

자가 생산 유기벼짚을 이용한 거세한우 생산성 연구

조원모*** · 전병수* · 김형철* · 양승학* · 김상범* · 이현준* · 기광석* · 여준모**

Study on the Productivity of Hanwoo Steers with Self-product Organic Rice Straw

Cho, Won Mo · Jeon, Byung Su · Kim, Hyeng Chul · Yang, Seung Hak ·
Kim, Sang Bum · Lee, Hyun June · Ki, Kwang Seok · Yeo, Joon Mo

This study was conducted to investigate the productivity of Hanwoo steers by feeding self-product organic rice straw and concentrates(conventional, T1 and organic T2). Sixteen Hanwoo steers(8 months on the average) were randomly assigned to two treatment groups. Feeding trail was carried out in 2 treatment(8 heads/ treatment) by Hanwoo steers for 600 days form 8 to 28 months in age. The range of average daily gains of T1 and T2 were 0.76 to 0.77kg in the growing stage, 0.93 to 0.90kg in the first fattening stage, 0.99 to 0.84kg in the middle fattening stage, and 0.59 to 0.64kg in the latter fattening, respectively, and the gains for overall period was higher in T1 than in T2. Concentrates and total digestive nutrients(TDN)(T1) intakes per unit of kg gains were higher than T2 without significant difference. In carcass characteristics, the carcass weight in T1 were higher about 5% than in T2. According to the above results, it may be concluded that dry matter(DM) intakes, crude protein(CP) and TDN contents of feedstuff between treatments was no significant difference. but marbling in T2 score was higher than in T1 about 20%. There were no significant differences rib-eye area, back fat thickness and fat color($p>0.05$).

Key words : *organic beef, organic feeding, meat quality, hanwoo steers, roughage*

* 농촌진흥청 국립축산과학원 낙농과

** 농촌진흥청 한국농업대학

*** 교신저자, 농촌진흥청 국립축산과학원 낙농과(cwmo3451@korea.kr)

I. 서 론

소비패턴의 다양화 및 고급화, 식품안전 등에 대한 소비자들의 관심이 증가되고 있는데, 불과 몇 십 년전 만 해도 축산물의 양적 증가에 목표를 두고 연구되어졌으나 다른 농업 생산물의 대량 생산이 가능해짐에 따라 고기의 질적인 향상이 요구되어지고 있다. 여기서 질적인 향상이라 함은 단순히 고기의 질을 의미하는 것이 아니라 축산물의 생산에서 가공 및 판매까지 모든 생산경로에서 안전하고 품질 좋은 고기의 생산에 맞는 방법적인 대책을 마련하는 것을 함축하고 있다.

최근에 유기축산물 생산에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는데 여러 각도에서 도출된 연구결과들을 가지고 실질적으로 사용할 수 있는 지표가 마련되고 있다(Pathak 등, 2003). 특히 세계적으로 유기농 생산농가 및 경지면적이 증가하고 있는 추세이며(김 등, 2007) 이와 같이 유기농업이 발달하게 된 원인은 단순히 농업에 국한된 것이 아니라, 농업전반에 대한 변화로 인식되고 있다. 우리나라는 막 시작단계로 여기에 참여하고 있는 유기축산물 생산농가들의 보호할 수 있는 제도적인 대책과 보완이 필요할 것 같다. 유기라는 표현은 J. I. Rodale(2008)에 의해 1930년대 후반부터 사용되었으며, 유기축산에 관한 정의는, 크게 화학비료, 농약, 성장촉진제를 포함한 첨가제 등을 이용하지 않는 유기농산물에 대한 내용 속에 속하지만(Lampkin, 1990), 유기농업에 의해 생산된 농산물이나 그 부산물을 이용한 축산물의 생산이라는 점에서 조금은 의미가 다르다고 할 수 있다. 유기농산물로부터의 사료자원 제공에 의존해야 하는 면이 있으며 사육장소 및 주변 환경을 제어해야 하기 때문이다. International Federation of Organic Agriculture Movements(IFOAM)은 이러한 유기축산을 포함한 유기농산물에 대한 가이드라인을 규정짓고 있으며 인증 시스템의 발전에 대한 논의가 활발하게 진행되고 있다. 현재 관행적으로 생산된 축산물은 그 나름대로의 원칙과 방법에 있어서 현 인류를 생존 및 발전시키는 데 중요한 역할을 차지해왔다. 그러나 현대의 산업화에 따른 악용과 부작용에 의해 농산물의 유전자 변이, 변화된 자연생태계의 해충 및 강력한 살충제 등에 의해 직접적으로 인간에게 악영향이 전이되어 왔으며 근래에 인간에 치명적인 병을 일으키는 물질 및 요인 들이 발견되어 자연을 생각하며 인간에 영향을 주지 않는 범위 내에서의 농산물 생산방법들이 절실히 요구되어졌다(Kirchmann 및 Ryan, 2005). 특히 인간에 전이되는 것으로 알려진 BSE(Bovine Spongiform Encephalopathy, 소 해면상 뇌증)와 같은 경우는 엄격히 자연친화적인 생산규제에 의해서 극복 가능할 것으로 보인다. 하지만 좀 더 넓은 범위의 생산제어는 실질적으로 이루어 질 수 없으며, 예를 들면 소의 기본적인 사육방법에 있어서 필수 사료가격의 고공행진에 따른 경제성의 제어 등은 현재로서는 대응하기 어려운 부분으로 생각된다. 가까운 일본의 경우 사료용 벼 등을 이용한 축산물 생산에 의해 유기농업과 경제성 두 가지 모두를 만족시키기 위한 시책을 적용 중에 있다. 우리나라의 경우 2001년 7월 친환경농업육성법시행규칙에 유기축산규정을 제정하고 2005

년 최초로 유기축산물을 출시하였는데 유기축산분야는 매우 한정되어 있으며, 더욱이 자체 생산 및 조달이 힘든 사료에 관한 연구는 경제성의 문제로 그리 활발히 이루어지고 있지 않다. 그러므로 본 연구에서는 최근 소비자들이 관심이 많아지고 있는 친환경 농법으로 재배한 쌀의 부산물인 유기벼짚과 유기배합사료(중국산)를 이용하여 안전한 축산물을 생산할 수 있는 거세한우의 사양기술의 정립 및 품질 차별화를 위해 사양시험을 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시축 및 시설

공시가축은 홍성 한우사육농가(홍성군 홍등면 소재)에서 구입한 거세한우 16두(생후 8개월령, 평균체중 213kg)를 공시하여 시험을 수행하였다. 사육환경은 친환경농업육성법 시행규칙(유기축산물, 사육장 및 사육조건 규정)에서 규정하고 있는 기준에 준하여 시설이 되어 있으며, 개방식우사형태로 철골구조이며 칼라강판 지붕아래 무벽우사 형태의 축사이다.

2. 공시기간 및 사양관리

확보된 공시축을 이용하여 생후 8개월령 전후에 외과적으로 거세를 실시, 시술 후 안정된 상태에서 시험을 실시하였다. 공시기간은 생후 8개월령부터 28개월까지 약 20개월간이었다. 공시축은 개시부터 종료까지 한우 고급육 프로그램(국립축산과학원, 1997)에 준하여 사료급여수준을 결정하였다. 조사료는 전 기간 자유채식 하였다. 대조구와 시험구로 나누어 처리구당 8두씩 총 16두를 완전 임의배치하고, 철골구조이며 칼라강판 지붕아래 무벽우사에서 시험을 실시하였다. 공시기간 중 사료는 Table 1에서 보는 바와 같이 성장단계별(육성기 : 8~13개월령, 비육전기 13~19개월령, 비육중기 19~23개월령, 비육후기 23~28개월령)에 따라 성분량을 달리한 일반 배합사료 및 유기조사료(대조구, T1), 유기 배합사료 및 유기조사료(시험구, T2)를 사용하였다. 다만 비육중기와 비육후기는 같은 배합사료로 사용하였다. 일반 배합사료는 시중에 유통되고 있는 것을 사용하였으며, 유기 배합사료는 중국에서 수입한 배합사료를 이용함에 따라 조단백질(CP) 함량의 경우 대조구(T1)의 조단백질 함량 보다 낮은 사료를 공시하였다. 벚짚 및 옥수수사일리지는 같은 지역에서 생산된 유기조사료로 이용하였다. 배합사료 및 벚짚의 일반성분은 AOAC법(1990)에 의거 수행하였고, TDN은 농촌진흥청(1988)에서 제시한 소화율을 적용하여 산출하였다.

Table 1. Chemical composition and TDN value of experimental diets

Feed Name		Chemical composition					TDN
		Dry matter	Crude protein	Crude fat	Crude fiber	Ash	
		----- % -----					
Concentrates							
Growing period ¹⁾	normal	87.41	13.93	3.49	8.44	5.84	70
	organic	88.23	14.74	3.29	5.98	5.33	69
Fattening period I ²⁾	normal	89.55	14.32	4.38	8.09	5.18	72
	organic	86.77	11.77	2.73	5.11	4.07	71
Fattening period II ³⁾	normal	85.38	13.40	3.74	8.15	4.58	75
	organic	86.26	10.11	2.85	4.31	5.70	74
Roughage(organic)							
Rice straw		89.10	4.07	2.08	32.24	10.82	37.5
Corn silage		22.48	11.66	2.99	28.93	6.24	64.9

1) 8 months to 13 months of growing period.

2) 13 months to 19 months of early fattening period.

3) 19 months to 28 months of late fattening period.

3. 조사방법 및 통계처리

사료섭취량은 전일 급여량에서 잔량을 제외한 값으로 결정하였고, 잔량조사는 매일 오전 8시에 실시하였다. 공시축의 체중은 시험개시부터 종료까지 30일 간격을 두고 측정하였다. 그리고 사양시험 종료 후 도체조사를 위하여 도살전일부터 절식시킨 후 다음날 농협축산물공판장(부천 소재)으로 운반하여 일정시간 안정시킨 후 도축을 실시하였다. 도체조사 및 육성분 분석은 축산과학원 관행법에 의거 수행하였으며 얻어진 결과는 SAS시스템(농촌진흥청, HP-UX, 2005)을 통한 EG(Enterprise Guide, Ver. 3) 프로그램을 이용하여 T-test 검정에 의한 통계처리하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 월령별 체중 및 일당증체량

생후 8개월령부터 사양시험을 진행하여 28개월령 시험종료 후 발육 및 일당증체량은 Table 2와 같다. 성장단계에 따른 처리별 체중은 8개월령 평균 213.4kg이며, 13개월령 체중이 331.1kg(T1), 및 326.6kg(T2), 19개월령 체중이 498.4kg(T1) 및 488.5kg(T2), 23개월령 체중 617.3kg(T1) 및 589.8kg(T2), 28개월령은 709kg(T1) 및 688.4kg(T2)으로 출하체중은 대조구(T1)가 유기구(T2)에 비하여 14.56kg 더 무거웠다. 농촌진흥청(2005)은 유기한우 생산기술체계 확립에 관한 연구에서 일반처리구(벚짚급여)와 유기건초, 옥수수담근먹이 급여구의 증체량에서는 차이가 없었다고 하였다. 그리고 성장단계에 따른 일당증체량은 육성기(8~13개월령), 비육전기(13~19개월령), 비육중기(19~23개월령), 비육후기(23~28개월령) 및 전기간 동안에 각각 0.76kg~및0.77kg, 0.93~0.90kg, 0.99~0.84kg, 0.59~0.64kg 및 0.81~0.79kg이다. 특히 비육중기 단계에서 유기구(T2)가 일당증체량이 0.84kg으로 대조구(T1) 0.99kg보다 낮은 것은(p<0.05) Table 1 및 Table 3에서 보는바와 같이 유기 배합사료의 에너지 함량이 낮고 (T1 비하여 T2가 1.4% 정도 낮음) 기호성의 차이(일일 농후사료 섭취량이 T1 비하여 T2가 4.1% 정도 낮음)에 따른 결과로 분석된다. 이후 회복은 되었으나, 전체적으로 일당증체량이 낮은 경향을 보였다. 대조구의 경우 홍 등(1994)이 보고한 거세한우 벚짚 이용시 일당증체량이 0.7kg이었다는 결과와 차이가 있었다. 시험기간 동안 질병발생이 시험축에서는 발생하지 않았다.

Table 2. Body weight and average daily gain of Hanwoo steers by treatment

Items	Treatment	
	T1 ¹⁾	T2 ²⁾
Body weight(kg)		
Initial(8 months), A	216.4±35.1	210.4±22.5
150th days(13 months), B	331.1±41.4	326.6±19.9
180th days(19 months), C	498.4±50.2	488.5±37.1
120th days(23 months), D	617.3±45.6	589.8±39.2
Final(28 months), E	709.0±44.86	688.4±46.60
Average daily gain(kg)		
Growing period(B-A)	0.76±0.10	0.77±0.10

Items	Treatment	
	T1 ¹⁾	T2 ²⁾
Early Fattening period(C-B)	0.93±0.14	0.90±0.15
Middle Fattening period(D-C)	0.99±0.08a	0.84±0.21b
Late Fattening period(E-D)	0.59±0.10	0.64±0.09
Over-all(E-A)	0.81±0.06	0.79±0.08

1) Treatment 1(Common Concentrates + Organic Roughage)

2) Treatment 2(Organic Concentrates + Organic Roughage)

* P<0.05, Values with different superscripts at the same row are significantly different.

2. 사료 섭취량 및 이용성

시험기간 20개월 동안 처리별 사료섭취량 및 이용성은 Table 3과 같다. 처리구별 전기간 동안 일평균 사료섭취량은 농후사료가 6.39kg(T1) 및 6.13kg(T2), 볏짚은 1.76kg(T1), 옥수수 담근먹이는 3.05kg(T1) 및 2.95kg(T2)이었다. 섭취된 사료의 CP, TDN은 각각 1.18kg(T1)~0.96kg(T2), 6.78kg(T1)~6.63kg(T2)으로, 일반사료구(T1)가 사료섭취량이 많았다. 또한 kg증체당 배합사료 요구량은 대조구(T1)도 약간 높았으나, 전체적으로는 차이가 없었다. 대조구의 경우 조 등(2000)이 보고한 거세한우의 볏짚 급여시 kg증체당 배합사료요구량 8.1kg보다 낮은 경향을 보였다.

Table 3. Feed and Nutrient intakes by treatments

Items	Treatments	
	T1	T2
Feed and nutrient intakes(kg/day, 600day)		
Concentrates	6.39	6.13
Rice straw	1.76	1.76
Corn silage	3.05	2.95
CP ¹⁾	1.18	0.96
TDN ²⁾	6.78	6.63
Intakes per 1kg gains(kg)		
Concentrates	7.86	7.77

Items	Treatments	
	T1	T2
Rice straw	2.06	2.12
Corn silage	0.39	0.39
CP	1.36	1.13
TDN	7.56	7.64

- 1) Crude protein.
- 2) Total digestible nutrients; Calculated value.

3. 도체특성

사양시험 후, 농협축산물 공판장(부천)을 통하여 도축하였으며 도체등급판정표와 sampling하여 일반성분 및 육질검사 등을 실시하였다. 처리별 도체특성은 Table 4에서 보는바와 같다. 도체중은 대조구(T1)가 407.5kg, 유기구(T2)가 389.75kg으로 대조구가 약 4.5% 정도 더 높았다. 육량등급에 있어서는 대조구(T1)구의 등지방 두께가 유기구(T2)에 비하여 얇고 등심단면적이 넓어 육량지수에 있어서는 유기구(T2)에 비하여 대조구(T1)가 높았으나 유의적인 차이는 없었다. 하지만 육질등급을 중요한 요소인 근내지방도는 대조구(T1)가 3.13인데 반하여 유기구(T2)가 3.75로 약 20%정도 개선되었으나 유의적인 차이는 없었다. 이와 같은 결과는 농촌진흥청 시험연구보고서(2005)에 보고한 유기건초 및 옥수수담근먹이 급여구가 대조구(벼짚급여)에 비하여 근내지방도가 향상되었으나 통계적인 차이가 없었다는 결과와 유사하였다. 일반적으로 육색을 평가할 때 육색기준에서 3~5는 상당히 좋은 것으로 간주하지만(中央畜産會, 2000), 본 시험의 결과에서는 평균 4.4~5 정도 보여주고 있다. 그러므로 유기사료를 급여하였을 때 잠재적인 육질의 개선효과를 기대할 수 있을 것으로 예상된다.

Table 4. Carcass weight and components of Hanwoo steers by treatments

Items	Treatments	
	T1	T2
Carcass weight(kg)	407.50±29.85	389.75±30.39
Meat quantity characteristics		
Back fat thickness(mm)	12.25±4.33	14.88±2.53
Rib-eye area(cm ²)	88.25±12.62	85.75±12.65

Items	Treatments	
	T1	T2
Meat yield index	65.51±3.40	64.23±1.32
Quantity grade(head) A : B : C	2 : 5 : 1	0 : 8 : 0
Meat quality		
Marbling score	3.13±1.55	3.75±1.58
Meat color	4.38±0.52 ^a	5.00±0.00 ^b
Fat color	2.88±0.35	3.13±0.35
Quality grade(head)1+ : 1 : 2 : 3	1 : 2 : 4 : 1	1 : 4 : 3 : 0
Hunter's value		
L	31.06±2.04	30.96±1.23
a	18.86±1.98 ^a	16.16±1.63 ^b
b	7.67±0.68 ^a	6.34±0.70 ^b

* P < .05, Values with different superscripts at the same row are significantly different.

육색은 많은 분야에서 일반적으로 색을 수치로 나타내기 위하여 사용하는 색조치(L, a, b)를 기계적인 방법으로 측정하여 그 수치를 비교한다. 색조치의 L은 명도를 나타내며 myoglobin 함량 및 근육중의 축적지방함량에 의해 영향을 받고, a는 적색도, b는 황색도를 나타낸다(中央畜産會, 2000). 육색과 도체지방량 및 근내지방도의 상관관계에 관한 연구에서 육색의 밝기는 적색보다 황색도와 상관관계가 더 높다고 하였다(Laila, 1996). 본 시험에서는 색차계에 의한 등심부위의 육색측정치를 보면 명도를 나타내는 L값은 대조구가 31.06, 유기구가 30.96으로 차이가 없었으나, 적색을 나타내는 a값은 각각 18.86, 16.16으로 차이가 나타났으며(P<0.05), 황색도를 나타내는 b값은 각각 7.67, 6.34로서 유기구보다 대조구에서 짙은 색상을 보였다(P<0.05). Mitsumoto(1992)도 육색의 L값이 증가하는 것은 비육이 진행됨에 따라 지방교잡이 발달하는 것에 기인한다고 보고하였다. 처리구별 등심단면적의 물리적인 특성 및 일반성분은 Table 5에서 보는바와 같다. 수분함량은 67.82~66.73%로 차이가 없었으며, 단백질 및 지방 등에서도 차이가 보이지 않았다. 물리적인 특성을 잘 나타내는 pH, 보수력 및 전단력은 처리간에 차이가 없었으나, 가열감량은 대조구(T1)가 21.31%로 유기구(T2) 17.95%에 비하여 차이가 나타났(P<0.05). 가열감량은 유기구가 낮았는데, 이는 pH가 높을수록 가열감량이 감소한다는 Palanska와 Nosal(1991)의 결과와 차이가 있었다. 그 밖에 잘 훈련된 감사원들의 입을 통한 관능검사에서는 각각의 요소에 대해 1(매우 나쁘다)부터 5(매우 좋다)까지 점수를 부여하였을 때, 관능검사의 결과에서도 처리구간에

차이를 보이지 않았다.

Table 5. Chemical components and physical-chemical properties of longissimus muscles by treatments

Items	Treatments	
	T1	T2
Chemical composition(%)		
Moisture	67.82±1.62	66.73±1.90
Protein	21.35±0.89	20.63±0.64
Fat	8.98±3.08	11.49±2.76
Ash	0.91±0.04	0.83±0.10
Physical-chemical properties		
pH	5.55±0.02	5.51±0.06
Shear force(kg/cm ²)	4.24±1.13	5.16±0.80
Cooking loss(%)	21.31±2.37 ^a	17.95±1.70 ^b
Water holding capacity(%)	55.74±1.68	55.98±0.65
Palatability traits1)		
Juiciness	4.50±0.34	4.55±0.4
Tenderness	4.83±0.29	4.75±0.69
Flavor	4.50±0.25	4.47±0.45

1) Panel test score : 1(very bad) to 5(very good) * P < 0.05

Values with different superscripts at the same row are significantly different.

IV. 요약

자가 생산 유기똥짚을 이용하여 한우사육농가(홍성)에서 공시축 16두(일반축 8두, 유기시 험축 8두)을 공시하여 생후 8개월령부터 28개월령까지 20개월간 사양시험을 한 결과는 다음과 같다. 발육에 있어 전기간 증체량은 대조구 492.6kg, 유기구 478kg이며, 일당증체량은 대조구 0.81kg, 유기구 0.79kg으로 대조구가 유기구에 비하여 증체량 및 일당증체량은 약간 높았다. 배합사료의 건물섭취량은 대조구(6.39kg)가 유기구(6.13kg)보다 높았으며, CP 및

TDN 섭취량도 대조구가 유기구에 비하여 약간 높았으나 차이는 보이지 않았다. kg중체당 배합사료요구율은 유기구(7.86kg)가 대조구(7.77kg)보다 개선된 경향을 보였으나 차이는 보이지 않았다. 비육중기 단계에서 유기구(T2)가 일당중체량이 0.84kg으로 대조구(T1) 0.99kg보다 낮은 것은($p<0.05$) 유기 배합사료의 에너지 함량이 낮고 기호성에 따른 원인에 기인한 것으로 판단된다. 비육후기(23-28개월령) 사료섭취량의 증가로 발육(일당중체량 : 대조구 0.59, 유기구 0.64) 및 도체등급(육량 및 육질)에 영향을 미친것으로 사료된다. 대조구가 유기구에 비하여 육량지수에 미치는 등지방두께가 감소하고 등심단면적으로 증가하는 경향을 보였다. 또한 육질등급의 경우 근내지방도가 유기구(3.75)가 대조구(3.13)에 비하여 향상되는 결과를 보였다.

[논문접수일 : 2009. 6. 16. 논문수정일 : 2009. 8. 25. 최종논문접수일 : 2009. 9. 5]

참 고 문 헌

1. 김동훈·성필남·조수현·권두중, 2007. 유기축산물 소비동향과 해결과제. 한국동물자원과학회. 49(2): 245-256.
2. 농촌진흥청(HP-UX). SAS EG(Enterprise Guide, Ver. 3) 프로그램.
3. 농촌진흥청. 1988. 한국표준 사료성분표. p. 56.
4. 농촌진흥청. 시험연구보고서. 2005. 유기한우 생산기반 설정에 관한 연구.
5. 농촌진흥청 국립축산과학원. 1997. 새로운 한우사육기술. pp. 67-101.
6. 농림부 국립농산물품질관리원. 2007. 축산물생산비 p. 17.
7. 조원모·조영무·홍성구·정의수·이종문·윤상기. 2000. 보리 총체담근먹이 급여가 거세한우의 발육, 사료이용성 및 육질에 미치는 영향. 한국동물자원과학회. 42(2): 181-188.
8. 홍성구·이병석·강희설·정의수·백봉현. 1994. 거세한우 육성비육시 담근먹이 급여가 발육 및 사료이용성에 미치는 영향. 농업과학논문집(축산). 36(2): 491-496.
9. 中央畜産會. 2000. 日本飼養標準 肉用牛. 農林水産省農林水産技術會議事務局編.
10. A. O. A. C. 1990. Official method of analysis(15th ed.). Association of Official Analytical Chemists Washington, D.C.
11. Kirchmann, H. and M. H. Ryan. 2005. Nutrient Exclusivity in Organic Farming. Does It Offer Advantages? Better Crops 89(1): 24-29.
12. Laila, A. 1996. Variation in carcass and meat quality traits and their relations to growth in dual purpose cattle. Livestock Prod. Sci. 46: 1.

13. Lampkin, N. 1990. Organic Farming. Farming Press Books, Ipswich, UK.
14. Misumoto, Mitsuru. 1992. Studies on measurement and improvement of beef quality. Ph. D. Dissertation in Kyoto University. Japan.
15. Palanska, O. and V. Nosal. 1991. Meat quality of bulls and heifers of commercial cross breeds of the improved slovak spatted cattle with the limousine breed vedecke prace vyskumneho Ustava Zivocisnej Vyroby nite. 24: 59.
16. Pathak, P. K., M. Chander and A. K. Biswas. 2003. Organic Meat: an Overview. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 16(8): 1230-1237.
17. Spector, David. Farming Without Farmers: J.I. Rodale and the American Organic Farming Movement. 2008. Columbia UNIV. of Homepage, www.columbia.edu/cu/history/resource-library/Spector_thesis.pdf (June 5, 2009), Publications.