

밀의 제분에 따른 밀가루 중 농약 가공계수 산출 연구

박소영 · 박건상^{1*} · 임무혁¹ · 최 훈¹ · 장문익¹ · 권찬혁¹ · 김선구¹ · 이효구² · 홍무기³ · 심재한⁴ · 김정한*

서울대학교 농생명공학부, ¹식품의약품안전청 식품안전국, ²공주대학교,
³농촌진흥청 농산물안전성부, ⁴전남대학교 농업생명과학대학

(2009년 4월 22일 접수, 2009년 5월 12일 수리)

Studies for the Processing Factors of Pesticides during the Milling of Wheat Grain

Park So-Young, Park Kun-Sang^{1*}, Im Moo-Hyeog¹, Choi Hoon¹, Chang Moon-Ik¹, Kwon Chan-Hyeok¹, Kim Sun-Gu¹, Lee Hyo-Ku², Hong Moo-Ki³, Shim Jae-Han⁴ and Kim Jeong-Han*

School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University, ¹Food Safety Evaluation Department, Korea Food and Drug Administration, ²Kongju national University, ³Department of Crop Life Safety, Rural Development Administration, ⁴Biological & Environmental Chemistry, Chonnam National University

Abstract

Processing factors of pesticides in milling process of wheat grain, which are consumed and imported at large quantity were examined to establish reasonable MRL of the processed food. Azinphos-methyl, chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl, fenitrothion, malathion, and trichlorfon were selected for the study according to annual usage and the previous detection record in wheat grain. Dipping process for pesticide application was performed in laboratory, while milling process was conducted under pilot plant system. Processing factors were calculated by analyzing residual pesticides on wheat grain and processing products as wheat flour, bran and red dog. Processing factors were 0.05 for azinphos-methyl, 0.06 for chlorpyrifos, 0.05 for chlorpyrifos-methyl, 0.07 for fenitrothion, 0.07 for malathion, 0.06 for trichlorfon, respectively. Recovery test was also performed to establish extraction efficiency of analytical procedure. The recovery value ranged from 93.2% to 98.6% with standard deviation of 0.1~0.9%.

Key words pesticides, processing factor, wheat flour, wheat grain

서 론

밀은 세계에서 가장 오래된 식량작물 중의 하나로, 약 9000년 전 아시아 일부지역에서부터 유럽, 아프리카, 아메리카 등지로 전해져 현재는 남극대륙을 제외한 전 지역에서 생산되고 있으며 전 세계에 걸쳐 약 20여종이 재배되고 있으나, 상

업적으로 중요한 밀은 3-4개로 알려져 있다. 우리나라에서도 밀의 재배 역사는 매우 길어 BC 200~100년경으로 추정된다고 한다.

밀은 우리나라에서 제 2의 주식으로서 쌀, 옥수수, 조, 보리 등과 같이 사람의 먹거리 중에서 가장 기본이 되는 곡물로서 식생활에서 차지하는 비중이 커서 밀가루의 시장규모는 1조 원대이다. 밀가루는 전체시장의 99%이상이 수입한 밀을 가공하여 사용하고 있으며 지난해 약 227만 M/T톤의 밀을 수입하였으며 이중 미국산 밀이 64.7%(1,473,628M/T), 호주산이 6.2%(660,320M/T), 캐나다산이 6.2%(141,547M/T),

*연락처 : Tel. +82-2-380-1667, Fax. +82-2-380-4892
E-mail: parkks0@kfda.go.kr
Tel. +82-2-880-4644, Fax. +82-2-873-4415
E-mail: kjh2404@snu.ac.kr

기타가 0.1%(1,844 M/T)의 분포를 보이고 있다. 대부분의 밀은 제분 공정을 거쳐 밀가루로 사용되는데 국내 밀가루 시장은 160~170만톤의 생산량을 기록하고 있으며 수입밀가루는 캐나다, 중국, 인도네시아, 헝가리 등지로부터 7만톤의 완제품 밀가루를 수입하고 있다. 밀가루의 용도는 제면용으로 대부분 이용되며 그 외 제과 제빵용, 가정용, 요식업소용, 주조용 등으로 소비되고 있다.

이와 같이 세계인의 주식량원인 밀을 안정적으로 생산하기 위하여 세계 각국에서는 밀에 대한 잔류농약 관리를 위하여 미국이 135종의 농약에, Codex가 60종의 농약에, 일본이 64종의 농약에, 우리나라가 82종의 농약에 대하여 잔류허용기준을 설정하여 관리하고 있다.

농약은 농산물의 증산에 기여한 유익성과 함께 거론되어 온 유해성의 문제는 농약 자체가 대부분 유기화합물 즉 인체에 내재되어 있지 않은 외부로부터 유래되는 유기화합물로 인하여 그 유해성문제가 일어난다고 보고 있다.

세계인구의 상당수가 식량부족에 직면하고 있으며 세계 농작물의 1/3 정도가 재배, 수확, 저장기간 중에 병해충에 의해서 손실되어지고 있으며, 농약은 식량생산에 있어서 식량 증산은 물론 생산성을 향상시키기 위하여 불가피하게 사용되는 작물보호제로서 우리나라의 농약 사용 규모는 세계 12위권에 들어 있다고 하며, 농지 1 km² 당 사용량은 OECD국가 중 2위에 해당한다고 한다. 그러나 농약을 사용하지 않고 이러한 목적을 달성할 수 있는 효과적이고 경제적인 수단이 아직 없어 많은 농약이 사용되고 있으며 이에 따른 환경오염으로 인해 국민보건상 위해 우려 때문에 사회적 문제가 되고 있다.

우리나라에서는 대부분 농산물에 대한 잔류농약조사가 식품의약품안전청을 비롯한 몇몇 연구기관과 연구자에 의하여 조사, 연구되고 있으나 세계인의 주식이면서 우리나라의 제 2의 주식인 밀과 밀의 가공 산물인 밀가루에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

실제 Codex에서는 가공 농산물의 농약잔류허용기준을 설정할 때 가공계수에 의한 농약섭취량 산출이 매우 중요한 요인이 되고 있음을 인식하고 있다.

미국 EPA와 EU에서는 감소계수(가공계수)에 대한 지침을 제정하였으며, FAO/WHO의 JMPR(잔류농약전문가모임)에서는 2003년부터 전 세계적으로 가공계수에 대한 자료를 수집하여 정리하고 있는 실정이다. Codex에서는 동일 원료로 가공하는 제품별로 서로 다른 기준을 적용하고 있으며, 특히 과일과 채소는 국가별로 소비 형태가 다르고 감소계수(가공계수)가 표준화되어 있지 않아 계속 자료 수집중

이다.

이 연구는 세계인의 주식원이면서 우리나라에서도 제 2의 주식으로 많이 섭취하고 있는 밀 중의 잔류농약이 제분공정에 의해 밀가루에 잔류농약이 얼마나 남아있는지를 파악하여 밀가루의 잔류농약 가공계수 산출을 위하여 실시하였다. 이번 연구를 통하여 가공농산물의 안전성을 확보하고 실제 섭취단계에서의 식이 안전성 평가에 중요한 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

재료

시중에서 통밀을 구입하여 실험을 통해 농약이 검출되지 않음을 확인한 후 농약액에 침지하여 건조한 밀과 이를 제분한 밀가루를 사용하였다.

대상 농약

연구 대상 농약은 밀의 세계적 주 생산국인 미국에서 밀의 저장용 위하여 주로 사용하는 post-harvest 농약인 chlorpyrifos-methyl, malathion, fenitrothion 및 수입 a lf 검사에서 검출이력이 있는 azinphos-methyl, chlorpyrifos, trichlorfon을 선정하였는데 이들 농약은 우리나라 식품공전의 밀에 잔류허용기준이 설정되어 있고 CODEX와 미국에 동시에 기준이 설정되어 있는 6성분이다.

침지시험

시판 농약제품을 구입하여 azinphos-methyl, chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl, fenitrothion, trichlorfon은 6 ppm에 침지액을 만들어 2시간 침지한 후 이를 동안 건조하여 잔류량을 확인한 결과 chlorpyrifos-methyl, fenitrothion, trichlorfon, 의 잔류량은 밀의 농약잔류허용기준(Table 2) 수준에 미치지

Table 2. MRL and the concentrations of dipping solutions

Pesticides	MRL for wheat grain (ppm)	Concentration of Dipping solution (ppm)
Trichlorfon	0.1	12
Chlorpyrifos	0.1	6
Chlorpyrifos-methyl	6	17
Fenitrothion	6	32
Azinphos-methyl	0.2	6
Malathion	8	75

못하였다. 따라서 3종 농약의 농도를 각각 12 ppm, 17 ppm, 32 ppm으로 하는 혼합침지액을 다시 조제하여 2시간 침지한 후 이를 동안 건조하여 제분 공정을 거쳐 왕겨, 말분, 밀가루를 분석하였다. Malathion은 농약잔류허용기준의 2배인 16 ppm의 침지액에 2시간, 4시간 침지한 후 건조하여 잔류량을 확인했으나 모두 농약잔류허용기준 수준에 크게 미치지 못하여 다시, 75 ppm 침지액에 2시간 침지 후 건조한 다음 제분 공정을 거쳐 왕겨, 말분, 밀가루를 분석하였다.

제분과정

Pilot 제분기(Fig. 1)를 이용하여 제분 공정을 수행하였다.

잔류농약 분석

Chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl, fenitrothion, azinphos-methyl

시료 5 g에 acetone 100 mL을 가한 후 2분간 마쇄하여 500 mL 둥근 플라스크에 옮기고 잔사를 acetone 50 mL으로 세척 후 합하여, 감압 농축하였다. 농축된 여액을 분액깔대기에 옮기고 이에 포화 식염수 10 mL, 증류수 100 mL를

넣은 다음 ethyl acetate 50 mL 씩으로 3회 분배 추출하였다. Ethyl acetate를 모아 무수 sodium sulfate로 탈수한 후 감압 농축하고 잔류물을 dichloromethane 5 mL로 용해하였다. Glass column(70 cm x 1.4 cm)에 florisil (0.150~0.250 mm) 10 g을 hexane으로 습식 충전 후, 시료 용액을 첨가하고 acetone 및 dichloromethane의 혼합액(3:7) 200 mL로 용출시켜 감압 농축하고 ethyl acetate 1 mL로 정용한 후 GC-NPD를 사용하여 Table 3의 조건으로 분석하였다.

Malathion

시료 5 g에 acetone 100 mL을 가한 후 2분간 마쇄하여 500 mL 둥근 플라스크에 옮기고 잔사를 acetone 50 mL으로 세척한 후 합하여, 감압 농축하였다. 농축된 여액을 분액깔대기에 옮긴 후, 5% NaCl 200 mL를 가하고, n-Hexane 100 mL와 50 mL로 2회 분배한 후, 농축하여 acetone으로 1 mL로 정용한 후 GC-NPD를 사용하여 Table 5의 조건으로 분석하였다.

Trichlorfon

시료 5 g에 acetone 100 mL 가한 후 2분간 마쇄하여 500



Fig. 1. Pilot milling machine.

Table 3. GC condition for analysis of pesticides in wheat

Pesticide	Chlorpyrifos, Chlrpyrifos-methyl, Fenitrothion, Azinphos-methyl
GC System	Agilent 5890 GC
Detector	Nitrogen-phosphorus detector
Column	DB-5 capillary column, (0.53 mm i.d x 30 m)
Temperature	Detector : 300°C
	Injetor : 250°C
	Column : 50°C (5 min) → 20 °C/min → 160 °C (5 min) → 30 °C/min → 280 °C (5 min)
Gas flow rate	Carrier : N ₂ 10 mL/min
	Makeup : N ₂ 20 mL/min
	Fuel : H ₂ 3.5 mL, Air 105 mL/min
Splitless injection Mode	
Sample size	1.0 µl

Table 4. GC condition for analysis of trichlorfon in wheat

Pesticide	Trichlorfon
GC System	Agilent 6890 GC
Detector	Nitrogen-phosphorus detector
Column	Ultra-II capillary column, (0.25 mm i.d x 60 m)
Temperature	Detector : 300℃ Injetor : 250℃ Column : 90℃(5 min) → 15 °C/min → 200 °C(5 min) 20 °C/min → 280 °C(5 min)
Gas flow rate	Carrier : N ₂ 1 mL/min Makeup : N ₂ 59 mL/min Anode purge : N ₂ 6.5 mL
Splitless injection Mode	
Sample size	1.0 μl

Table 5. GC condition for analysis of malathion in wheat

Pesticide	Malathion
GC System	Agilent 5890 GC
Detector	Nitrogen-phosphorus detector
Column	DB-5 capillary column, (0.25 mm i.d x 30 m)
Temperature	Detector : 300℃ Injetor : 250℃ Column : 150℃(2 min) → 10 °C/min → 220 °C(3 min) → 50 °C/min → 280 °C(7 min)
Gas flow rate	Carrier : N ₂ 1 mL/min Makeup : N ₂ 29 mL/min Fuel : H ₂ 3.5 mL Air 105 mL/min
Splitless injection Mode	
Sample size	1.0 μl

mL 등근 플라스크에 옮기고 잔사를 acetone 50 mL로 세척 후 합하여, 감압 농축하였다. 농축된 여액을 분액 깔대기에 옮긴 후 포화 식염수 100 mL을 첨가 한 후, dichloromethane 100 mL와 50 mL로 2회 분배하여 무수 sodium sulfate로 탈수시켜 감압 농축하여, dichloromethane 5 mL로 용해하였다. Glass column(70 cm x 1.4 cm)에 silica gel(0.063~0.2 mm) 1 g을 hexane으로 습식 충전하고 시료 용액을 첨가 하였다. Acetone 및 dichloromethane의 혼합액(1:1) 150 mL를 용출시켜 감압농축 후 hexane 1 mL로 정용한 후 GC-NPD를 사용하여 Table 4의 조건으로 분석하였다.

가공계수의 산출

밀가루의 농약 가공계수는 밀(grain)의 농약잔류량과 밀가루로 제분한 후의 농약잔류량 비율로 구하였으며 계산식은 다음과 같다. 예를 들어 밀(grain) 중 농약잔류량이 1 ppm이고 밀가루 중의 농약 잔류량이 0.5 ppm일 경우 농약 가공계

수는 0.5가 된다.

가공계수 산출식)

$$\text{가공계수} = \frac{\text{밀가루 잔류량(ppm)}}{\text{밀(grain) 잔류량(ppm)}}$$

결과 및 고찰

회수율과 정량한계

시험대상으로 하는 잔류농약이 검출되지 않은 밀에 azinphos-methyl, chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl, fenitrothion, malathion 및 trichlorfon을 첨가하여 회수율과 정량한계를 구하였다. 6종 농약을 각각 1.0 mg/kg이 되도록 혼합표준용액을 조제하여 시료 5 g에 혼합표준용액 1 mL를 첨가한 후 잔류농약 분석방법에 따라 실험한 결과 회수율 및 정량한계는 Table 6과 같다. 각 농약의 정량한계(LOQ)는 각 분석기

Table 6. Recovery and LOQ of pesticide in wheat

Pesticides	Recovery (%)	Quantitative limit (mg/kg)
Azinphos-methyl	93.2 ± 0.8	0.05
Chlorpyrifos	95.5 ± 0.9	0.03
Chlorpyrifos-methyl	96.6 ± 0.5	0.01
Fenitrothion	97.4 ± 0.1	0.03
Malathion	98.6 ± 0.5	0.02
Trichlorfon	94.5 ± 0.8	0.02

기에서의 최소검출량을 구하고 이를 밀의 matrix를 고려하여 검출한계(LOD)를 구한 후 여기에 3을 곱하였다.

잔류농약분석

이 연구의 방법에 따라 실험한 후 azinphos-methyl, chlorpyrifos, chlpryifos-methyl, fenitrothion은 Table 3의 분석조건으로,

malathion은 Table 4의 분석조건으로, trichlorfon은 Table 5의 분석조건으로 측정된 결과 각각의 gas chromatogram은 Fig. 2~7과 같다.

밀가루 수율

Pilot 제분기를 사용하여 통밀 1604.3 g에서 왕겨(bran) 640.8 g, 말분(red dog) 37.4 g, 밀가루(flour) 834.2 g을 얻었다. 이는 밀을 기준으로 할 때 왕겨 39.9%, 말분 2.3%, 밀가루 52%로 통상적인 제분공장의 밀가루 수율인 60~65%에 크게 못 미쳐 pilot system의 한계를 벗어나지 못했으나 이 연구의 목적인 제분에 의한 밀가루 중 농약가공계수 산출에는 문제가 없을 것으로 판단되었다.

제분과정에서 생성된 부위별 농약잔류량 분포

6종 농약의 혼합 침지액에 침지한 통밀 및 이를 사용하여 제분하면서 생성된 왕겨, 말분, 밀가루 등 전체적인 농약잔류

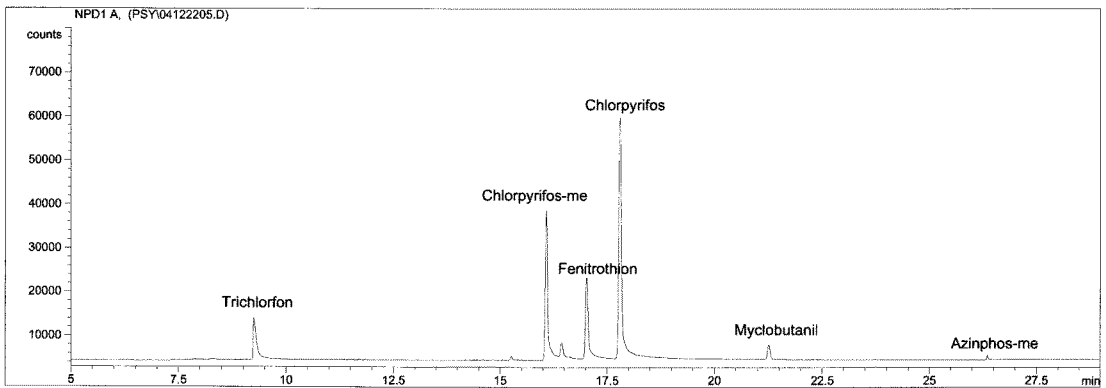


Fig. 2. Chromatogram of 5 pesticide standards analyzed by GC-NPD with DB-5 column (trichlorfon, chlorpyrifos-methyl, fenitrothion, chlorpyrifos, azinphos-methyl).

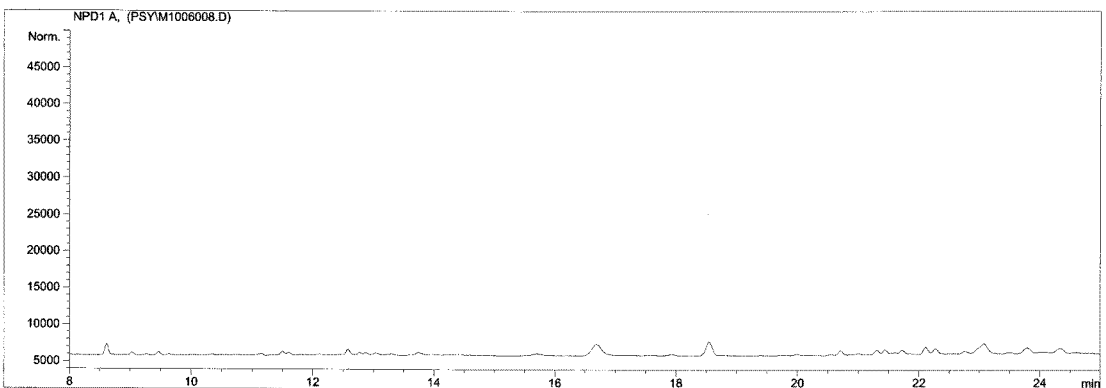


Fig. 3. Chromatogram of control sample of wheat.

량 분포는 Fig. 8과 같다. 이 그림에서 보듯이 왕겨와 말분의 농약잔류농도가 통밀보다 높은 것으로 나타났다. 이는 왕겨, 말분의 잔류농약 절대량은 통밀의 잔류농약 절대량 보다 적

으나 밀 중 농약은 대부분 왕겨와 말분에 잔류하며 제분과정에서 왕겨와 말분의 수율이 상대적으로 낮아 농약잔류량을 농도로 표시할 경우 나타나는 현상이다.

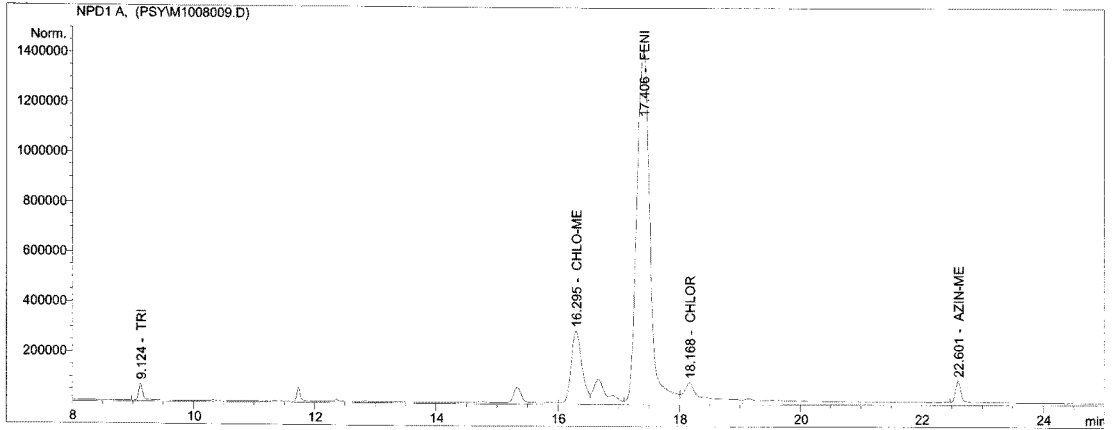


Fig. 4. Chromatogram of dipped wheat.

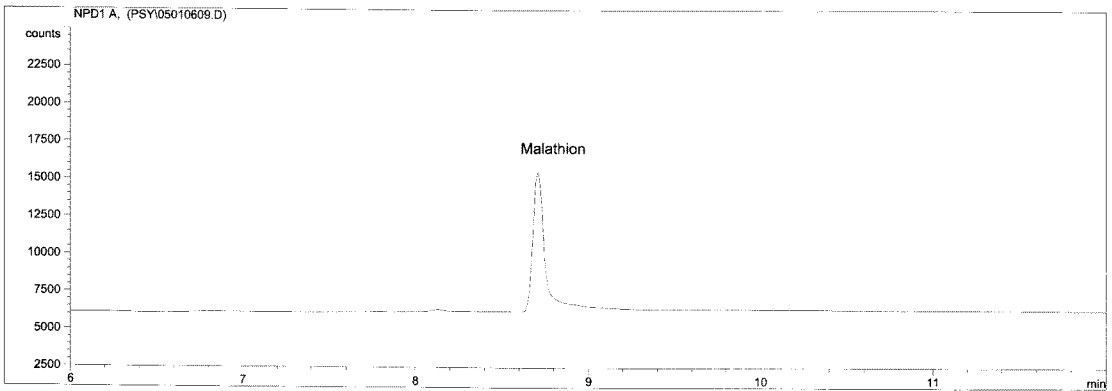


Fig. 5. Chromatogram of wheat dipped in malathion.

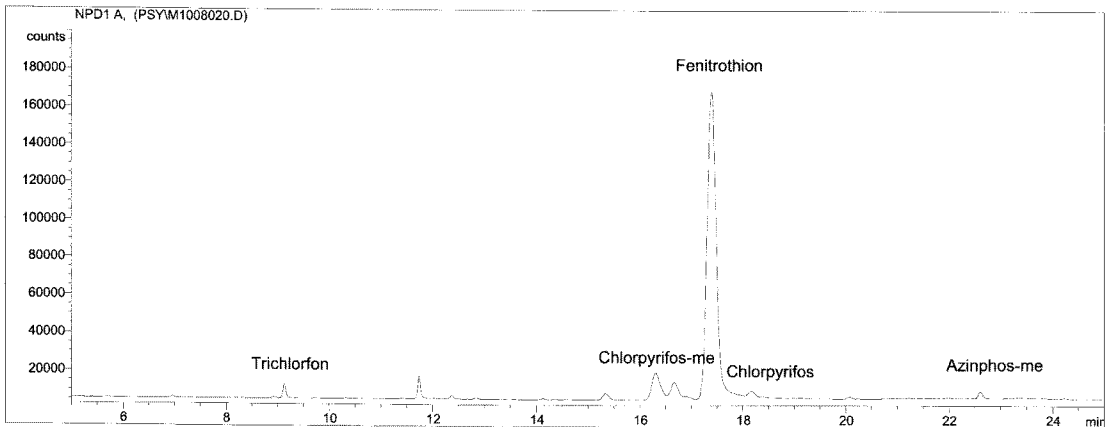


Fig. 6. Chromatogram of dipped wheat after milling.

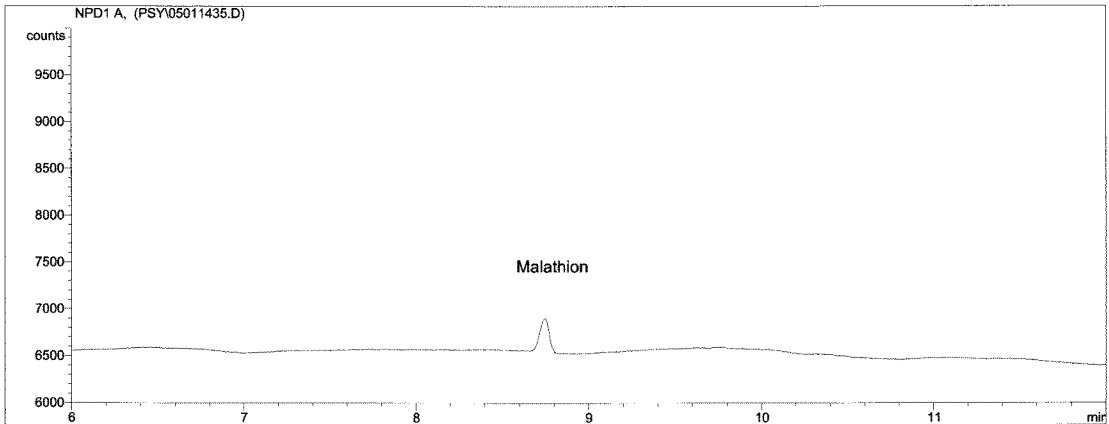


Fig. 7. Chromatogram of wheat dipped in malathion after milling.

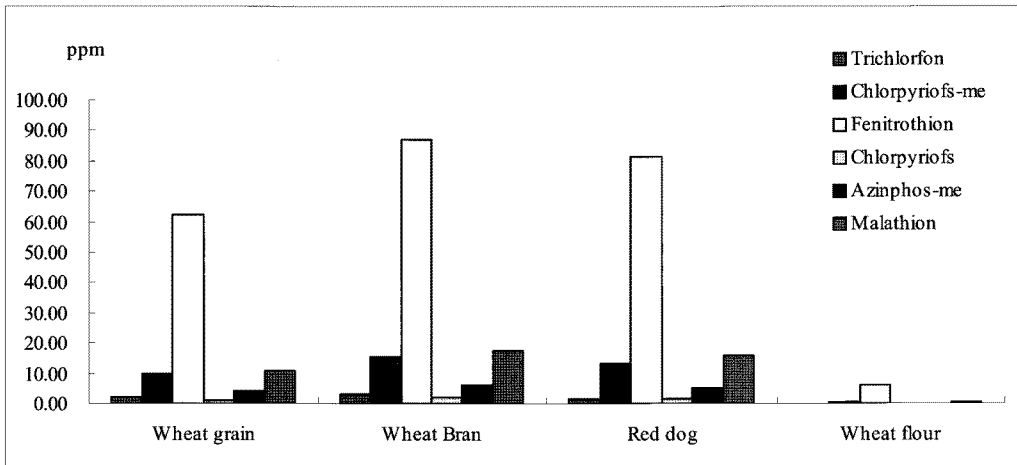


Fig. 8. Distribution of pesticide residues in wheat grain and the processed wheat products after milling of dipped wheat grain.

Table 7. Pesticide concentrations in wheat grain, dipped in pesticide solution

Pesticides	Concentration (ppm)
Azinphos-methyl	4.03 ± 0.90
Chlorpyrifos	1.23 ± 0.41
Chlorpyrifos-methyl	9.91 ± 0.38
Fenitrothion	62.16 ± 0.11
Malathion	11.05 ± 1.24
Trichlorfon	2.10 ± 0.36

침지 밀의 농약잔류량

통밀을 azinphos-methyl 6 ppm, chlorpyrifos 6 ppm, chlorpyrifos-methyl 17 ppm, fenitrothion 32 ppm, malathion

75 ppm, trichlorfon 12 ppm 농도의 혼합 침지액에 2시간 침지하고, 상온에서 2일 건조한 후 각 농약의 잔류량을 측정할 결과는 Table 7과 같았다. 통밀 중 농약잔류량은 azinphos-methyl 4.03 ppm, chlorpyrifos 1.23 ppm, chlorpyrifos-methyl 9.91 ppm, fenitrothion 62.16 ppm, malathion 11.05 ppm, trichlorfon 2.1 ppm 이었다.

밀가루 및 제분과정 부산물 중의 농약잔류량

밀의 제분공정에 의해 부산물로 생기는 왕겨, 말분과 최종 제품인 밀가루 중 농약잔류량은 Table 8과 같다. 왕겨에서 농약별로 1.87~87.31 ppm이 잔류되었으며 말분에서는 1.68~81.26 ppm이 잔류되어, 농약액의 침지를 통하여 밀에 침투시킨 농약의 대부분은 비식용 부위인 왕겨와 말분에 잔류되

Table 8. Pesticide concentrations in wheat bran, red dog and flour

Pesticides	Concentration (ppm)		
	Wheat bran	Red dog	Wheat Flour
Azinphos-methyl	6.31 ± 0.85	5.07 ± 0.89	0.20 ± 0.03
Chlorpyrifos	1.89 ± 0.16	1.63 ± 0.32	0.08 ± 0.03
Chlorpyrifos-methyl	15.44 ± 1.44	13.35 ± 2.60	0.49 ± 0.00
Fenitrothion	87.31 ± 3.67	81.26 ± 8.84	4.21 ± 0.05
Malathion	17.48 ± 1.54	16.04 ± 3.77	0.76 ± 0.22
Trichlorfon	3.28 ± 0.29	1.43 ± 0.14	0.13 ± 0.00

Table 9. Pesticide processing factors for wheat flour

Pesticides	Concentration (ppm)		Processing factors
	Dipped wheat grain	Wheat Flour	
Azinphos-methyl	4.03 ± 0.90	0.20 ± 0.03	0.05
Chlorpyrifos	1.23 ± 0.41	0.08 ± 0.03	0.06
Chlorpyrifos-methyl	9.91 ± 0.38	0.49 ± 0.00	0.05
Fenitrothion	62.16 ± 0.11	4.21 ± 0.05	0.07
Malathion	11.05 ± 1.24	0.76 ± 0.22	0.07
Trichlorfon	2.10 ± 0.36	0.13 ± 0.00	0.06

어 제거되는 것으로 나타났다.

최종 제품인 밀가루에서는 azinphos-methyl 0,2 ppm, chlorpyrifos 0.08 ppm, chlorpyrifos-methyl 0.49 ppm, fenitrothion 4.21 ppm, malathion 0.76 ppm, trichlorfon 0.13 ppm이 잔류되었다.

제분에 의한 밀가루의 농약 가공계수

Azinphos-methyl 등 6종 농약의 혼합액(각 농약의 농도 Table 2)에 침지한 후 2일간 건조한 통밀 및 이 통밀을 제분하여 얻은 밀가루 중 농약잔류량을 분석하여, 밀가루의 농약 잔류량을 통밀의 농약잔류량으로 나누어 산출한 밀가루의 농약 가공계수는 Table 9와 같다.

농약의 가공계수는 azinphos-methyl, chlorpyrifos-methyl 이 0.05, chlorpyrifos, trichlorfon이 0.06, fenitrothion, malathion이 0.07로 산출되어 원곡인 통밀에 잔류된 농약은 제분을 통해 밀가루로 가공될 경우 5~7%가 정도가 남아 있는 것으로 나타났다. 이 연구에서는 침지과정에서 fenitrothion 이 통밀에 과도하게 침투되어 우리나라 잔류허용기준의 10배 인 61.16 ppm이 잔류되어 밀가루에서도 4.21ppm으로 남아 있었으나, 실제로 통밀에 우리나라 기준인 6ppm 정도 잔류 되었을 경우에는 밀가루에 0.42 ppm 정도 잔류될 것으로 추측된다.

>> 인 / 용 / 문 / 헌

Bates, J.A.R. (1979) The evaluations of pesticide residue in food procedures and problems in setting maximum residues limits, J. Sci. Food Agric. 30, 401.
 EC : Council Directive 91/414/EEC (European Commission guideline 1607/VI/97 rev. 2. Appendix E. Doc. 7035/VI/95 rev.5).
 EPA (2008) 40 CFR Parts 150 to 189, U.S.A.
 FAO (1997) Manual on the Submission and evaluation of Pesticide Residue Data for the Estimation of Maximum Residue Levels in Food and Feed, UN FAO, Rome, p. 156.
 FAO (2002) Manual on the Submission and evaluation of Pesticide Residue Data for the Estimation of Maximum Residue Levels in Food and Feed, UN FAO, Rome, p. 192.
 FAO/WHO (2008) Codex alimentarius Commission. GEMS/Food Guideline (1997) WHO.
 Hayes, W. J. Jr. (1982) Pesticide studies in Man, Williams and Wilkin, Baltimore, U.S.A.
<http://blog.naver.com/oceanfresh/30035969307>
 Joint FAO/WHO Food standards Programme (2005) Report of the 37nd Session of the Codex Committee on Pesticide residues, Codex Alimentarius Commission, FAO/WHO, Rome, Italy.
 MHLW (2006) Positive List System for Agricultural Chemical Residues in Foods, Japan.
 Volker Tomsen, Debbie Schatzlein, and David Mercurio (2003) Limit

- of Detection in Spectroscopy, Spectroscopy 18(12):112~114.
- 권오경, 홍수명, 최달순, 박찬일, 송병훈, 류갑희, 오병렬 (2001) 농약사용 지표개발을 위한 과수용 농약사용량 조사분석. 한국농약과학회지 제5권, 40~44.
- 권오경, 홍수명, 최달순, 성기석, 임양민, 강충길, 송병훈, 오병렬 (2000) 농약사용지표설정을 위한 수도용 농약사용량 조사분석. 한국농약과학회지 제4권, 35~39.
- 농수산물유통공사(제주지사) : 1조원 규모 밀가루 시장.
- 두산백과사전.
- 박건상 (1984) 국산다류 중의 유독성 잔류농약에 관한 연구, 고려대학교 석사학위 논문.
- 박건상 (2009) 농산물의 건조 및 가공에 의한 농약 가공계수 산출 연구, 전남대학교 박사학위 논문.
- 식품의약품안전청 (2008) 식품공전.
- 이미경, 홍무기, 박건상, 최동미, 임무혁, 이서래 (2005) 국제기구 및 외국에서 농산물 중 농약잔류 허용기준의 설정절차, 한국환경농학회지, 24권, 1호 45~55.
- 이미경, 홍무기, 박건상, 최동미, 임무혁, 이서래 (2005) 한국에서의 농약잔류허용기준의 설정절차, 한국식품과학회지, 37권 4호, 658~694.
- 이서래 (2000) 잔류기준 설정을 위한 식품원료의 분류 및 명칭, 한국환경농학회지 19, 259~269.
- 이서래, 이미경 (2001) 국내 농약잔류 허용기준의 현황분석과 대처 방안, 한국환경농학회지 20, 34~43.
- 임무혁, 권광일, 박건상, 이경진, 장문의, 윤원갑, 최우종, 유평수, 홍무기 (2007) 홍삼 가공증 azoxystrobin, fenhexamid 및 cyprodinil 농약의 감소율, 한국식품과학회지, 39권 5호, 575~579.
- 임무혁, 권광일, 박건상, 최동미, 장문의, 정지윤, 이경진, 윤원갑, 홍무기, 우건조 (2006) 인삼 가공증 잔류농약 감소계수 연구(I), 한국농약과학회지, 10권, 1호 22~27.
- 임양민, 김경선, 경기성, 김남숙, 하현영, 이화동, 오경석, 김정원, 류갑희 (2003) 국내 과수류의 농약사용 실태조사. 한국농약과학회지 제7권, 258~263.
- 홍무기, 박건상, 최동미, 임무혁, 장문의, 정지윤, 권광일, 윤원갑, 홍성수, 한양선, 서선정, 이효진, 최우종, 김민경, 우건조원 (2005) 잔류농약 관리시스템 구축-part III 인삼 가공증 농약감소계수 산출 연구, 식품의약품안전정보, 9권, 139~140.
- 홍무기, 박건상, 최동미, 임무혁, 장문의, 정지윤, 권광일, 윤원갑, 홍성수, 한양선, 서선정, 이효진, 최우종, 김민경, 우건조원 (2005) 잔류농약 관리시스템 구축-part IV 녹차추출물 감소계수, 식품의약품안전정보, 9권, 144~412.
- 홍무기, 박건상, 최동미, 임무혁, 장문의, 정지윤, 권광일, 홍성수, 최우종, 김민경, 우건조 (2005) 잔류농약 관리시스템 구축-part I 농산물의 농약잔류허용기준 설정, 식품의약품안전정보, 9권, 137.
- 홍무기, 박건상, 최동미, 임무혁, 정지윤, 장문의, 윤희경, 권광일, 이경진, 윤원갑, 백재욱, 이진, 홍성수, 임병현, 이철원 (2004) 식품중 농약잔류허용기준 및 관리 개선 연구-part I 잔류농약허용기준설정. 식품의약품안전정보, 8(1):614~624.
- 홍무기, 박건상, 최동미, 임무혁, 정지윤, 장문의, 윤희경, 권광일, 이경진, 윤원갑, 백재욱, 이진, 홍성수, 임병현, 이철원 (2004) 식품중 농약잔류허용기준 및 관리 개선 연구-part II 신규기준설정 농약의 잔류분석법 개발, 식품의약품안전정보, 8권 1호, 625~631.
- 홍무기, 박건상, 최동미, 임무혁, 정지윤, 장문의, 윤희경, 권광일, 이경진, 윤원갑, 백재욱, 이진, 홍성수, 임병현, 이철원 (2004) 식품중 농약잔류허용기준 및 관리 개선 연구-part III 인삼 가공증 감소지수 및 인삼중 잔류농약 모니터링, 식품의약품안전정보, 8권 1호, 632~637.
- 홍무기, 오창환, 최동미, 박건상, 황인균, 우형경, 박일경, 정선미 (1997) 식이를 통한 농약섭취량 연구 -채소류 및 그 가공품중의 잔류농약, 식품의약품안전정보, 1, 43~49.
- 홍무기, 원풍경, 황인균, 최동미, 이강봉, 오금순, 허수정, 서정혁, 임무혁, 정석운, 유가림, 이경진, 이은경 (2002) 식품중 잔류농약 모니터링-소면적 재배 채소류, 견과종실류, 콩류 및 서류를 대상으로, 식품의약품안전정보보고서 6, 67~75.

밀의 제분에 따른 밀가루 중 농약 가공계수 산출 연구

박소영 · 박건상^{1*} · 임무혁¹ · 최 훈¹ · 장문의¹ · 권찬혁¹ · 김선구¹ · 이효구² · 홍무기³ · 심재한⁴ · 김정환*

서울대학교 농생명공학부, ¹식품의약품안전청 식품안전국, ²공주대학교, ³농촌진흥청 농산물안전성부, ⁴전남대학교 농업생명과학대학

요 약 밀가루의 농약잔류허용기준설정에 필수자료인 밀의 제분공정에 따른 농약의 가공계수를 산출하기 위하여 실시하였다. 이번 연구를 위해 밀에 대한 농약 연간사용량과 검출이력이 있는 azinphos-methyl, chlorpyrifos, chlorpyrifos-methyl, fenitrothion, malathion, trichlorfon를 대상농약으로 선정하였다. 밀에 이들 농약을 밀의 잔류허용기준 수준 정도로 침투시키기 위하여 농약을 첨가된 침지액에 침지하는 방법을 선택하였으며 제분은 pilot plant system에서 수행하였다. 가공계수는 가공 전 밀과 가공 후의 밀가루 및 부산물의 농약잔류량을 분석하여 각 농약 잔류량을 나누어 산출하였다. 분석결과, 밀가루의 가공계수는 각각 azinphos-methyl 0.05, chlorpyrifos 0.06, chlorpyrifos-methyl 0.05, fenitrothion 0.07, malathion 0.07, trichlorfon 0.06이었다. 또한, 분석법 검증에 위해 회수를 실험을 실시하였으며 회수율은 93.2~98.6%, 표준편차는 0.1~0.9%이었다.

색인어 농약, 가공계수, 밀가루