

특 강

음식찌꺼기 퇴비화 기술

이상규

농학박사, 농업과학기술원 식물영양과장

1. 머릿말

음식문화에 대해서는 나름대로 각 나라의 특성에 따라 고유문화가 있으며 음식물의 기호도 다양하여 동물성, 식물성, 혹은 잡식성 등 다양하게 알려져 있다. 따라서 음식물이 갖는 구성물의 화학성이 대단히 상이한 것도 음식 문화의 다양성이라 하겠다.

우리나라는 경제발전과 더불어 식생활의 발전에 따라 각 개인마다 풍요로운 음식을 즐기고 있으며 그 정도는 날로 향상되어가는 실정이다. 우리가 즐기는 음식물 중 국내에서 생산된 재료도 있겠지만 많은 부분이 직·간접적으로 나라 밖에서 많은 외화를 소비하여 수입된 것이다. 그런데 많은 외화를 들여 수입되고 농민이 피땀흘려 재배하여 생산한 농산물로 만들어진 음식물이 연간 8조원 상당액이 먹다 남아 폐기물로 처리된다고 보고되고 있다(93, 환경처). 이 뿐만이 아니고 세계 각 나라별 1인당 1일 음식찌꺼기 발생량을 보면 영국은 0.26kg, 대만 0.44kg, 일본 0.3kg, 미국 0.16kg, 한국은 0.47kg으로 서구에 비하여 동양권에서 많고 특히 한국의 음식찌꺼기로 버려지는 양이 세계 여러나라에 비하여 제일 많은 것을 알 수 있다.

한편 우리나라의 생활폐기물 발생량 중 음식찌꺼기 발생량은 매일 19,764톤이 생성되며 이 양은 전체쓰레기량의 31%에 해당되는 막대한 량이다. 더군다나 음식찌꺼기 발생량은 해마다 증가되어 2001년에는 33,940ton/day로써 전체 쓰레기 발생

량의 44.2%로 증가추세이다(한국환경기술개발원 '94).

음식찌꺼기의 화학성분구성은 탄수화물, 단백질, 지방, 무기성분 및 섬유소 등이므로 토양에 매립, 하천과 호수에 무단방류 혹은 방치하게 되면 미생물 분해에 의하여 메르캅탄, 유화수소, 암모니아 등 유해가스의 발생은 물론 인축과 작물에 해로운 독성물질과 음식물 중의 단백질이 분해하여 생성된 암모니아는 질산태 질소로 변화되어 관계수원과 하천을 오염시키고 작물의 생육에까지 피해를 입힐 우려가 크며 더군다나 음식물찌꺼기를 처리하기 위한 비용의 증가는 국가 살림살이를 날로 주름지게 하는 원인이 된다.

농업은 자연생태계내에서 물질순환을 교묘히 이용하여 농산물의 생산은 물론 환경보전 기능을 발휘하는 산업이므로 생태계의 물질순환을 보다 원활히 하는 것은 국가 환경보전 및 농업생태계내에서 지속적 안전생산에 중요한 역할을 하는 것이다. 그런데 근년와서 "환경조화형 농업" 혹은 "지속적 농업"의 필요성이 국내·외적으로 대두되어 사회여론화 되었다. 따라서 오늘날 농업에 사용되는 에너지 및 산업폐기물의 농경지 투입등으로 인한 농업환경 오염에 대하여 반성해 볼 필요성이 있다. 현재의 우리농업은 농업경영의 전문화와 단순화, 노동력부족, 단수향상(單數向上)의 추구, 작물재배의 지역적 단지화 등과 관련하여 농업생태계 밖으로 부터 많은양의 석유에너지, 비료, 농약, 개량제 등의 농업자재가 투입되었다. 이에 따라 토지 생산성이나 노동생산성이 확실히 향상된

* 본 특강은 1995년 본 학회 학술대회에서 "농촌생활환경 보전과 여성의 역할"을 주제로 발표된 내용임.

반면 생태계의 물질순환에 여러가지 왜곡된 문제가 일어나 농업환경 오염이 국가환경 차원에서 사회문제가 일어나기 때문이다. 즉, 비료 및 농산부산물 퇴비의 과다 시용에 의한 수로, 하천, 저수지, 호수 등의 부영양화의 초래, 채소 내의 특수물질 과다 흡수에 의한 국민 건강 침해 및 농업생태계내 유용생물의 감소로 생물의 평형교란 등의 중요한 문제가 일어나기 때문이다.

각 국가마다 생산되는 산업폐기물 혹은 음식찌꺼기 등의 처리는 선진국에서도 각 나라마다 그 처리에 고심을 하고 있으며 이 처리를 위하여 국가경제에도 많은 부담을 안겨주고 있다. 특히 우리나라와 같이 국토면적이 협소하고 폐기물 처리에 대한 기술의 축적과 경제적 여건이 원만하지 않은 현실에서 폐기물의 감량, 과학적인 재활용 방법개발 등이 급선무라고 여겨진다.

이와 함께 무엇보다도 시급한 현실을 우리의 식생활 문화가 바꾸어져 최대한 음식 찌꺼기 발생량을 줄여 쓰레기 처리에 소요되는 경비절약은 물론 매립지 확보에 필요한 예산과 농경지에서 원활한 물질순환에 의한 농업환경 보전이 시급한 시기라고 믿어진다.

2. 음식찌꺼기의 일반 현황

우리나라에서 발생하는 음식찌꺼기의 배출장소별로 성상을 보면 표1과 같이 취급하는 음식물의 형태에 따라 가정,接客업소, 유통업소, 집단급식소 등에 따라 서로 상이하다. 즉 음식찌꺼기를 크게 곡류, 과일류, 채소류, 어육류로 나누어 볼때 평균적으로 곡류 14.7%, 과일류 13.7%, 채소류 53.1% 그리고 어육류가 18.6%로 채소류가 차지하는 비율이 가장 크다. 특히 채소류는 일반가정에서 발생량이 가장 많으며 가정과 대형유통업소에서 곡류의 구성비가 가장 낮은 반면 식품接客업소와 집단급식소에서 25%를 넘어 조리 후 음식찌꺼기로 폐기처리되는 양이 많은 것으로 나타났는데 이 결과로 미루어볼 때 우리나라 음식문화와 식단 차림새의 개선이 필요하다고 생각된다.

한편 각종接客업소 등에 따른 음식찌꺼기 배출장소별로 계절에 따른 차이를 보면 표2와 같다.

〈 표 1 〉 배출원별 음식물 쓰레기 성상 (단위 : %)

	가정	식품接客업소	대형유통업소	집단급식소	평균
곡류	5.9	26.9	0.8	25.0	14.7
과일류	17.7	6.7	24.1	6.3	13.7
채소류	63.7	47.3	43.4	57.8	53.1
어육류	12.7	19.1	31.7	10.9	18.6

자료 : 환경처(1992)

표에서 보면 계절별로 음식찌꺼기 구성 중 채소에 의한 발생량이 가장 많고 다음은 어육이며 과일과 곡류의 순으로 많았다. 그런데 특기할 것은 과일류가 가을에 가장 적고 어육이 차지하는 비율이 가장 많았다. 다만 배출 장소별로 볼 때 가정이나 집단급식소에 비하여 식품接客업소 및 대형유통업소에서 어육류의 배출량이 현저히 증가되었는데 이는 계절에 따른 국민의 정서와 휴식 등 국민 환경과 깊은 관계 있는 것으로 생각된다. 이 결과를 미루어 볼 때 음식찌꺼기 배출량 및 구성이 계절적 및 배출장소별로 다른 것은 이것을 이용 퇴비화했을 때 퇴비의 이화학성분이 달라질 가능성이 있고 또한 작물에 대한 시용량, 시용효과 등의 차이가 있을 수 있을 것 같다.

3. 음식찌꺼기 발효미생물의 개발

앞항에서 이미 설명했지만 음식찌꺼기의 구성은 계절과 음식물을 제공하는 장소에 따라서 현저한 차이가 있다. 그런데 이들 구성원 중 유기물원으로써 섬유소, 단백질, 지방, 탄수화물 등으로 구성되어 있으며, 퇴비화 후 비료성분과 관계가 깊은 것은 대체로 탄소 44.7, 수소 7.0, 산소 34.4, 질소 4.1, 유황 0.6, 인 2.2 및 칼리 1.3% 등으로 되어 있는 구성성분이다.

음식찌꺼기의 발효는 다른 유기성 폐기물과는 달리 탄수화물, 단백질, 지방 및 유기성분 함량이

음식물찌꺼기 퇴비화 기술

〈 표 2 〉 매출업소에 따른 계절별 음식찌꺼기 구성원의 차이

(단위 : %)

계 절	종 류	가 정	식품접객업소	집단급식소	대형유통업소	평 균
봄	곡 류	5.3	23.6	26.4	0.3	12.9
	과 일	17.4	5.8	6.6	15.7	16.2
	채 소	66.1	57.8	57.6	42.3	59.7
	어 육	11.2	12.8	9.4	41.7	11.2
가을	곡 류	3.7	28.2	22.7	0.8	14.3
	과 일	11.6	7.1	5.7	11.7	7.6
	채 소	66.3	19.4	64.7	46.1	43.1
	어 육	18.4	45.3	6.9	41.4	35.0
겨 울	곡 류	6.7	32.8	21.0	0.3	17.4
	과 일	24.9	8.2	5.2	16.8	13.8
	채 소	60.0	44.0	54.0	54.0	52.4
	어 육	8.4	15.0	28.9	28.9	16.4

자료 : 유기춘 외(1992)

많아 자연에 방치되어 부패되면 악취, 가스 및 독성물질이 발생하고 파리, 모기, 기타 많은 벌레가 모여 비위생적으로 될 수 밖에 없다. 그러므로 음식 찌꺼기는 반드시 짧은 시간내에 발효되어 부패 미생물이 먼저 우점되지 않도록 해야 할 필요성이 있고 따라서 발효전 음식찌꺼기를 퇴적하여 완숙 퇴비화가 반드시 뒤따라야 한다. 따라서 음식찌꺼기를 짧은 시간내에 발효시켜 양질의 퇴비를 만들기 위해서는 우수한 발효미생물이 선발되어야 하며 선발된 발효미생물은 다음과 같은 조건을 갖추어야 한다.

1. 아주 높은 염분(鹽分) 농도에서도 발효능이 우수해야 하고 발효된 후의 유기질 비료의 염농도가 작물의 생육에 장애를 주는 농도 이하이어야 할 것.
2. 특수기능을 가진 수개의 미생물이 좁은 환경에서 공존할 때 호혜적으로 상보기능을 갖고 있어야 할 것.
3. 미생물 발효시 산출되는 가스, 악취, 독성물질이 생성되지 않아야 하며 생성하더라도 환경에 대한 피해가 상대적으로 적어야 할 것.
4. 미생물의 분해산물이 토양, 작물 및 인축(人畜)에 해가 없어야 하며 자연환경에서 생존력이

우수하여야 할 것 등이다.

이상과 같은 조건을 구비한 미생물로서 음식찌꺼기 중에 포함된 유기물 주성분 즉 섬유소, 탄수화물, 단백질 및 지방을 분해 혹은 부패시키지 않고 발효하여 미생물 개체가 원하는 영양원과 에너지 얻을 수 있는 미생물을 반드시 선별하여 사용하지 않으면 안된다.

특히 음식찌꺼기 중의 높은 염분을 분해하여 작물이 염해를 받지 않도록 해야 하는 생물이 필요하다. 만약 이와 같은 작용을 갖지 못한 미생물을 사용하면 분해 혹은 부패에 의하여 악취와 독소가 발생되고 그의 많은 양의 가스가 발생하는 경우 환경 오염은 물론 작물과 인축에 막대한 피해를 줄 수 있으므로 반드시 단시간 내에 발효에 의하여 양질의 우수한 유기질 비료를 생산하여야만 한다.

그 다음, 음식찌꺼기의 발생장소 및 발생된 음식찌꺼기의 종류에 따라 발효미생물 첨가효과를 알고자 농촌진흥청 구내식당에 발생된 음식찌꺼기(A)와 수원시 화서동 소재 대중음식업소인 수원 갈비집에서 발생된 음식찌꺼기(B)를 '93년 4월 2일에 채취 공시하여 발효기간 동안 다음 그림2와 같은 가스 표집통을 통하여 CO₂ 발생량을 조사한

〈 표 3 〉 음식찌꺼기 종류별 미생물 접종시 CO₂ 발생량 측정

음식찌꺼기 종 류	처 리 유 무	처리일수별 CO ₂ 발생량(mg/10g 음식찌꺼기)					
		2	3	5	8	10	20
A	무 처 리	260	670	780	500	450	210
	미생물접종제	1,950	2,370	2,430	800	750	100
B	무 처 리	450	930	620	450	130	110
	미생물접종제	2,120	2,480	2,410	550	460	50

A의 구성 : 밥, 깍두기, 콩나물, 채소류 찌꺼기

B의 구성 : 밥, 배추김치, 상추, 과일찌꺼기, 육류, 오이

(각종 발효불가능한 불순물 25%)

결과를 보면 다음과 같다.

표3에서와 같이 발효처리 후 일수별 이산화탄소 발생량은 "A" 및 "B" 모두 3일과 5일경 가장 많은 양을 발생하였으며 그 후 급격히 감소하였다. 그리고 미생물 무처리에 대한 발효미생물 처리구는 약 3배이상 많은 양의 이산화탄소 발생량을 보였으며 음식찌꺼기 수집장소간의 차이는 거의 없었으나 대중·요식업체에서 수거한 음식찌꺼기의 발효가 발효 후 3일경까지 다소 높은 경향을 보였으며 그 후 감소되는 양이 "A"보다 "B"가 더욱 뚜렷하였다.

결국 음식찌꺼기의 발효는 발효미생물 접종제를 첨가함으로써 발효가 급속도로 진행되어 퇴비의 고유색깔인 짙은 갈색을 나타내었으며 특히 퇴비의 성상이 더욱 양호하였으나 무처리구는 20일 후에도 음식찌꺼기 형태 그대로 남고 색깔도 음식찌꺼기 고유색깔을 보이며 심한 부패 냄새를 나타내었다.

발효미생물 첨가 음식찌꺼기 발효 퇴비시용시 토양 중 기존 미생물수 및 종류에 어떻게 영향하는가를 조사하기 위하여 메리골드 재배 포트에 화학비료 단용구(N.P.K), 화학비료에 일반농가 관행 퇴비 2,000kg/10a, 그리고 화학비료에 음식찌꺼기 발효퇴비 2,000kg/10a 상당량을 사용하여 미생물

변화를 조사한 결과는 다음 표4와 같다.

표4에서와 같이 메리골드 생육 중반기 토양을 채취하여 각 처리별 미생물 종류 및 수 조사결과 세균과 사상균수는 대조구 및 농가에서 만든 일반 퇴비에 대하여 음식찌꺼기 발효 퇴비 시용구에서 현저히 많았으며 특히 사상균수 증가가 뚜렷하였다. 방선균수는 대조구에 비해 약간 적으나 일반 토비보다는 현저히 많았다.

이 결과를 미루어 볼 때 농작물 재배 토양에 음식찌꺼기 발효퇴비 시용은 토양에 이미 서식하는 미생물과 협생 혹은 공생 등의 관계로 미생물 종류와 수의 증가에 상보적인 관계를 보인 것으로 판단

〈 표 4 〉 메리골드 재배시 처리별 생육중기 토양 미생물상 조사

처 리	(단위 : cfu/g 토양)		
	세 균 (×10)	방선균 (×10)	사상균 (×10 ³)
대조군 (NPK)	13.3	5.6	87.3
일반퇴비 (2,000kg/10a)	6.0	3.0	81.3
음식찌꺼기 발효퇴비 (2,000kg/10a)	20.0	5.0	145.0

된다. 따라서 음식찌꺼기 발효미생물은 음식찌꺼기의 발효를 도와 유기질 비료화를 촉진함은 물론 발효된 유기질비료는 토양화학 성분증가에 인한 수량생산에 기여함과 동시토양 중 유효미생물의 활성증대에도 기여했음을 알 수 있었다.

4. 음식찌꺼기 발효퇴비 조제 및 시용 효과

농촌진흥청에서 개발한 음식찌꺼기 발효미생물의 효과를 확인하기 위하여 일본에서 개발된 음식찌꺼기 발효 미생물제 MAM을 대조구로 하고 본 발명품과 음식찌꺼기 발효과정 중 생성되는 CO₂, NH₃, N₂O 가스 등을 조사한 결과는 표5와 같다.

표에서 CO₂(이산화탄소)는 미생물이 음식찌꺼기를 발효하고 남은 최종산물로써 발효의 정도를 알기 위해 측정하였고 NH₃(암모니아) 가스는 음식물 발효과정중 단백질이 분해하여 얼마나 고약한 냄새가 나는가를 알기 위한 측도이며 N₂O(이산화질소) 가스는 단백질분해 후 질소원이 유기질 비료로부터 얼마나 유실되며 근래 지구온난화의 문제가스의 하나로 배출규제에 해당되기 때문에 얼마나 줄일 수 있는가를 알 수 있는 측도로 사용하였다.

실시결과 일본산 "MAM"에 비하여 본 발명품이 음식찌꺼기의 발효도 양호하고 악취를 줄일 수 있으며 또한 비료의 유실을 방지할 수 있었다.

음식찌꺼기 발효퇴비의 화학성분을 알아보기

〈 표 5 〉 발효기종별 음식찌꺼기 발효과정 중 경시적 가스 발생량

(mg/100g/day)

가스종류	발효기명	발 효 경 과 일 수				합 계	평 균
		2	4	7	9		
CO ₂	- MAM(일산)	700	2,535	663	200	4,098	1,024
	- 발명품	1,382	2,936	701	124	5,143	1,285
NH ₃	- MAM(일산)	511	234	4	19	763	192
	- 발명품	345	193	3	31	572	143
N ₂ O	- MAM(일산)	208	220	251	14,685	14,685	3,671
	- 발명품	546	250	275	12,275	13,346	3,336

※ 3반복의 평균성적임

위하여 수원 시중음식점에서 수거한 음식찌꺼기를 공시하여 발효보조제로 톱밥 및 피트모스(토탄)를 첨가하여 완숙퇴비화가 끝난 발효퇴비의 화학성분 분석결과는 다음 표6과 같다.

표6에서와 같이 발효전에 비하면 미생물에 의하여 발효된 음식찌꺼기 발효퇴비는 질소(T-N), 인산(P₂O₅), 칼리를 비롯하여 석회, 고토, 염소 등의 농도가 1/3 4하로 감소되었는데 이 원인은 발효시 보조제로 첨가에 의한 희석된 때문이며 특히 염농도가 약 1/4 수준이하로 감소되어 음식물찌꺼기의 염분장해

걱정은 많이 해소된 좋은 결과를 보였다.

표6에서 나타난 톱밥첨가 발효음식물 퇴비와 피트모스 첨가퇴비의 염농도는 일반 농가에서 벼짚, 보리짚 혹은 산야초 등의 짚류를 재료료한 농가의 관행퇴비와 유사하여 완숙된 음식물찌꺼기 퇴비의 작물에 대한 염농도 장애에 대해서는 크게 우려하지 않아도 될 것 같다.

표7에서와 같이 일반관행구(NPK+일반퇴비)에 비하여 음식찌꺼기 발효퇴비 시용구가 배추, 고추, 토마토 및 메리골드의 수량 및 생육에 의하여

〈 표 6 〉 공시 음식물 쓰레기 및 발효퇴비의 화학성 분석

(단위 : %)

처 리	pH(1 : 5)	T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	염농도
발 효 전	5.0	4.02	1.18	0.92	1.12	3.32	3.32	1.15
톱밥첨가 발효	5.8	0.76	0.32	0.31	0.46	0.87	0.87	0.26
피트모스 첨가발효	4.0	1.76	0.46	0.44	0.57	0.39	0.39	0.39

〈 표 7 〉 음식찌꺼기 발효 완숙 처리의 작물시용효과

	수량 (g/pot)			회수 (개/본)
	배 추	고 추	토마토	메리골드
NPK+일반퇴비	676	30	262	4.5
(4+on/104)	(100)	(100)	(100)	(100)
NPK+음식찌꺼기퇴비	652	54	424	5.2
(4ton/10a)	(96.5)	(180)	(162)	(116)

※ 3반복의 평균치임.

배추의 수량은 비슷하였으며 고추와 토마토는 증수되었고 메리골드는 회수가 증가되었다.

한편 경기도 화성군 봉담면 이천리의 농가포장에서 상추재배시 음식찌꺼기 퇴비 시용효과 시험 결과도 위의 표와 유한 증수효과를 보여 음식찌꺼기 발효 처리시용 효과가 인정된다. 그러나 앞으로 보다 많은 작물을 대상으로 토양의 종류별 음식찌꺼기 발효퇴비 시용량 시험의 실시가 필요하다고 생각된다.

5. 맺는말

산업의 발달과 더불어 발생하는 폐기물은 어느 나라를 막론하고 그 처리를 위하여 막대한 재정을 들이며 또 기술적으로 보다 완만한 처리를 위하여 각 분야에서 많은 투자와 연구수행을 하는 것이 오늘날 지구상에서는 사람들의 힘든 과제라고 생각된다. 폐기물의 효율적인 관리와 이에 소요되는 경제적 부담을 줄이기 위해서는 보다 근본적으로

폐기물 발생량을 줄이며 또한 이와 관련한 기술을 개발하여 발생된 폐기물을 재활용하고 또한 불가피하게 발생된 폐기물도 보다 완전하게 처리되어 지구환경 오염에 영향을 줄이는 과제가 급선무라고 생각된다.

특히 농림수산업에서 발생하는 음식찌꺼기는 미리부터 발생량을 줄일 수 있는 우리 음식 문화 및 관습을 바꾸는 지혜도 필요하며 생성된 폐기물을 최대한 자원화하는 기술개발이 더욱 중요하리라 믿어진다.

특히 우리의 식생활에서 발생하는 음식찌꺼기는 가정 혹은 나아가서 국가의 중요한 자원의 손실이며 더군다나 국토면적이 좁은 우리나라의 실정에 비추어 매립지의 선정은 더욱 문제이지만 날로 심각해지는 주변환경 오염의 경감을 위하여 국민 한사람 한사람 모두가 노력해야 하며 이 문제는 우리세대에게 해결하는 것이 오늘에 사는 우리의 책임이라고 생각된다.