에 8.5% TCA 침전 처리한 결과 TCA에 의해 침전되는 major fraction은 albumin인 것으로 나타났으며 이는 혈분 접착제의 주성분이 albumin인 것을 시사한다.

Figure. 1

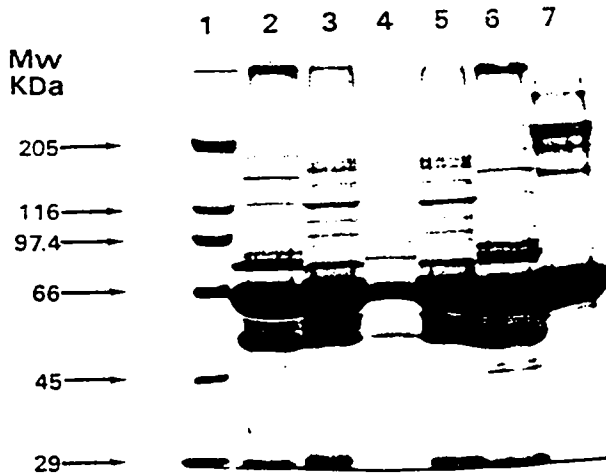


Figure 1. TCA 침전에 의해 분리된 serum protein의 SDS-PAGE  
(1. Marker 2. pig blood serum 3. cow blood serum 4. pig 8.5% TCA ppt 5. cow f.d powder 6. pig f.d powder 7. bovine serum albumin)

나. 혈액 종류에 따른 혈액 조성성분 비교

1) 소와 돼지의 blood serum의 SDS-PAGE에 의한 비교

혈액 종류에 따른 혈액 조성 성분을 비교하기 위하여 소와 돼지의 도축혈액으로부터 분리한 serum protein의 SDS-PAGE를 분석 비교하였다.(Fig. 2)

소와 돼지의 serum protein의 주성분은 albumin ( Mw 66000 )이었으며 돼지의 경우 albumin band 의 윗 부분에 single thick band ( Mw 72000 )가 보였고 아래부분에 소의 경우에는 없는 band (Mw 44000)가 보였다. 소의 경우는 serum protein의 분포에 있어 분자량이 다소 큰 fraction이 존재하며 또한 돼지의 경우와 비교해 볼 때 분자량 20000 정도에서 뚜렷한 band가 보였다. 결론적으로 소와 돼지는 serum protein 의 양 및 종류에 있어 어느 정도의 차이는 있으나 비교적 유사한 pattern을 갖는 것으로 사료된다. 이것은 소와 돼지의 혈분 정착체의 특성에 있어 약간의 차이는 인정되나 커다란 차이가 없으리라는 것을 간접적으로 시사한다.

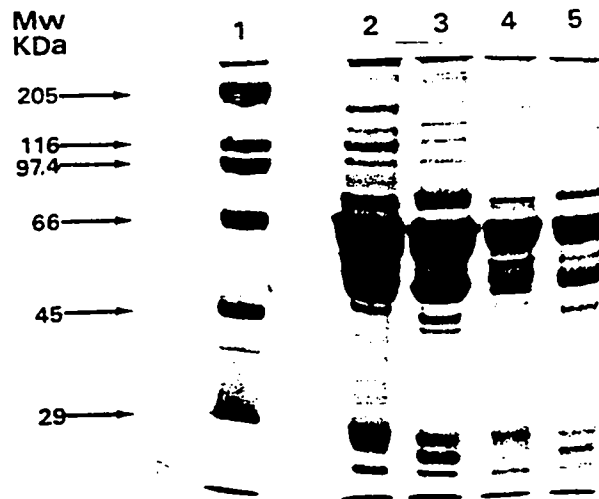


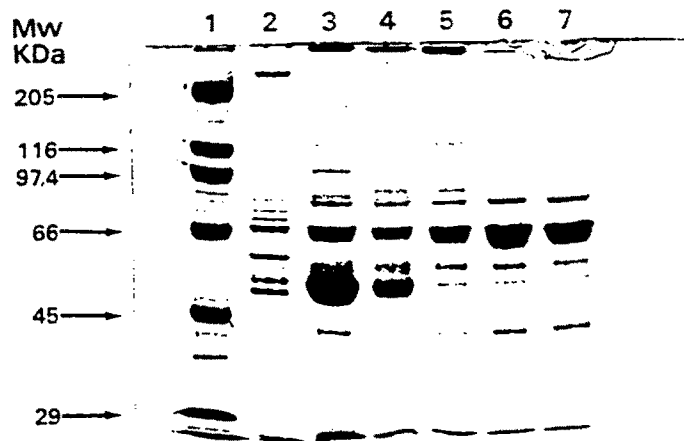
Figure 2. pig blood serum과 Cow blood serum의 SDS-PAGE

- (1. Maker 2. cow serum( $\times 100$ ) 3. pig serum( $\times 100$ )  
4. cow serum( $\times 200$ ) 5. pig serum( $\times 200$ ) )

## 2) Blood serum ammonium sulfate fractionation

도축혈액으로부터 분리된 serum protein의 fractionation 및 정제를 위한 기초 연구로서 대표적인 단백질 침전제인 ammonium sulfate 를 이용하여 다음과 같이 fractionation 했다. 소와 돼지의 blood serum protein을 각각 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%의 다른 ammonium sulfate 농도에 따라 침전시킨후 단백질을 SDS-PAGE (12.5% gel)로 분석하였다.( Fig 3, 4 )

pig와 cow blood 는 ammonium sulfate fractionation 에서 유사한 경향을 보여 별다른 차이가 없었으며 20% 까지는 albumin이 거의 침전되지 않았고 20-30% 농도에서부터 albumin이 침전되었으나 그 양이 적었고 pig의 경우 50-60%, cow의 경우 60-70% 농도에서 가장 많은 양의 albumin이 fractionation 되었다. 따라서 albumin 분리 정제를 위한 최적 ammonium sulfate fractionatio 조건은 본 연구 결과를 참조하여 이루어지는 것이 바람직하다고 사료된다.



**Figure 3. Pig serum ammonium sulfate fraction**

( 1. Marker 2. 20% A.S ppt, 3. 30% A.S ppt, 4. 40% A.S ppt,  
5. 50% A.S ppt, 6. 60% A.S ppt, 7. 70% A.S ppt )



**Figure 4. Cow serum ammonium sulfate fraction**

( 1. Marker 2. 20%A.S ppt 3. 30% A.S ppt, 4. 40% A.S ppt,  
5. 50% A.S ppt, 6. 60% A.S ppt, 7. 70% A.S ppt, )

### 3) 건조방법에 따른 혈분의 특성 비교

#### 가) 혈분의 건조

건조 방법에 따른 혈분 접착제의 특성을 비교하기 위하여 먼저 혈분은 다음과 같은 방법으로 건조하였는데

- ① blood serum의 동결 건조
- ② blood serum의 57℃-60℃에서 열풍 건조
- ③ blood serum에 8.5% TCA 용액을 1 : 1로 가하여 blood serum을 침전시킨 후 이 침전물의 건조 등의 세가지 방법을 이용하였다.

#### 나) 혈분의 용해도 측정

위에 기술된 방법으로 건조된 혈분 접착제들의 특성을 연구하기 위하여 중요한 인자중의 하나인 용해도를 측정하였다 (Table 3).

**Table 3. Dried serum powder 의 solubility**

건조방법 혈액종류	Freeze drying	hot air drying(50 °C)	TCA ppt freeze drying
pig	145mg/ml	2mg/ml	5.1mg/ml
cow	109mg/ml	5.7mg/ml	1mg/ml

Table 3에서 보는 바와 같이 건조 방법 중 동결 건조한 혈분이 가장 solubility가 높고 TCA 침전물 동결건조 혈분의 경우는 solubility가 현저히 낮은 것으로 나타났다. 혈액 종류에 따른 solubility는 pig가 cow보다 높게 나타났으며 전반적으로 solubility는 pig f.d > cow f.d > pig h.d > cow h.d > pig TCA ppt f.d > cow TCA ppt f.d 순으로 나타낼 수 있다. 이와 같은 결과는 serum protein의 변성과 관계되는 것으로 건조시 높은 온도에 노출되지 않은 것은 solubility가 높고 높은 온도에 노출된 것은 열변성되어 solubility가 낮으며 또한 이러한 열변성보다 TCA에 의한 변성 정도가 훨씬 더 컸다고 사료되며 이러한 용해도의 차이는 결국 혈분접착제 특성에 커다란 영향을 끼치리라고 판단된다. 그러나 혈분접착제 제조는 단순히 혈장단백질의 용해도에 국한되는 것이 아니라 wood flour, CaO, sodium silicate, NaOH 등 여러 보조제가 첨가되며 실제로 접착력에 있어서는 적정 hydrolysis가 가장 중요한 바 viscosity측정 등을 통해 가장 적합한 접착제 제조 방법이 모색되어야 한다. 따라서 drying cost등 경제성 및 접착특성 등을 모두 고려할 때 침전된 혈장단백질을 이용한 적정 접착제 제조 방법이 가장 현실적인 방법중의 하나가 될수 있다고 사료된다.

## 2. 2차년도 연구수행결과

가. Serum protein의 종류에 따른 접착력과의 상관성 조사

1) Pig plasma의 건조방법에 따른 pH 및 viscosity 측정

Pig plasma를 각각의 건조방법에 따라 건조한후 혈분을 증류수에 녹여서 각각의 pH와 점도를 측정하였다. 점도는 Brookfield viscometer로 측정하였는데 pH와 점도 모두 Hot-air dried (HD)가 높게 나타났으며 pH에 있어서 freeze dried(FD)와 HD powder가 알칼리성이었고 TCA precipitate(ppt) FD는 산성을 나타냈다. 점도는 HD가 가장 높았으며 TCA ppt FD, FD순으로 낮게 나타났다 (Table 4). pH는 solution상태에서의 blood plasma protein의 solubility에 직접적인 영향을 주는 요인이며 점도는 접착력을 나타내는 객관적인 기준임을 고려할 때 접착제 제조시 본 data를 참조하여 접착제 제조방법을 검토할 수 있으리라 사료된다. 그러나 실제 접착제 제조는 단순한 protein solution에 기초하는 것이 아닌 NaOH에 의한 partial hydrolysis라는 점을 고려할 때 본 결과는 단지 기초적인 plasma protein 제조 조건 검토로서만 참조되어야 한다.

Table 4. pH and viscosity of various pig plasma solutions

Sample	Freeze drying	Hot-air drying	TCA precipitate-freeze drying
pH	8.89	9.60	2.45
Viscosity (cp)	1.43	10.2	5.08

2) Glue의 제조와 viscosity 측정

여러 종류의 serum protein를 사용하여 glue를 제조한 후 시간에 따른 viscosity 변화를 측정함으로써 serum protein의 종류와 접착성과의 상관성 분석 및 shelf-life를 비교·연구하였다. 본 연구의 주 target이 되는 돼지 도축 혈액인 pig plasma의 건조방법에 따라 제조된 혈분을 이용하여 glue를 제조하였는데 glue는 혈분외에 목분과 NaOH, Ca(OH)<sub>2</sub>, 물유리를 주성분으로 하여 제조하였으며 교반은 5,000rpm이하로 하였다. Glue제조 직후부터 시간에 따른 점도 변화를 측정한 결과



(Figure 5-7) TCA ppt-FD glue는 viscosity 10,000cp전후를 유지하면서 완만하게 상승하다가 1.5시간 이후 급상승하였다. 반면 pig plasma HD glue는 glue자체가 균일하지 못하여 점도가 불규칙하게 변화하였으며 다른 glue에 비해 점도가 매우 높게 나타났다. 또한 FD glue는 TCA ppt-FD와 같은 경향을 보였는데 FD glue가 15,000cp~20,000cp의 점도를 3시간 정도 유지하여 TCA ppt FD glue (10,000cp이하)에 비해 다소 높은 viscosity를 보였고 shelf-life는 plasma FD glue가 2배 정도 더 길었다. 점도가 너무 낮으면 접착력이 떨어지며 40,000cp~50,000cp이상으로 상승하면 도포할 수 없어 glue로서 사용할 수 없다는 점을 감안할 때 본 연구 결과에 따르면 pig plasma FD glue가 다소 비교 우위에 있으나 실용화하기에는 shelf-life가 너무 짧고 FD cost가 문제되는 바 경제성을 고려했을 때 같은 pattern을 보인 TCA ppt FD glue가 보다 적합할 것으로 사료된다.

### 3) Amino acid 분석

본 연구의 주 target인 도축 돼지 혈액단백질의 아미노산 조성을 알고 접착력과 상관성을 규명하는데 참조하고자 pig plasma의 Amino acid 분석을 하였다 (Table 5). Pig plasma FD의 경우 Proline과 Glycine, Threonine, Leucine 등의 amino acid가 많았고 Tryptophan이 가장 적었으며 TCA ppt FD의 경우 Proline이 plasma FD보다 반정도로 줄었으며 Glu는 오히려 2배정도 증가하였다. 그러나 일반적인 경향에 있어 두 가지 달리 준비된 단백질의 amino acid 조성에 있어 차이는 아주 크다고 할 수는 없다고 사료된다.

Table 5. Amino acid analysis of pig plasma protein

Amino acid	% Amount	
	Plasma protein	TCA ppt FD
Cys	2.00	1.31
Asp	3.41	8.54
Glu	6.29	12.50
Ser	7.37	7.34
Gly	9.29	6.16
His	4.24	2.82
Arg	3.76	3.98
Thr	8.83	7.08
Ala	6.27	7.86
pro	13.44	6.58
Tyr	4.92	3.28
Val	7.41	7.02
Met	0.94	0.79
Ile	3.34	3.48
Leu	8.37	9.63
Phe	7.39	4.31
Try	0.09	0.20
Lys	2.63	7.12

나. Serum protein의 용해도 및 변성도와 접착력과의 비교 연구

1) NaOH처리에 따른 plasma dry powder의 용해도 변화

Pig와 cow로부터 얻어진 TCA ppt FD powder와 HD powder를 각각 증류수 50ml에 과량 첨가하여 30min, stirring하여 녹인 후 각 solution에 대하여 0.1%, 0.2%, 0.3%, 0.4%, 0.5% NaOH처리를 실행하고 5분 이상 vortexing 한 후 4,000rpm, 20min centrifuge하여 상등액을 취하여 용해도를 측정하였다. NaOH처리 한 각 sample의 용해도는 280nm에서의 absorbance와 Bradford's method로 단백질을 정량 함으로써 측정하였다. 280nm에서의 absorbance는 정제된 serum albumin을 standard로 하였고, Bradford's method도 serum albumin을 standard 물질로 하여 정량 하였다.

Pig와 cow의 TCA ppt와 HD sample에 NaOH량을 달리 첨가하여 용해도를 측정한 결과 TCA ppt sample의 경우 NaOH농도를 0.1%에서 0.5%까지 단계적으로 증가시켰을 때 pig와 cow 모두 용해도가 현저히 증가하였고 pig의 경우 cow보다 증가 경향이 크게 나타났다 (Figure 8-9, Table 6-7). HD sample의 경우는 TCA ppt의 경우와는 다소 다른 경향을 보였는데 이는 건조방법 차이에 기인하는 것으로 sample의 homogeneity에 문제가 있다고 판단되며 타 건조 방법과 비교하여 가장 열악한 혈분 제조 방법으로 사료된다 (Figure 10-11, Table 8-9).

Table 6. Solubility of TCA ppt sample by measuring absorbance at 280nm

Unit : mg/ml

NaOH% Sample	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Pig	8.357	14.571	42.500	58.785	67.142
Cow	12.428	20.571	41.928	50.714	60.928

Table 7. Solubility of TCA ppt sample by Bradford's method

Unit : mg/ml

Sample \ NaOH%	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
Pig	4.147	8.443	24.034	32.272	37.840
Cow	9.863	14.409	26.988	32.102	36.875

Table 8. Solubility of HD sample by measuring absorbance at 280nm

Unit : mg/ml

Sample \ NaOH%	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
Pig	16.457	12.342	14.257	11.514	12.228
Cow	5.942	8.185	23.342	15.728	8.742

Table 9. Solubility of HD sample by Bradford's method

Unit : mg/ml

Sample \ NaOH%	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5
Pig	0.850	1.222	2.818	2.935	1.588
Cow	0.554	0.634	0.529	0.275	0.345

## 2) NaOH에 의한 Blood plasma protein 변성도의 SDS-PAGE 연구

NaOH에 의한 가수분해 정도를 SDS-PAGE를 이용하여 분석, 분자량을 추정된 결과 pig와 cow는 대체로 유사한 경향을 보였으나 NaOH 농도 차이에 의해 band pattern이 상이하게 나타났으며 (Figure 12-14) 특히 10% NaOH 처리한 경우에는 모든 단백질이 degraded되어 gel상에 나타나지 않는 등 hydrolysis가 완전히 진행되었음을 보여주었다.

## 3) NaOH 처리에 의한 viscosity 변화

Alkaline hydrolysis 정도에 따른 접착력과의 상관성 연구를 위해 pig와 cow의 FD sample에 여러 농도의 NaOH를 첨가한 후 시간에 따른 viscosity 변화를 측정하였다. Sample 처리는 16ml distilled water에 FD powder 1g을 넣어 vortexing하

여 dissolve하고 centrifuge (3,500rpm, 20min)한 후, 상등액 16ml을 취해서 NaOH 4ml를 첨가하여 vortexing을 10 sec 하였다. NaOH 처리한 sample은 vortexing한 후 곧바로 UL-adaptor에 넣고 6 rpm, spindle No. 0번으로 하여 Brookfield viscosity를 사용하여 viscosity를 측정하였다. 각각의 sample을 30분마다 4시간씩 viscosity변화를 측정한 결과 모든 sample에서 시간이 지남에 따라 viscosity가 감소하는 경향을 보였으며 2.5% NaOH 처리한 cow FD를 제외한 다른 sample들은 NaOH처리 농도가 낮아지면서 4시간 후의 viscosity 값이 낮게 나타났다 (Table 10, Figure 15-22). 또한 pig와 cow FD는 거의 같은 경향을 보였고 대체적으로 cow FD의 경우가 pig FD보다 약간 높은 viscosity를 나타냈다. NaOH처리 농도 차이에 따라 viscosity는 그 감소 정도의 차이를 나타냈는데 2.5% NaOH 처리구는 높은 NaOH 농도 처리구에 비해 급격한 viscosity 감소를 보였으며 10% NaOH 농도 처리구의 경우 감소 정도가 비교적 완만하게 나타났다. 접착제의 강도와 shelf-life를 고려하면 10% NaOH의 경우가 바람직할 것으로 사료되며 실제 접착제의 제조에 있어 plasma protein powder외의 다른 성분과의 상관관계에 의한 접착력의 변화가 나타날 수 있으므로 각각의 제조방법에 따라 NaOH처리 량의 적정성을 가져야 할 것으로 사료된다.

Table 10. Viscosity change of pig and cow FD samples treated by various NaOH concentrations

Unit : cps

Time(hr)	Pig FD				Cow FD			
	2.5% NaOH	5% NaOH	7.5% NaOH	10% NaOH	2.5% NaOH	5% NaOH	7.5% NaOH	10% NaOH
1/12	2.9	2.9	3.1	2.8	3.4	3.2	3.2	3.3
1/2	2.6	2.8	2.7	2.6	3.2	3.0	3.0	3.0
1	2.4	2.5	2.4	2.6	3.0	2.7	2.6	2.5
1.1/2	2.2	2.2	2.4	2.3	2.9	2.4	2.4	2.4
2	2.0	2.1	2.2	2.3	2.7	2.0	2.3	2.4
2.1/2	1.9	2.0	2.0	2.2	2.4	1.9	2.3	2.4
3	1.9	2.0	2.0	2.2	2.2	1.8	2.2	2.4
3.1/2	1.7	1.9	2.0	2.2	2.0	1.8	2.2	2.4
4	1.7	1.8	1.9	2.0	1.9	1.8	2.2	2.4

#### 다. Serum protein - HCHO 상호작용 연구

Serum protein의 HCHO의 포착성을 연구하기 위하여 HCHO에 의해 cross-linked protein의 conformational change를 연구하기 위하여 circular dichroism, FTIR, spectrofluorometer을 이용하여 연구하였다. conformational change 등이 관찰되는 등 serum protein의 HCHO 포착성의 결과로서 protein의 secondary structure, tertiary structure의 변화가 측정되었다.

##### 1) Fluorescence spectroscopy study

단백질 용액을 50 mM borate buffer (pH 8.0)에 0.1 M HCHO solution을 첨가하여 실온에서 crosslinking reaction 을 시킨후 280 nm에서 excited 시켜 emission spectrum을 측정한 결과는 Figure 23-24에 나타나있다. 같은 조건에서 측정된 fluorescence intensity는 crosslinked protein의 경우는 증가하는 경향과 아울러 fluorescence intensity amximum wavelength가 shift됨을 보였다. 따라서 HCHO crosslinking에 의해 protein tertiary structure의 변화, 특히 Trp residue

주변 local environment의 차이에 의한 것으로 사료된다.

## 2) FTIR study

Protein과 HCHO가 반응하여 intermolecular crosslinking이 amino group 중심으로 이루어졌을 때 FTIR spectrum (Figure 25-28)에서는 NH stretching에 해당되는 3400, 3300, 3100  $\text{cm}^{-1}$  wave number에서의 변화가 이루어지는데 HCHO crosslinked 된 것은 cow, pig 모두 3400  $\text{cm}^{-1}$  에서 broad하고 2개의 peak에서 single peak로 변화되는 것이 관찰되었다. 결론적으로 protein과 HCHO의 crosslinking에 의한 blood glue의 HCHO 포착성은 이와같은 protein의 conformational change를 통하여 입증되었다.

## 3) CD study

HCHO crosslinked protein의 secondary structure의 변화를 측정하기 위하여 수행된 CD study는 명백한 secondary structure의 변화에 의해 far-uv CD spectrum의 변화를 보여주는데 (Figure 29-30) crosslinking에 의해 ellipticity value뿐만아니라 negative minimum ellipticity value 역시 shift되는 것을 보여주었다.

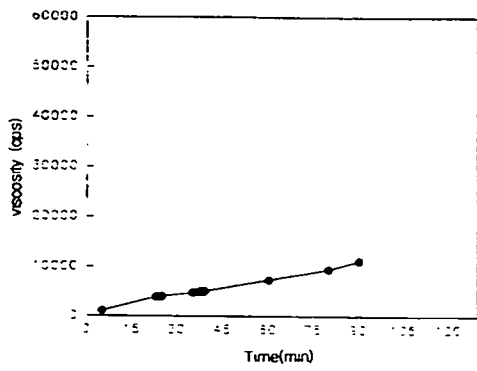


Figure 5. Change of viscosity for TCA precipitate FD glue

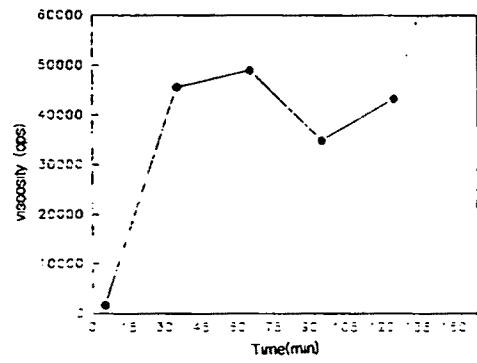


Figure 6. Change of viscosity for HD glue

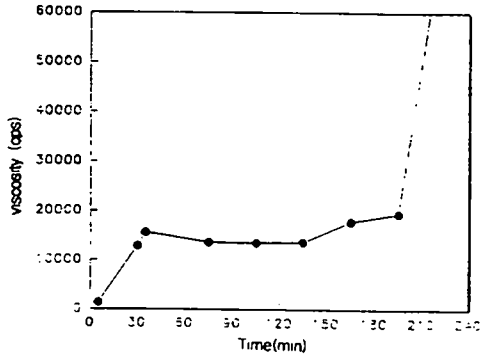


Figure 7. Change of viscosity for FD glue

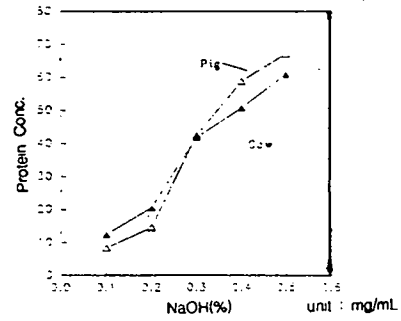


Figure 8. Solubility of TCA precipitate sample by measuring absorbance at 280 nm

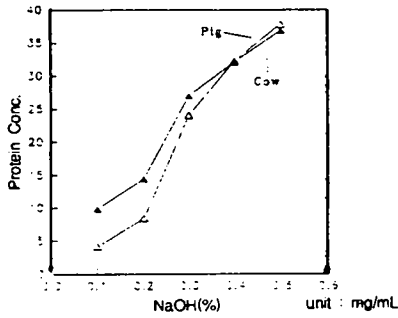


Figure 9. Solubility of TCA precipitate sample by Bradford's method

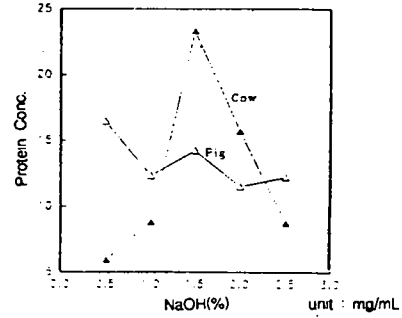


Figure 10. Solubility of HD sample by measuring absorbance at 280 nm

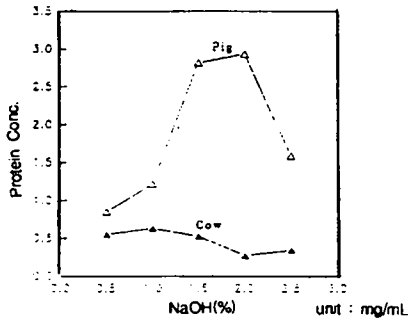


Figure 11. Solubility of HD sample by Bradford's method

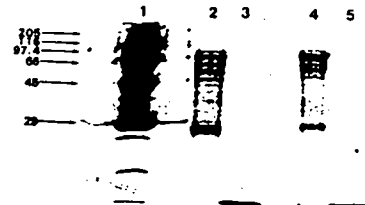


Figure 12. SDS-PAGE profile of BG treated by 10% NaOH ( 1. maker 2. 0%, pig 3. 10%, pig 4. 0%, cow 5. 10% cow)



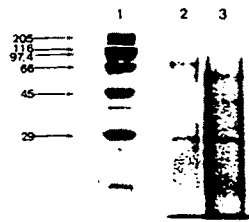


Figure 13. SDS-PAGE profile of BG treated by 0.5% and 2% NaOH (1. maker 2. 0.5 %, cow 3. 10% cow)

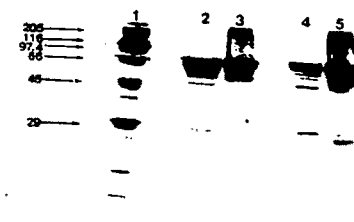


Figure 14. SDS-PAGE profile of BG treated by 0.1% and 0.5% NaOH (1. maker 2. 0.1 %, cow 3. 0.5% cow 4. 0.1%, pig 5. 0.5%, pig)

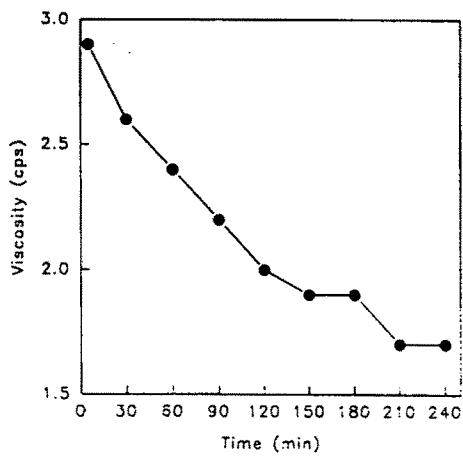


Figure 15. Change of viscosity for pig FD treated by 2.5% NaOH

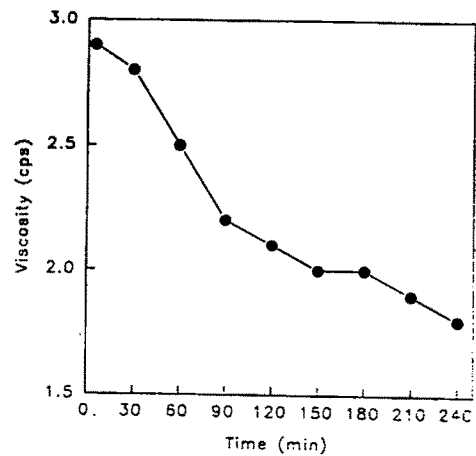


Figure 16. Change of viscosity for pig FD treated by 5% NaOH

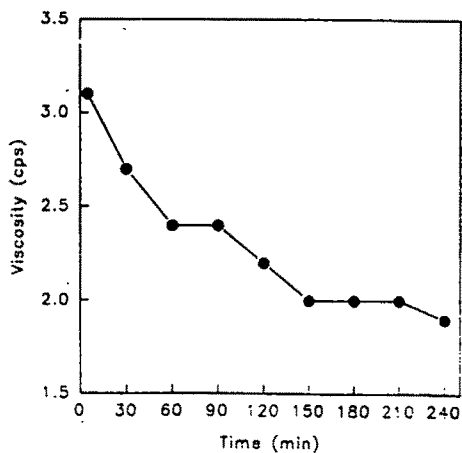


Figure 17. Change of viscosity for pig FD treated by 7.5% NaOH

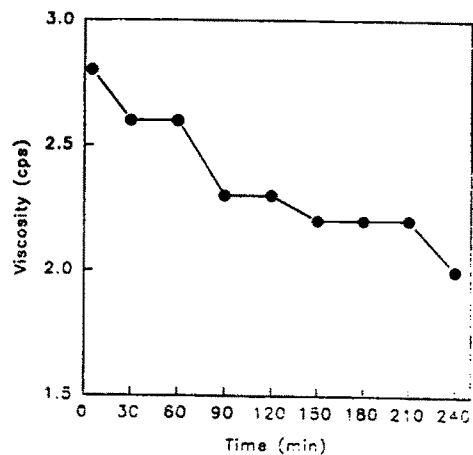


Figure 18. Change of viscosity for pig FD treated by 10% NaOH

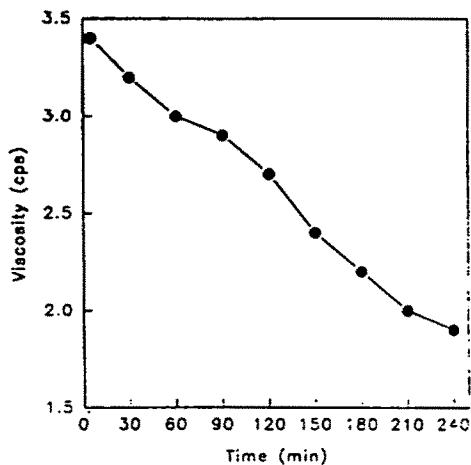


Figure 19. Change of viscosity for cow FD treated by 2.5% NaOH

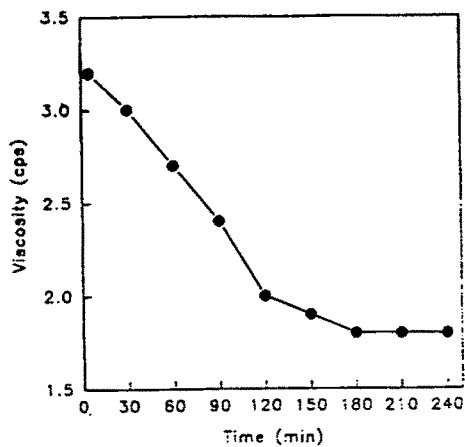


Figure 20. Change of viscosity for cow FD treated by 5% NaOH

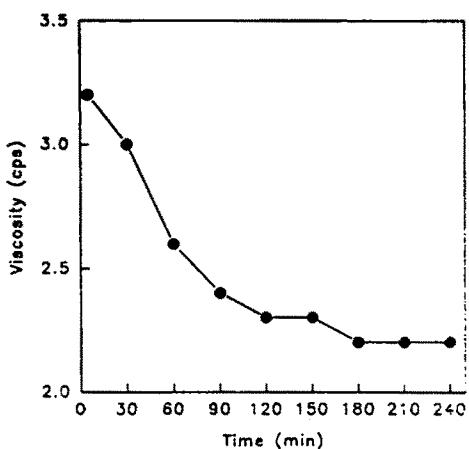


Figure 21. Change of viscosity for cow FD treated by 7.5% NaOH

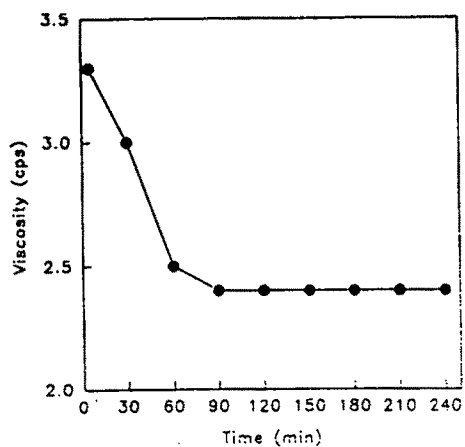


Figure 22. Change of viscosity for cow FD treated by 10% NaOH

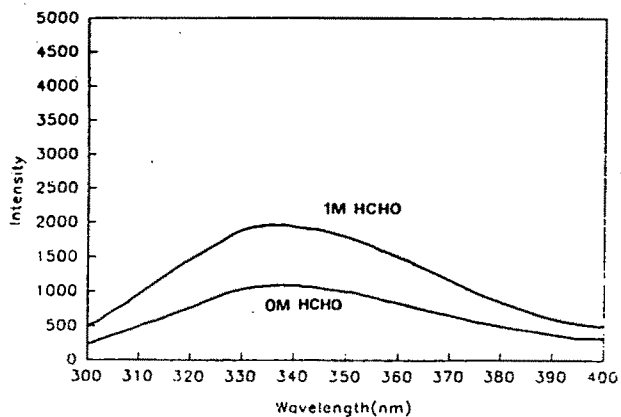


Figure 23. Emission spectra of crosslinked pig blood plasma protein

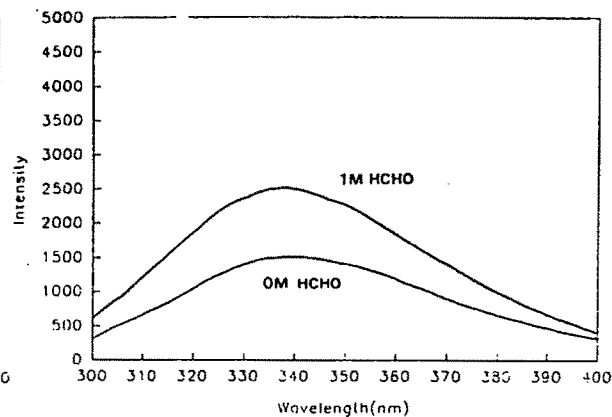


Figure 24. Emission spectra of crosslinked cow blood plasma protein

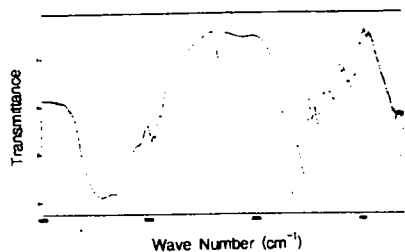


Figure 25. FTIR spectrum of pig blood plasma protein

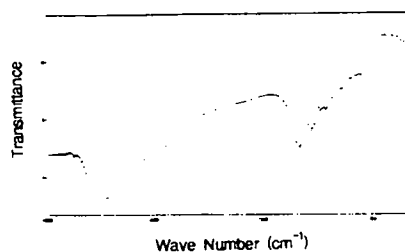


Figure 26. FTIR spectrum of crosslinked pig blood plasma protein

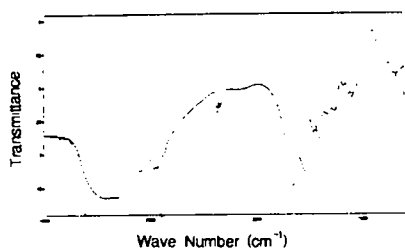


Figure 27. FTIR spectrum of cow blood plasma protein

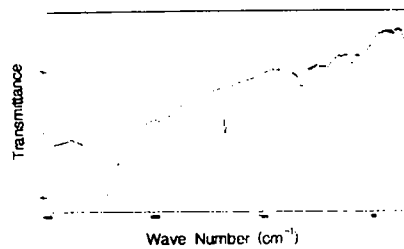


Figure 28. FTIR spectrum of crosslinked cow blood plasma protein

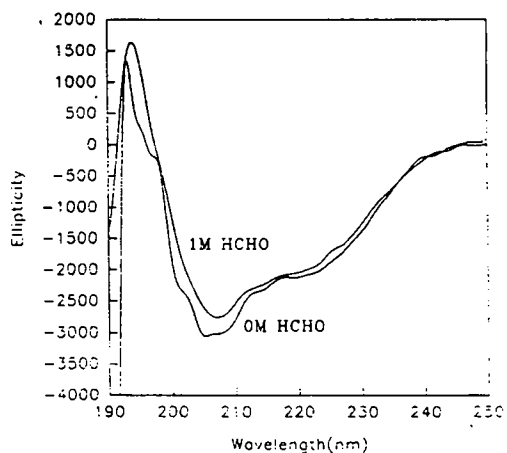


Figure 29. CD spectra of crosslinked pig blood plasma protein

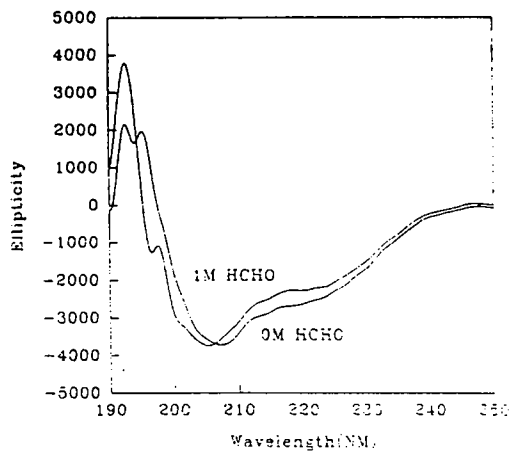


Figure 30. CD spectra of crosslinked cow blood plasma protein

### 3. 3차년도 연구수행결과

가. 혈액에서의 serum protein의 분리과정 및 최적조건

Table 11. 혈액내 serum protein의 함량

	혈액	혈구	serum	serum protein
건조무게(g)	284.8	76.3	52.25	28.4
수분함량(%)	86	84	89	78
백분율(%)	100	50.1	49.9	9.9

도축혈액에서의 serum은 약 50%정도, serum protein의 함량의 경우 약 10%정도 차지하는 것으로 나타났으며, serum protein의 분리과정중 각각의 수율은 Table 11과 같았다.

serum protein의 분리과정중 각각의 최적조건을 설정하기 위하여, 우선 혈액으로부터 serum의 분리, 침전제를 이용한 serum에서의 serum protein의 분리를 각각 나누어 분리의 최적조건을 설정하였다.

#### 1) 혈액으로부터 Serum의 분리

도축혈액으로부터 serum의 최적 분리조건을 설정하기 위하여 혈액 1000ml를 대상으로 원심분리 하였으며, 원심분리시 회전속도와 운전시간에 따른 처리효율을 검토하였다.

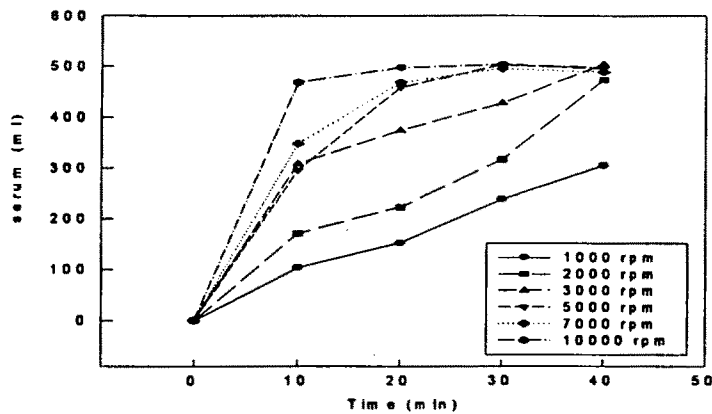


Fig. 31 원심분리의 회전속도와 운전시간에 따른 serum양의 변화.

Fig. 31에서와 같이 회전속도와 운전시간이 증가할수록 이에 비례하여 serum의 양이 증가하는 경향을 나타냈다. 3,000rpm이상의 회전속도에서는 초기 10분까지 총serum양의 60%이상 분리되었고 그 후 분리속도가 점차 감소하였으며, 2,000rpm이하에서는 분리속도가 현저히 떨어져 최종 40분 운전시간까지도 총serum양의 60%이하의 분리효율을 나타냈다. 회전속도가 10,000rpm의 경우 초기 10분 동안에 혈액내의 거의 모든 serum이 분리되었고, 운전시간 20분 이상에서는 5,000rpm 이상에서 회전속도에 관계없이 공히 일정한 분리효율을 나타냈으며, 5,000rpm의 경우 30분 동안에 모든 serum이 분리되었다. 따라서 안전율을 고려할 때 처리하는 혈액의 양에 따라 10,000rpm이상에서 15분과 5,000rpm이상에서 30분의 운전조건으로 처리하는 것이 바람직하였다.

## 2) Serum으로부터 serum protein의 분리

도축혈액의 serum으로부터 serum protein을 분리하기위한 최적 조건 및 방법을 확립하기 위하여 분리한 serum에 각기 다른 농도의 TCA용액과 HCl용액을 첨가하여 serum protein을 침전시켜 그 양을 확인하였다.

TCA 및 HCl의 처리에 따른 serum protein의 침전은 Table 12에서와 같이 가장 높은 최종 농도인 10% TCA, 2.26 N HCl을 가하였을 때의 침전량은 오히려 6% TCA, 1.2N HCl의 처리보다 더 적게 나타났다. 따라서 가장 적합한 TCA와 HCl의 조건은 최종 pH, 용해도, 침전물의 양을 고려할 때 TCA는 최종 농도 6%, 그리고 HCl은 최종농도 1.2N일 때 가장 적합하였다.

Table 12. TCA 와 HCl의 처리에 의한 serum protein의 침전량

첨가한 acid의 농도	첨가량	최종 농도	precipitate weight(g)	pH
TCA 50%	10 ml	10 %	14.61	1.45
TCA 30%	10 ml	6 %	16.54	1.70
TCA 10%	10 ml	2 %	15.62	2.67
TCA 5%	10 ml	1 %	8.38	3.27
HCl 11.3N	10 ml	2.26 N	16.05	1.05
HCl 6N	10 ml	1.2 N	16.68	1.20
HCl 3N	10 ml	0.6 N	13.67	1.38
HCl 1N	10 ml	0.2 N	1.34	2.83

3) 도축혈액으로부터 serum protein의 분리공정도

1)과 2)의 결과에 따라 도축혈액으로부터 serum protein의 분리 공정도를 다음과 같이 간략히 나타낼 수 있다.

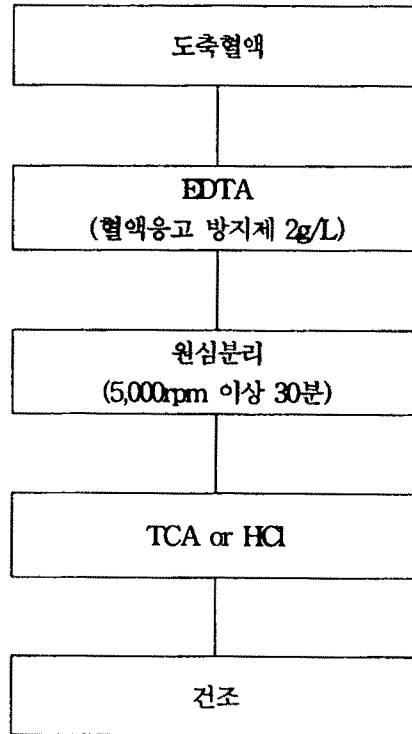


Fig. 32. 도축혈액으로부터 serum protein의 분리 공정도.

### 나. Serum protein의 건조처리방법

serum protein의 건조 방법으로서 상온(28℃)에서의 건조방법과 열풍건조(50℃, 80℃, 100℃) 그리고, 감압동결건조(0℃, -50℃, -80℃)의 방법으로 나누어 그 건조 특성 및, 최적 건조조건을 살펴보았다.

열풍건조 및 감압동결건조에 있어서 큰 차이를 나타내지 않았으며, 모두 2시간 이내에 함량에 도달하였고, 열풍건조의 경우 그 성상이 짙은갈색으로 변화되었으며 부피의 감소경향이 나타난 반면, 감압동결건조의 경우 열은 갈색과 함께 부피의 감소량은 변화가 없었다.

Fig. 33은 열풍건조방법에 따른 건조특성을 보여주고있는데 상온(control)에서의 건조는 6시간이내에서 별다른 건조효과가 없었고, 80℃나 100℃에서 1시간 정도에 거의 모든 수분이 증발되어 함량에 이르게 되었으며 50℃의 조건하에서는 1시간 건조시 38%로 약간 적은 효율을 보였고 2시간 건조시 약 21%로 함량을 유지하였다. 감압동결건조의 경우 0℃, -50℃, -80℃의 온도에 따른 별다른 차이를 보이지 않고 2시간 건조후 함량에 도달하였다.

따라서, 열풍건조는 80℃에서 1시간 건조시키는 것이 효율적이라고 판단되고, 감압동결건조의 경우에는 0℃에서 2시간 처리하는 것이 최적이라고 판단되었다. 또한 열풍건조 및 감압동결건조에 따른 큰 성분변화가 없는 것으로 보아 열풍건조방법이 보다 더 효율적이었다.

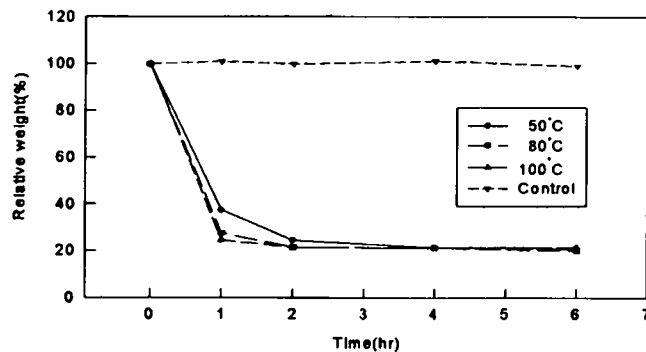


Fig. 33. 시간 및 온도에 따른 serum protein의 열풍건조 처리효율.



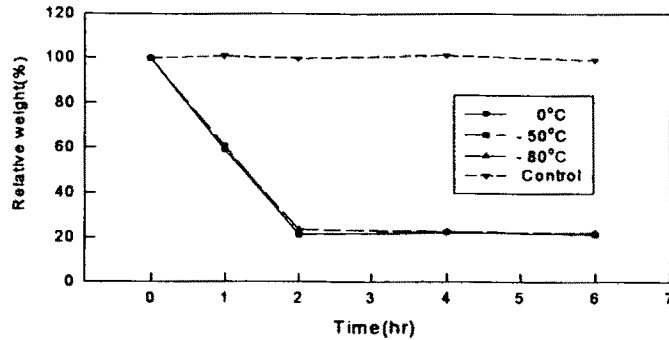


Fig. 34. 시간 및 온도에 따른 serum protein의 감압동결건조 처리효율.

#### 다. 증자혈액의 건조처리방법

증자혈액의 수분함량은 일반적으로 85-90% 정도로 혈분시료를 Fresh, Steaming, Steaming & crush 등으로 나누어 105°C의 dry oven에 넣어 수분이 완전 제거되는데 필요로 하는 시간과 각각 성분들의 변화 추이를 조사해 본 결과 Steaming & crush, Steaming, Fresh의 순으로 빨리 수분이 제거되었으며 각 성분들은 주목할 만한 차이를 보이지 않았다. 열풍건조의 경우 건조 혈액의 성상은 검은색으로 변화되었고 부피의 감소있었던 반면, 감압동결건조의 경우에는 처음의 갈색을 유지하였으며 부피의 감소는 이루어지지 않았다.

마쇄정도에 따른 효율을 알아보기 위하여 증자혈액의 직경을 0.5cm, 1cm, 2cm, 3cm, 4cm, 5cm, 10cm로 각각 마쇄하여 건조효율을 살펴본 결과 직경 2cm이하의 크기에서는 거의 동일한 건조효율의 결과를 나타냈으며, 이후 직경이 증가할수록 건조효율이 상당히 감소하였다. 80°C 열풍건조처리에 있어서도 직경이 3cm이하의 크기에서는 그 크기에 따라 건조효율이 다소 감소하였고, 주목할만 한 차이는 보이지 않았으나 그 이후의 크기에서는 효율이 상당히 감소하였다.

따라서, 증자혈액을 열풍건조처리 할 경우 그 직경을 3cm이하로 마쇄하는 것이 효과적이었다.

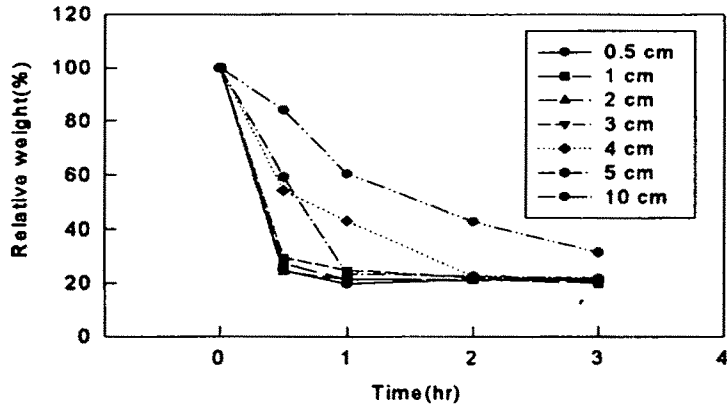


Fig. 35. 증자혈액의 직경에 따른 열풍건조(80°C)효율.

감압동결건조의 경우 또한, 직경이 작은 순서에 따라 그 건조효율이 높았다. 그 직경이 5cm와 10cm의 경우 3시간 이후에도 함량에 도달하지 못하고 각각 29%와 49%에 이르렀으며, 직경 3cm이하의 크기에서는 거의 동일한 건조효율의 결과로서 건조 30분까지 90% 이상의 급격한 처리효율을 보이다가 1시간 이내에 함량도달을 나타냈다. 이후 직경이 증가할수록 건조효율이 상당히 감소하여 4cm 직경의 경우 2시간 이후에 함량에 도달하였다.

따라서, 증자혈액을 감압동결건조처리를 할 경우 그 직경을 3cm이하로 마쇄하는 것이 효과적이었으며 열풍건조와 비교해볼 때 그 직경이 3cm이하의 경우에는 커다란 차이를 보이지 않았으나 동일한 조건에서는 일반적으로 열풍건조처리가 더 효과적인 것으로 판단되었다.

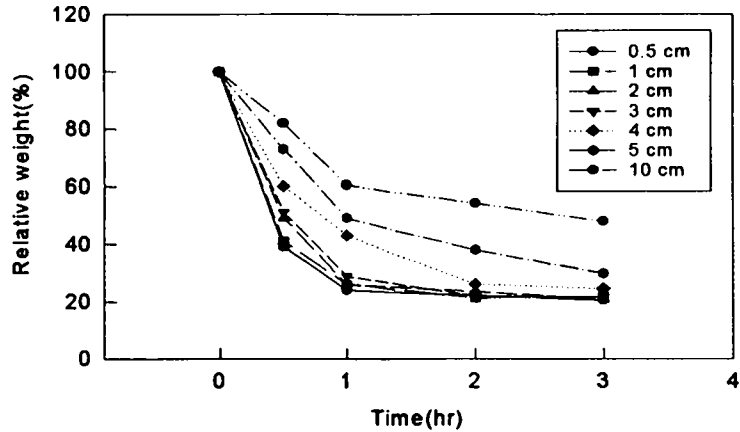


Fig. 36. 중자혈액의 직경에 따른 감압동결건조(0°C)효율.

#### 라. 건조혈분의 재활용 방안

본 연구팀은 새로운 도축혈액의 이용방안을 모색하고 연속적인 처리공정을 확립하기 위해 혈분중에 남아있는 모든 단백질을 분해하여 아미노산을 구축하여 고부가가치화 하는 방안과, 폭쇄한 목재를 이용 이를 혈분에 침지 건조시켜 사료화하는 방안에 대하여 검토하였다.

##### 1) 도축혈액의 전량 아미노산화 방안

혈액 전량을 아미노산화 하기 위하여 HCl을 이용 환류추출을 하였다. 환류 추출물을 아미노산 분석을 해 본 결과 Table 13과 Fig. 37에서와 같이 Leu, His, Ala등의 아미노산이 가장 많이 존재하는 것으로 나타났다.

Table 13. 혈액내의 Amino acids 함량

	M.W.	Concentration (nM)	Amount (μg)	Percentage (%)
Met S + Asp		19.196		
Thr	119.12	16.67	0.4965	4.953
Ser	105.09	29.52	0.7755	7.737
Glu	147.13	16.77	0.61675	6.153
Pro	115.13	26.88	0.77375	7.719
Gly	75.07	25.1	0.471	4.699
Ala	89.09	52.65	1.1725	11.698
Val	117.15	21.27	0.623	6.215
Met	149.21	5.976	0.222925	2.224
Iso	131.17	1.249	0.04095	0.409
Leu	131.17	44.17	1.4335	14.297
Tyr	181.19	7.29	0.33025	3.295
Phe	165.19	23.18	0.95725	9.550
His	155.16	29.43	1.1415	11.388
Cys	121.16	22.7	0.6875	6.859
Arg	174.20	6.44	0.2805	2.798

Total amount of amino acids : 10.023375 μg/250ml

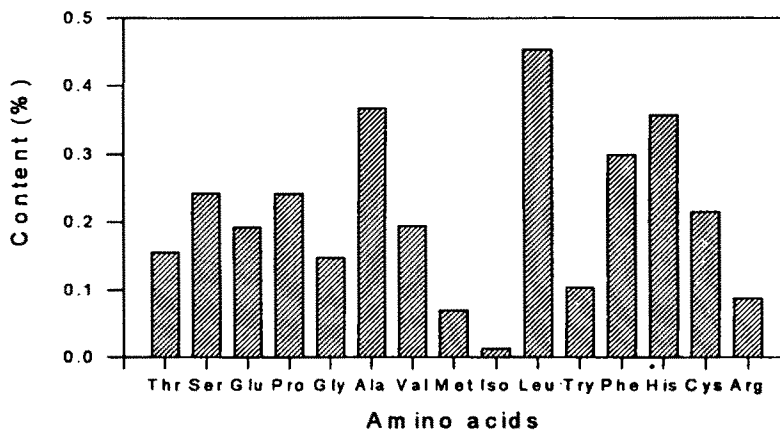


Fig. 37. 혈액내의 Amino acids 함량.

또한 연속공정이 가능한 처리를 위해 각각의 여과 공정을 식품여과 공정으로 응용되고 있는 Ultrafiltration (Modified plate and frame module)을 이용하여 대용량과 연속처리를 가능케 하였다. 결과적으로 혈분을 6N HCl로 환류냉각시키고 여과를 위해 중화시킨후 UF membrane을 통과시켜 정제하고 시료중에 남아있는 물을 제거하여 전체 고형분의 양을 증가시켜 현재 식품공업에서 많이 응용되고 있는 spray dryer로 건조 농축시키는 공정이 가장 효율적이고 합리적이라고 판단 되었다.

Table 14. 혈액의 HCl 분해에 있어서 최적 조건 및 성분변화

분해배수	시료 무게	분해 염산량	NaOH (10 N)	Total Volume	분해후 불용물	추출후 불용물	건조시 고형물	시료 T-N	분해시 T-N	중화시 T-N	물추출 T-N
× 3	30g	90ml	30ml	150ml	1.87g (6.24)	1.13g (3.76)	25.2%	3.9g (13.0)	2.4g (8.0)	1.95g (6.5)	1.92g (6.4)
× 4	30g	120ml	65ml	270ml	2.09g (6.95)	3.23g (10.78)	25.7%	3.9g (13.0)	3.36g (11.2)	3.08g (10.3)	2.95g (9.8)
× 5	30g	150ml	85ml	300ml	2.18g (7.28)	2.26g (7.54)	26.2%	3.9g (13.0)	3.53g (11.8)	3.27g (10.9)	3.09g (10.3)

또한, table 14에서와 같이 분해시 첨가되는 6N HCl의 양과 분해 시간에 의한 조건을 확립하기 위해 시료량의 3배 4배, 5배의 6N HCl을 첨가하고 각각 4, 6, 12, 24시간 동안 분해 하여 total nitrogen의 함량을 비교해 본 결과 3배의 경우 분해장치의 기벽에 붙는 시료의 양이 너무 많아 68%의 낮은 T-N 수율을 보였으며 4배의 경우 86%, 5배는 약 90%의 수율을 보이면서 가장 안정적이었다. 또한 분해시간에 의한 수율은 4시간의 경우는 공히 평균 수율보다 낮은 수치를 나타냈으며 6시간부터 24시간까지는 T-N의 수율에 큰 차이를 나타내지 않아 분해과정에 있어서의 조건은 5배량의 6N HCl을 사용하여 6시간 동안 분해하는 것이 가장 적합한 조건이라는 결론을 낼수 있었다.

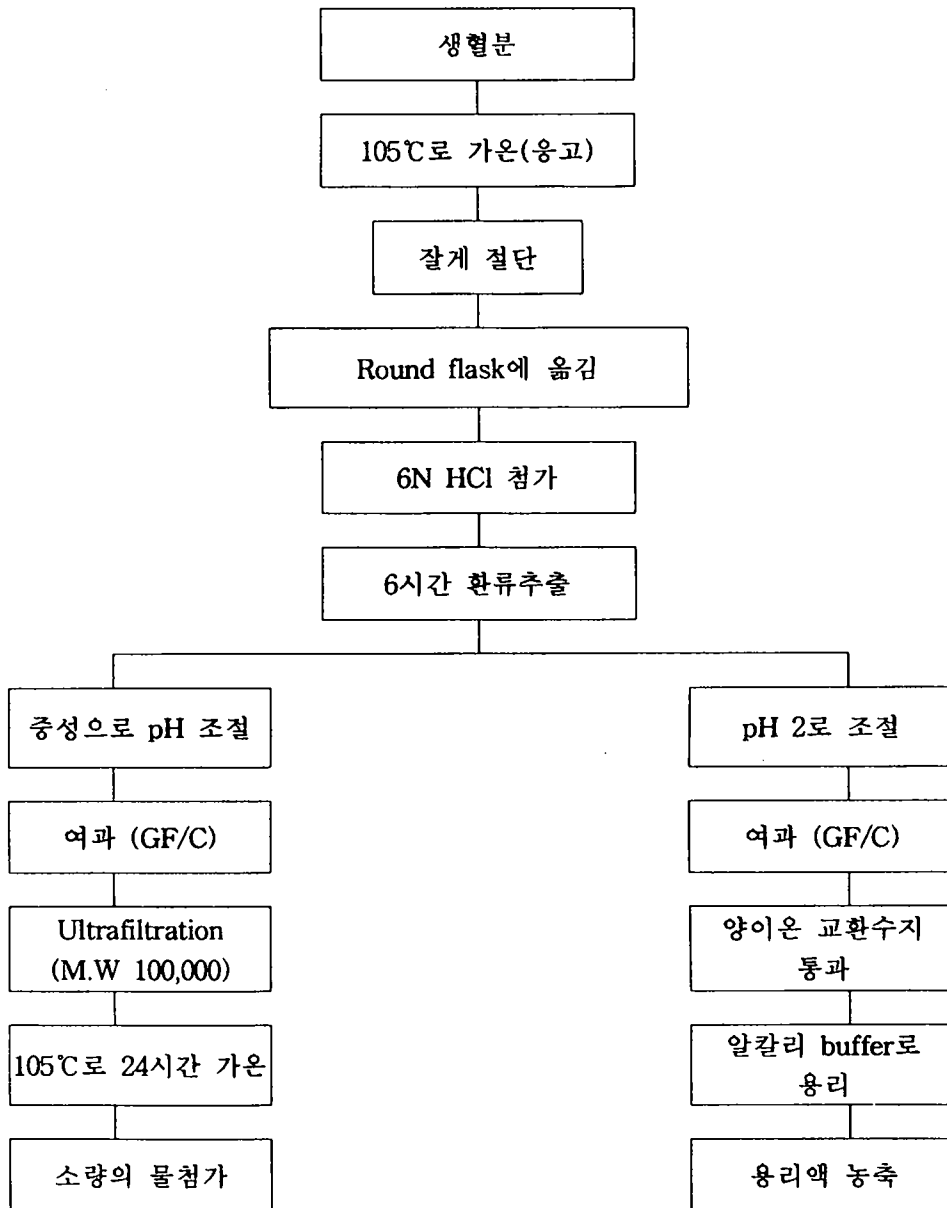


Fig. 38. 혈액으로부터 amino acid추출을 위한 공정도





2) 사료화 방안

폭쇄한 목재를 건조시키지 않은 도축혈분에 침지시킨후 열풍건조시켜 이를 사료화 하는 방안을 검토하였다.

Table 14와 15는 폭쇄한 목재와 혈액에 있는 주된 사료성분으로써 각 성분 함량으로 볼 때 혈분의 재활용면에 있어서 도축혈액에 침지시킨후 열풍건조 시켰을 때 충분한 사료의 가치가 있다고 판단되어 이를 사료분석법에 준하여 사료성분들을 시험하였다.

Table 14. 폭쇄한 목재(아카시아, 은사시)의 성분함량

목 재	water contents	흡수율	T-C	T-N	Cellulose	Hemi-Cellulose	lignin
%							
폭쇄한 아카시아	6.4	520	53.5	0.092	58.3	20.1	31.9
폭쇄한 은사시	8.7	690	48.8	0.071	59.0	21.8	34.6

Table 15. 혈액의 성분함량

Crude protein	Crude fiber	Crude fat	K	Na	Cu	Mg
%(Dry. weight)			mg/l(Wet. weight)			
84.7	2.1	0.6	2,723	11,450	34.5	148.5

폭쇄한 목재의 혈액침지는 건조무게로서 아카시아와 은사시 500g을 도축혈액 3000ml에 6시간 침지시킨후 2mm채에 걸러 여분의 혈액을 제거하고 2시간동안 80℃ 열풍건조처리하였다. 침지후의 성상은 두 목재 모두 검은색으로 변화했으며, 무게 변화에 있어서는 아카시아의 경우 초기 500g에서 최종 건조산물로서 620g으로 약 120g의 건조혈분(혈액 570ml)이 흡수되었고, 은사시의 경우 초기 500g에서 690g으로 190g의 건조혈분(혈액 953ml)이 흡수되었다. 최종산물의 사료 성분 함량은 table 16과 같았다.

Table 16. 도축혈액에 침지시킨 목재의 사료성분 함량.

목재	Crude protein	Crude fat	Cellulose	Hemi-Cellulose	lignin	T-C	T-N	K
%(Dry weight)								
폭쇄한 아카시아	16.7	0.15	44.3	18.0	22.3	45.3	12.9	0.015
폭쇄한 은사시	18.4	0.11	49.1	19.3	21.6	43.6	15.3	0.012

Table 17. 혈액 침지목재의 *In vitro digestibility*.

은사시	아카시아	혈분	혈액침지은사시	혈액침지아카시아
%				
64.1	43.4	91.6	74.2	60.9

또한, 목재별로 *In vitro digestibility* 시험을 하여 아래의 Table 17과 같은 결과를 얻었다. 건조혈분의 경우 91%로 대부분이 소화되었고 목재에 있어서는 은사시가 64%, 아카시아가 43%로서 보다 높은 소화율을 보였다. 이는 목재의 팽화정도에 기인한 것으로 사료화한 침지 목재의 경우에도 이와 비슷한 경향으로 은사시의 소화율이 14%정도 더 좋은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과들로써 충분히 사료의 가치가 있는 것으로 판단되었다.

## 제 4 절 결 론

1차년도 의 경우 도축혈액으로부터의 혈장단백질의 분리 및 혈분의 제조에 관해서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 도축혈액에서 얻어진 serum 양은 일반적으로 전체 도축 혈액의 50% 정도의 serum을 얻는 것으로 나타났다.
2. 가장 적합한 TCA와 HCl의 조건은 최종pH, 용해도, 침전물의 양을 고려할

때 TCA는 최종 농도 2%, 그리고 HCl은 최종농도 0.6N 일때 가장 적합하다고 사료된다.

3. 도축혈액으로부터 TCA침전에 의해 분리된 serum protein의 특성을 조사하기 위해 SDS-PAGE를 한 결과 Pig blood serum에 8.5% TCA 침전 처리한 결과 TCA 에 의해 침전되는 major fraction은 albumin인 것으로 나타났다. 이는 혈분 접착제의 주성분이 albumin인 것을 시사한다.
4. 소와 돼지는 serum protein 의 양 및 종류에 있어 어느 정도의 차이는 있으나 비교적 유사한 pattern을 갖는 것으로 사료된다. 이것은 소와 돼지의 혈분 접착제의 특성에 있어 약간의 차이는 인정되나 커다란 차이가 없으리라는 것을 간접적으로 시사한다.
5. pig와 cow blood 는 ammonium sulfate fractionation 에서 유사한 경향을 보여 별다른 차이가 없었으며 20% 까지는 albumin이 거의 침전되지 않았고 20-30% 농도에서부터 albumin이 침전되었으나 그 양이 적었고 pig의 경우 50-60%, cow의 경우 60-70% 농도에서 가장 많은 양의 albumin이 fractionation 되었다. 따라서 albumin 분리 정제를 위한 최적 ammonium sulfate fractionatio 조건은 본 연구 결과를 참조하여 이루어지는 것이 바람직하다.
6. 건조 방법에 따른 혈분 접착제의 특성을 비교하기 위하여 1) blood serum의 동결 건조, 2) blood serum의 57℃ - 60℃에서 열풍 건조, 3) blood serum에 8.5% TCA 용액을 1 : 1로 가하여 blood serum을 침전시킨후 이 침전물의 건조 등의 세가지 방법을 이용하였고 기술된 방법으로 건조된 혈분 접착제들의 특성을 연구하기 위하여 중요한 인자중의 하나인 용해도를 측정하였다.

2차년도 연구과제의 연구개발목표는 serum protein의 종류에 따른 접착성 및 HCHO와의 상호 작용 규명인데 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. Serum protein의 종류에 따른 접착력과의 상관성 조사를 하기 위해 Pig plasma를 각각의 건조방법에 따라 건조한후 pH와 점도를 측정하였는데 pH와

점도 모두 Hot-air dried (HD)가 높게 나타났으며 pH에 있어서 freeze dried(FD)와 HD powder가 알칼리성이었고 TCA precipitate(ppt) FD는 산성을 나타냈다. 점도는 HD가 가장 높았으며 TCA ppt FD, FD순으로 낮게 나타났다.

2. 여러 종류의 serum protein를 사용하여 glue를 제조한 후 시간에 따른 viscosity 변화를 glue제조 직후부터 시간에 따른 점도 변화를 측정한 결과 TCA ppt-FD glue는 viscosity 10,000cp전후를 유지하면서 완만하게 상승하다가 1.5시간 이후 급상승한 반면 pig plasma HD glue는 glue자체가 균일하지 못하여 점도가 불규칙하게 변화하였으며 다른 glue에 비해 점도가 매우 높게 나타났다으며 또한 FD glue는 TCA ppt-FD와 같은 경향을 보였다. 본 연구 결과에 따르면 pig plasma FD glue가 다소 비교 우위에 있으나 실용화하기에는 shelf-life가 너무 짧고 FD cost가 문제되는 바 경제성을 고려했을 때 같은 pattern을 보인 TCA ppt FD glue가 보다 적합할 것으로 사료된다.
3. Serum protein의 용해도 및 변성도와 접착력과의 비교 연구를 위해 Pig와 cow의 TCA ppt와 HD sample에 NaOH량을 달리 첨가하여 용해도를 측정한 결과 TCA ppt sample의 경우 NaOH농도를 0.1%에서 0.5%까지 단계적으로 증가시켰을 때 pig와 cow 모두 용해도가 현저히 증가하였고 pig의 경우 cow보다 증가 경향이 크게 나타났다
4. NaOH에 의한 Blood plasma protein 가수분해 정도를 SDS-PAGE를 이용하여 분석, 분자량을 추정된 결과 pig와 cow는 대체로 유사한 경향을 보였으나 NaOH 농도 차이에 의해 band pattern이 상이하게 나타났다.
5. Alkaline hydrolysis 정도에 따른 접착력과의 상관성 연구를 위해 pig와 cow의 FD sample에 여러 농도의 NaOH를 첨가한 후 시간에 따른 viscosity 변화를 측정한 결과 모든 sample에서 시간이 지남에 따라 viscosity가 감소하는 경향을 보였으며 2.5% NaOH 처리한 cow FD를 제외한 다른 sample들은 NaOH처리 농도가 낮아지면서 4시간 후의 viscosity 값이 낮게 나타났다. 접착제의 강도와 shelf-life를 고려하면 10% NaOH의 경우가 바람직할 것으로 사료되며 실제 접착제의 제조에 있어 plasma protein powder와의 다른 성분과의 상관관계에 의

한 접착력의 변화가 나타날 수 있으므로 각각의 제조방법에 따라 NaOH처리량의 적정성을 가져야 할 것으로 사료된다.

6. Serum protein의 HCHO의 포착성을 연구하기 위하여 HCHO에 의해 cross-linked protein의 conformational change를 circular dichroism, FTIR, spectrofluorometer을 이용하여 연구하였는데 protein의 conformational change 등이 관찰되는 등 serum protein의 HCHO 포착성의 결과로서 protein의 secondary structure, tertiary structure의 변화 등이 측정되었다.

3차년도의 경우 도축혈액으로부터 접착제의 원료가 되는 serum protein의 최적분리조건을 설정하기 위하여 혈액으로부터 serum 분리에 있어서 최적 원심분리조건을 설정하였고, 또한 serum protein의 분리에서 침전제로서 TCA와 HCl의 양을 설정하였다. 그 외에 serum protein 과 증자혈액의 건조방법에 있어서 열풍건조와 감압동결 건조 방법을 통한 처리효율을 조사하였으며, 아울러 도축혈액의 재활용 방안으로써 전 혈액을 HCl로 분해하여 아미노산화 하는 방안과 폭쇄한 목재를 혈액에 침지시킨 후 건조하여 사료화하는 방안에 대하여 검토하였다. 중요한 결과는 다음과 같다.

1. 도축혈액중 수분함량은 약 80%정도를 차지하였고, serum의 양은 52.3% , serum protein의 양은 28% 정도로 조사 되었다.
2. 혈액으로부터 serum의 분리에 있어서 최적 원심분리조건은 안전율을 고려할 때 10,000 rpm에서 15분, 5,000 rpm 이상에서는 30분으로 운전하는 것이 바람직하였다.
3. Serum protein의 분리에 있어서는 침전제를 처리했을 때 TCA는 최종농도 2%, 그리고 HCl은 최종농도 0.6N일 때 가장 효과적이었다.
4. Serum protein을 0, -50, -80℃에서 감압동결건조 처리한 결과 온도가 다른 처리구 사이에 큰 차이를 보이지 않고, 모두 2시간 이내에 항량에 도달하였다. 따라서 감압동결건조처리시에는 0℃에서 처리하는 것이 효율적이었다.
5. Serum protein을 50, 80, 100℃의 온도에서 열풍건조시에는 80, 100℃에서 1시간 이내에 항량에 도달 하였고, 50℃의 경우 38%에 이르러 약간 적은

효율을 보인결과 80℃에서 1시간 운전하는 것이 효과적인 운전조건이었다. 또한 감압동결건조와 열풍건조를 비교해볼 때, 열풍건조가 더욱효과적이라고 판단되었다.

6. 증자혈액의 건조처리에 있어서는 Serum protein의 결과와 비슷한 결과가 조사되었으며, 운전조건으로는 감압동결건조의 경우 0℃에서, 열풍건조의 경우 80℃에서, 증자혈액의 직경을 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 10cm로 각각 마쇄하여 처리한 결과 3cm이하의 직경에서는 별다른 차이 없이 1시간 이내에 항량에 도달하였다. 그 이상의 직경에서는 크기가 증가할수록 효율이 급격히 떨어졌다.
7. 전혈액을 아미노산화 하기위한 공정의 최적 조건으로는 분해혈액의 5배량이 되는 6N HCl을 사용하여 여 6시간 분해하는 것이 가장 적합한 조건이었다.
8. 도축혈액의 또다른 재활용 방안으로서 폭쇄한 목재를 침지후 건조시켜 사료성분 및 소화율을 시험한 결과 충분한 사료의 효용가치가 있을 것으로 판단 되었다.

## 제 5 절 참고문헌

1. Cadironi, H. A. and H. W. Ockerman (1982) Incorporation of blood proteins into sausage. *J. Food Sci.* 47, 405-408.
2. Swingler, G. R., Neale, R. J., and Lawrie, R. A. (1978) Nutritive value of proteins isolates and fibers from meat industry by-products. *Meat Sci.* 2, 31.
3. Wismer-Pedersen, J. (1979) Utilization of animal blood in meat products. *Food Technol.* 8,76-80.
4. Cadironi, H. A. and H. W. Ockerman (1982) Blood and plasma protein extracts in sausages. *J. Food Sci.* 47, 1622-1625.
5. Guzman, J. C., McMillin, K.W., Bidner, T. D., Dugas-Sims, S. and J. S. Godber (1995) Texture, color and sensory characteristics of ground beef patties containing bovine blood proteins. *J. Food Sci.* 60, 657-660.
6. Graham, A. (1978) The collection and processing of edible blood. *CSIRO Food Res. Q.* 38, 16-22.

7. Raeker, M. O. and Johnson, L. A. (1995) Thermal and functional properties of bovine blood plasma and egg white proteins. *J. Food Sci.* **60**, 685-690.
8. Brandis, R. L. (1990) In 'Handbook of Adhesives', I. Skeist, Animal Glue. p. 123, Van Nostrand Reinhold Co., New York.
9. Bye, C. N. (1990) In 'Handbook of Adhesives', I. Skeist, Casein and Mixed Protein Adhesives. p. 135, Van Nostrand Reinhold Co., New York.
10. Detlefsen, W. D. (1989) In 'Adhesives from renewable resource', Hemingway, R. W. Blood and Casein Adhesives for Bonding Wood, p. 445, ACS.
11. Lambuth, A. L. (1977) In 'Hand book of Adhesives', Skeist, I, Blood Glues, p. 181, Van Nostrand Reinhold Co., New York.
12. Sellers, T. (1985) Plywood and Adhesive Technology p. 353, Marcel Dekker.
13. Laemmli, U. K. (1970) Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of Lacteriophage T4. *Nature* **227**, 680.
14. Lambuth, A. L. (1989) In 'Wood adhesives', Pizzi, A., Protein adhesives for wood, p. 13.
15. Chang. C.T., Wu, C.C. and Yang J.T (1978) Circular dichroic analysis of protein conformation : inclusion of  $\beta$ -turns, *Anal. Biochem.*, **91**, 13.
16. I.B. Beriman (1971) Handbook of Fluorescence Spectra of Aromatic Molecule, New York, Academic Press.
17. S.P. Levine, J.H. Hoggott, E. Chladek, G. Jungclaus, and J.L. Gerlock (1979) *Anal. Chem.* **51**, 1106.
18. P.R. Griffiths. (1975) Chemical Infrared Fourier Transform Spectroscopy, New York, Wiley.
19. H. Susi and D.M. Byler (1983) Protein structure by Fourier Transform Intrared Spectroscopy : Second derivative spectra. *Biochem. Biophys. Res. Com.*, Vol., **115**, No. 1, 391

20. S. Krimm. (1962) Infrared spectra and chain conformation of protein, J. Mol. Biol. 4, 528
21. W.K. Surewicz and H.H. Mantsch (1988) New insight into protein secondary structure from resolution-enhanced infrared spectra, Biochem. Biophys. Acta.,952, 115.
22. A. Dong, P. Huang and W.S. Caughey. (1990) Protein secondary structure in water from second-derivative Amide I infrared spectra. Biochemistry, 29, 3303.
23. 박진홍 외(1992), 가축생리학, 아카데미서적.
24. 맹원재 외, 사료분석실험(1944), 선진문화사.
25. Lowry, C. H., J. Rosenbrough, A. C. Farr and R. J. Randall.(1951) Protein measurement with the folin phenol reagent, J. Biol. Chem., 19 :265
26. Tilley, J. M. A. and R. A. Terry(1963), A two stage techniques for in vitro digestibility of crops, J. British Grassland Science, 18
27. 이화형 외(1987), 입산화학, 향문사.
28. 농촌진흥청(1989), 토양화학분석법.



## 제 4 장 도축현황 및 환경평가 분야

### 제 1 절 서 언

1994년 국내 쇠고기 생산량은 약 147,000 M/T이며 돼지고기 생산량은 614,000 M/T이나 되었다.<sup>1)</sup> 소 1두(평균 체중 375 - 400 kg) 도살시 6-7L 정도가 또 돼지(평균 체중 80-100 kg)의 경우 2.2 - 2.4 L의 혈액성분이 폐수로 혼입된다고 하였으나<sup>2)</sup> 본 연구에서는 소 450 kg과 돼지 110 kg을 기준으로 하였을 때 소는 약 8L, 돼지는 약 3.0L의 방혈량이 하천오염의 원인이 될 수 있다고 생각되므로 소 도살시 약 2600m<sup>3</sup>, 돼지 도살시 16,700m<sup>3</sup>의 혈액이 수질오염의 원인 물질화 되어질 것으로 판단되었다. 그러나 방혈량 이외에도 소 1두당 16 -17L, 그리고 돼지 1두당 2 - 2.5L씩 회수할 수 있으므로<sup>2)</sup> 이 양을 합하면 연간 약 38,000 m<sup>3</sup>의 혈액이 회수될 수 있다.

따라서 이렇게 많은 양을 목재용 천연접착제의 원료로 전량 이용하는 것은 불가능하므로 본 연구의 목적은 도축혈액의 활용방안을 제시하는데 있다. 그러나 도축혈액을 재활용하는 방안만을 연구하는 것이 아니라 BOD로 약 165,000 mg/L이나 되며 각종 영양소가 풍부하고 고단백을 함유하고 있는 도축혈액을 수거할 수 있는 도축시설의 현황과 이들 시설이 1일간 배출하는 방류수의 수질을 평가하고 또 도축혈액 성분이 급속히 부패, 분해되므로서 나타낼 수 있는 문제점을 확인하기 위해 방류수 하류의 하천수질을 조사하였다.

더우기 가축의 혈액은 종류별로 다소의 차이는 있으나, 전술한 바와 같이 단백질 함량이 높고 질소성분이 많아<sup>2)</sup> 사료화나 유기질 비료화의 원료로서 이용이 가능할 것으로 판단되었으며, 또한 돼지 혈분을 주재료 하여 유기질 비료를 제조하여 품질평가를 시도하였고 사료가치 평가를 위해 일반성분과 건조방법에 따른 아미노산 조성과 소화율 등을 조사하여 얻어진 결과를 보고하고자 한다.

### 제 2 절 연구 방법

연구는 크게 3부분으로 나누어 수행하였다. 연구 1은 전국의 도축장 현황 및 폐수방출량을 조사하였고 연구 2에서는 일부 도축장 폐수의 원수와 충청지역의 도축장

방류수 수질 및 일부 도축장 방류수가 유입되는 하천의 수질을 조사하였으며, 연구 3에서는 도축혈액의 이용방안에 관한 연구로 유기성 퇴비화와 사료화의 관점에서 검토되었다.

## 1. 재 료

### <혈 액>

실험에 사용된 혈액은 대전광역시 오정동 대양식품으로부터 구입한 후 가열처리하여 사용하였다.

### <시 약>

60% HClO<sub>4</sub>, 45% NaOH, 4% Boric acid, Zn powder, 0.4N 중크롬산칼리황산 혼합용액, 0.2N 황산제일철암모늄용액, Diphenylamine, 85% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, Ammonium paramolybdate-vanadate용액, 표준용액(인산, 칼리, 칼슘, 마그네슘), 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 0.1M NaOH, 1% CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O, 2% 타르타르산나트륨칼륨, BSA(bovin serum albumin)용액, Folin시약, 1N Acetic acid(pH2.31), standard buffer soln(pH 4.01, pH 7.00), MnSO<sub>4</sub>용액, KI-NaN<sub>3</sub>용액, c.H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 0.025N Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, starch indicator soln, 0.025N KMnO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(1:2), methyl orange, n-hexane, 무수황산나트륨, ether(diethyl ether, anhydrous), 1.25% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 1.25% NaOH, 95% alcohol, 30%H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 6N HCl, 1.68% Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, Sodium citrate buffer(pH2.2), phenol, formic acid.

### <초 자>

desiccator, mess cylinder, 100ml volumetric flask, Kjeldahl flask, Kjeldahl분해장치, filter paper, glass funnel, burette, pipette, pipette filler, erlenmeyer flask, BOD bottle, COD bottle, separate funnel, washing bottle, crude fiber beaker, Berzelius beaker, crude fiber condenser.

### <기 구>

Chemical balance (Ohaus), dry oven, shaker, pH meter, stirrer-magnetic bar,

sand bath, water bath, incubator, electric muffle furnace(800℃), soxhlet extractor, ice bath, vacuum freeze dry system(SAMWON), evaporator(BUCHI Rotavapor R-124), Spectrophotometer(Hewlett packard 8452A), Atomic absorption spectrophotometer(Baird Atomic Ltd. Alpha-4), Amino acid analyzer(LKB Biochem Ltd. LKB 4150 Alpha)

## 2. 방 법

### <건조혈액 및 퇴비분석법>

건조혈액의 이화학적 성분 분석방법은 Total nitrogen (Kjeldahl법), 유기물 및 total carbon (Tyurin법), protein (Lowry법<sup>7)</sup>, 표준단백질: bovin serum albumin ), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (vanado molybden산법), CEC (1N acetic acid침출법), potassium (원자흡광분석법), sodium (원자흡광분석법), calcium (원자흡광분석법), pH (1:10법)으로 토양분석법(식물체분석)<sup>3)</sup> 에 준하였다.

### <도축장 수질분석법>

pH, DO, BOD, COD, SS, n-hexane 추출물 등의 수질분석은 환경오염 공정시험법<sup>2)</sup> 에 준하여 실시하였다.

### <건조혈액의 사료성분 분석법>

Crude protein(Kjeldahl method), Crude fat(Soxhlet extraction method), Crude fiber 의 분석은 AOAC 방법<sup>4)</sup> 에 준하여 실시하였으며 Amino acid 분석은 Amino acid analyzer(분석조건-column: Ultrapac11 cation exchange resin 200nm, flow rate: buffer40ml/hr ninhydrin 25ml/hr, buffer change: pH3.2 to 4.25 between alanine and cystine, pH4.25 to 10.0 after phenylalanine column temp : 50℃ reaction temp:80℃ chart speed: 5mm/min, analyzing time: 90min) 를 이용하여 분석<sup>8)</sup>하였다. 건조혈액의 *In vitro* pepsin 단백질소화율시험은 사료분석법<sup>11)</sup> 에 준하여 실시하였다.

### 제 3 절 결과 및 고찰

#### 연구 1. 도축시설 현황 및 처리현황 조사

전국의 축산물 작업장 현황은 1995년 1월 5일 기준으로 조사된 결과는 표1과 같다.

표 1. 전국의 축산물 작업장 현황

(’95. 1. 5일 기준, 단위 ; 개소)

구 분 시.도	도 축 장					도 계 장	
	도축장	간이도축장	운 영 구 분			도계장	간이도계장
			관 영	축 협	민 영		
서울	3	-	-	1	2	-	-
부산	2	-	-	-	2	2	-
대구	1	-	-	-	1	2	-
인천	1	-	-	-	1	2	-
광주	2	-	-	-	2	1	-
대전	1	1(1)	-	-	2	1	-
경기	10	10	4	-	16	15	-
강원	7	6	2	1	10	4	1
충북	6	1	-	-	7	3	-
충남	7	5	-	1	11	9	-
전북	5	7	4	1	7	6	1
전남	5	7	3	1	8	5	1
경북	7	7	3	2	9	1	2
경남	7	6(1)	2	3	8	3	4
제주	1	-	-	1	-	1	-
소 계	65	50	18	11	86	55	9
계	115		115			64	

( ) 육가공장 부설 도축장임.

표 1에서 보면 전국의 도축장은 65개, 간이도축장 50개로 이중 관영 도축장은 18개, 축협이 운영하는 도축장 11개, 그리고 민영도축장이 86개이며, 도계장은 모두 민영으로 도계장 55개소와 간이도계장 9개소 등 총 64개인 것으로 조사되었다.

대부분의 도축장은 선지용으로 사용되는 일부를 제외하고는 발생하는 혈액을 폐수와 함께 처리하고 있으며 도살과정에서 발생하는 위장 및 내장내의 미분해 사료분과 분변 및 털이나 기름성분 등의 폐기물들이 완전히 분리되지 않고 폐수로 유입되고 있어 환경위생학적 측면에서 매우 문제점이 클 것으로 판단되었다.

표 2에는 국내 주요한 도축장의 1일 도축처리능력과 1994년도 평균 도축량을 보여 주고 있다. 1994년의 경우를 보면 소는 처리능력의 약 19.2%만이 도축되었고, 돼지는 약 56.4% 정도가 도축된 것으로 나타났다. 이는 소고기의 수입량이 증가하면서 나타난 결과라고 보이며 처리능력의 50% 이상의 소를 도축한 도축장은 대구의 신홍산업, 수원시 신원 그리고 평택의 대신산업 등에 불과하며, 돼지의 경우는 축협 서울공판장만 처리능력 보다 더 많은 약 116%를 도축하였고 서울의 협진식품이 100% 도축두수를 나타냈을 뿐 대부분의 도축장에서 처리능력에 미달되는 수의 돼지를 도축한 것으로 나타났다. 한편 이들 도축시설의 1일 폐수 발생량과 방류량은 표3과 같다. 표3의 내용은 각 도축시설에서 신고한 내용이므로 실제 발생량이나 방류량과는 차이가 있을 것으로 생각된다. 대체로 소와 같은 동물은 1두당 1.2 - 1.5m<sup>3</sup>, 돼지 등은 0.4 - 0.5m<sup>3</sup> 정도의 물이 소요된다고 알려져 있으므로<sup>3)</sup> 표2의 결과에서 볼 때 서울지역은 3개의 도축장에서 소 22두와 돼지 5,981두를 매일 같이 도축하므로 물을 최소로 사용하는 경우에 소는 약 266m<sup>3</sup> 그리고 돼지는 약 2,392 m<sup>3</sup>가 소요되어 합계 2,658 m<sup>3</sup>가 발생하는 것으로 추산되나 실제적인 방류량은 약 47% 수준인 1250 m<sup>3</sup> 이므로 서울지역에서는 소 1마리 도축시 0.6 m<sup>3</sup> 와 돼지 1마리 도축시 0.2 m<sup>3</sup>의 물을 사용한 것으로 볼 수 있다. 따라서 도축시 물 사용량을 정확히 조사하여 설치되어 있는 폐수처리 시설 용량과의 부합되는지를 평가하여야 할 것으로 생각된다. 아울러 간이도축장이나 도계장의 경우에는 방류수량이 없거나 매우 적은 것으로 조사되었는데 전반적인 도축과정과 폐수처리에 관련된 종합적인 검토가 필요하다고 본다.

표 2. 주요 도축장별 도축량 현황

도축장명	소 재 지	처리능력 (두/일)		'94 도축 (두/일)	
		소	돼 지	소	돼 지
축협중앙회 서울공판장	서울 송파구 가락동 600	283	2,000	129	2,319
우성농역(주)	서울 성동구 마장동 766-8	170	2,000	76	1,662
협진식품(주)	서울 구로구 독산동 1007-13	84	2,000	17	2,000
동원산업(주)	부산 북구 모라동 270-3	300	1,500	78	1,017
태강산업(주)	부산 북구 학장동 571-3	300	1,500	91	1,017
(주)신흥산업	대구 서구 서대구 공업단지 2차지구	160	1,100	84	922
대신산업	인천 서구 가좌동 477-4	300	2,000	32	1,098
삼호축산	광주 북구 양산동 409-5	200	2,000	49	414
삼국산업	광주 광산구 문수동 50-2	2,000	1,000	15	47
대양식품(주)	대전 동구 오정동 705-64	100	800	12	317
(주)진로종합식품	대전 대덕구 대화동 1-8	-	200	-	153
신원(주)	수원시 권선구 오목천동 788	100	1,000	54	696
초원식품(주)	성남시 분당구 야탑동 1376	150	2,000	27	866
(주)협신식품	안양시 만안구 박달동 692-9	100	2,000	41	821
대신산업(주)	평택시 지제동 233	150	750	81	213
신영축산(주)	이천군 부발읍 아미리 660-1	70	1,500	22	1,053
(주)우석식품	김포군 김포읍 풍무리 661-8	150	1,500	23	835
대원기업	강원도 원주시 단계동 716-12	150	400	54	64
횡성산업	강원도 횡성군 횡성읍 조곡리 355-1	200	1,000	76	293
영광산업(주)	충북 청주시 송절동 89	180	800	42	707
(주)미원농장	충북 음성군 삼성면 청룡리 575-1	50	2,500	3	1,143
우성식품(주)	충남 천안시 청당동 379-1	70	318	21	165
(주)국일기업	충남 공주시 의당면 수촌리 614	53	168	14	112
전주도축장	전주시 팔복동 2가 166-4	150	350	35	213
군산도축장	전북 군산시 구암동 63	100	300	15	186
나주축산물공판장	전남 나주시 운곡동 산 80	100	700	10	450
(주)동양축산	전남 보성군 벌교읍 장좌리	100	1,000	20	120
(주)황악산업	경북 김천시 평화동 101-1	100	1,200	32	407
(주)신영산업	경북 경산 대평동 370	100	500	41	218
진일산업	경남 진해시 남문동 902	50	1,200	5	746
유성산업	경남 고성군 고성읍 울대리 226	360	730	15	180
제주축협축산물공판장	북제주군 애월읍 어음리 2533	50	1,000	18	414
32개소		계: 6,460	37,016	1,232	20,868
		평균:207.4	1151.8	41.1	652.1

표 3. 도축장 소재지별 도축량과 폐수발생량 현황

(단위 ; m<sup>3</sup>)

소재지	구 분	1 일 폐 수	
		발생량	방류량
서울	도축	1250	1250
부산	도축	275	280
대구	도계	170	170
	도축	190	190
인천	도축	45	20
	도계	70	70
광주	도축	65	65
	도계	36	90
대전	도계	50	81
경기	도축	2690	2727
	도계	48	481
	기타	30	30
강원	도축	519	534
	도계	125	121
충북	도축	988	1000
	도계	559	559
충남	도축	2129	2159
	도계	423	455
전북	도축	459	457
	도계	1021	749
전남	도축	1116	1136
	도계	126	86
경북	도축	877	893
	도계	363	221
경남	도축	509	447
	도계	178	146
제주	도축	497	497
	도계	4	4

표 4. 단위체중당 혈액량 및 방혈량

	단위 체중당 혈액량	도체 평균 혈액량	방 혈 량*
소	67-78 ml/kg	30-35 l/450kg	7 - 8L/마리
돼지	55 ml/kg	6.1 l/110kg	2.5 - 3.0L/마리
닭	70 ml/kg	0.12 l/1.8kg	0.06L/마리

\* 방혈량은 전체 혈액중 소는 8.0L, 돼지는 3.0L로 계산하였슴.

Source ; The Merck Veterinary Manual sixth Ed.

발생되는 방혈량중 폐수로 유입되어 환경오염을 유발할 수 있는 1일 혈액량은 1일 평균 도축두수인 소 3,441두와 돼지 33,961두를 기준으로 하면 표 4에 의하여 소는 약 27.5 m<sup>3</sup> 그리고 돼지는 약 101.9 m<sup>3</sup> 으로 추산된다. 이것은 연간 약 46,574 m<sup>3</sup>이며 BOD 부하량으로 환산하면 약 7685 M/T이나 되는 많은 량이다.

도축장에는 활성오니법에 의한 폐수처리시설이 되어 있으나 도축장 별로 도축규모에 따라 차이가 많은 것으로 나타났다. 방혈되는 혈액을 수집할 수 있는 시설은 전무한 수준으로 많은 양의 혈액성분과 기타 내장 등 오염물질이 세척수와 함께 혼입되어 폐수처리 시설로 유입되므로 폐수처리의 효율을 낮추는 결과를 가져오고 있다.

따라서 도축량과 폐수발생량과의 관계(표2)를 보면 소는 돼지 도살과정에서 폐수로 유입될 수 있는 혈액은 약 60배 정도 희석되어 약 3,000mg/kg수준이 되므로 300mg/kg 이하로 유지하기 위해서는 10배의 희석수가 필요할 것으로 추산된다.

도축장에서 사용되는 수량은 도축장 마다 다를 수 있으나 도축두수에 맞는 폐수를 처리하는데 충분한 시설이 완비되어 있는지 등을 조사하여 합리적인 대책을 세워야만 방류되는 도축혈액으로 인해 오염되는 하천을 되살릴 수 있는 기본 여건이 조성될 것으로 본다.



## 연구 2. 도축장의 방류수 및 하천수의 수질평가

도축장은 작업공정의 특수성 때문에 폐수중에 다량의 혈액이 함유되므로 혈중 단백질의 함량이 높기 때문에 BOD가 높으며 또 내장 제거 과정중에서 유입될 수 있는 사료성분중의 일부와 분변성분이 함유되므로 섬유질을 포함한 고형물들에서 연유되는 부유물질도 다량 들어 있다. 따라서 도축장의 배출시설은 수질환경보전법 시행규칙 제5조(별표-3)에 의거 식료품제조시설로 규정되어 있으며 폐수 배출시설은 20 m<sup>3</sup> 이상으로 되어있다.

표 5에는 충청지역의 도축장 및 도계장에서의 방류수 수질분석 결과를 보여주고 있다. 표 5의 자료는 95년 3-7월의 자료로서 도축장에서 자가 측정된 결과이다.

pH는 평균값으로 모든 경우가 방류수질 기준인 pH 6.5-8.5이었으나 도축장 B는 4월에 pH 8.8까지 올라가는 등 다른 도축시설에 비해 전반적으로 높은 pH를 보여주고 있는데 이는 폐수처리방법과 관련이 있는 것으로 보인다. 유기물 함량은 COD의 경우 평균 26.2-160.7 mg/L 수준으로 또 BOD는 18.7 - 150.4 mg/L 범위로서 대부분이 방류수질 기준인 150 mg/L 이하로 나타났다. 또한 부유물질(SS)는 12.0 - 260.4 mg/L이었고 유지성분의 척도인 n-hexane 추출물은 0.5-16.4 mg/L로 낮은 수준을 보였다. 그러나 BOD나 COD의 값이 방류수질 기준인 150 mg/L를 넘거나 육박하는 도축장이 많다는 것은 폐수처리 시설관리와 방류수질의 엄격한 기준적용 등이 필요하다고 본다.

표 5. 충청지역 도축 및 도계장의 방류수 수질 분석표

채취 장소	채 취 시 기		분석항목(mg/L)					비고
			pH	COD	BOD	SS	N-hexane	
A	6월	Aver. Range	6.8 6.7-6.8	26.2 22.8-30.0	25.4 20.6-34.0	12.0 10.4-16.2	0.5 0.4-0.8	도축장
B	3월	Aver. Range	8.2 8.0-8.4	65.4 58.4-70.8	50.8 45.2-64.2	24 20.4-34.5	1.4 1.0-2.0	"
	4월	Aver. Range	8.4 8.0-8.8	42.2 38.4-45.8	25.4 22.4-34.7	85.3 82.4-89.1	3.4 3.1-3.8	
	5월	Aver. Range	6.7 6.6-6.9	45.1 42.8-48.6	28.3 26.5-32.0	32.0 28.7-34.5	1.4 1.2-1.6	
	6월	Aver. Range	8.3 8.0-8.5	34.2 32.2-37.8	21.0 20.8-24.9	97.0 87.7-100.6	2.8 2.4-3.2	
C	5월	Aver. Range	7.5 7.3-7.8	38.8 34.2-42.7	27.0 26.7-30.4	28.5 26.4-34.0	1.5 1.2-1.7	"
	6월	Aver. Range	7.4 7.3-7.5	47.0 45.6-50.1	42.1 40.7-48.0	32.0 30.4-35.7	1.8 1.5-2.4	
D	6월	Aver. Range	7.4 7.2-7.6	28.4 26.0-32.1	18.7 16.2-20.6	19.4 17.4-22.5	1.7 1.5-1.9	"
	7월	Aver. Range	7.1 7.0-7.2	40.2 38.4-45.0	21.4 19.1-24.0	23.4 22.4-25.7	2.0 1.8-2.4	
E	4월	Aver. Range	7.3 7.2-7.4	58.4 56.1-65.4	58.0 55.1-62.7	12.4 11.0-15.0	1.7 1.5-2.0	"
	6월	Aver. Range	7.6 7.5-7.7	49.5 48.2-52.40	32.0 30.4-34.5	13.7 12.8-15.0	0.8 0.6-1.2	
F	4월	Aver. Range	7.2 7.1-7.2	142.0 138.1-148.2	130.0 128.0-143.2	55.8 52.4-58.0	16.4 14.4-20.7	"
	6월	Aver. Range	6.9 6.8-6.9	160.7 158.4-162.3	150.4 147.7-155.8	62.0 60.1-65.4	15.0 13.7-18.4	
G	4월	Aver. Range	7.4 7.3-7.5	131.1 129.8-135.7	128.7 120.3-134.7	70.0 68.4-74.0	3.6 3.4-3.8	"
	6월	Aver. Range	7.5 7.4-7.5	104.5 100.0-112.3	149.0 140.0-158.2	26.0 24.1-30.7	4.0 3.8-4.5	
H	3월	Aver. Range	6.9 6.8-6.9	146.2 140.8-155.3	133.3 125.5-148.3	260.4 255.5-278.6	4.3 4.0-4.8	"
	5월	Aver. Range	7.8 7.6-7.9	106.7 100.4-115.1	120.5 118.2-124.5	138.7 132.4-145.6	6.2 6.0-6.8	
I	4월	Aver. Range	5.8 5.7-5.9	120.0 110.4-138.5	30.7 28.4-35.7	130.7 128.4-139.0	2.5 2.0-2.8	"
	6월	Aver. Range	6.4 6.2-6.8	145.5 135.5-160.7	28.4 26.5-32.7	64.5 62.0-67.4	3.4 3.0-3.8	

채취장소	채취시기		분석항목(mg/L)					비고	
			pH	COD	BOD	SS	N-hexane		
J	3월	Aver.	7.2	62.2	56.4	64.2	3.1	도축장	
		Range	7.1-7.3	58.7-70.2	48.7-65.2	60.1-70.4	2.8-3.5		
	5월	Aver.	6.4	50.4	75.1	38.5	3.7		
		Range	6.2-6.8	48.5-56.7	70.2-84.1	34.5-42.8	3.4-4.2		
K	3월	Aver.	7.4	55.9	68.4	42.3	2.4	"	
		Range	7.3-7.6	52.3-61.0	62.4-72.5	38.7-50.0	2.0-3.0		
	4월	Aver.	7.5	85.1	85.7	56.7	3.8		
	Range	7.3-7.8	82.1-89.6	82.1-89.6	50.2-63.7	3.0-4.5			
6월	Aver.	6.9	42.7	102.2	143.0	6.0			
	Range	6.6-6.9	38.4-48.5	94.2-120.7	130.1-158.9	4.8-7.2			
L	4월	Aver.	7.8	135.9	120.1	124.0	2.8	"	
		Range	7.5-8.0	120.6-142.1	110.4-140.2	110.2-140.1	2.0-3.4		
6월	Aver.	6.9	120.0	100.0	113.4	3.8			
	Range	6.8-7.0	116.2-134.0	92.4-120.1	98.5-124.6	3.4-4.5			
M	3월	Aver.	7.7	114.6	98.4	124.0	2.0	도축장	
		Range	7.5-7.9	110.0-132.4	90.1-110.8	100.8-139.4	1.8-2.6		
5월	Aver.	7.2	120.3	102.3	87.3	2.3			
	Range	7.0-7.4	114.6-135.2	98.4-126.7	85.4-98.4	2.0-2.7			
N	4월	Aver.	7.9	83.6	65.2	64.2	1.8	도계장	
		Range	7.8-8.0	80.1-87.3	61.0-69.3	54.3-72.4	1.6-2.2		
	6월	Aver.	7.5	69.7	39.4	65.1	3.2		
	Range	7.3-7.7	60.3-75.8	32.4-48.7	60.2-69.7	2.8-3.5			
O	4월	Aver.	7.5	78.3	120.0	70.6	13.7		도축장
		Range	7.3-7.7	73.5-83.4	112.7-140.8	65.7-74.8	10.5-15.4		
6월	Aver.	6.7	85.5	116.2	64.3	12.0			
	Range	6.5-7.0	82.3-91.5	111.4-124.8	60.4-69.7	9.9-16.0			
P	4월	Aver.	7.9	140.4	132.9	140.0	3.2	"	
		Range	7.6-8.3	130.2-155.8	125.3-140.7	134.5-158.3	3.0-3.6		
6월	Aver.	7.7	87.5	120.0	123.1	3.8			
	Range	7.5-7.9	84.3-98.4	110.2-137.6	116.2-137.7	3.5-4.2			
Q	4월	Aver.	7.6	112.2	88.6	88.5	2.4	"	
		Range	7.4-7.9	110.4-131.2	80.4-96.3	81.4-96.3	2.0-3.5		
6월	Aver.	7.6	98.7	97.6	84.3	2.8			
	Range	7.3-8.0	90.5-116.8	87.4-115.4	80.1-96.7	2.1-3.5			
R	4월	Aver.	6.8	69.8	43.1	27.5	2.7	도계장	
		Range	6.4-7.0	60.4-74.6	38.3-48.7	25.4-38.0	2.3-3.5		
7월	Aver.	6.4	88.7	69.4	60.8	2.4			
	Range	6.3-6.4	84.3-97.4	65.2-78.1	58.6-64.2	2.0-3.2			

도축장에서 발생하는 폐수는 각 공정에 따라 일정한 수량 및 수질이 배출되지만 오염도는 상당히 높으며 혈액특유의 색이 짙고 시각적으로 심한 혐오감을 주므로 취급하기 어려운 폐수중의 하나이다. 도축장의 폐수는 화학적으로는 일반가정하수와 유사한 성질을 가지지만 농도는 상당히 높을 뿐만 아니라 혈액과 혼합되므로 이상한 색과 냄새를 가진 폐수로 되며, 폐수성분이 대부분 유기물(단백질성분), 용해성물질, 그리스, 위장내용물에서 유래하는 섬유질의 부유물질이 많기 때문에 성질은 환원성으로 급속히 부패하여 악취를 발생한다. 도축장 폐수의 수질은 pH 6.2 - 7.5, BOD 800 - 2000, SS 1200-1600, n-hexane 100 - 150 mg/L의 정도를 나타내며 도살되는 동물 혈액의 BOD는 165000 mg/L이고 쉽게 응고하고 급속하게 부패, 분해하는 성질이 있다.

한편 이런 문제점을 파악하기 위한 한가지 방법으로 도축장과 도계장을 각각 1개소씩 선정하여 원수와 처리수 수질을 비교하므로써 처리효율을 평가한 결과는 표 6과 같다.

표 6. 도축 및 도계장의 원수 및 처리수 수질

채취장소	구분		분석항목(mg/L)				
			pH	COD	BOD	SS	n-hexane
도축장	원수	Aver. Range	7.0 6.8-7.3	1315 1080-1550	1485 970-2000	1090 980-1200	110 90-130
	처리수	Aver. Range	7.1 6.9-7.3	122.5 90-155	122 84-160	124.5 110-139	22.5 15-30
도계장	원수	Aver. Range	6.7 6.3-7.1	1310 1100-1520	1440 980-1900	1036 920-1150	107 89-125
	처리수	Aver. Range	6.6 6.3-7.0	122.5 95-150	123 92-154	112 95-129	22.5 16-29

표6에서 볼 때 도축장이나 도계장의 원수수질은 매우 유사하였으며 처리효율도 유사하였다. 물론 원수의 수질은 도축량이나 원수 채수시간에 따라 일정하지는 않겠지만 원수를 유입조에서 채취하였음을 밝혀둔다.

COD의 처리효율은 평균 90.5%로 나타났으며 BOD의 경우에는 처리효율이 평균

91.6%로 나타났다. 또한 SS의 제거율은 도축장의 경우 88.6%, 도제장의 경우에는 89.2%이었고, n-hexane 추출물의 제거율은 도축장 폐수의 경우 79.5%이었으며 도제장 폐수는 78.8%로 나타났다. 이런 결과로 미루어 볼 때 도축장의 폐수처리시설은 비교적 운영이 잘되는 것으로 평가할 수 있으나 좀더 효율이 높은 처리방법으로 개선하는 노력이 필요하다고 보며, 또한 도축시설에 대한 폐수처리효율에 관해서도 주기적인 평가가 있었으면 한다.

도축장의 폐수는 그 특수한 작업공정으로 일반 유기성폐수와 비교되는 특징을 가지는데 첫째, 도살작업대의 폐수는 다량의 혈액을 함유하고 있기 때문에 강한 선혈색을 띠고 단백질 물질에 기인한 BOD가 매우 높다. 둘째, 내장 제거(내장세척, 위장내용물의 제거)의 작업에서는 위장내용물의 회수를 실행함에도 불구하고 상당한 미소화물과 분뇨성분이 폐수중으로 혼입되기 때문에 섬유질을 주체로 한 부유물질이 많고 토사류가 혼입되어 종합 폐수에는 침전성 물질이 상당히 많이 함유된다. 따라서 이러한 특성을 고려하여 폐수처리시 도살계획과 물의 사용계획을 명시해두는 것이 중요하며 BOD, SS 성분의 농도가 높으므로 폭기조에 유입하기 전에 계획농도까지 낮추어 처리효율을 높여야 한다. 또한 SS성분은 가능한 한 폭기조 유입전에 제거하도록 고려하는 것이 좋으며 SS성분이 분해되어 BOD로 변화 가능성이 있어 BOD가 높아지므로 이러한 점도 고려하여야 한다.

따라서 이와 같은 방류수가 배출되는 하천의 수질은 어떤 영향을 받을 것인지를 평가하기 위하여 각 3회씩 수질분석을 실시한 결과는 표 7과 같다.

표 7. 하천수중 수질분석

채취 장소	채 취 시 기		분석항목(mg/L)				
			pH	COD	BOD	SS	n-hexane
도축장	3월	Aver.	6.7	57.5	45.5	5.5	0.6
		Range	6.5-6.9	32-83	27-64	4-7	0.5-0.7
	5월	Aver.	6.8	46	37	3.5	0.35
		Range	6.6-7.0	28-64	16-58	2-5	0.2-0.5
	7월	Aver.	7.1	34	37	2	0.5
		Range	6.9-7.3	26-42	25-40	1-3	0.4-0.6
도계장	3월	Aver	6.3	34	40.5	1.75	0.2
		Range	6.2-6.4	21-47	19-62	1.5-2	0.1-0.3
	5월	Aver.	6.7	35.5	40	2.75	0.2
		Range	6.4-7.0	18-53	23-57	2-3.5	0.1-0.3
	7월	Aver.	6.5	38	41.5	2.6	0.2
		Range	6.3-6.7	27-49	21-62	28-36	0.1-0.3

표 7에서 볼 때 도축장의 경우는 3월에 비해 7월에 BOD가 개선된 것으로 나타났으며, 도계장은 큰 변화가 없는 것으로 보였는데 이는 강우에 의한 수량증가와도 관계가 있는 것으로 볼수 있다. 대체로 표 6의 결과로 미루어 볼 때 하천으로 유입되면 SS가 아주 낮아지는 것으로 나타났는데 이는 부유물질이 침전되거나 분해되므로써 나타나는 결과로 추정된다. 이상의 표 5-7의 결과에서 보면 도축시설의 폐수처리 효율은 도축장 별로 차이가 있는 것으로 판정되므로 효율이 낮은 시설들은 폐수처리장의 개선을 통한 처리효율 향상을 위해 노력하여야 할 것으로 판단된다. 또한 주기적인 폐수처리시설의 점검을 통해 최적의 처리조건을 유지시키도록 힘써야 할 것으로 보며, 아울러 폐수속으로 혈액이나 기타 수질오염 가능성이 큰 물질의 혼입을 막을 수 있는 도축설비가 필요하다는 점을 강조하고자 한다.

### 연구 3. 도축혈액의 활용방안

도축혈액은 고단백으로 질소성분이 풍부하므로 유기질 비료제조시 질소원으로 사

용할 수 있으며, 또한 직접 특수용도의 사료첨가 제조의 개발이 가능하다고 본다.

가. 유기성 퇴비의 제조

도축혈액(돼지)을 유기성 퇴비의 원료로 사용하기 위해 혈분과 톱밥 등 원료의 비료가치를 평가한 결과는 표 8과 같다.

돼지혈액을 가열처리하여 응고시킨 후 이를 파쇄하고 가열건조하여 시료로 사용하였다. 건조혈분중 질소함량은 평균 8.9%로 매우 높았으며 이에 따라 C/N율도 2.7%나 되었다. 탄소원으로 이용한 톱밥은 미송톱밥으로 C/N율도 약 100% 정도 이었고, 질석은 퇴비의 부재료로 이용하였다.

표 8. 원료별 비료가치

항 목 시 료	구분	pH	수분함량 (%)	유기물함량 (%)	T-N (%)	C/N ratio
혈 분	Aver.	6.2	19.3	42.0	8.9	2.7
	Range	6.0-6.4	18.4-23.4	38.4-51.0	8.7-9.1	2.6-3.3
톱 밥	Aver.	5.4	23	52	0.3	100.5
	Range	5.3-5.5	18-30	48-58	0.1-0.4	69.6-336.4
질 석	Aver.		15		0.6	
	Range		12-17			

표8에서 나타난 결과를 토대로 하여 혈분퇴비를 제조하였으며 퇴비화 과정에서 최적의 수분조건인 60%를 기준으로 하여 퇴비를 제조하였으며 (A와 B), 또 이 문제점을 파악하여 C/N을 기준으로 퇴비를 제조하여 (C와 D) 비교하였다. 각기 조제된 퇴비의 조성은 표9와 같다.

표 9. 혈분퇴비의 조성

항목 사료	pH	수 분 함량(%)	유기물 함량(%)	T-N (%)	C/N ratio	Protein (%)	K <sub>2</sub> O (%)	생균수/ gram	총균수/ ml
A	7.3	11.8	12.3	2.2	3.2	14.0	0.2	$1.2 \times 10^8$	$2.1 \times 10^{10}$
B	7.2	17.0	6.5	0.8	4.2	5.3	0.1	$5.3 \times 10^8$	$1.2 \times 10^{10}$
C	7.4	16.5	49.0	1.8	15.7	11.8	0.2	$7.5 \times 10^8$	$2.3 \times 10^{12}$
D	7.3	17.4	43.0	1.7	14.6	11.2	0.2	$7.8 \times 10^{10}$	$4.0 \times 10^{14}$

A와 B는 톱밥과 질석의 함유비율을 달리하여 혈분퇴비를 조제하였으나 C/N율이 너무 낮아 C와 D는 돼지혈분을 가지고 혈분과 톱밥비율을 1:5로 맞추어 C/N율을 비교적 높게 하여 혈분퇴비를 조제하였다. A와 B에 비하여 C와 D의 유기물 함량이 높은 것은 탄소원인 톱밥이 많이 첨가되었기 때문이며 C/N율이 A와 B보다 높고 이상적인 C/N율인 20 가까이 된 것으로 보아 A와 B보다는 퇴비발효조건이 적합한 것으로 판단되었다.

질석은 혈분퇴비화 발효과정중 비교적 영향이 적었으나, 보조제로서 톱밥과 혼합하여 사용한다면 수분조절제로서의 기능을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 한편 본 시험에서 사용한 질석은 톱밥에 비하여 가격이 저렴하므로, 구입하기 어렵고 고가인 톱밥의 기능인 수분조절제로서의 이용가능성이 있을 것으로 판단되었다.

#### 나. 혈분사료로의 이용

혈분사료화를 위해서는 건조과정이 필수적이다. 따라서 혈분 건조방법을 상온, 가온건조 및 감압동결건조의 방법으로 나누어 건조특성을 검토한 결과는 그림1, 2와 같다. 그림 1과 2에서 볼 때 상온건조는 포함되어 있지 않는데, 이는 상온에서 건조할 때 장시간이 소요되므로 6시간 이내의 건조시간에는 별 변화가 없었기 때문이다.

그림1에는 소 혈액의 건조특성을 보여주고 있는데 80℃나 100℃의 열풍건조는 1시간 정도에 거의 수분이 증발되어 함량에 이르게 되며, 동결건조의 경우에는 약 2시간이 경과한 후에 함량에 도달하는 것으로 볼 수 있다. 또 동결건조시료는 짧은 시간에도 공기중의 수분을 흡수할 수 있으므로 가열 건조시료 보다 다소 높은 중량을 보이고 있다.



그림2에는 돼지혈액의 건조특성을 보여주고 있는데 이 경우도 그림 1과 유사한 경향이였다. 실험결과 소혈액은 약 72.2%의 수분을, 그리고 돼지 혈액은 약 83.3%의 수분을 함유하고 있는 것으로 조사되었다.

한편 건조혈액의 성상은 dry oven에서 건조한 혈액이 검은색으로 변화되었으며 부피의 감소경향이 나타난 반면 vacuum freeze dryer에서 건조한 혈액은 처음의 갈색을 유지했으며 부피의 감소량은 변화가 없었다. 또한 dry oven에서 건조한 혈액이 vacuum freeze dryer 에서 건조한 혈액보다 견고한 성상을 나타내었다.

그리고 무엇보다도 건조방법에 따른 사료성분의 변화가 있었는지를 평가하는 것이 중요하므로 조단백, 조섬유 및 조지방을 조사한 결과를 표 10에 수록하였다.

조단백의 경우 돼지 혈액이 소혈액 보다 다소 높았고, 조섬유 역시 돼지혈액이 높았으나 조지방은 유사한 수준이었다. 실온에서 보다는 가온건조나 동결건조와 같이 단시간내에 건조시켰을 경우 조단백의 함량이 높은 것으로 나타났는데 이는 실온에서의 건조는 미생물에 의한 분해 등으로 인한 결과가 아닌가 생각된다.

표 10 . 도축혈액의 건조방법에 따른 사료가치 평가

(%)

분석항목	건조방법	돼지혈액			소혈액		
		실 온	80℃	-80℃	실 온	80℃	-80℃
Crude protein		83.2	88.9	88.9	81.1	82.2	82.3
Crude fiber		1.9	2.7	2.5	1.5	1.8	1.5
Crude fat		0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4

표10의 결과로 볼 때 조단백질 함량의 차이는 없을지라도 건조과정중에서 아미노산의 조성변화가 있을지도 모르므로 건조방법에 따른 아미노산 함량 및 조성을 조사하였으며 그 결과는 표11에 수록하였으며 아미노산 표준물질(그림3)과 -80℃ 에서 동결 건조된 소혈액의 분석결과(그림4)를 예로서 수록하였다.

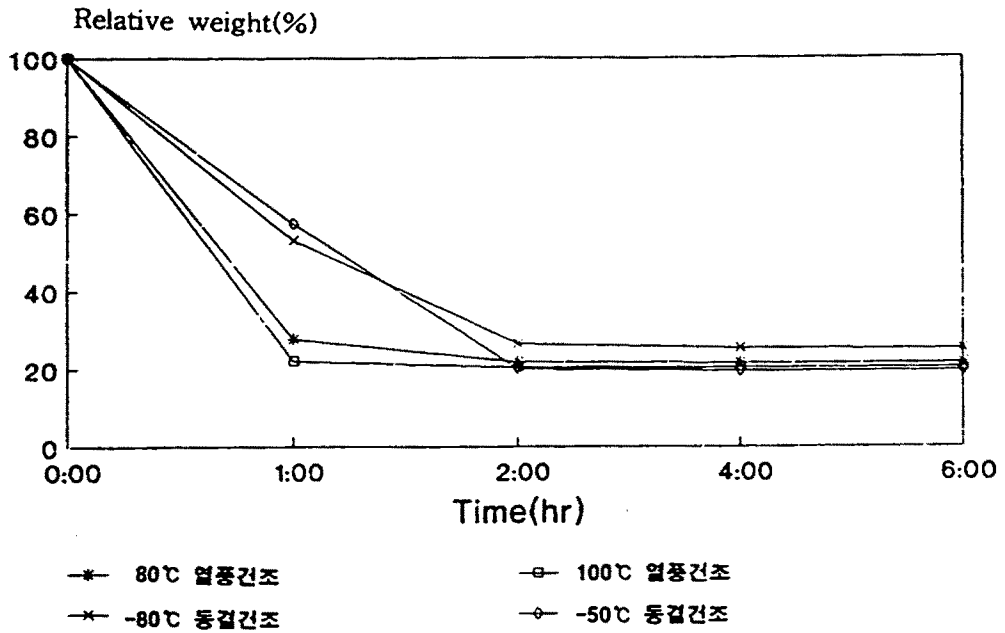


그림 1. 소 혈액의 건조특성.

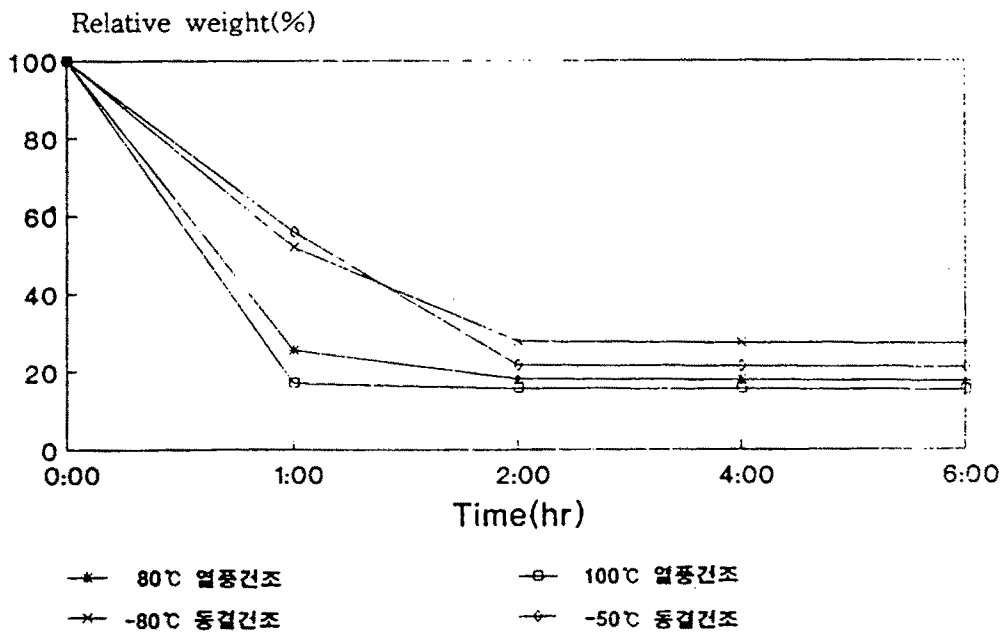


그림 2. 돼지 혈액의 건조특성.

표 11 . 도축혈액의 건조방법에 따른 아미노산 함량 및 조성

Amino acid	M.W	Factor standard	폐지혈액						소혈액					
			실 온		80℃		-80℃		실 온		80℃		-80℃	
			nM	%	nM	%	nM	%	nM	%	nM	%	nM	%
Aspartic acid	133.10	1.458 x10 <sup>6</sup>	13.5	9.0	15.3	10.2	15.2	10.1	13.2	8.8	10.7	7.1	12.7	8.5
Threonine	119.12	1.409 x10 <sup>6</sup>	6.0	3.6	6.2	3.7	6.6	3.9	8.3	4.9	6.3	3.8	8.0	4.8
Serine	105.09	1.420 x10 <sup>6</sup>	8.4	4.4	9.7	5.1	9.7	5.8	9.8	5.1	7.8	4.1	10.0	5.6
Glutamic acid	147.13	1.511 x10 <sup>6</sup>	12.6	9.3	14.1	10.4	14.5	10.7	13.4	9.9	10.4	7.7	13.3	9.8
Proline	115.13	1.339 x10 <sup>7</sup>	-	-	0.7	0.4	0.9	0.5	1.3	0.7	-	-	-	-
Glycine	75.07	8.975 x10 <sup>4</sup>	7.9	3.0	9.3	3.5	9.2	3.5	7.1	2.7	6.2	2.3	7.3	2.7
Alanine	89.09	1.458 x10 <sup>6</sup>	15.8	7.0	18.0	8.0	18.3	3.7	15.2	6.8	13.3	5.9	16.2	7.2
Valine	117.15	1.422 x10 <sup>6</sup>	14.2	8.3	15.6	9.1	16.1	9.4	13.2	7.7	12.2	7.1	14.1	8.3
Methionine	181.20	1.274 x10 <sup>6</sup>	0.9	0.8	1.2	1.1	2.0	1.8	2.7	2.4	1.7	1.5	3.2	2.9
Isoleucine	131.17	1.339 x10 <sup>6</sup>	1.9	1.2	1.9	1.2	2.2	1.4	1.4	0.9	1.4	0.9	2.0	1.3
Leucine	131.17	1.321 x10 <sup>6</sup>	19.1	12.5	19.0	12.5	19.7	12.9	14.6	9.6	13.8	9.1	16.4	4.2
Tyrosine	181.19	1.289 x10 <sup>6</sup>	2.5	2.3	2.7	2.5	3.2	2.9	2.9	2.6	2.6	2.4	3.5	3.2
Phenylalanine	165.19	1.299 x10 <sup>6</sup>	7.0	5.8	7.9	6.5	8.6	7.1	7.5	6.2	6.6	5.5	8.3	6.9
Histidine	155.16	1.661 x10 <sup>6</sup>	8.9	6.9	10.6	8.2	10.4	8.1	7.7	6.0	6.5	5.0	7.7	6.0
Lysine	146.19	1.407 x10 <sup>6</sup>	11.0	8.0	12.3	9.0	12.4	9.1	11.2	8.2	9.8	7.2	11.3	8.3
Arginine	174.20	2.031 x10 <sup>6</sup>	4.7	4.1	9.6	8.4	4.8	4.2	4.3	3.7	3.0	2.6	4.4	3.8

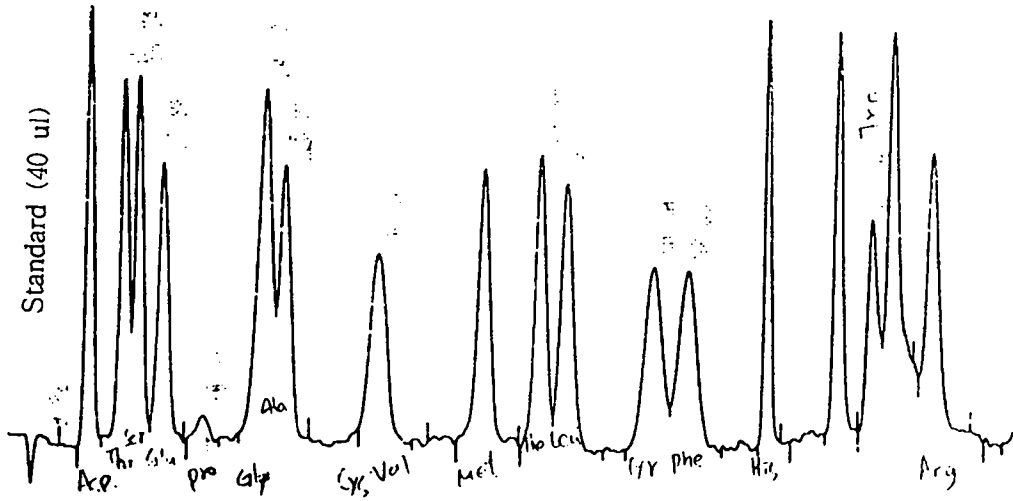


그림 3. 아미노산 Standard chromatogram.

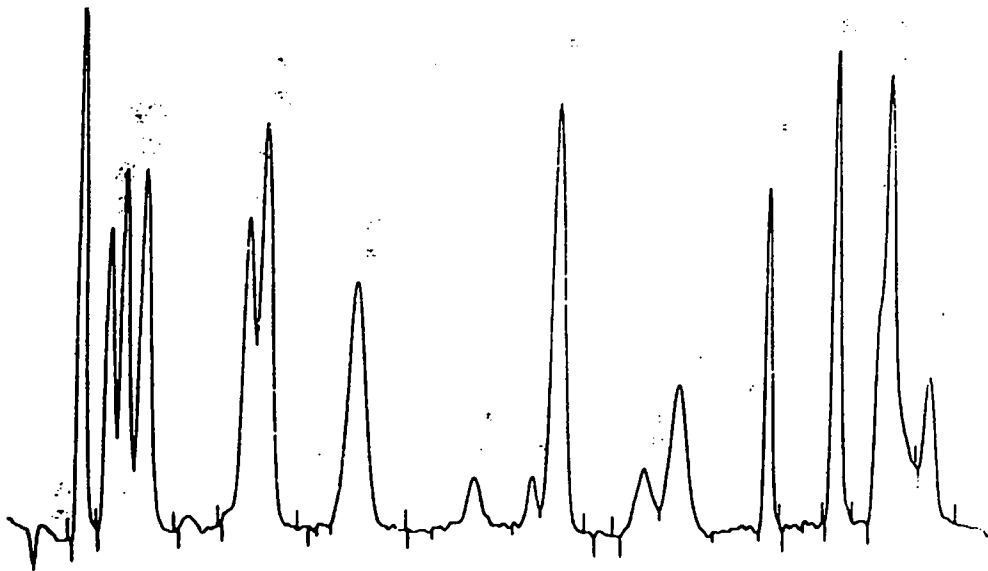


그림 4. -80°C 건조혈액(소혈액)의 아미노산 chromatogram

표 11에서 볼 때 각 처리간의 아미노산 조성은 크게 다르지 않은 것으로 볼 수 있으며 Lysine의 경우 돼지혈액은 실온 보다 가열건조나 동결건조가 다소 높았으며 소혈액의 경우는 동결건조가 가열건조 보다 높은 것으로 나타났으며 Leucine은 소혈액을 동결건조하였을 경우가 훨씬 높은 것으로 나타났다. 따라서 큰 차이는 없는 것으로 나타났으나, 동결건조할 경우 아미노산의 분해가 가장 적은 것으로 평가되었다.

그림5는 건조방법에 따른 소와 돼지의 건조혈액 중 총 아미노산 함량을 비교한 결과로서 냉동건조가 다른 건조방법에 비해 다소 효과적인 것으로 나타났다.

한편 이와 같이 건조방법을 달리하였을 때 소화율에는 어떠한 차이가 있을 것인지를 비교한 결과는 표12와 같다.

표 12. 건조방법에 따른 0.1N HCl에 의한 건조혈액의 용해율

(%)

건조방법 \ Shaking time(hr)		1	2	4
실온	소혈액	33.9	34.0	34.1
	돼지혈액	33.3	33.4	33.5
80℃	소혈액	19.2	21.8	23.7
	돼지혈액	17.6	19.4	21.6
-80℃	소혈액	20.2	21.7	21.7
	돼지혈액	19.2	20.6	20.7

표 12는 0.1N HCl에 대한 건조혈액의 용해율을 실험한 결과로서 -80℃ 에서 동결 건조한 소, 돼지혈액의 용해율이 80℃ 와 실온에서 건조한 혈액보다 비교적 높게 나타났다.

표 13. 건조혈액의 *In vitro*-pepsin 단백질 소화율

(%)

구 분	소 혈 액			돼지혈액		
	실온	80℃	-80℃	실온	80℃	-80℃
소 화 율	98.12	98.09	98.15	98.67	98.60	98.82

한편 건조혈액의 *In vitro*-pepsin 단백질 소화율을 조사한 결과는 표13과 같다. 표 13에서 볼 때 건조방법에 따른 소화율의 차이는 거의 없었고, 소와 돼지의 건조혈액 공히 98% 이상의 높은 소화율을 나타내었다. 따라서 건조혈액의 사료화는 여러측면에서 충분한 검토가 이루어져야 겠지만, 소화율 면에서 볼 때 건조혈액의 사료화는 적합하며 송아지나 자돈사료로서의 개발가치가 높다고 평가되었다.

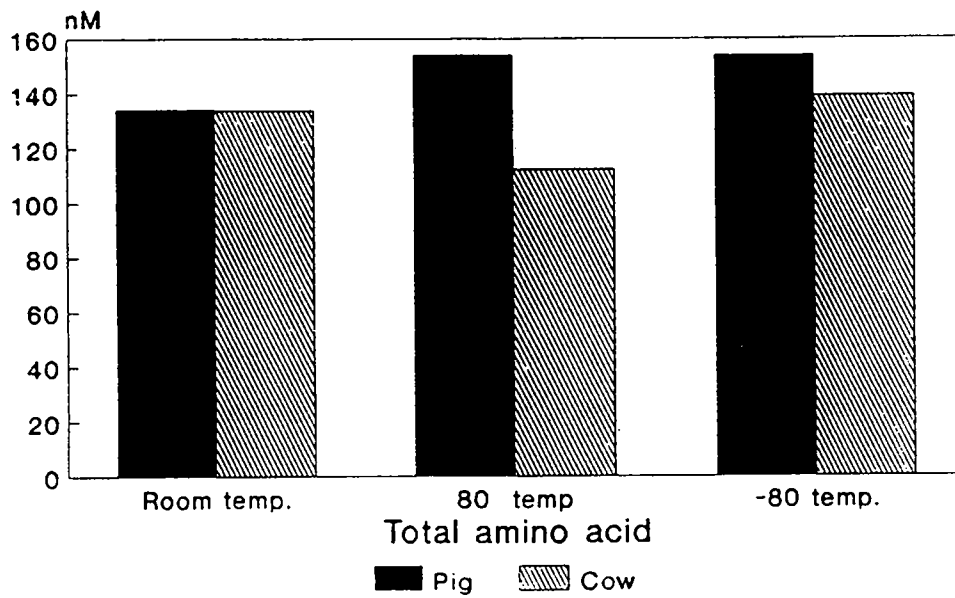


그림 5. 건조방법에 따른 건조혈액의 아미노산 함량

## 제 4 절 결 론

도축혈액이 환경에 미치는 영향을 파악하고 도축혈액을 활용하는 방안을 강구하고자 본 연구를 실시하였다. 도축장시설 현황 및 폐수방류량 그리고 일부 도축시설의 방류수질 및 하천수질을 조사하였고, 아울러 활용방안으로 유기성퇴비와 사료화를 검토하였으며 중요한 결과는 아래와 같다.

1. 1995년 현재 전국의 도축장 시설은 도축장 65개소, 간이도축장 50개소, 도계장 55개소와 간이계장 9개소로 총 179개소로 조사되었다.
2. 대부분의 도축장은 1994년도 처리능력에 못 미치는 수준의 도축을 행하였으며 소는 평균 19.2%, 돼지는 평균 56.4% 정도의 가동율을 나타냈다.
3. 도축시 사용되는 물의 양과 도축두수를 감안하는 경우 폐수처리시설이 부족한 도축장이 많을것으로 판단되었다.
4. 1994년 기준 도축혈액의 방혈량은 소가 1일 27.5 m<sup>3</sup>, 돼지가 1일 101.9 m<sup>3</sup> 로 추산되므로 연간 46,574m<sup>3</sup>이며 BOD 부하량은 약 7,685M/T으로 추정되었다.
5. 충남북 지역의 도축시설은 대부분 방류수질 기준을 평균적으로는 준수하고 있으나 일부 도축장의 경우 시기별로는 방류수질기준 이상으로 배출한다는 것이 도축장의 자가 측정 결과 밝혀졌다.
6. 도축장과 도계장의 원수에 대한 폐수처리 시설의 처리효율은 대체로 BOD 제거율 91.6%, SS 제거율 89.0% 수준으로 평가되었다.
7. 도축시설 하류의 하천수 수질은 비교적 오염도가 높았으므로 방류수 수질기준의 강화와 정기적인 점검이 요구되었다.
8. 도축혈액은 질소성분이 많아 C/N율이 낮기 때문에 적합한 부재료를 첨가하여 C/N율을 조절해 준다면 유기질 비료자원으로서 충분한 가치가 있을 것으로 판단되었다.
9. 건조혈액의 조단백, 조지방, 조섬유의 함량 및 아미노산 조성을 조사한 결과 건조방법간에 뚜렷한 차이는 없는 것으로 나타났으나 동결건조한 혈액의 사료화 성분 함량이 비교적 높게 나타났다.
- 10 건조혈액은 단백질 함량이 높고 98% 이상의 높은 소화율을 보여 사료로서의 활용



가치가 높은것으로 평가되었다.

## 제 5 절 참고 문헌

1. 農林水産主要統計, 1995, 農林水産部
2. 옥삼복, 도축장 폐수처리, 1995, 월간 공해대책 4월호, 39-41
3. 동화기술편찬위원회, 환경오염공정시험법, 1992, 동화기술
4. 농촌진흥청, 토양화학분석법, 1989
5. Association of Official Analytical Chemists, 1990, 15th Ed
6. 김우권의, 가축생리학 제2판, 아카데미서적
7. B. M. Mitruka, Clinical Biochemical and Hematological Reference Values in Normal Experimental Animals and Normal Humans, the 2th, Masson
8. Lowry, C. H., N. J. Rosenbrough, A. C. Farr and R. J. Randall.(1951) Protein measurment with the folin phenol reagent, J. Biol. Chem., 19 :265
9. Mason, V. C., B. Anderson and M. Rudemo. Hydrolysate preparation for amino acid determination in feed institueuts in proc. 3rd EAAP symp. on protein Metabolism and Nutrition vol.1
10. The Merck Vertinary Manual Sixth Ed, 1986, Merck & CO.,INC. Rahway, N.J., USA
11. 맹원재외, 사료분석실험, 1994, 선진문화사,349-350

## 제 5 장 경제성 평가분야

### 제 1 절 서 언

우리나라 농업에서 축산이 차지하는 비중은 갈수록 커지고 있다. 1970년 당시 농업조수익의 5.6%에 불과하던 축산물의 비중은 1995년 24.9%로 늘어났다. 같은 기간 농가소득이 매년 년평균 19.5%, 농업소득이 18.1% 늘어났으며, 농업소득중 농작물부문의 소득이 17.4% 늘어났음에 비해, 축산부문은 25.4%가 늘어나 축산부문이 농업소득, 나아가 농가소득의 증가에 크게 기여하였음을 알 수 있다.

사육두수 또한 크게 증가하여 한우의 경우 1970년 당시 1,286천두에서 1994년 2,393천두로 늘어나 년평균 2.6%씩 증가하였고, 같은 기간 젖소는 13.9%, 돼지는 7.2%, 닭은 5.2%씩 증가하였다. 이와 같은 축산의 비중증가와 규모의 확대는 일면 농업부문에서 경종의 소득원을 확대한다는 점과 증가하고 있는 육류에 대한 수요를 만족시켜 준다는 긍정적인 의미와 함께 축산물에 의한 환경피해가 늘어나고 있다는 부정적인 의미도 제시해 주고 있다.

특히 양돈산업은 국민소득의 증가와 함께 돼지고기 소비는 계속 늘어날 전망이고 또 우리나라의 농업부문 중에서 국제경쟁력이 높은 분야로 평가받고 있으므로 앞으로 더욱 발달할 것으로 생각된다. 따라서 돈육의 생산부문에서는 양돈기술의 생산성 향상으로 국제경쟁력을 갖추어야 하겠으나 이와 함께 돈육의 생산과정에서 발생하는 가축의 배설물에 의한 환경오염과 정육의 생산과정에서 발생하는 혈액을 비롯한 폐기물에 의한 환경오염을 줄일 수 있는 기술도 개발하여야 한다. 축산물에 의한 환경피해는 축산물의 생산과정에서 나타나는 오염물질에 의한 피해와 축산물의 가공과정에서 나타나는 오염물질에 의한 피해로 나눌 수 있다.

축산물의 생산과정에서 발생하는 오염물질로는 가축의 분뇨가 대부분을 차지하고 있으며, 이는 팔당댐 부영양화의 56%를 차지하는 등(최홍림, p.37) 가시적으로 많은 문제를 야기하고 있다. 이와 같은 축산폐수의 적정관리를 위해 1981년 환경보전법에서 대규모 축산시설을 축산폐수배출시설로 규제하였고, 1987년 폐기물관리법에서 중규모의 축산시설에 대하여 축산폐수정화시설의 설치를 의무화하였다. 1991년 '오수 분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률'을 공포하여 축산폐수 관련규

제를 일원화하는 등 각종 대책을 강구하고 있다. 그러나 축산물의 가공과정에서 발생하는 환경오염 특히 정육을 만드는 과정에서 발생하는 가축의 혈액은 대부분 하수로 처리되어 많은 문제를 발생시키고 있음에도 불구하고 이에 대한 피해가 한번도 공식적으로 제기되지 않아 많은 문제를 일으키고 있다.

도축으로부터 발생된 혈액은 폐기할 경우 오염원이 되나, 이를 다른 용도로 이용할 경우 다양한 이용방법이 있어 환경문제를 해결할 수 있을 뿐 아니라 산업용으로도 수익이 있는 사업으로 활용할 수 있다.

대통령께서도 환경공동체 건설을 위한 기본원칙에서 환경과 경제의 통합을 선언하고 있고, 사전예방 및 오염자 부담 원칙을 강조하였다. 이 원칙이 강조될 경우 대부분의 축산농가는 오염방지비를 지불하지 못하여 파멸할 것이고, 설혹 축산농가가 폐수오염 문제를 해결하였다고 하더라도 도축장에서 도축을 하지 못하게 되어 축산농가는 멸망할 것이다.

우리나라는 1995년 이후 연간 1,000만 마리 이상의 돼지를 도살하고 있는데 여기서 발생하는 돼지혈액은 자원화가 가능하나 현재 전량 폐기되어 환경오염을 일으키고 있다. 도축장 환경문제의 심각성은 진작부터 거론되어 왔으나 다 아는 사실로서 떠들지 않았을 뿐이다. 이러한 환경문제와 농업문제를 동시에 해결하는 정책으로 가장 좋은 것이 사전예방에 해당하는 오염원의 생산부문의 활용일 것이다. 일반적으로 가축혈액 1톤을 처리하기 위하여 상수 5톤이 필요하고 이들 대부분이 하수로 방류되어 오염을 일으키고 있고, 또 이를 폐수종말처리장으로 유입시켜 폐수를 처리할 경우에도 하루 300-400마리 정도를 처리하는 소규모 도축장의 경우에도 월 300-400만원의 폐수처리비가 든다는 현실을 감안하여 불 때 가축혈액을 이용하여 다른 유용한 물질을 생산할 경우 이에 의한 환경의 피해를 줄일 수 있을 뿐 아니라 새로운 재화에 대한 수요의 창출로 앞으로 국내 가축의 생산기반을 확대하는데 적으나마 도움을 줄 수 있어 매우 바람직한 일이라고 볼 수 있다. 이와 함께 여기서 만들어지는 물질은 천연의 제품이므로 화학적 용품을 대신하여 사용하므로써 환경규제를 회피할 수 있다면 더욱 좋을 것이다.

폐기물 정책의 방향은 첫째, 자원을 절약하고 폐기물을 최소화하는 것이다. 라이프 사이클의 각 단계에서 폐기물의 발생을 원천적으로 줄이고, 불가피하게 발

생하는 폐기물은 재이용, 재활용 등의 방법에 의하여 최종처분되는 폐기물을 최소화하는 것이다.

둘째는 폐기물을 자원화하는 것이다. 폐기물이 자원으로 순환이용될 수 있도록 제품의 재활용성을 제고하고, 폐자원의 효율적인 회수체제를 구축하며, 재활용산업을 활성화하는 등 종합적이고 효율적인 리사이클링시스템을 구축하여 자원화하여야 한다.

셋째, 폐기물의 최종처분에 있어서 수질오염, 토양오염, 대기오염 등 환경오염을 최소화하는 것이다(환경백서 1996, p.284).

1972년 스톡홀름선언에서부터 시작된 세계환경규제는 1992년 리오선언문을 낳게 되었고 환경에 대한 규제를 강화하고 있다. 이 것이 세계무역을 규제하는 힘을 그린라운드라고 한다. 그린라운드는 우루과이라운드 이후 설립된 세계무역기구체제의 성립과 함께 세계무역을 규제하는 주요한 축의 하나라고 볼 수 있다. 따라서 환경보전적 제품의 개발은 그린라운드내에서 수출을 확대하는 아주 효과적인 방법으로 볼 수 있다.

특히 목재판상제품에서 사용되는 접착제에서 발생하는 포름알데히드는 우리나라 KS규격은 5ppm이나 선진국에서는 1ppm으로 그 사용량을 제한하고 있어 이런 규제가 계속될 경우 우리나라의 목재판상제품은 수출이 불가능해질 뿐 아니라 목재판상제품을 사용하여 만든 가구나 건축자재 시장에도 많은 영향을 미치게 될 것이다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 가축폐기물의 하나인 혈액을 이용하여 접착제나 포름알데히드 포착제를 만드는 일은 환경측면에서나 목재판상제품의 국제경쟁력을 강화하는데 매우 중요한 일이라 아니할 수 없다. 이런 제품의 생산은 기술적으로도 가능하여야 하지만, 만들어진 제품이 시장에서 판매될 수 있는가를 분석하는 것 또한 중요한 일이 아닐 수 없다.

신제품에 대한 수요의 분석 및 가격의 산정은 기존의 제품과는 다른 형태를 띠게 된다. 우선 신제품의 생산이 기술적으로 가능하여야 하며, 그 다음에 만들어진 제품이 기술적으로나 가격적으로 경쟁력을 가져야 한다. 혈액에서 추출한 물질로 접착제를 만들 경우에도 이런 논리는 마찬가지이다. 기술적으로 혈액접착제와 포

름알데히드 포착제의 생산이 가능하여야 하며, 여기서 만들어지는 제품이 기존의 접착제에 비해 접착력이 같거나 우수하여야 할 뿐 아니라 가격경쟁력이 있어야 한다. 물론 기존의 제품과 비교하여 가격경쟁력이 없다면 축산물 가공과정에서 발생하는 환경오염을 방지하는 데 대한 보상으로 폐수처리비 이내에서 보조금이 지급될 수 있을 것이다.

본 연구는 이런 목적을 달성하기 위하여 수행하고 있는 도축 폐기물로부터의 새로운 혈액합성접착제의 개발과 목재판상제품의 특성에 관한 연구의 소과제로 혈액합성접착제 개발의 경제적 의의를 분석하는 것이다. 연구의 구체적 목적은 다음과 같다.

첫째, 도축혈액 으로 만들어진 제품의 경제성을 분석하는 것이다. 이는 처리방법에 따라 달라지게 되는데 蒸煮法에 의한 아미노산 제조와 혈액중 혈장의 침전물로 만들어지는 혈액접착제 생산의 경제성 분석을 하는 것이다.

둘째, 도축혈액을 처리하는데 따른 총효과를 분석한다. 여기에는 도축혈액의 처리로 인해 발생하는 환경오염방지효과와 혈액으로 만든 신제품 생산의 경제적 효과를 분석할 것이다.

보다 구체적으로 혈액접착제와 관련하여

첫째, 혈액접착제 생산에 드는 비용을 분석하여 기존의 접착제와 가격을 비교하는 것이다. 접착력등 품질과 관련된 제품의 가격이 가격경쟁력이 있을 경우 제품의 생산을 생산자에게 맡기면 되나 가격경쟁력이 없을 경우 어느 정도의 보조로 경제성을 유지할 수 있겠는가 하는 것 까지도 분석하여야 한다. 왜냐하면 혈액접착제의 생산은 공해발생방지 등 외부효과가 크기 때문이다.

둘째, 혈액접착제 제조공장의 경영을 분석함으로써 제조공장의 자립적 경영이 가능할 수 있을 것인가를 분석한다. 물론 여기서는 가격과 수요가 중요한 역할을 한다. 가격에 따른 수요를 계산하여 제조공장의 재무적 분석을 시도한다.

셋째, 접착제 수요량을 추정한다. 접착제의 수요는 목재판상제품의 생산량과 전망등을 고려하여 판단해야 하므로 일차적으로 목재판상제품의 수요량을 추정한 후 접착제의 수요량을 계산하였다.

아미노산제조와 관련된 증자법은 접착제와 유사하다.

환경오염방지비용과 관련하여

첫째, 혈액공급량을 추정한다. 환경오염을 발생하는 가축혈액을 처리함으로써 기대되는 이익을 계산하기 위해서는 혈액공급량을 계산하여야 한다. 공급되는 혈액은 소와 돼지의 도축과정에서 얻게 되는데 도축과정에서 발생하는 혈액량을 추정하여 기초자료를 얻고자 한다.

둘째, 공해방지비용을 계측하는 일이다. 공해방지비용의 계측은 폐수처리장을 건설하는 경우와 폐기물 처리업자에게 위탁할 경우 등으로 나누어서 계산하였다.

## 제 2 절 가축 도축량 및 혈액량의 추정

### 1. 연구의 개요

가축의 혈액은 혈액접착제의 원료로서 기능한다. 따라서 우리가 여기서 필요로 하는 것은 수입물량을 포함한 축산물의 총공급량이 아닌 가축의 국내공급량이다.

소와 돼지는 우리나라 농업에서 쌀 다음가는 주요한 화폐공급원으로 가축폐기물인 혈액을 이용할 수 있는 방안을 찾을 경우 축산기반을 조성하는데도 도움을 주게 된다. 생산된 축산물은 도축장을 거쳐 1차 가공된 후 유통경로를 거쳐 소비자에게 공급되므로 도축장부터 살펴보기로 하자.

표 4-1은 우리나라의 도축장 현황을 본 것이다. 우리나라에는 115개소의 도축장이 있는데 이 중 70개소는 도축장, 65개소는 간이도축장이며 간이도축장중 2개소는 육가공장 부설 도축장이다. 이 곳에서 하루에 소 10,975두, 돼지 69,306두를 처리할 능력이 있으며, 1994년에 처리한 실적은 소 2,304두, 돼지 33,951두로 처리능력의 각각 21.2%와 49.0%를 처리하고 있다.

이를 지역별로 보면 서울이 소 처리능력의 4.9%, 돼지 처리능력의 8.7%에 불과하나, 실제로 처리한 것은 각각 9.6%, 17.6%로 처리능력에 비해 실제로 도축한 비율이 높았다. 소는 처리능력의 41.3%, 돼지의 경우 98%를 가동하고 있다. 부산과 대구도 활용도가 높았으나, 광주와 전남북은 소 처리능력의 20%도 활용하지

못하고 있으며, 돼지의 경우도 광주와 전남이 각각 15.4%, 19.5%로 처리능력에 비해 도축량이 적었다.

표 4-1 도축장 현황

지역	도축장	간이 도축장	계	처리능력(두/일)		'94도축(두/일)		도축/처리능력(%)	
				소	돼지	소	돼지	소	돼지
서울	3	-	3	537	6,000	222	5,981	41.3	98.2
부산	2	-	2	600	3,000	169	2,034	28.2	67.8
대구	1	-	1	160	1,100	84	922	52.5	83.8
인천	1	-	1	300	2,000	32	1,098	10.7	54.9
광주	2	-	2	2,200	3,000	64	461	2.9	15.4
대전	1	1(1)	2(1)	100	1,000	12	470	12.0	47.0
경기	10	10	20	1,435	12,610	409	7,488	28.5	59.4
강원	7	6	13	1,060	4,700	202	1,312	19.1	27.9
충북	6	1	7	465	5,460	124	3,015	26.7	55.2
충남	7	5	12	523	5,752	133	2,842	25.4	49.4
전북	5	7	12	890	2,800	172	1,698	19.3	60.6
전남	5	7	12	690	5,950	133	1,158	19.3	19.5
경북	7	7	14	900	7,690	289	1,858	32.1	24.2
경남	7	6(1)	13(1)	1,065	7,244	261	3,200	24.5	44.2
제주	1	-	1	50	1,000	18	414	36.0	41.4
계	65	50(2)	115	10,975	69,306	2,324	33,951	21.2	49.0

자료; 농림수산부 가축위생과.

## 2. 혈액공급량의 추정

가. 개관

혈액접착제의 원료가 되는 혈액공급량을 추정하기 위하여 1970년부터 1994년까지의 시계열자료를 이용하였다. 소고기는 수요와 국내공급량의 차이는 수입을 통해 해결하였다. 돼지고기는 약간의 수출물량이 있으나 공급과 수요가 거의 일치하므로 공급량을 그대로 사용하였다.

표 4-2는 우육 및 돈육의 수요와 공급을 본 것인데 1994년 현재 소고기의 공급은 14만 7천톤으로 1970년과 비교하여 볼 때 약 4배가 증가한 것이다. 이에 비해 수요는 동기간 28만톤으로 7.2배가 증가하였다. 이를 년평균으로 보면 공급은 5.9%씩 증가하였으나, 수요는 8.6%씩 증가하였다. 1976년 소고기가 수입된 이후 수입물량은 계속 증가하여 1991년 이래 10만톤을 넘게 수입하고 있어 자급율은 55%에 불과하다. 돼지고기는 1970년 당시 수요와 공급이 8만3천톤에서 61만4천톤으로 년평균 8.7%씩 증가하여 닭고기(7.3%)와 함께 소비가 급증하였으나 1990년 이후 증가추세가 둔화되고 있다. 1990년까지의 증가율은 년평균 9.0%였으나 1990-1994년은 이에 못미치는 5.0%의 증가율을 보이고 있다.

표 4-2 우육 및 돈육의 수요와 공급

단위;천M/T

년도	우육(공급)	우육(수요)	자급율	돈육
1970	37.3	37.3	100.0	83
1973	44.9	44.9	100.0	90
1975	70.3	70.3	100.0	107
1978	74.3	114.7	64.8	172
1980	93.1	100.0	93.1	235
1983	66.1	115.5	57.7	295



1985	115.7	120.4	96.1	345
1988	132.2	141.5	93.4	432
1990	94.8	180.6	52.5	506
1993	129.6	233.0	56.3	618
1994	147.3	269.8	54.6	614
년증율(%) <sup>1)</sup>	5.9	8.6		8.7

주1) 1970-1994 년평균증가율

자료; 농림수산주요통계, 해당년도.

#### 나. 소고기 국내공급량 추정

일반적으로 수요 또는 공급의 추정은 아래와 같은 수요, 또는 공급함수를 사용하여 하나 이렇게 할 경우 다른 모든 변수 특히 다른 재화의 가격을 추정하여야 한다. 이렇게 할 경우 너무 복잡하고, 또 본 연구의 범위를 벗어나므로 여기서는 단순회기모형에 의해 필요한 공급량을 추정하였다.

$$D = f(P_i, P_j, Y, T_a, P_n, A)$$

$$S = f(P_i, P_j, F_n, T, G)$$

$P_i$ ; 해당재화의 가격

$P_j$ ; 다른 재화의 가격

$Y$ ; 소득

$T_a$ ; 소비자의 기호

$P_n$ ; 인구

$A$ ; 소득분포

$F_n$ ; 생산요소의 가격

$T$ ; 기술수준

$G$ ; 기업의 목표

소고기의 국내공급량을 추정하기 위하여 사용한 모형과 그 결과는 다음과 같

다.

$$\text{모형 : } \ln y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + e_t$$

$$\ln y_t = 3.7643^{**} + 0.04808^{**} x_t$$

(40.65)      (7.72)

$$R^2 = 0.7215, \quad DW = 0.57$$

다. 돼지고기 국내공급량 추정

돼지고기의 국내공급량을 추정하기 위하여 사용한 모형과 그 결과는 다음과 같다.

$$\text{모형 : } y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + e_t$$

$$y_t = -20.870 + 24.107^{**} x_t$$

(-1.26)      (21.57)

$$R^2 = 0.9529, \quad DW = 0.55$$

라. 혈액공급량 추정

위의 모형으로 추정된 소와 돼지의 국내공급량에서 소는 7.7%, 돼지는 3-5% (김우권외, p.24)를 곱하였다. 그 결과 추정된 공급가능한 소와 돼지의 혈액량은 표 4-3과 같다. 그런데 실제로 채취가능한 방혈량은 이의 50%에 불과하므로 접착제의 원료로서 사용할 수 있는 양은 이의 절반 정도로 보는 것이 타당할 것이다. 2000년에는 소에서 약 7천톤, 돼지에서 1만-1만 8천톤, 2005년에는 소에서 약 9천톤, 돼지에서 1만 2천-2만톤의 혈액을 혈액 접착제의 원료로 공급받을 수 있을 것으로 추정된다.

표 4-3 소와 돼지의 혈액량 추정

년도	소고기 (천M/T)	소혈액 (M/T)	돼지고기 (천M/T)	돼지혈액 (M/T)
1994	147.3	11,342.1	614	18,420-30,700
1998	173.9	13,390.3	678.2	20,346-33,910
2000	191.5	14,745.5	726.4	21,792-36,320
2003	221.2	17,032.4	798.8	23,964-39,940
2005	243.5	18,749.5	847.0	25,410-42,350
년증율 <sup>1)</sup>	4.7		3.0	

주1) 1994-2005 년평균증가율.

그런데 소의 혈액은 18/당 4,800-5,000원으로 가격이 형성되고 있어 활용되고 있으므로 본 연구에서는 완전히 폐기되는 돼지의 혈액을 처리하는데 대한 경제성을 분석하였다.

### 제 3 절 목재판상제품 및 목재판상제품 생산에 필요한 접착제 수요의 추정

#### 1. 연구의 개요

목재판상제품(wood-based panels)이란 목재를 가공하여 접착한 것이다. 즉 원목과 접착제를 주 원료하는 목재판상제품에는 합판(plywood), 하드보드(hard board), 파티클보드(particle board), 중밀도섬유판(MDF)등이 있으며, 각각의 원료와 쓰임새는 조금 다르다. 합판은 양질의 대경목을 원재료로 사용하며 합판생산

이 노동집약적 산업임에 비해, 다른 제품은 목재폐잔재(wood chip)나 이와 유사한 섬유질 재료(flax, sugar cane, baggase) 또는 소경목을 사용하며, 자본집약적 산업이라는 차이가 있다.

여기서는 목재판상제품생산에 필요한 접착제의 수요를 추정하기 위하여 먼저 목재판상제품의 생산량을 추정하고 추정된 목재판상제품을 생산하기 위하여 어느 정도의 접착제가 필요한가를 보고자 한다.

표 4-4는 목재판상제품의 국내공급량을 본 것이다. 목재판상제품은 합판이 주종을 차지하고 있었으나 최근에는 합판 원자재의 부족과 파티클보드나 중밀도섬유판의 기술향상으로 합판의 수요는 감소하고 있으며, 다른 목재판상제품에 대한 수요가 늘어나고 있다. 1980년대 초반까지만 하여도 합판은 목재판상제품의 90% 이상을 차지하고 있었을 뿐 아니라 수출산업으로 목재시장을 이끌고 있었으나 그 이후 급격히 감소하였으며, 하드보드는 1990년대 이후 빠른 속도로 늘어나고 있으나 국내 목재판상제품의 10% 미만에 그치고 있다. 파티클보드는 합판을 대신하여 1988년 이래 10%를 넘어 1993년에는 1/4 이상을 차지하고 있다. 중밀도섬유판은 1986년 생산되어 그해 1% 수준이었으나 1992년에는 20%를 상회하고 있다. 즉 목재판상제품의 국내공급량이 년평균 8.2%씩 증가하였음에 비해 합판은 5.4%의 증가에 그쳤다. 1979년까지 합판은 년평균 50%이상 국내공급량이 늘어났으나 그 이후 감소하고 있으며, 특히 1990년대 이후의 감소현상이 두드러지고 있다. 하드보드는 년평균 9.8%씩 증가하였으며, 파티클보드는 16.4%, 중밀도섬유판은 57.5%씩 급속히 증가하고 있어 앞으로 우리나라의 목재판상제품의 공급은 파티클보드와 중밀도섬유판이 담당할 것으로 보여진다.

표 4-4 목재판상제품의 국내공급량

단위; m<sup>3</sup>,(%)

년도	합판	하드보드	파티클보드	중밀도섬유판	공급량
1970	233,700(89.6)	14,545(5.6)	12,704(4.8)	-	260,949
1973	297,544(92.0)	9,483(2.9)	16,375(5.1)	-	323,402
1975	500,557(95.1)	7,770(1.5)	18,111(3.4)	-	526,438
1978	908,809(95.7)	13,868(1.5)	26,569(2.8)	-	949,246
1980	667,645(91.8)	11,399(1.6)	47,933(6.6)	-	726,977
1983	1,075,793(93.2)	11,647(1.0)	67,502(5.8)	-	1,154,942
1985	1,024,151(93.8)	13,766(1.3)	53,885(4.9)	-	1,091,802
1988	1,075,979(81.0)	20,271(1.5)	170,857(12.9)	61,362(4.6)	1,328,469
1990	1,011,179(75.3)	53,717(4.0)	165,103(12.3)	113,163(8.4)	1,343,162
1993	779,227(49.1)	125,870(7.9)	414,242(26.1)	268,442(16.9)	1,587,781
년증율 <sup>1)</sup>	5.4	9.8	16.4	57.5	8.2

주1) 1970-1993 년평균증가율, 단 MDF는 1986-1993 년평균 증가율.

자료; 산림청, 1994.

## 2. 기존연구의 검토

목재판상제품 전체에 대해 수요를 추정하는 것은 없으며, 대부분 목재판상제품중 생산량이 가장 많은 합판의 수요를 예측하였다.

합판의 수요를 처음으로 예측한 논문은 손(1976)이 처음인데 그는 한국합판산업의 수요분석과 예측이라는 그의 석사학위논문에서 예측기간(1976-1981)동안 년평균 국내수요는 13.9%, 수출수요는 16.9-22.3%의 신장율을 보일 것으로 전망하

였다.

한편 오와 이(1980)는 예측기간(1966-1977)동안 국내 목재수요량은 년평균 8.2%씩 증가할 것이라고 예측하였다.

김과 정(1987)은 예측기간(1986-1991)동안 국내합판수요의 증가율을 9.4%로 추정하였다.

이와 같이 기존의 연구가 8.2%-22.3%까지 높게 나왔지만 실제 합판의 생산량은 1978년 279만 $m^3$ 을 정점으로 감소하고 있으며, 국내공급량도 앞의 표4-4에서 보는 것처럼 1983년 108만 $m^3$ 을 정점으로 감소하고 있다. 이렇게 된 이유는 제2차 석유파동 이후 세계 각국의 자원보존정책으로 원료인 원목가격의 폭등과 함께 원료목을 구하기 힘들게 되었기 때문이며, 국내에서도 노임상승 등의 이유로 노동집약적 산업인 합판의 입지가 더 이상 존재하기 어려워졌기 때문이다. 이와 함께 목재를 절약하는 판상제품의 개발로 수요가 전이된데도 그 원인이 있다.

1990년에 세계의 원목은 1,171백만톤의 생산에 85백만톤이 수출되어 수출율이 7%이나 합판은 32백만톤의 생산에 11백만톤이 수출되어 수출율이 33%에 이르는 것(French, p.11)은 원목 생산국이 원목의 수출을 감소시키고 대신 합판을 수출하여 부가가치를 국내에 남기는 전략으로 전환하여 우리나라와 같은 원목 수입국은 원목을 구하기가 더욱 힘들어진다는 사실을 보여주고 있다.

1994년의 경우 우리나라는 인도네시아에서 746천 $m^3$ , 말레이시아에서 168천 $m^3$ 을 수입하는 등 모두 1,003천 $m^3$ 을 수입하여 5억\$ 이상을 합판을 수입하는데 사용하였다. 이와 같은 현상은 앞으로 계속될 것이다. 이에 따라 최근에는 합판의 생산량, 수요량이 모두 감소하고, 파티클보드나 화이버보드(fiberboard; HB와 MDF)의 수요량이 증가할 것(이영기, p.7)이라는 전망이 나오고 한다.

### 3. 목재판상제품의 수요추정

#### 가. 연구방법

목재판상제품의 수요를 추정하기 위하여 목재판상제품의 생산량과 국내소비량간의 관계를 연구하는데 1970-1993년간의 시계열 자료를 이용하였다. 중밀도섬유

판은 최근에 개발된 것으로 생산기간이 짧아 별도의 추정을 하지 않고 잔여범으로 계산하였다.

#### 나. 생산량 추정

##### 1) 목재판상제품의 총 생산량 추정

표 4-5는 목재판상제품의 총생산량과 국내공급량을 본 것이다. 목재판상제품의 생산은 1978년을 정점으로 한동안 감소되었으나 최근 신제품의 개발로 다시 늘어나는 추세에 있다.

1970년대만 하여도 목재판상제품의 거의 전량은 수출되었으며 국내공급율이 20%수준에 있어 당시에는 가장 수출량이 많은 수출전략상품의 하나였다. 그러나 원자재의 부족과 노임의 상승, 국내수요량의 증가로 목재판상제품의 대부분은 국내에서 소비되게 되었다. 1990년도에는 생산량의 90% 이상을 국내에서 소비하고 있다. 즉 1970-1993년까지 생산량은 년평균 2%씩 증가하였으나, 국내공급량은 8.2%씩 증가하여 국내 공급의 증가가 생산 증가의 4배 이상이나 되었다. 특히 생산량은 1970-1978 까지는 년평균 11.5%나 증가하는 성장산업이었으나 그 이후 년평균 2.7%나 감소하고 있다.

표 4-5 목재판상제품의 총생산량 및 국내공급량

단위: m<sup>3</sup>

년도	생산량(A)	공급량(B)	국내공급율(B/A%)
1970	1,097,978	260,949	23.8
1973	1,958,465	323,402	16.5
1975	1,863,867	526,438	28.2
1978	2,621,101	949,246	36.2
1980	1,656,568	726,977	43.9
1983	1,568,406	1,154,942	73.6

1985	1,296,029	1,091,802	84.2
1988	1,519,765	1,328,469	87.4
1990	1,455,608	1,343,162	92.3
1993	1,739,775	1,587,781	91.3
년증율 <sup>1)</sup>	2.0	8.2	

주1) 1970-1993 년평균증가율.

자료; 산림청.

목재판상제품의 총수요를 예측하는 모형은 더미가 증가하는 모형으로 자연대수함수에 의한 1차함수의 형태를 사용하였다. 예측결과 통계치와 설명변수가 다음과 같이 나타났다.

모형 :  $\ln y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \beta_2 D_t + e_t$

$$\ln y_t = 13.936^{***} + 0.31764^{***} \ln X_t - 0.61963^{***} D$$

(164.53)      (6.33)              (-7.45)

$$R^2 = 0.7267, \quad DW = 0.95$$

## 2) 합판의 생산량 추정

우리나라 합판산업의 역사 및 현황을 보면 표 4-6과 같다. 1916년 당시 부산의 성창기업에서 최초로 합판을 생산하여 부산과 인천, 군산과 같은 항구도시에서 합판산업이 발전하였다. 원자재를 수입에 의존하고 있는데다 건조 등의 편리성 때문에 항구도시를 중심으로 발전되어 왔다. 특히 합판은 1960년대에는 수출 특화산업으로 지정되어 1970년대 중반까지 세계 제1위의 수출국이었으나(박명도, p.81), 1970년대 말 이후 원자재의 구급난이나 노임의 상승과 같은 대내적, 대외적 이유로 설비의 감축이 나타나고 있다.



표 4-6 합판업체 현황

회사명	소재지	설립년도	년간생산능력CM
성창기업	부산	1916	240,000
대성목재	인천	1936	170,000
새 품	군산	1953	130,000
선창산업	인천	1959	280,000
동일목재	부산	1969	40,000
이건산업	인천	1972	200,000
동영물산	부산	1979	20,000
삼원실업	부산	1979	10,000
선우목재	군산	1985	90,000

합판의 생산량, 국내공급량 및 수입량을 보면 표 4-7과 같다. 합판의 생산량은 앞에서 설명한 것처럼 1978년을 정점으로 하여 감소하기 시작하였다. 1970년대 국내소비량은 생산량의 20-30%로 70-80%를 수출하였으나 최근에는 국내수요가 90%에 달하고 있을 뿐 아니라 1993년의 경우 수요량의 절반이상을 수입에 의존하고 있을 정도로 많은 양을 수입하고 있다. 따라서 합판산업은 앞으로 수출산업으로서 성장할 가능성은 거의 없으며, 수입대체산업으로 남아있게 될 것이다. 이와 같이 합판은 생산량이 감소추세에 있으며, 소비도 줄어들고 있다.

표 4-7 합판의 생산량, 국내공급량 및 수입량

년도	생산량(m <sup>3</sup> )	공급량(m <sup>3</sup> )	국내공급율(%)	수입량(천m <sup>3</sup> )	수입율(%)
1970	1,067,261	233,700	21.9		
1973	1,866,393	297,544	15.9		
1975	1,808,621	500,557	27.7		
1978	2,556,980	908,809	35.5		
1980	1,574,930	667,645	42.4	23	3.3
1983	1,490,984	1,075,793	72.2	11	1.0
1985	1,227,213	1,024,151	83.5	17	1.5
1988	1,267,275	1,075,979	84.9	351	22.5
1990	1,123,625	1,011,179	90.0	735	41.2
1993	897,903	779,227	86.8	1,153	56.2
년증율 <sup>1)</sup>	- 0.7	5.4		35.1	
년증율 <sup>2)</sup>	11.5	18.5			
년증율 <sup>3)</sup>	- 6.7	- 1.0			

주1) 1970-1993 년평균증가율, 단 수입은 1980-1993 년평균증가율.

2) 1970-1978 년평균증가율.

3) 1978-1993 년평균증가율.

자료; 산림청, 1994.

이를 년평균증가율로 살펴보기로 하자. 1970-1993년의 평균을 보면 생산량은 년평균 0.7% 감소, 국내공급량은 5.4%증가로 위에서 언급한 현상이 뚜렷이 나타나고 있지는 않지만 이를 제 2차 석유파동이 일어난 1978년을 기점으로 나누어 보면 그 이전에는 생산량 년 11.5% 증가, 국내공급량 년 18.5% 증가로 증가현상

이 뚜렷이 나타나고 있었으나 그 이후에는 생산량 6.7%감소, 국내공급량 년 1.1%감소하였다. 특히 수입물량은 1980년 이후 년평균 35%씩 급격히 늘어나고 있어 원자재가 부족한 우리나라에서 합판산업 성장의 한계를 보여주고 있다.

합판의 생산량 추정은 독립변수를 자연대수로 취하고 종속변수에서 더미 변수가 추가적으로 증가하는 모형을 선택하였다.

$$\text{모형 : } \ln y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \beta_2 D_t + e_t$$

$$\ln y_t = 14.031 + 0.0510^{***} X_t - 0.11312^{***} D_t$$

(147.38) (3.91) (-6.02)

$$R^2 = 0.7518, \quad DW = 0.77$$

### 3) Hard Board의 수요추정

하드보드는 1961년 안양의 삼영 하드보드 공장이 그 시초이다. 그 후 1970-1993년 기간동안 생산이나 수요가 년평균 10% 이상 증가한 목재판상제품이다. 1970년대에는 수출도 하였으나 1982년 이래 수출을 하지 못하고 있다가 1993년에 들어서야 작은 양이나마 수출되고 있다.

하드보드는 다른 목재판상제품과는 달리 습식으로 제조되고 있으므로 환경문제를 야기하게 된다. 따라서 새로운 기술의 개발이 없는 한 생산량이 비약적으로 늘어날 것으로 보이지는 않으며, 지금까지 증가율은 높았지만 국내목재판상제품에서 차지하는 비율은 낮다.

표 4-8 하드보드의 생산량 및 국내공급량  
단위; m<sup>3</sup>

년도	생산량	공급량	국내공급율(%)
1970	14,545	14,545	100.0
1973	16,624	9,483	57.0
1975	16,358	7,770	47.5
1978	18,725	13,868	74.1
1980	14,069	11,399	81.0
1983	11,647	11,647	100.0
1985	13,766	13,766	100.0
1988	20,271	20,271	100.0
1990	53,717	53,717	100.0
1993	138,218	125,870	91.1
년증율 <sup>1)</sup>	10.3	9.8	

주1) 1970-1993 년평균증가율

자료; 산림청, 1994.

하드보드의 생산량을 추정하는 모형은 합판의 추정모형과 같다

$$\text{모형 : } \ln y_t = \beta_0 + \beta_1 x_t + \beta_2 D_t + e_t$$

$$\ln y_t = 8.9442^{***} + 0.14018^{***} X_t - 1.4144^{***} D$$

(50.82)          (6.23)          (-4.48)

$$R^2 = 0.6642, \quad DW = 1.40$$

#### 4) Particle Board의 수요추정

우리나라에서 PB산업의 현황을 보면 표 4-9와 같다. 파티클보드는 1963년 대성목재에서 처음으로 만들어져 1970년대에 동화산업이 건설되었고, 1980년대 후반부터 1990년대 초에 인천과 아산, 울산에 세 공장이 건설되어 생산량이 급격히 늘어났다. 파티클보드 공장은 합판과 마찬가지로 항구도시에 분포되어 있다. 인천이 중심지이며, 아산과 울산에 최근 대규모의 공장이 건설되어 가동중에 있다.

표 4-9 파티클보드공장 현황

회사명	소재지	설립년도	일생산능력CM
대성목재	인천	1963	550
동화기업	인천	1978	150
원창기업	인천	1988	230
동인보드	아산	1992	400
성창기업	울산	1992	400

파티클보드의 생산량 및 국내공급량을 보면 표 4-10과 같다. 초기에는 소판위주로 생산되어 1985년까지 년평균 8.5% 증가하였으나 도장등 표면가공기술의 발달로 용도가 다양화되어 그 이후 년평균 30%에 가까이 성장하였다. 특히 1980년대 국내 주방가구 시장의 성장과 함께 생산량이 급격하게 늘어 1993년에는 1983년 대비 6.6배나 늘어날 정도로 급속히 성장하였다.

파티클보드는 일부 수출도 하고 있으나 수입물량이 1994년의 경우 401천m<sup>3</sup>로 7천만\$에 달한다. 이와 같이 파티클보드는 목재판상제품중 앞으로 수요가 늘어나는 성장산업으로 볼 수 있다.

표 4-10 파티클보드의 생산량 및 국내공급량

년도	생산량(m <sup>3</sup> )	공급량(m <sup>3</sup> )	국내공급율(%)
1970	16,172	12,704	78.6
1973	75,448	16,375	21.7
1975	38,888	18,111	46.6
1978	45,396	26,569	58.5
1980	67,569	47,933	70.9
1983	65,775	67,502	102.6
1985	55,050	53,885	97.9
1988	170,857	170,857	100.0
1990	165,103	165,103	100.0
1993	435,212	414,242	95.2
년증율 <sup>1)</sup>	15.3	16.4	

주1) 170-1993 년평균증가율.

자료; 산림청, 1994.

파티클보드의 용도별 구성비를 보면 표 4-11과 같다. 우리나라에서는 아직까지도 주방가구용이 50%를 상회할 정도로 PB는 주방가구 시장과 밀접한 관련이 있으나, 일본이나 독일에서는 일반가구나 건축자재, 내장재로 이용되고 있다. 따라서 우리나라에서도 앞으로는 일반가구 및 사무용가구, 전자제품용, 선박내장재나 기타 다른 용도로 쓰임새가 늘어날 것으로 생각되고 있다.

표 4-11 파티클보드의 국가별, 용도별 구성비

단위:%

우리나라		일본		독일	
부엌용가구 50-55	가구,문	55.6	가구	50	
일반가구 10	건축자재	28.6	문,내장재	30	
전기제품 10	전기제품	14.1	건축자재	10-15	

자료; 이화형, p.6.

파티클보드의 생산량 추정은 종속변수와 시계 독립변수는 자연대수를 취하고 더미 변수는 증가하는 모형을 취하였다.

$$\text{모형 : } \ln y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln X_t + \beta_2 D_t + e_t$$

$$\ln y_t = 9.9081^{**} + 0.40955^{**} x_t + 0.08742^{**} D_t$$

(39.12)          (3.02)          (3.81)

$$R^2 = 0.8226, \quad DW = 1.35$$

#### 5) 증밀도섬유판의 수요추정

증밀도 섬유판은 1960년대 미국에서 개발되어 1970년에 들어서야 상업적으로 생산이 시작된 신제품이다. 우리나라에서는 1986년 동화기업이 생산을 시작하여 다른 몇 개의 기업이 뒤따르고 있다. 공장의 수는 5개에 일생산능력은 1,100CM이며, 위치는 인천이 중심으로 3개의 공장이 있으며, 군산과 아산에 각각 공장이 하나씩 있다.

표 4-12 중밀도섬유판 공장현황

회사명	소재지	설립년도	일생산능력CM
동화기업	인천	1986	200
청담물산	인천	1989	230
대성목재	인천	1989	180
청구물산	군산	1990	230
동인보드	아산	1991	270

중밀도섬유판의 생산량, 국내공급량 및 수입량을 보면 표 4-13과 같다. 초기에는 대부분을 수입에 의존하고 있었으나 1990년대 이후 국내공장의 신증설로 수입의존도는 크게 낮아졌다. 국내생산은 1986년 생산이 시작된 이래 1992년 까지 년평균 70% 이상의 급격한 증가율을 보일 정도로 각광을 받았다. 그러나 파티클 보드보다 원료선택성이 까다롭고, 제조시의 소비전력양이 약 2배나 더 들므로 가격이 우리나라나 일본의 경우 1.5배, 독일의 경우는 2배나 비싸다(박종영, P.80). 그럼에도 불구하고 무늬목을 접착하거나 표면에 직접 도장하는 등 가공성이 여타의 판상재에 비해 우수하여 앞으로도 쓰임새가 계속 늘어날 것으로 본다.



표 4-13 중밀도섬유판의 생산량, 국내공급량 및 수입량

년도	생산량(m <sup>3</sup> )	공급량(m <sup>3</sup> )	수입량(천m <sup>3</sup> )	수입율(%)
1986	11,158	11,158	41	79
1988	61,362	61,362	56	48
1990	113,163	113,163	97	46
1991	241,944	241,944	84	26
1992	305,809	305,809	44	13
1993	268,442	268,442	102	28
년중율 <sup>1)</sup>	57.5	57.5	13.9	

자료; 산림청, 1994.

중밀도섬유판의 용도별 구성비를 보면 표 4-14와 같다. 우리나라에서 중밀도섬유판은 일반가구용으로 주로 사용되고 있으며, 악기나 사무용가구, 실내장식내장재로도 사용되고 있고, 일본에서는 가구와 문, 특히 건축자재로 많이 사용되고 있어 우리나라에서도 이런 용도로 확장할 경우 수요가 더욱 늘어날 것이다.

표 4-14 중밀도섬유판의 용도별 구성비

우리나라		일본	
일반가구	55	가구,문	43.7
음악기구	20	건축자재	40.1
전기제품	10	전기제품	6.8
사무용가구	15		
내장재	5		

자료; 이화형, p.6.

다. 수요추정의 결과와 새로운 모형의 설정

앞의 모형으로 목재판상제품의 국내 생산량을 추정한 결과는 표와 같다. 그런데 이 모형에서는 전체 목재산업의 년평균성장율이 1%수준으로 너무 낮고, 잔여법으로 처리된 중밀도섬유판의 생산량이 감소하는 등 현실적 설득력이 없어 목재판상제품의 수요를 추정하는 별도의 모형을 만들었다.

표 4-15 목재판상제품의 국내생산량 추정 I

단위: m<sup>3</sup>

년도	합판	하드보드	파티클보드	중밀도섬유판	계
1998	634,581	108,556	420,061	605,860	1,769,058
2000	560,441	143,685	514,170	593,523	1,811,819
2003	465,152	218,801	694,121	517,694	1,865,768
2005	410,807	289,607	864,718	334,820	1,899,952

이 모형에서  $X_t$ 의 값은 생산량이 아닌 수요량이다. 그 이유는 목재판상제품중 지금까지 너무 많은 부분을 가진 합판의 생산량이 급격히 감소하여 전체적으로 성장율이 너무 낮아졌기 때문이다. 이 모형에서는 수요량을 고려하여 아래와 같은 모형을 만든 결과 목재산업의 년평균성장율은 4.4%로 나타났으며, 잔여법으로 처리한 중밀도섬유판도 앞에서 설명한 것처럼 성장산업으로 나타났다.

$$\text{모형 : } \ln y_t = \beta_0 + \beta_1 X_t + \beta_2 D_t + e_t$$

$$\ln y_t = 12.177^{***} + 0.14823^{***} \ln X_t - 0.10538^{***} D_t$$

(134.2)      (11.92)      (-5.89)

$$R^2 = 0.9491, \quad DW = 1.23$$

표 4-16 목재판상제품의 국내생산량 추정 II

단위; m<sup>3</sup>

년도	합판	하드보드	파티클보드	중밀도섬유판	계
1998	634,581	108,556	420,061	767,612	1,930,810
2000	560,441	143,685	514,170	885,281	2,103,577
2003	465,152	218,801	694,121	1,014,069	2,392,143
2005	410,807	289,607	864,718	1,041,058	2,606,190
년평균증가율	-6.0	15.0	10.9	4.5	4.4

앞으로 목재판상제품의 국내생산량에 대한 각 제품의 비율을 추정해 보면 표 4-17과 같다. 앞으로 목재판상제품은 파티클보드나 중밀도섬유판과 같은 건식 목재판상제품이 주를 이룰 것이다. 즉 합판은 1993년 현재 전체 목재판상제품 국내공급량의 절반을 차지하고 있으나 2000년에는 1/4 수준으로 줄고, 그 이후에도 계속 줄어들 것으로 전망된다. 하드보드는 점유율이 조금씩 증가하겠으나 전체 목재판상제품의 생산량에 대한 비중은 2005년에도 10%수준에 머물 것으로 보여진다. 파티클보드는 1993년 26%에서 2005년에는 33.2%로 중밀도섬유판은 16.9%에서 같은 기간 40%로 늘어날 것으로 추정되어 앞으로 이 두 제품이 생산면에서나 수요면에서 목재판상제품시장을 지배할 것으로 생각된다.

표 4-17 목재판상제품의 국내생산량 비율추정

단위; %

년도	합판	하드보드	파티클보드	중밀도섬유판	계
1993	49.1	7.9	26.1	16.9	100.0
1998	32.9	7.5	21.8	39.8	100.0
2000	26.6	6.8	24.5	42.1	100.0
2003	19.4	9.2	29.0	42.4	100.0
2005	15.8	11.1	33.2	39.9	100.0

표 4-18은 하드보드를 제외한 세계의 전체 목재판상제품에 대한 각 생산품의 비율을 본 것이다. 1991년 현재 북미와 일본은 합판 중심이나 세계 전체로 보면 파티클보드가 42.2%로 가장 많이 이용되고 있으며, 합판은 40.6%로 비슷하나 앞으로는 파티클보드와 중밀도섬유판의 비율이 더욱 높아질 것이다. 우리나라도 1993년에는 합판의 비율이 50%를 넘게 생산하고 있으나 앞으로는 자원부족국인 유럽의 형태로 변화되어 2005년에는 합판의 생산비율은 20% 이내로 줄어들고 파티클보드나 중밀도섬유판과 같은 제품이 주를 이룰 것이다.

표 4-18 목재판상제품의 품목별 생산비율

	합판	파티클보드	중밀도섬유판
세계전체(1991)	40.6	42.2	17.2
북미 (1991)	47.0	35.6	17.4
유럽 (1991)	8.7	80.4	10.9
일본 (1991)	76.1	12.8	11.1
우리나라(1993)	53.3	28.3	18.4

자료; 외국의 자료는 FAO, 1993.

라. 접착제 수요추정

지금까지 추정된 목재판상제품의 생산량을 가지고 이 생산에 필요한 접착제의 수요를 추정해 보자.

합판은 3매합판을 기준으로 하여  $m^3$  당 300g이 소요되고, 파티클보드나 중밀도섬유판은 중량당 각각 9%와 11%가 소요된다. 그런데 단위가  $m^3$ 이므로 이를 중량으로 환산하면  $D = W/V = 0.75$ 가 된다. 또 하드보드는 석탄산수지를 사용하고 있고, 접착제 사용량이 1%정도이므로 접착제 사용량을 추정하는데는 제외하였다. 추정된 접착제 소요량은 표 4-19와 같다. 파티클보드나 중밀도섬유판과 같은 접착제를 많이 사용하는 목재판상제품의 생산증가로 접착제 수요는 목재판상제품 생산증가를 4.4%를 상회하는 년평균 8.9% 증가하여 2000년에는 1993년에 비해 두배 이상의 접착제가 소요될 것으로 전망된다.

표 4-19 목재판상제품생산에 필요한 접착제량 추정

단위; M/T

년도	합판	파티클보드	중밀도섬유판	계
1993	269.4	29,376.8	22,146.5	51,792.7
1998	190.4	28,354.1	63,328.0	91,872.5
2000	168.1	34,706.5	73,035.7	107,910.3
2003	139.5	46,853.2	83,660.7	130,653.4
2005	123.2	58,368.5	85,887.3	144,379.0
년증율(%)	-6.3	5.9	12.0	8.9

#### 4. 혈액합성접착제 생산의 경제성 분석

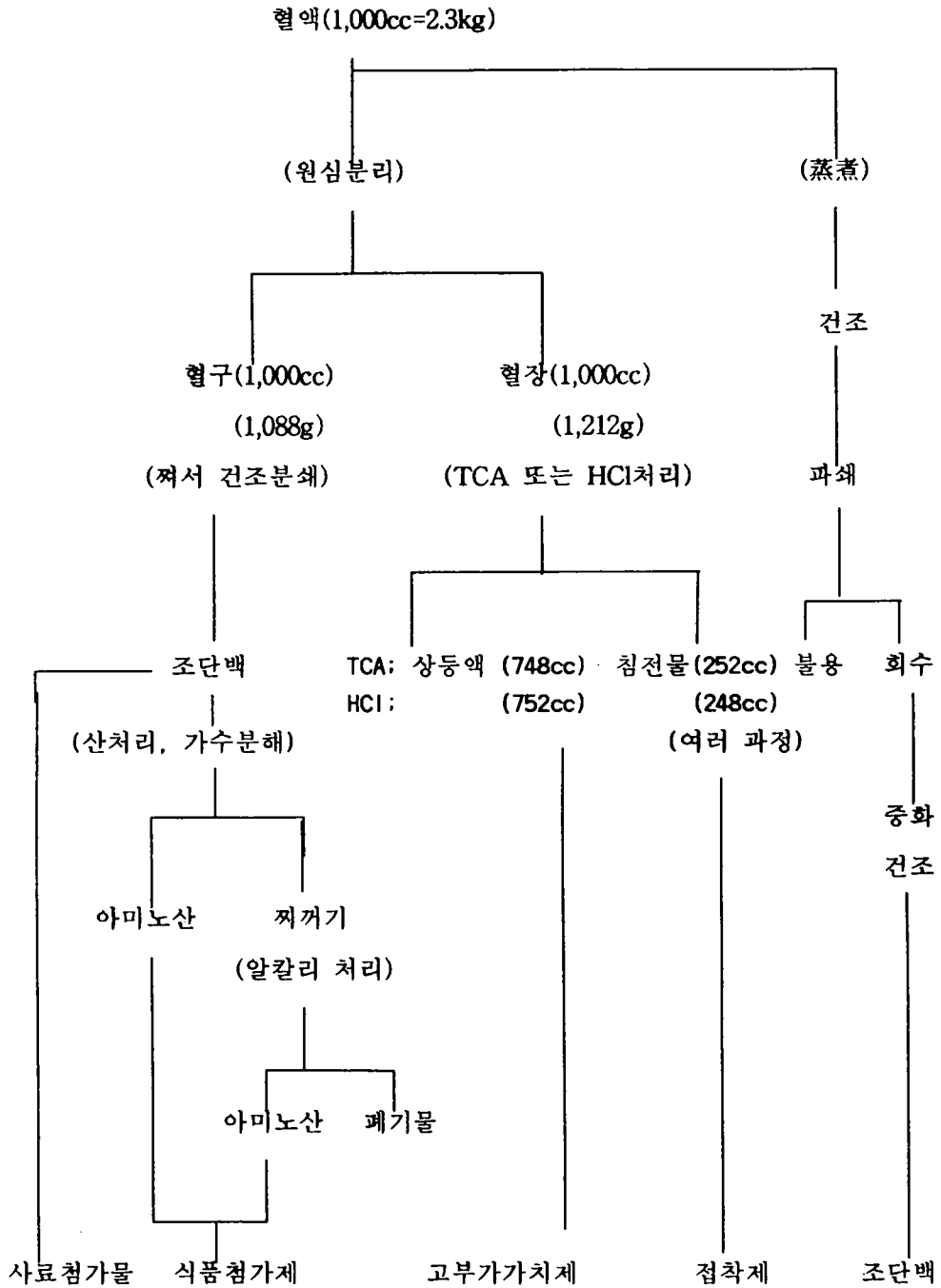
##### 가. 혈액의 처리과정

혈액 2l(2.3kg) 원심분리기에 넣어 분리할 경우 혈구와 혈장으로 반반씩 나누어진다. 이 중 혈구는 건조하여 혈분사료로서 이용할 수 있다(1차년도 제3연구과제). 보다 나은 방법으로서 찌서 건조시켜 분해할 경우 조단백을 사료로서 활용할 수 있다. 현재 사료회사에서 수입하고 있는 혈분조단백은 톤당 850\$로 사료회사에서는 이의 일부를 배합사료생산에 사용하고 있다. 이 조단백을 산처리하여 가수분해시키면 아미노산과 찌꺼기로 나누어진다. 아미노산은 의약품으로 톤당 4,000\$에 달하는 고가의 제품이다. 찌꺼기는 알칼리로 처리하여 다시 한 번 아미노산을 추출하고 나머지 찌꺼기는 사료로 사용할 수 있다. 그러나 여기서는 원심분리기로 처리한 후 혈장의 침전물로 만들어지는 접착제에 대해서만 분석하기로 한다.

혈구와 분리된 혈장은 TCA로 처리할 경우 상등액과 침전물로 나누어진다. 상등액은 수분이 대부분인 묽은 액체로 버려도 환경오염을 거의 일으키지 않는다. 이 상등액도 고부가가치 제품을 생산하는 원료로 이용할 수 있다. 상등액 아래에 있는 침전물이 본 연구의 주요 과제인 접착제의 원료로 사용하는 물질이다.

이와 같이 본 연구는 여러 가지 방법으로 도축된 돼지 혈액의 이용방법을 찾았다. 그 결과 도축혈액을 완전히 이용할 수 있어 도축과정에서 발생하는 환경문제를 해결할 수 있을 뿐 아니라 새로운 산업을 창출하여 고용을 증가시킬 수 있다. 나아가 축산업의 발전에도 기여하게 된다.

그림 4-1 혈액의 처리



#### 나. 국내 혈액합성접착제의 생산가능량

국내 혈액합성접착제의 생산가능량은 돼지고기 수요에 따른 돼지도축량에 의존한다. 돼지고기의 공급량과 혈액 발생량은 1차년도의 추정결과를 사용하였다. 그 결과 표 4-20과 같은 양의 돼지혈액이 발생하며, 혈액합성접착제 생산가능량은 접착제의 생산공정에 따라 추론한 결과이다. 우리나라에서 돼지혈액에 의한 혈액합성접착제 생산가능량은 13천톤에서 26천톤에 달할 것이다.

표 4-20 돼지 혈액합성접착제의 생산량 추정

년도	돼지고기 (천M/T)	돼지혈액발생량 (M/T)	혈액합성접착제생산가능량 <sup>1)</sup> (m <sup>3</sup> )
1994	614	18,420-30,700	
1998	678.2	20,346-33,910	12,738-21,230
2000	726.4	21,792-36,320	13,644-22,739
2003	798.8	23,964-39,940	15,004-25,006
2005	847.0	25,410-42,350	15,909-26,515

주1) 혈액발생량 \* 20/23 \* 1/2 \* 1.44

자료; 혈액발생량은 1차년도보고서, p.63.

#### 다. 혈액합성접착제의 가격산정

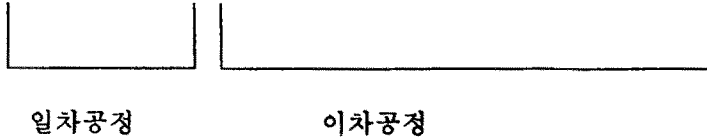
##### 1) 혈액합성접착제의 생산공정

혈액합성접착제의 생산공정은 그림 4-2 에서 보는 것처럼 일차공정과 이차공정으로 나뉘어진다. 일차공정은 도축장에서 이루어지는 것으로 혈액을 채취하여 혈구와 혈장을 분리하는 과정이며, 이차공정은 공장에서 이루어지는 것으로 분리된 혈장으로 접착제를 생산하는 과정이다.



그림 4-2 혈액합성접착제 생산공정

혈액채취 --> 혈장분리 --> 건조 --> 첨가물첨가 --> 접착제생산



일차공정은 다음과 같다.

- (1) 혈액채취; 혈액을 채취하는데는 큰 도축장의 경우 특별한 시설이 필요 없다.
- (2) 항응고제 투입; 혈액 1,000cc에 항응고제 2g이 투입된다.
- (3) 원심분리; 이 혈액을 원심분리하여 혈장과 혈구로 구분하여야 한다.

이차공정은

- (1) TCA투입; 혈장중 침전물을 침전시키기 위한 방법으로 3%의 TCA를 투입해야 한다.
- (2) 침전물 분리; TCA를 첨가하여 상등액과 침전물로 분리시키고 분리된 침전물을 수거하여야 한다.
- (3) 첨가물첨가; 분리된 침전물을 표 3-2와 같은 비율로 섞으면 접착제가 된다. 이상의 결과 혈액 1l에서 1.44kg의 접착제가 생산된다. 참고로 혈액 1l의 무게는 1,115g이다.

표 4-21 혈액합성접착제 생산에 필요한 첨가물

첨가물	첨가량(g)	비율(%)
물	1200	79
NaOH 50%	30	2

혈분	150	10
목분	42	3
소포제	7.5	1
소석회	18.75	1
Na-Silicate	66	4

---

(4) 포장; 만들어진 혈액합성 접착제를 적절한 크기로 포장하여 판매하여야 한다.

## 2) 혈액합성접착제의 생산가격

혈액합성접착제의 생산가격을 위의 공정별로 정리하면 다음과 같다.

### 일차공정에서

- (1) 혈액채취; 혈액채취는 도축과정에서 채취가능하므로 특별한 비용이 들어가지 않는 것으로 보았다. 물론 채취시설과 이동시설, 및 저장고는 필요하며, 약간의 인건비도 들어간다.
- (2) 항응고제 투입; 항응고제는 E.D.T.A. 2Na를 사용할 경우 2,800원/kg이며, 혈액 1,000cc에 2g이 투입되므로 5.6원이 들어간다. 그런데 반은 혈구에서 부담하여야 하므로 혈장이 부담하는 분은 그 반인 2.8원이다. 혈장도 상등액과 침전물로 나누어지므로 침전물의 부담액은 1.4원이 된다.
- (3) 원심분리; 원심분리에 드는 비용은 원심분리기의 감가상각비와 원심분리기를 운영하는데 드는 비용으로 나누어 진다.

### 이차공정에서

- (1) TCA투입; TCA가 공업적으로 생산되지 못하고 있고 시약용이 500g당 1996년 13,000원에서 30,000으로 급격히 상승하였다. 따라서 가격 산정에

어려움이 있다. TCA를 공업용으로 생산하였을 경우를 가정하여 가격을 산정해 보면 다음과 같다.

① TCA의 생산은 초산( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )에 염소가스( $\text{Cl}_2$ )를 넣어 햇빛을 쬐어 결합시키면 수소분자가 빠지고 염소분자가 들어가 TCA( $\text{CCl}_3\text{COOH}$ )가 만들어 진다. 공업용 빙초산의 가격이 800원/kg이고, 이를 단순히 가공하면 될 뿐 복잡한 공정이 필요 없으므로 2,000원/kg은 초과하지 않을 것이다.

이와 함께 TCA를 공업용으로 생산하기 위해서는 연간 수요가 50Ton이상 되어야만 공업적으로 생산할 수 있다. 그렇다면 혈액을 처리하는데 연간 50Ton이상의 수요가 있는가?를 검토해 보아야 한다. 연간 50톤 이상을 수요하기 위해서는 1,700톤 이상의 혈장을 처리하여야 한다. 표 3-1에 의하면 1998년 이후 혈장의 연간 공급량은 10,000톤 이상이므로 모든 혈액을 처리하지 않는다고 하더라도 50톤 이상의 TCA를 필요로 하기 때문에 공업용으로 생산하는 것이 가능하게 된다.

② 특정제품 생산과정에서 폐기되는 TCA가 발생한다는 정보를 입수하여 연구중에 있다. 이 경우 특정제품의 폐기물을 감소시키는 효과를 동시에 기대할 수 있다.

③ 일반적으로 공업용과 실험용 용액의 가격차를 보면 표 3-3과 같다. 톤당으로 거래되는 용액은 실험용 용액이 국산 공업용 용액의 20-30배, 외제의 경우는 30-50배 비싸다. kg으로 거래되는 것은 가격차가 적어 국산 실험용 용액의 4-8배, 외산 실험용 용액의 7-13배 정도 비싼 것으로 나타났다. 수입용 TCA용액의 가격이 0.5kg에 30,000원이므로 kg으로 거래될 경우 kg당 4,600-8,500원 정도에 달할 것이나 톤당으로 거래할 경우 1,200-2,000원 정도될 것이다.

표 4-22 공업용과 실험용 용액의 가격차

품명	공업용(A)	실험용(국산:B)	실험용(외산:C)	B/A	C/A
황산	76,000/T	2,210/kg	3,500/kg	29.1	46.1
염산	120,000/T	2,500/kg	4,000/kg	20.8	33.3
빙초산	800/kg	3,500/kg	5,500/kg	4.4	6.9
질산	250/kg	2,100/kg	3,200/kg	8.4	12.8
인산	700/kg	3,600/kg	6,500/kg	5.1	9.3

자료; 월간유통물가통계, 96-9.

④ 이상의 결과를 검토해 본 결과 공업용 TCA가격을 2,000원으로 산정하였다. 이 경우 접착제 1,440kg을 생산하는데 30kg이 소요되므로 접착제 1kg을 생산하는데 TCA가 42원이 소요된다. 이 중 반은 상등액이 부담하여야 하므로 침전물의 부담분은 21원이 된다.

(2) 침전물의 분리; 분리된 침전물을 수거하는데는 자동시설을 사용하므로 다른 비용이 들어가지 않는 것으로 본다.

(3) 첨가물의 첨가; 혈액접착제 생산에 필요한 첨가물의 가격은 표 3-4와 같다.

표 4-23 주요 첨가제의 가격 및 접착제 1.44kg당 생산비

첨가물	가격	접착제 생산비(원)
E.D.T.A. 2Na	2,800원/kg	1.4
TCA	2,000원/kg	30.0
NaOH	500원/kg	7.5
목분	300원/kg	12.6
소포제	2,400원/kg	18.0
소석회	65원/kg	1.2
Na-Silicate	600원/kg	39.6

이런 결과를 거쳐 만들어진 제품의 가격은 시료비가 1.44kg당 110원 정도로 kg당 77원이 된다. 일반적으로 접착제를 포함하는 기타 화학제품의 재료비와 노무비, 경비의 비율은 6.26: 1: 1.57이며, 매출원가와 일반관리비의 비율은 2.3:1이고, 매출원가중 재료비의 비율은 71%이나(한국은행, p.238), 혈액접착제의 경우 주원료가 가격이 없으므로 부원료만을 계산하여야 한다. 부원료를 30%로 할 경우 이 비율은 1.9: 1: 1.6으로 볼 수 있다. 부원료비가 77원이므로 노무비는 41원, 경비는 65원이 된다. 제조원가 183원 판매비와 일반관리비를 합할 경우 258원이 된다.

표 4-24 혈액접착제의 생산가격의 추정

	기타 화학제품 구성비(%)		혈액합성접착제	
	A	B	가격	비율
재료비	70.91	64.53	77	42
노무비	11.33	12.67	41	22

경비	17.76	22.80	65	36
매출원가	61.94	77.68	183	71
판매비,일반관리비	26.66	13.93	75	29

자료; 기타 화학제품은 한국은행, pp.238-239, 252-253.

### 3) 다른 접착제 가격과 비교

여기서 만들어진 접착제를 직접 도포하는 것이 아니라 기존의 접착제에 첨가하여 사용하여야 한다. 접착제의 성능은 제1연구과제에서 수행하였으므로 여기서는 단순히 가격만 비교하여 수요가 있을 것인가를 판단하고자 한다. 혈액접착제의 가격은 258원/kg으로 요소수지보다는 고가이나 대체가능한 요소농축 접착제나 요소·멜라민 접착제에 비해서는 가격우위가 있고, PF보다는 매우 낮은 가격이다. 이들 제품에 일부 첨가하여 사용하는 것이므로 충분한 수요가 있을 것으로 본다. 혈액접착제의 상한가격은 요소·멜라민 접착제의 가격으로 한다.

표 4-25 대체가능한 접착제의 가격

접착제	가격	비고
요소농축접착제	263원/kg	
요소	185원/kg	
UMF(요소+멜라민)	332원/kg	
PF	607원/kg	컨테이너용 합판에 사용되는 접착제로 연간수요 4만m <sup>3</sup>

라. 혈액접착제의 수요추정

목재판상제품의 생산에 필요한 접착제 수요량을 추정한 결과와 대체가능한 혈액합성접착제의 양과 비율은 표 4-26과 같다. 연간 접착제 수요량 10만M/T중 혈액합성접착제는 11-23%를 대체할 수 있게 된다. 혈액접착제는 일반 접착제 100g에 25g쉬어 사용하므로 최대 20%까지 대체할 수 있어 생산된 혈액접착제를 모두 사용할 수 있다.

목재판상제품의 생산에 접착제를 적게 소요하는 합판산업은 사양화하고, 접착제를 많이 사용하는 파티클보드나 중밀도섬유판 산업은 성장할 것으로 보여지므로 년평균 성장속도가 9%에 이를 것으로 전망되나 양돈산업은 년평균 3.2%씩 성장할 것으로 예상되므로 혈액합성접착제의 비율은 감소할 것이다.

표 4-26 목재판상제품생산에 필요한 접착제량 추정 및 혈액합성접착제의 대체량

단위; M/T

년도	합판	파티클보드	중밀도섬유판	계	혈액합성접착제 비율(%)
1993	269.4	29,376.8	22,146.5	51,792.7	
1998	190.4	28,354.1	63,328.0	91,872.5	12,738-21,230(13.9-23.1)
2000	168.1	34,706.5	73,035.7	107,910.3	13,644-22,739(12.6-21.1)
2003	139.5	46,853.2	83,660.7	130,653.4	15,004-25,006(11.5-19.1)
2005	123.2	58,368.5	85,887.3	144,379.0	15,909-26,515(11.0-18.4)
년증율(%)	-6.0	5.9	12.0	8.9	3.2

5. 蒸餾法の 경제성 분석

가. 의의 및 공정

생혈분에는 많은 종류와 양의 유기물질이 있어 이를 버릴 경우 환경에 심각한

영향을 미친다. 증자법은 혈액 전체를 일괄적으로 처리하는 방법으로 생혈분을 가온하여 응고시켜 그림 4-3과 같이 적절하게 환류, 중화, 여과, 정제 등으로 처리한 후 사료원인 조단백을 생산하는 과정을 말한다. 이렇게 할 경우 혈액을 전량 처리할 수 있을 뿐 아니라 연속공정이 가능하여 기업화하기 유리하다.

그림 4-3 증자법의 공정도

혈액 -----> 가온(응고) -----> 추출  
 (105℃) (6N HCl)

추출물 -----> 여과 -----> 가온 -----> 조단백  
 (pH조정) (105℃)

지금도 가축의 혈액을 가공하여 사료의 원료로 사용하고 있으나 흡수율에 문제가 있으며, 번식돈에 많이 먹일 경우 새끼를 잡아 먹는 등 부작용이 있어 소비증가에 제약이 있으므로 높은 순도의 아미노산을 추출하여 사료원료로 사용하는 방법을 개발하였다.

#### 나. 사료원으로서 동물성 단백질

사료에 사용되는 동물성단백질은 어분과 육분을 주로 사용하고 있다. 혈분도 일부 사용되고 있는데 지금까지의 방법은 도축장에서 수집된 혈액을 가열 등의 방법으로 완전히 건조시킨 다음 압착기로 수분을 제거하거나 냉동건조의 방법으로 제조하였다. 혈분의 사료가치는 제조방법에 따라 달라지는데 냉동건조 > 분무건조 > 원통건조의 순으로 좋다고 한다(육종용외, p.159).

이런 방법으로 만든 혈분을 포함한 주요 사료원의 성분을 보면 표 4-27과 같다. 혈분은 어분이나 육분에 비해 조단백의 함량이 높으나 단백질의 소화율이 낮으며, 질도 낮다. 그러나 라이신 함량이 높아 초생추사료에 라이신 공급제로서 가치가 높다.



표 4-27 주요 동물성 사료의 영양소 함량

단위;%

영양요소명	어분	육분	가금부산물	탈지분유	혈분
수분	8.0	7.0	7.0	6.0	8.0
조단백	64.0	53.8	58.4	33.5	79.1
조지방	4.5	9.0	12.4	0.9	1.3
조섬유	0.8	2.4	2.3	0.3	2.4
가용무질소물	2.5	3.0	5.3	51.3	3.8
조회분	20.2	24.8	14.9	8.0	5.3

자료; 육종용, 한인규, p.145.

우리나라에서 동물성단백질이 사료에서 차지하는 비율은 표 4-28에서 보는 것처럼 0.8-1.8%정도이다. 1986년에는 1.87%로 비교적 높았으나 그 후 1992년 0.79%까지 감소하였다가 다시 조금씩 높아지고 있다. 우리나라에서 사용하고 있는 동물성단백질은 어분을 제외하고 주로 수입에 의존하고 있는데 가격이 높아 사료에서 차지하는 비율이 낮아지고 있다.

표 4-28 사료중 동물성 단백질의 비율

단위; M/T

연도	총량	동물성단백질	비율(%)
1986	7,692,835	143,788	1.87
1988	9,788,169	154,030	1.57
1990	10,446,891	147,693	1.41
1992	12,005,851	94,309	0.79

1994	13,575,618	116,756	0.86
1996	15,820,590	140,233	0.89

자료; 축협조사월보, 1997, p.136.

#### 다. 조단백 생산량 및 소비가능성 추정

혈액 100g을 蒸煮法에 의해 처리할 경우 순도 90%이상의 고순도 조단백이 15g 생산되며, 10%의 폐기물과 30%의 처리수가 발생한다. 표 4-29는 증자법에 의한 조단백 생산가능량을 본 것이다. 1998년 이후 생산가능량은 연간 3,000-6,000M/T이다.

표 4-29 증자법에 의한 동물성 단백질의 생산가능량 추정

년도	돼지고기 (천M/T)	돼지혈액발생량 (M/T)	조단백생산가능량 (M/T)
1994	614	18,420-30,700	
1998	678.2	20,346-33,910	3,051.9-5,086.5
2000	726.4	21,792-36,320	5,086.5-5,448.0
2003	798.8	23,964-39,940	3,594.6-5,991.0
2005	847.0	25,410-42,350	3,811.5-6,352.5

조단백의 1998년 생산추정량은 1996년 사료생산에 들어간 동물성단백질 140,233M/T의 2.1%-4.3%에 불과하여 적절한 가격만 제시할 경우 소비에는 문제가 없을 것으로 보인다. 일반적으로 혈분의 사료가치는 값비싼 동물성 단백질인 어분을 소량 대체할 수 있는 정도로 보는 것이 타당할 것이며, 안전사용한계는 2-4%(육종음외, p.159)라고 알려져 있으므로 사료생산량이 늘어날 경우 혈분사료

원의 공급량은 안전사용한계내에 있을 것으로 보여진다.

라. 조단백의 가격 추정

현재 톤당 약 850\$로 수입되고 있는 동물성사료첨가제인 조단백은 단백질 함량이 17-28% 정도이며, 단백질의 함량에 따라 가격에 차이가 있다. 여기서 생산된 조단백은 단백질 함량이 90% 이상이므로 4-5배의 가격으로 팔릴 가능성이 있으나 3배에 해당하는 톤당 2,500\$로 계산하였다. 1\$=900원으로 계산하면 톤당 225만원이 되어 표 4-30과 같은 판매액이 추정된다. 2000년에는 연간 70억원에서 120억원의 수입이 발생할 수 있다. 이는 또 800만\$에서 1,300만\$의 수입대체효과가 나타날 수 있다.

표 4-30 조단백 생산량 및 판매액 추정

년도	조단백생산가능량 (M/T)	판매액 (억원)
1998	3,051-5,087	68.6-114.5
2000	3,269-5,448	73.6-123.5
2003	3,595-5,991	80.9-134.8
2005	3,812-6,353	85.8-142.9

마. 단위공장의 경제성 분석

혈액의 재활용기술개발로 가장 이익을 보는 곳은 도축장이다. 혈액을 청소하는데 있어서 가축혈액의 5배 이상에 달하는 수도료와 인건비가 지불될 뿐 아니라 이를 처리하는데 있어서도 많은 비용이 든다. 따라서 이 기술이 개발되면 도축장에서 자체적으로 사용할 가능성이 높다.

일일 1,000두를 도축하는 도축장의 경우를 가정하여 이의 부설로 조단백을 생

산할 수 있는 공정을 건설하여 조단백을 생산한다고 하자. 현재 1,000두 이상을 도축할 수 있는 시설을 갖춘 도축장은 20개소로 도축장의 약1/3이 여기에 해당되며, 전국적으로 분포되어 있다. 따라서 이런 도축장에서 증자법에 의해 조단백을 생산하는 것을 가정하였다.

이 공장의 수익성을 시산하여 보자. 일일 1,000두를 도축한다고 가정하면 두당 약 3,000cc의 혈액이 추출되고, 연간 300일 가동한다면 단위공장당 155톤의 조단백이 생산된다. 위에서 계산한 톤당 가격이 225만원이므로 연간 3.5억원의 수입이 발생한다.

추가되는 비용으로는 2억원의 시설비에서 소용되는 비용으로 우선 년율 10%의 이자율을 부담하여야 할 경우 2천만원의 이자손실이 발생하고, 이 시설을 10년 정액법으로 감가상각할 경우 2천만원의 감가상각비가 발생한다. 이 시설을 유지하기 위한 유지보수비가 연간 약 3천만원이 소요되며, 같은 정도의 직접생산비가 들어갈 것으로 추정된다. 3인을 고용하여야 하므로 인건비 5.6천만원과 일반관리비 5.3천만원을 합하면 연간비용은 2.9억원이 되어 매년 1.6억원의 이익이 발생할 수 있을 것으로 본다.

표 4-31 공장운영의 시산

	일단위	년단위	비고
혈액 공급량	3.45톤	1035톤	마리당 3천cc의 혈액추출, 1천cc=1.15kg
조단백 생산량	0.52톤	155톤	1년은 300일 가동 기준
조단백 생산액	117만원	3.5억원	
시설비 감가상각		2천만원	시설비 2억원, 10년 정액법
시설비 이자		2천만원	10%의 이자율 가정
시설유지비		3천만원	
직접생산비		3천만원	전기료, 수도료, 용액비 등
인건비(3인)		5.6천만원	120만원*12월*3인*1.3(보너스포함)

일반관리비

5.3천만원 직접비의 50%

년간이윤

1.6억원

---

#### 바. 감응도 분석

이상의 계산은 일일 천두를 도축하는 도축장이 공장을 운영하는 것을 가정하고, 도축장이 거의 완전히 운영되는 것을 기준으로 하였으며, 조단백의 가격을 현 시가인 톤당 225만원으로 보았다. 따라서 이런 가정에 제약이 생길 경우 이익은 달라지게 된다. 무엇보다도 손익분기점 이하에서 생산할 경우 이 부분에 대해서는 다음에 서술할 환경오염 경감비용의 범위내에서 정부가 보조금을 지불하여야 한다.

첫째, 혈액구입에 드는 비용이 생길 수 있다. 도축장이 아닌 다른 주체가 운영할 경우 현재는 폐기물로 반재화(bads)인 혈액이 재화(goods)가 되어 혈액의 가격이 형성될 수 있다. 다른 조건이 일정할 경우 혈액가격이 톤당 100만원 즉 kg 당 천원 이상이 될 경우 공장은 이윤을 발생할 수 없다. 현재 소의 혈액이 선지 등의 용도에 리터(2.07kg)당 4,800-5,000원의 가격이 형성되고 있으므로 돼지 혈액의 재활용이 가능하게 될 경우 재화가 되어 가격이 형성될 가능성이 있다.

도축장이 아닌 외부에서 공장을 건설할 경우 현재 처리비용이 들고 있는 돼지 혈액의 가격이 형성될 가능성이 높고 이 경우 공장은 정상적으로 운영되지 못할 것이다. 외부공장에 도축혈액을 공급하는 등 돼지 혈액의 처리에 관한 문제는 사전에 정리되어야 한다.

둘째, 조단백의 가격이 톤당 135만원 이하로 하락할 경우에도 이윤은 발생하지 않는다. 조단백은 수입가를 기준으로 하여 품질을 고려하여 가격을 결정하였는데 외제선호나 국내공급량에 따라 가격이 달라질 수 있다. 현재의 환율이나 사료원료에서 차지하는 동물성단백질의 비율 등을 고려할 때 이 위험성은 낮다고 볼 수 있다.

셋째, 일일 1,000두를 도축한다고 가정하였으나 1,000두 이상의 처리능력이 있는 도축장 20개소 중 일일 1,000두 이상을 처리하고 있는 도축장은 1994년 기준

으로 8개에 불과하였다. 4개소는 800두 이상을 도축하고 있었으므로 이익이 발생될 수 있으나, 나머지 8개소는 도축량이 늘어나지 않을 경우 이익이 발생하지 않을 수도 있다.

따라서 도축량이 많은 도축장에서는 증자법에 의한 조단백 생산 시설을 건설하여 혈액을 재활용하고, 폐수를 줄여야 한다. 한편 도축량이 적은 도축장은 혈액을 가온 응고하여 운반할 수 있는 정도의 시설을 갖추게 하여 큰 도축장으로 운반하여야 할 것이다. 소규모 도축장에 이 시설을 건설하는 비용은 양 도축장에서 해결할 수 있을 것이다.

넷째, 조단백 생산을 위해 3인을 별도로 고용하여야 하나 현재 폐기물 처리에 관련되는 1명은 증자법에 의해 폐기물이 거의 발생하지 않으므로 이 인원의 인건비는 줄일 수 있다. 따라서 순고용증가 인원은 2명이다. 이 줄어진 인건비는 계산하지 않았다.

마지막으로 혈액이 재화가 될 경우 혈액흡입기술이 발달하여 혈액공급량이 늘어날 뿐 아니라 고기에 혈액함량이 줄어 양질의 고기를 공급할 수 있다.

## 제 4 절 공해방지비용의 추정

### 1. 서 론

수질오염이란 물의 자연정화능력을 초과하는 오염물질이 천연의 자연수역에 인위적으로 배출되어 물의 이용목적에 적합하지 않게 된 상태를 말하며, 이런 일이 발생하면 하수처리를 하여야 한다. 하수처리는 더럽혀진 물을 깨끗이하여 질병으로부터 공중위생을 보호하며, 맑은 물을 제공하기 위하여 수질을 보호하는 것이다.

1996년 말 현재 우리나라에 설치된 하수종말처리시설은 79개소이며, 시설용량은 일일 1,145만톤이다. 2005년까지 236개의 하수종말처리시설을 건설하여 1,891만톤을 더 처리할 예정이다. 이와 같이 하수처리는 비용이 많이 드는 일이며, 부족할 가능성이 높은 에너지와 수자원을 많이 사용하는 사업이다.

폐기물을 자원화할 경우 가장 큰 장점은 기존의 방법으로 폐기물을 처리할 경우 드는 비용을 줄일 수 있다는 데 있다. 이 경우 공해의 발생을 방지하였으므로 추정된 공해방지비용은 사회적 이익으로 계산되어 기업에 보조금으로 지급하는 것이 가능하게 된다.

공해방지비용의 추정은 직접법과 간접법으로 나누어 각각 계산하였다. 직접법은 공해방지시설을 건설하였다고 가정하고 이의 건설에 들어가는 비용에 대한 감가상각비와 연간 운영비용을 합한 것으로 산출하였다. 또 간접법으로는 폐기물처리업자에게 위탁하였을 경우 발생하는 비용으로 계산하였다.

## 2. 건설비의 추정

### 가. 연구방법

도축장에서 발생하는 폐수를 처리하는 경우와 일치하는 공해방지시설을 갖추는데 드는 비용을 알 수 없으므로 톤당 처리비용을 산출하기 위해 공단의 폐수종말처리장과 농공단지의 폐수종말처리장, 축산폐수 처리시설 등을 살펴보았다. 이렇게 한 이유는 폐수처리장을 건설하는데 드는 비용이 폐수의 성질, 처리방법, 폐수처리장의 규모와 위치 등에 따라 달라질 것이기 때문에 대규모(공단)와 소규모(농공단지), 축산물(축산폐수) 등을 종합하여 고려하기 위해서이다. 혈액은 공단폐수나 축산폐수보다 더욱 처리하기 힘든 물질이므로 보다 많은 비용이 소요될 것이나 이를 알기 힘들므로 이들 자료를 이용하여 추정해 보기로 하자.

### 나. 공단폐수종말처리장의 경우

수계별 공단폐수종말처리시설에 의한 비용을 추정해 보면 표 4-32와 같다. 현재(1995-1998) 건설중인 공단폐수처리시설 건설 현황을 보면 일일 천톤의 폐수를 처리하기 위한 시설비용은 80,600만원(낙동강)부터 128,900만원(영산강)이 소요되며 평균 9억 3천만원 정도 되는 것을 알 수 있다.

표 4-32 수계별 공단폐수종말처리시설에 의한 비용 추정

	한강	낙동강	금강	영산강	계
시설용량(천톤/일)	10	98	73	38	219
총사업비(억원)	110	790	638	490	2,029
평균(백만원/천톤)	1,100	806	874	1,289	926

자료; 1996환경백서, p.203

다. 농공단지 폐수종말처리시설의 경우

소규모 농공단지의 폐수종말처리시설에 투입되는 건설비용을 살펴보면 표 4-33과 같이 37,500만원(합천 야로)부터 22억원(영주 가흥)에 이르기까지 변동의 폭이 매우 크며, 평균 8억6천4백만원으로 공단폐수보다는 비용이 적게 드는 것으로 나타났다.

표 4-33 농공단지 폐수종말처리시설에 의한 비용 추정

	계	영주가흥	합천야로	완도죽청	의령봉수
시설용량(천톤/일)	4.8	0.05	1.6	1.75	1.4
총사업비(백만원)	4,145	110	600	1,892	1,543
평균(백만원/천톤)	864	2,200	375	1,081	1,102

자료; 1996환경백서, p.205

라. 축산폐수처리시설의 경우

축산폐수처리시설에 의한 건설비를 추정해 보면 표 4-34와 같다. 일일 천톤당



228억원에서 293억원까지 드는 것으로 나타나 앞의 공단이나 농공단지보다 비용이 많이 드는 것으로 나타났다. 연도별로 단위 폐수당 건설비용이 늘어나는 것은 인플레이션에 의한 요인도 있는 것으로 보여진다.

표 4-34 축산폐수처리시설에 의한 비용 추정

	계	1995까지	1996	1997
시설용량(천톤/일)	13.79	6.72	1.79	5.28
총사업비(억원)	3,504	1,532	425	1,547
평균(백만원/천톤)	25,410	22,798	23,743	29,299

자료; 1996환경백서, p.208

#### 마. 건설비의 추정과 감가상각

이상의 건설비에서 보는 바와 같이 비용의 추정은 폐수의 성질, 처리방법, 폐수처리장의 규모 및 위치에 따라 달라지나 도축혈액의 처리비용은 공장폐수나 축산폐수보다는 처리하기 힘들 것이므로 1977년 축산폐수처리비용인 일일 천톤당 300억원 이상으로 보는 것이 타당하다고 여겨진다. 여기서는 폐수처리비용이 가장 비싼 축산폐수처리비용으로 가정하였다.

공해방지시설을 가동하기 위해서는 공해물질 처리비용을 제외하고서도 매년 유지관리비용이 들어가겠으나 생략하고 내용년수를 철근콘크리트 퇴비사의 내구년한인 60년으로 보아 정액법으로 감가상각할 경우 천톤당 5억원이 된다. 정액법으로 할 경우 비용이 너무 낮게 평가된다는 단점이 있으나 연간 비용을 추정하기 위해서는 정액법을 사용할 수 밖에 없다. 따라서 실제 건설비용의 감가상각비는 이 비용보다 높게 나타날 것이다.

## 2. 운영비의 추정

공해방지시설을 운영하여 공해물질을 제거하기 위해서는 많은 비용이 들어간다. 비용은 전력비, 약품비, 인건비, 슬리지처리비, 기타로 구분된다. 표 4-35는 1988년의 설치비와 처리비를 본 것이다.

처리방법에 따라 하루에 천톤을 처리하는데 드는 비용이 1,500만원(종합처리)부터 12,700만원(화학적 처리)까지 차이가 크며, 인플레이션도 계상하여야 하므로 처리비와 설치비의 비율로 보았다. 처리비는 설치비의 28.7%이므로 하루에 천톤을 처리하는데 약 86억원 정도가 소요될 것으로 예측된다.

표 4-35 처리방법별 설치비 및 처리비 현황(1988)

단위;억원

	계	물리적	화학적	생물적	종합적	공동	기타(위탁)
폐수배출량(천톤/일)	5,783	125	696	198	4,658	105	1
방지시설설치비	6,931	178	2,520	954	2,680	593	6
년간처리비	1,989	68	887	244	695	94	1
전력비	555	26	187	84	237	20	
약품비	648	7	307	67	230	39	
인건비	414	23	238	54	85	13	
슬리지처리비	257	7	100	26	113	10	
기 타	115	5	5	13	30	12	
천톤/일 처리비(백만원)34	54	127	123	15	90		

자료; '88폐수배출시설조사결과보고서, 1989, 환경청.

### 3. 추정된 공해방지비용의 총계

일일 천톤을 처리하는데 드는 비용으로 앞에서 설명한 것처럼 매년 건설비의 감가상각비로 정액법에 의한 비용 5억원과 실제 처리하는데 드는 운영비 86억원을 계상하였다. 일일 천톤은 연간 365천톤이므로 연간 천톤당 2,500만원이 소요된다. 이 경우 추정되는 공해방지에 의한 수입은 표 4-36과 같으며, 1998년 부터 연간 5억원 이상의 환경방지비용절약효과가 나타날 것으로 예상된다.

표 4-36 추정된 공해방지비용; 공해방지시설 건설

년도	돼지혈액 (M/T)	환경방지비용(백만원)
1994	18,420-30,700	
1998	20,346-33,910	508.7-847.8
2000	21,792-36,320	544.8-908.0
2003	23,964-39,940	599.1-998.5
2005	25,410-42,350	635.3-1,058.8

그런데 이 돈은 순전히 혈액만을 대상으로 한 것이므로 서론에서 언급한 것처럼 혈액 1톤을 처리하는데 물 5톤이 필요하므로 실제로는 최소로 보아도 연간 30억원의 이익이 발생할 가능성이 있다는 것을 예측할 수 있다.

### 4. 폐기물 처리업자에게 위탁하였을 경우 공해방지비용

폐기물을 처리하는 다른 방법으로 폐기물 처리업자에게 위탁하는 방법이 있다. 위탁폐수를 수거하여 전문적으로 처리하는 폐수수탁처리업체는 1995년 말 현재 26개 업체가 있다. 도축 혈액의 재활용으로 폐기물 처리업체에 위탁을 하지 않아

발생하는 이익은 재무적 이익으로 도축장의 이윤으로 계산된다. 폐기물 업자는 혈액을 액체상태로 받아 처리하거나 고체상태로 받아 매립하기도 한다. 1996년 현재 액체일 경우 분뇨를 수거하는 식으로 하는데 처리비는 톤당 7만원이며, 찌서 고체상태로 수거할 경우 슬러지 처리를 가정하면 톤당 4만원이라고 한다.

이 가격은 폐기물에 대한 규제가 강화되고 매립장이 점점 없어져가고 있음을 고려해 보면 앞으로 급격하게 상승할 것으로 생각된다. 현 가격수준에서 이를 처리할 경우에도 표 4-37과 같이 고체일 경우 찌는 비용을 고려하지 않는다고 하더라도 연간 8억원에서 17억원, 액체일 경우 연간 14억원에서 30억원까지의 비용이 소요되어 도축장에서는 이 비용을 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

표 4-37 추정된 공해방지비용; 폐기물관리업자에게 위탁

년도	돼지혈액 (M/T)	환경방지비용(고체;백만원)	환경방지비용(액체;백만원)
1994	18,420-30,700		
1998	20,346-33,910	813.8-1,356.4	1,424.2-2,373.7
2000	21,792-36,320	871.7-1,452.8	1,525.4-2,542.4
2003	23,964-39,940	947.8-1,597.6	1,677.5-2,795.8
2005	25,410-42,350	1,016.4-1,694.0	1,778.7-2,964.5

문제는 이런 방지비용을 처리한다고 하더라도 완벽하게 처리되지 않는다는 점에 있다. 물을 섞어 폐수처리방법으로 하더라도 여기서 나오는 폐수는 깨끗한 물이 아닌 겨우 폐수로서 환경기준에 적합한 물일 뿐이며, 액체로서 환경업자가 처리하여도 마찬가지일 것이다. 고체로서 처리할 경우에도 매립을 하게되나 매립지의 부족, 매립후 환경문제의 발생 등이 예측되고 있다. 따라서 환경문제를 회피하는 가장 좋은 방법은 이를 이용하는 것일 것이다.

물론 증자법과 같이 처리할 경우에도 10-40%의 폐기물이 발생하므로 이 부분은 위의 이익에서 삭감하여야 할 것이다. 그렇다 하더라도 위와 같이 처리할 경우 발생하는 폐기물은 혈액을 방류하였을 경우에 발생하는 비해 환경에 미치는

영향은 매우 적을 것이다.

## 제 5 절 결 론

### 1. 가축혈액의 공급과 목재판상제품의 수요와 관련하여

축산에서 발생하는 공해문제를 일부나마 해결하므로서 축산진흥에 기여하고, 나아가 목재판상제품을 만드는데서 발생하는 포름알데히드 문제를 해결할 수 있는 혈액접착제의 개발은 환경보호의 측면이나 목재판상제품의 국제경쟁력을 향상시킨다는 점에서 매우 중요한 일이다.

본 연구는 이런 목적을 달성하기 위하여 만들어진 혈액접착제의 수요와 이의 원료인 가축혈액공급량을 추정한 것이다. 연구된 결과는 다음과 같다.

첫째, 2005년까지 소고기의 국내공급은 지금까지의 년평균성장을 5.9%에 조금 못미치는 년평균 4.7%로 추정되며, 돼지고기는 동기간 년평균성장이 3.0%로 예측된다. 따라서 여기서 발생하는 혈액량은 소 약 2만톤, 돼지 약 2.5만-4만톤이 될 것이며, 방류되는 양은 이의 절반정도인 2만-3만톤이 될 것이다.

둘째, 전체 목재판상제품의 수요는 증가하나 각 제품에 따라 성장속도가 달라질 것이다. 목재판상제품 전체적으로는 2005년까지 년평균 4.4% 성장할 것으로 추정되나 합판은 년평균 6%정도 감소할 것이며, 하드보드와 파티클보드는 10%이상, 중밀도섬유판은 5%정도 성장할 것으로 추정된다.

셋째, 그 결과 우리나라 목재판상제품의 생산은 파티클보드와 중밀도섬유판 중심으로 전환될 것이며, 이 두 품목이 전체 목재판상제품에서 차지하는 비율이 현재의 43% 수준에서 2005년에는 70%이상일 것이다. 현재 유럽은 이 두 품목이 90%이상을 차지하고 있다.

넷째, 목재판상제품 생산에 필요한 접착제의 양은 년평균 8.9% 증가할 것으로 추정된다. 이는 목재판상제품 증가율 4.4%에 비해 높은 수준인데 그 이유는 목재판상제품이 합판중심에서 중밀도섬유판으로 바뀌는데 그 원인이 있다.

## 2. 혈액접착제의 생산과 관련하여

도축과정에서 발생하는 대표적 폐기물인 혈액의 이용은 공해를 감소시킬 뿐 아니라 축산기반의 향상을 위해서도 중요한 문제이다. 혈액을 원심분리하여 혈장과 혈구로 나누고 혈구는 사료첨가제나 의약품으로 이용하고, 혈장은 접착제나 고부가가치제로 이용할 경우 공해방지와 새로운 제품의 개발이라는 이중의 효과를 기대할 수 있다. 본 연구는 이 과정중 접착제의 개발에 한하여 경제성을 분석한 것이다. 연구된 결과는 다음과 같다.

첫째, 혈액합성접착제의 가격은 258원/kg으로 추정되었다. 여기에는 재료비, 노무비, 경비 및 판매비와 일반관리비가 포함된 금액이다. 이 가격은 요소농축접착제의 가격인 263원/kg나 요소·멜라빈 접착제의 가격인 332원/kg 보다 낮고, 품질은 이들 제품보다 좋으므로 판매 가능성은 높다.

둘째, 우리나라의 접착제 수요는 1993년 현재 5만M/T으로 매년 8.9%씩 증가하고 있어 2000년에는 10만M/T을 상회할 것이다. 혈액합성접착제는 2000년에 1.3-2.3만M/T을 생산할 수 있을 것이므로 12-21%를 대체할 수 있다. 이는 가능대체량 25%보다 낮으며, 돼지혈분공급량의 년증가분 추정치는 3.2%이므로 공급되는 혈액합성접착제는 모두 소비될 수 있다.

## 3. 증자법과 관련하여

아미노산의 수율과 공정이 확정되지 아니한 상태에서 돼지혈액의 처리는 증자법에 의해 조단백을 생산하는 것이 유리하므로 이의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 사회경제적 효과로 연간 약 15-30억원의 공해절감효과가 나타나며, 조단백 생산을 통한 신제품의 생산효과는 연간 약 30억원으로 추정된다. 또 68명의 고용증가효과가 있으며, 조단백, 아미노산의 수입대체효과가 발생한다.

둘째, 도축장의 경영에 미치는 효과로 혈액에 의한 폐수처리비 또는 환경오염 부담금 감소로 인한 경영비 감소효과가 있으며, 혈액세척에 필요한 상하수도료

감소효과가 있다.

셋째, 사업주체에 미치는 효과로 도축장에서 조단백공장을 건설하여 운영할 경우 연간 약 1.4억원의 수입이 발생할 것으로 예측된다.

#### 4. 환경오염방지효과

환경방지비용은 처리방법에 따라 톤당 25,000원부터 70,000원까지 여러 가지로 나타났다. 이 때의 공해방지비용을 수입으로 계산하면 연간 5억원에서 30억원에 이른다. 이 수입도 적지는 않으나 앞에서도 지적하였지만 오염을 일으킨 후 처리하는 것은 처음부터 오염 발생원인을 없애는 것에 비해 비용도 많이 들지만 어느 정도의 공해를 일으키고 있다는 점이다. 오염 발생원인을 제거하는 것이 더욱 효율적이라는 것은 말할 필요가 없다.

## 제 6 절 참 고 문 헌

1. 김동식, 김성훈, 손광수, 정정수, 한병우, 1995, 돼지 이렇게 기르자, 농민신문사.
2. 김승우, 1995, 특정지역에서의 수질총량규제 시행방안 연구, 한국환경기술개발원.
3. 김영철, 김철호, 성진근, 최규섭, 조석진, 김정주, 서종석, 김경량, 1993, 소(韓牛)-개방의 갈등과 새로운 도전 -, 농민신문사.
4. 김우권, 권종국, 한방근, 이호일, 유창준, 양일석, 김상근, 이상목, 김천호, 윤영원, 김주현, 박진홍, 1992, 가축생리학, 아카데미서적.
5. 김재성, 정대교, 1987, 한국의 합판수요 현황과 전망, 목재공학 15(4).
6. 김형화, 1984, 경제발전과 축산정책의 방향, 농업정책학회 심포지움. 농림수산부, 각년, 농림수산주요통계.  
-----, 각년, 농림(수산)통계연보.

7. 박명도, 1992, 國內 木質板狀材 産業의 現況과 展望, 목재공학 20(3).
8. 박영주, 1993, 韓國 合板工業의 現況과 展望, 목재공학 21(2).
9. 朴鍾瑩, 1993, 木質보드時代의 展開와 技術開發戰略, 목재공학 21(4).  
산림청, 각년, 입업통제년보.
10. 서진석, 1994, 합판분야의 연구동향과 전개방향, 목재공학 22(3).
11. 손병암, 1976, 한국합판산업의 수요분석과 예측, 서울대학교 석사학위논문.
12. 신동소, 이화형, 임기표, 조남석, 조병목, 1987, 임산화학, 향문사.
13. 오호성, 이광원, 1980, 한국농촌경제원.
14. 육종용, 한인규, 1987, 사료학, 한국통신대학.
15. 이영기, 1992, 한국 목질보드산업의 원자재 수급현황과 대책, 목재공학 20(3).
16. 장기복, 1996, 폐자원 재활용의 경제성 분석, 한국환경기술개발원.
17. 최홍립, 1992, 환경보전과 축산업, 농경저널 92-6.
18. 축협중앙회, 1997, 축산물가격 및 수급자료.  
-----, 1997, 축협조사월보.
19. 한국은행, 각년, 기업경영분석.
20. 현병환, 1995, 형질전환동물 이용기술 개발의 경제성 분석, 생명공학연구소.
21. 환경부, 1996, 1997, 환경백서.
22. 환경청, 1989, '88폐수배출시설조사결과보고서.
23. 홍준형, 1994, 환경법, 한울.
24. FAO, 1993, Yearbook of forest products.
25. French, H. F., 1993, Costly Tradeoffs, Reconciling Trade and the Environment, Worldwatch Paper 113.
26. Gardner, Gary, 1997, Recycling Organic Waste, Worldwatch Paper 135.
27. Hanley, N. and Clive L. Spash, 1993, Cost-Benefit Analysis and the Environment, Edward Elgar.
28. White, J. T., 1995, Wood Adhesives and Binders, Forest Products Journal 45-3.