J. Fd Hyg. Safety 17(2), 87–93 (2002)

배추김치의 담금 및 숙성과정중 유기인계 농약의 제거

박종우 · 주리아 · 김장억*†
경북대학교 농화학과

Removal of Organophosphorus Pesticides during Making and Fermentation of Kimchi

Jong-Woo Park, Lee-A Joo and Jang-Eok Kim*†
Department of Agricultural Chemistry, Kyungpook National University, Daegu, 702-701, Korea

ABSTRACT – The removal of three pesticides which were residued in chinese cabbage was investigated during making process of Kimchi. When chinese cabbage was washed by water, the removal rates of three pesticides were 62.0%, 54.8% and 61.1% for pirimiphos-methyl, chlorpyrifos and prothiofos, respectively. Pesticides remaining in chinese cabbage after washing by water were also removed from 22.4% to 23.8% by salting. During the fermentation of Kimchi for 24 days at 4 °C, the pH was lowered 4.5 from 5.8 and the residual amount of pesticides was decreased by 51.4% to 69.4% for three pesticides remaining after washing and salting. On the other hand, when Kimchi was fermented under various temperature for 11 days, the residual amount of chlorpyrifos was decreased up to 29.2%, 45.0% and 77.3% of initial concentration at 4, 10 and 20 °C, respectively. The residual amount of chlorpyrifos in Kimchi was decreased up to 16.3% by heating at 100 °C for 6.5 minutes.

Key words □ Kimchi, chinese cabbage, removal, pirimiphos-methyl, chlorpyrifos, prothiofos

농약은 정도의 차이는 있지만 잔류성과 독성을 가지고 있어 농산물 중에 잔류하는 농약의 위해성 평가는 매우 중요하다. 국내에서는 잔류성이 긴 농약의 사용을 금지하고 있어 안전사용기준에 따라 농약을 사용한다면 식품중의 잔류량이 잔류허용기준을 초과할 가능성은 매우 낮다고 할 수 있다. 그러나 안전사용기준을 준수하지 않고 과용하거나 수확기에 임박하여 농약을 사용한다면 잔류허용기준치 이상의 농약이 농산물 중에 잔류되어 사람들의 건강을 위해 할 가능성은 높을 것이다[1-3]. 따라서 농산물 또는 식품 중에 잔류하는 농약의 모니터링과 식품을 통한 농약의 섭취량에 관한 조사가 정부의 검사기관 및 기타 연구기관 등에 의해 수행되고 있지만 수세 및 조리과정 등을 거친 식품중의 잔류량 평가도 위해성 평가의 실질적인 자료가 된다는 점에서 매우 중요하다고 할 수 있다. 그 동안 쌀과 엽채류와 같은 농산물의 수세 및 가열 조리과정중 잔류농약의 제거에 관한 연구 결과가 여러 연구자들에 의해 보고되면서[4-14] 농산물에 잔류되어 있는 농약의 농도변화를 농산물의 섭취를 위한 여러 가지 처리 단계에서 정확히 평가하는 것은 소비자의 안전성을 위하여 필요한 것으로 인식되고 있다.

김치는 여러 가지 양념과 버무려 숙성시켜 먹는 우리 나라의 전통식품으로서 한끼당 평균섭취량은 약 71 g 정도로 오랫동안 국민이 애용하고 있는 식품이며[15] 또한 김치의 숙성과정중 생성된 젖산균과 유기산은 변비예방 및 정장작용뿐만 아니라 항돌연변이 및 항암효과가 있는 것으로 알려져 있다[16]. 현재 김치는 수출상품으로 인정받아 산업화를 모색하기에 이르렀고 또한 2002년 월드컵 개최 및 김치의 국제규격화의 추진으로 세계화가 지속될 것으로 전망되고 있다[17].

김치의 주재료인 배추를 재배하는 과정에서 발생하는 병해충의 방제를 위하여 39개 품목의 농약이 등록되어 사용되고 있어 배추의 재배과정중에 살포된 농약이 배추에 잔류하게 된다면 이를 이용하여 담근 김치에도 농약이 잔류할 가능성이 높아진다. 윤[18]은 배추김치의 재료 중에 잔류된 농약의 잔류량을 조사한 연구에서 초여름 김치의 재료로 사용된 배추에서 상대적으로 가장 높은 농도의 유기염소계 농약이 검출되었음을 보고하였고 또한 이 등[19]은 살포된 농약 제제의 휘산과 비산에 관한 연구에서 일부의 농약이 인근지역의 작물에 비의도적으로 전이될 수 있다고 보고하고 있어 농약이 안전사용기준에 따라 살포되더라도 작물 중에 잔류할 수 있음을 제시하였다.

따라서 배추김치의 담금 및 숙성과정에서 주재료인 배추에 잔류하는 농약의 변화정도를 조사하는 것은 우리 나라 전

†Author to whom correspondence should be addressed.

통 발효음식인 김치의 농약에 대한 안전성을 이해하는데 중요한 자료가 될 것이다.

본 연구는 배추의 재배 시에 사용이 허용된 농약들 가운데 pirimiphos-methyl, chlorpyrifos 그리고 prothiofos와 같은 3가지 유기인계 농약을 선택하여 배추김치의 담금 및 숙성과정중에 이들 농약들의 제거정도를 조사하였다.

재료 및 방법

실험재료

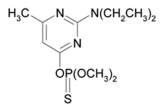
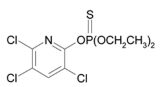
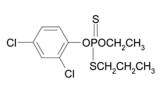
농약

유기인계 농약인 pirimiphos-methyl, chlorpyrifos 그리고 prothiofos의 표준품들은 Dr. Ehrenstorfer사 (Germany)에서 구입하여 acetone : n-hexane (1:1) 혼합용매를 이용하여 stock solution을 제조하고, –20 ℃ 이하의 냉동고에 보관하면서 필요농도로 희석하여 사용하였다. 배추에 농약을 처리하기 위하여 사용된 농약의 제품은 아테릭 (피리포유제, pirimiphos-methyl, 영일화학(주)), 더스반 (그로포수화제, chlorpyrifos, (주)동부한농화학) 및 토쿠치온 (프로치오포스유제, prothiofos, (주)동부한농화학)으로서 농약판매상으로부터 구입하여 사용하였다. 사용된 농약의 물리 화학적 특성은 Table 1과 같았다.

시약

본 연구에 사용한 methanol, n-hexane, dichloromethane, acetone, anhydrous sodium sulfate, florisil (particle size 0.15～0.25 mm), sodium chloride, Celite 545 (particle size 0.02～0.1 mm) 그리고 초순수 등은 Merck KGaA (Darmstadt, Germany)로부터 구입하여 사용하였다.

Table 1. Physico-chemical properties of organophosphorus pesticides used.

	**Common name**: Pirimiphos-methyl **Chemical Name**: *O*, *O*-dimethyl *O*-2-diethyl amino-6-methylpyrimidin-4-yl phosphorothioate **Stability**: Hydrolysed by concentrated acids and alkalis; DT_{50} 7.5～35 d (pH 5.8～8.5). In sunlight, aqueous solution had DT_{50} 1 day
	**Common name**: Chlorpyrifos **Chemical Name**: *O*, *O*-diethyl *O*-3,5,6-trichloro-2-pyridyl phosphorothioate **Stability**: Rate of hydrolysis increased with pH in the presence of copper and possibly of other metals that can form chelates; DT_{50} 1.5 d (water, pH 8, 25 °C) to 100 d (phosphate buffer, pH 7, 15 °C)
	**Common name**: Prothiofos **Chemical Name**: *O*-2,4-dichlorophenyl *O*-ethyl *S*-propyl phosphorodithioate **Stability**: Hydrolysis DT_{50} in buffer (22 °C) 120 d (pH 4), 280 d (pH 7), 12 d (pH 9). Photodegradation DT_{50} 13 h

김치재료

배추김치의 재료로서 저장통배추 (경남 남해산), 마늘 및 생강은 대구의 북대구도매시장에서 구입하였고, 고춧가루는 강화도에서 구입하여 사용하였으며, 소금 (천일염, 한주), 설탕 (제일제당), 인공조미료 (제일제당) 그리고 멸치액젓 (하선정)을 일반식료점에서 구입하여 사용하였다.

실험방법

농약의 처리

배추에 농약을 처리하기 위하여 각 유기인계 농약을 증류수로 희석하여 농약사용지침서에 제시된 권장농도인 pirimiphos-methyl 500 mg/l, chlorpyrifos 250 mg/l 그리고 prothiofos 500 mg/l의 농도 수준으로 농약 희석액을 조제하였다.

배추는 무게를 달고 물로 잘 씻어 다듬어서 가볍게 털어준 후 배추잎을 낱장으로 떼내어 플라스틱 바구니에 담아 30분간 정치하였다. 씻어 다듬은 배추잎을 미리 희석 조제한 농약 살포액에 10초간 침지한 후 플라스틱 바구니에 담아 통풍이 잘 되는 그늘에서 4시간 동안 건조시켰다.

배추김치 담그기

배추김치를 담그기 위한 부재료의 배합비는 일반 김치공장에서 사용하는 원부재료의 평균 배합비에 준하였다[20].

농약이 처리된 배추를 가정에서 세척하는 것과 같은 방법으로 흐르는 물로 수차례 씻은 후 30분간 방치하여 수분을 제거하였다. 물로 세척한 배추는 배추 무게의 15%정도의 천일염을 첨가하여 4시간 동안 절였다. 효과적으로 절이기 위하여 천일염을 뿌린 후 약 1시간 30분이 경과하였을 때, 배추 100 g당 10% 소금물 20 ml를 처리하였다. 소금으로 절이기 시작한 지 4시간이 경과한 후 흐르는 물로 소금을 제거하고 플라스틱 바구니에 담아 통풍이 잘 되는 그늘에서 30분 동안 건조시켰다. 소금에 절여진 배추에 미리 준비한 양념을 배추 100 g당 8 g의 비율로 버무려 김치를 제조하였고 제조된 배추김치는 polyvinyl bag에 150 g씩 나누어 담아 실온에서 12시간 숙성시킨 후 정해진 온도에서 저장하며 숙성시켰다.

김치를 담그는 각 과정별로 150 g 정도의 배추를 시료로 채취하였고 또한 김치의 숙성과정중 농약 잔류량의 변화를 조사하기 위해 제조된 김치를 일정온도 (4, 10 및 25 °C)에서 숙성시키면서 일정시간 간격 (0, 2, 5, 7, 9, 11, 13 및

24일)으로 시료를 채취하였으며 농약 처리 및 물세척과 소금절임 과정을 거친 배추를 대조구로 하여 배추김치와 동일한 조건에서 보관하면서 숙성기간중에 배추에 잔류된 농약들의 경시변화를 조사하였다. 배추에 잔류하는 농약의 초기 농도를 분석하기 위한 시료로서 농약 희석액에 배추를 침지하여 건조한 배추시료 일부를 채취하여 homogenizer로 완전 파쇄한 후 polyvinyl bag에 담아 −20 °C에 보관하였다.

배추김치의 가열 조리

4 °C에서 12일간 숙성시킨 배추김치 270 g에 물 200 ml를 부은 후 6분 30초간 가열 조리하였다. 가열 조리 전후의 시료의 무게를 측정하여 가열 조리하는 과정중 변화된 시료의 무게를 보정하였다.

농약의 분석

각 단계별로 시료 20 g을 취하여 acetone 100 ml와 Celite 545 적당량을 넣고 disperser를 사용하여 4,000 rpm으로 2분간 마쇄한 후 No. 6 여과지를 깐 Büchner funnel에 부어 진공펌프로 흡인 여과하여 농약을 추출하고 Büchner funnel 위에 남은 잔여물은 acetone 50 ml로 세척하여 먼저 추출한 acetone액과 합하였다. 농약 추출액을 회전 감압농축기로 농축하여 acetone을 제거한 후 분액여두에 옮겼다. 포화 NaCl 용액 10 ml를 첨가한 후 2회에 걸쳐 n-hexane 80 ml로 분배시켜 n-hexane층을 받고, 다시 한 번 더 dichloromethane 60 ml로 분배시켜 dichloromethane층을 받아 n-hexane 층과 합한 후 anhydrous sodium sulfate층을 통과시켜 수분을 제거하고 감압농축하였다. 130 °C에서 24시간이상 활성화시킨 florisil 5 g을 내경 1 cm, 길이 45 cm인 glass column에 n-hexane으로 습식충진하고 상층에는 2 cm 높이로 anhydrous sodium sulfate로 채우고 n-hexane 60 ml을 사용하여 농축 건고된 시료를 용해시켜 glass column에 loading하였다. Dichloromethane : n-hexane : acetonitrile (50:49.65:0.35, v/v/v) 혼합용매 100 ml를 사용하여 column으로부터 농약을 용출시키고, 이 후 다시 dichloromethane : n-hexane : acetonitrile (50:48.5:1.5, v/v/v) 혼합용매 100 ml로 농약을 용출시켜 앞서 용출된 용매와 합하여 감압농축한 후 acetone : n-hexane (1:1) 혼합용매 2 ml로 재용해 시켰다. 전처리된 시료를 NPD (nitrogen phosphorus detector)가 장착된 gas chromatograph를 이용하여 정량분석 하였으며 농약들의 잔류분석을 위한 기기의 분석조건은 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Operating conditions of gas chromatograph for analysis of organophosphorus pesticides

Model	HP 6890 series	
Column	HP-5 (30 m × 0.25 mm i.d.)	
Temperature	Injector port	250 °C
	Detector block	280 °C
	Oven	150 °C (1 min) → 4 °C/min → 180 °C (10 min) → 5 °C/min → 280 °C
Detector	Nitrogen Phosphorus Detector (NPD)	
Gas flow rate	N_2	3.0 ml/min
	H_2	3.0 ml/min
	Air	60.0 ml/min

결 과 및 고 찰

농약 잔류 분석법의 회수율 및 검출한계

배추시료에 pirimiphos-methyl, chlorpyrifos 그리고 prothiofos 표준품의 희석용액을 각각 4.2 mg/kg, 5.5 mg/kg 및 4.3 mg/kg의 수준으로 처리한 후 1시간 정도 방치하여 유기용매를 휘발시키고 공시된 분석방법에 따라 3성분의 농약을 동시에 분석하였다. 공시된 분석방법에 따라 3반복으로 회수율 실험을 수행한 결과 회수율은 100.4∼103.2%로 나타났으며, 검출한계는 pirimiphos-methyl과 chlorpyrifos의 경우 0.004 mg/kg, 그리고 prothiofos의 경우 0.003 mg/kg으로 나타났다.

배추김치 담금과정 중 농약의 제거

일반 가정에서와 같은 방법으로 물을 이용하여 배추를 세척하는 과정에서 Fig. 1과 같이 pirimiphos-methyl의 경우 62.0%, chlorpyrifos 54.8% 그리고 prothiofos는 61.1%가 배추로부터 제거되었다.

고 등[13]은 상추 중에 잔류하는 유기인계 살충제를 합성세

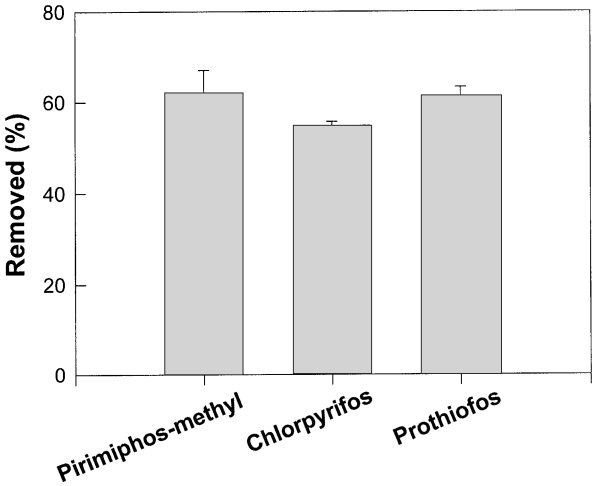


Fig. 1. Removal rates of organophosphorus pesticides in chinese cabbage by washing with water.

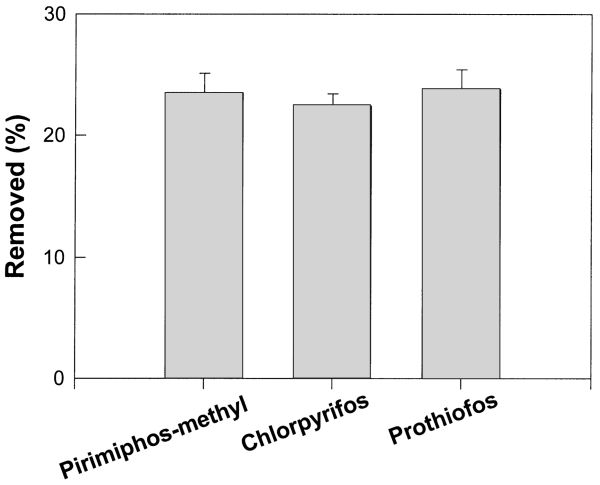


Fig. 2. Removal rates of organophosphorus pesticides in chinese cabbage by salting.

제와 물로 세척하였을 때 세척하는 시간과 횟수에 따라 차이는 있지만 잔류하는 농약의 약 14.6~58.0%가 제거될 수 있음을 제시하였고, 또한 제갈 등[14]은 배추에 잔류하는 diazinon, fenitrothion, phenthoate 및 EPN과 같은 유기인계 농약들이 각각 38.8%, 41.0%, 39.2% 및 37.7%가 제거되었다고 보고하였다. 그리고 심 등[10]은 배추에 잔류하는 malathion이 물로 세척하는 과정중 42.5%까지 제거될 수 있다고 보고하고 있어 본 연구에서 조사된 결과와 같이 배추중 잔류하는 농약이 물로 세척하는 과정중 상당량이 제거될 수 있는 것으로 나타났다. 그러나 본 연구에서 조사된 54.8~61.1%의 제거율은 이전 연구에서 제시된 결과 보다 상대적으로 다소 높은 제거효율을 나타내었다. 심 등[10]은 배추와 같은 엽채류에서 농약의 세척에 의한 제거율의 차이는 배추 잎의 표면적, 엽맥의 분포와 굵기 등과 같은 배추의 형태학적 특성에 기인할 것으로 추론하였고 또한 여러 연구자에 의해 농산물중 농약의 세척효과는 세척횟수 뿐만 아니라 1회 세척시 사용된 물의 양이 중요하다고 제시하고 있다[10,11,13] 따라서 본 연구에서 물로 세척하는 과정중 제거된 농약의 양이 다른 연구자들에 의해 제시된 결과 보다 다소 높게 나타난 것은 세척하는 방법, 세척시간 및 세척시 사용된 물의 양 뿐만 아니라 잔류하고 있는 농약들의 물리화학적 특성 그리고 배추의 형태학적 특성의 차이에 기인한 것으로 사료된다.

배추를 소금으로 절이는 과정중 배추중의 수분이 삼투압 작용으로 유실되어 배추시료의 무게가 약 31.3% 감소되는 것으로 관찰되었다. 따라서 본 실험에서 배추의 절임과정중 농약 잔류량의 변화를 조사할 때 감소된 배추무게를 보정하기 위해 1.313의 보정계수를 이용하였다. 소금으로 배추를 절이는 과정중 배추에 잔류하는 유기인계 농약의 제거율은 Fig. 2와 같이 pirimiphos-methyl의 경우 23.5%, chlorpyrifos 22.4%, 그리고 prothiofos는 23.8%로 나타났다. 이와 같은 결과는 배추에 소금이 처리됨으로서 삼투압 작용으로 배추내에 존재하는 수분이 밖으로 배출되는 과정중 일부의 농약이 함께 배추 밖으로 배출됨으로서 일어난 것으로 유추된다.

이상의 결과들은 김치를 담그는 과정중 배추에 잔류하는 농약들의 상당 부분이 배추를 세척하고 소금으로 절이는 과정중에 물리적으로 제거될 수 있음을 제시하고 있다.

배추김치의 숙성과정중 농약의 제거

농약이 잔류되어 있는 배추로 김치를 담아 숙성을 위해 실온에서 12시간동안 방치한 후 4 °C에서 숙성시키면서 24일 동안에 걸쳐 농약 잔류량의 변화를 조사한 결과는 Fig. 3과 같았다.

농약 처리 및 물세척과 소금절임 과정을 거친 배추 시료를 김치와 같은 조건에서 보관하여 숙성시킨 대조구에서 24일 경과 후 유기인계 농약들은 pirimiphos-methyl 16.5%, chlorpyrifos 18.8% 그리고 prothiofos 17.7% 정도가 경시적으로 제거되었다. 그러나 김치에 잔류하는 유기인계 농약은 24일 동안의 숙성기간동안 pirimiphos-methyl의 경우 69.4%,

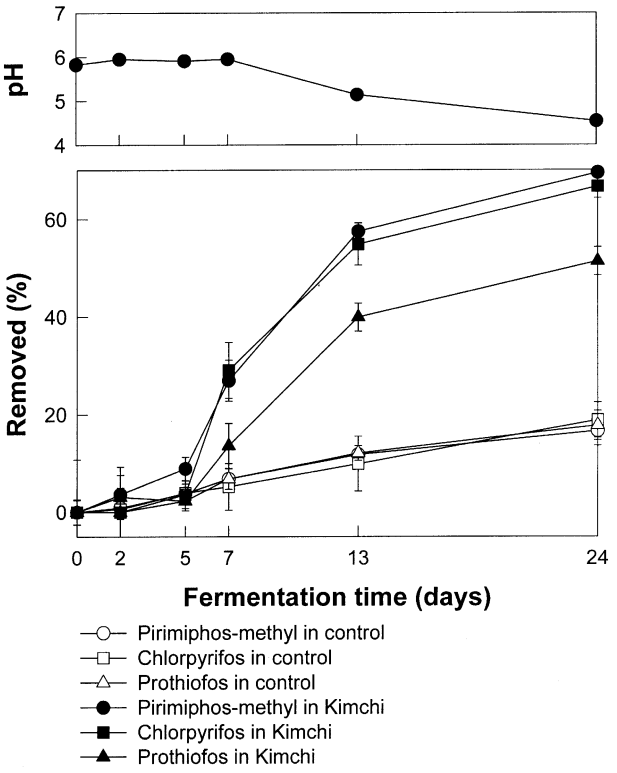


Fig. 3. Removal rates of organophosphorus pesticides and pH change in Kimchi during fermentation at 4 °C

chlorpyrifos 66.6% 그리고 prothiofos 51.4%까지 제거되어 김치의 숙성과정이 잔류농약의 제거에 상당한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 김치의 숙성기간중 잔류농약의 제거는 처음 5일 동안에는 매우 느리게 진행되다가 이 후 급속하게 진행되는 것으로 나타났다.

한편, 숙성과정중 김치내부에서의 물리화학적 변화가 일어났음을 나타내는 김치의 pH는 7일의 숙성기간이 경과될 때까지는 큰 변화가 관찰되지 않았으나 숙성 7일 후에 부터 pH가 낮아지기 시작하여 24일이 경과한 후에는 pH가 4.5까지 낮아져 김치 중에 잔류하는 농약의 제거가 매우 느리게 진행된 처음 5일 동안에는 김치의 pH가 거의 변화되지 않은 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 관찰된 김치 중에 잔류하는 농약들의 제거는 김치의 pH 변화와 관련이 있는 것으로 사료된다.

유기인계 농약인 chlorpyrifos는 알칼리조건 (pH 8.0)에서 분해반감기가 1.5일 정도이지만 중성과 산성조건에서는 상대적으로 안정한 화합물로 알려져 있으며 또한 산성 및 알칼리조건에서 가수분해가 일어나는 것으로 알려진 pirimiphos-methyl과 prothiofos의 경우, pirimiphos-methyl은 pH 5.5 ~8.5 범위에서 분해반감기가 7.5~35일이며 prothiofos는 pH 4.0에서 분해반감기가 120일로 알려져 있다[21]. 따라서 본 연구에서 진행된 숙성기간을 고려한다면 이들 농약들의 김치 숙성과정중 분해는 김치가 숙성함에 따라 낮아진 pH에 의한 직접적인 영향보다는 pH의 변화를 유도하는 김치의 숙성과정중 생성되는 유기산과 젖산균들의 증가를 포함한 김치내에서의 성분 변화 및 미생물학적 변화가 더 크게 작용한 것으로 사료된다.

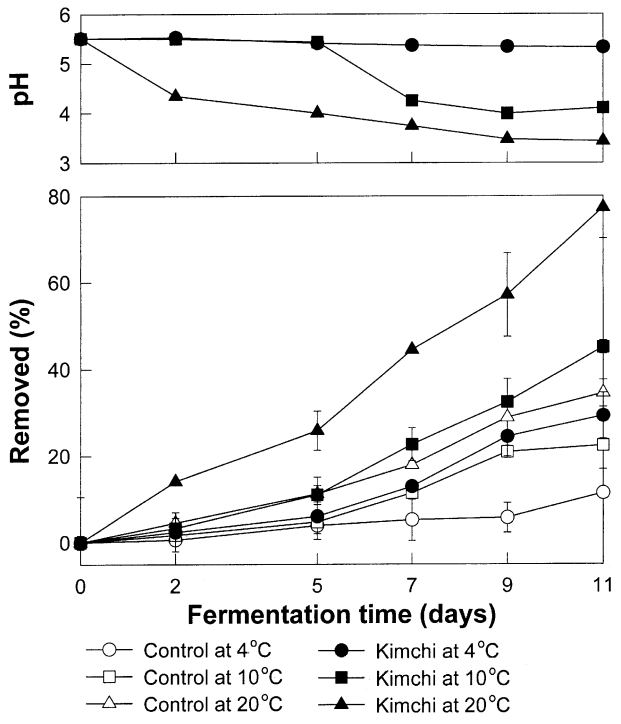


Fig. 4. Effect of incubation temperature on the removal rates of chlorpyrifos and pH change in Kimchi during fermentation.

배추김치의 숙성 온도에 따른 농약의 제거

Chlorpyrifos를 처리한 배추를 이용하여 김치를 담근 후 4 °C, 10 °C 그리고 20 °C에서 숙성시키면서 11일이 경과하는 동안 pH 및 농약 잔류량의 변화를 조사한 결과는 Fig. 4와 같았다.

4 °C에서 숙성시켰을 경우 11일간의 숙성기간동안 배추김치의 pH는 5.3으로 거의 변화가 없었으나, 10 °C에서 숙성시킨 김치는 5일이 지나면서부터 서서히 pH가 낮아져 11일이 경과된 후 pH는 4.1로 감소되었다. 20 °C에서 숙성시킨 김치는 더 빨리 pH가 감소되어 11일이 경과한 후에는 pH가 3.4까지 감소되어 김치의 성분변화가 온도가 증가함에 따라 빠르게 진행됨을 알 수 있었다.

숙성온도에 따른 chlorpyrifos의 잔류량 변화를 조사한 결과 대조구의 경우 11일이 경과된 후 4 °C에서는 11.4%, 10 °C에서는 22.4% 그리고 20 °C에서는 34.4%가 제거된 것으로 나타났다. 김치의 숙성과정중 chlorpyrifos의 잔류량은 11일의 숙성기간동안 4 °C에서 29.2%, 10 °C에서 45.0% 그리고 20 °C에서는 77.3%까지 제거되어 온도가 높을수록 chlorpyrifos의 제거율이 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 김치의 숙성온도가 높을수록 김치의 물리 · 화학적 변화가 보다 빠르게 진행되어 김치 중에 잔류하는 농약들의 제거는 김치의 물리 · 화학적 변화에 기인하여 보다 빠르게

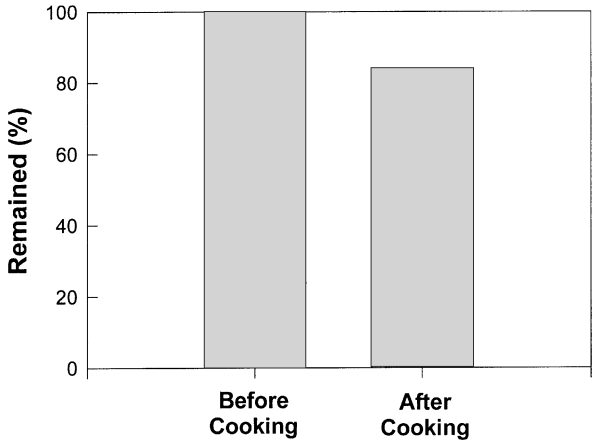


Fig. 5. Removal rate of chlorpyrifos in Kimchi by cooking with heat.

진행되는 것으로 사료된다.

배추김치의 가열 조리과정중 농약의 제거

배추김치를 가열 조리하는 동안 농약의 제거율을 조사한 결과는 Fig. 5와 같았다.

농산물의 가열 조리과정중 농약의 변화에 대한 연구에서 제갈 등[14]은 쌀을 취반하는 과정중 유기인계 농약들이 72.1～77.8%가 제거되었음을 보고하였고 또한 김 등[9]은 쌀을 수세 및 취반하는 과정중 쌀에 잔류하는 phenthoate의 농도가 59.0% 제거한다고 보고하고 있어 상당량의 농약들이 가열 조리되는 과정중 제거될 수 있음이 제시되었다.

본 연구에서도 김치가 가열 조리되는 과정중 잔류농약들이 제거되는 것으로 나타났다. 배추김치에 물을 부어 김치찌개를 끓였을 경우(가열시간 6분 30초) chlorpyrifos는 평균 16.3%정도 제거되었다. 이 결과는 Lee 등[7]에 의해 보고된 쌀을 취반하는 과정중 쌀에 잔류하는 chlorpyrifos의 농도가 10% 정도 감소한다는 결과와 비슷한 경향을 나타내었다.

국문요약

김치의 주재료인 배추에 사용되는 농약중 3종의 유기인계 살충제를 배추에 처리하여 수세, 소금절임 그리고 김치 숙성과정 및 가열조리 후의 잔류농약의 변화정도를 조사하였다. 흐르는 물에 배추를 씻어 농약의 잔류량을 측정한 결과 pirimiphos-methyl의 경우 62.0%, chlorpyrifos 54.8% 그리고 prothiofos는 61.1%가 제거되었고 배추를 소금에 절이는 과정중에서도 각각 23.5%, 22.4% 그리고 23.8%가 제거되었다. 4 °C에서 김치를 숙성하는 과정중 농약의 잔류량은 24일의 숙성기간동안 pirimiphos-methyl 69.4%, chlorpyrifos 66.6% 그리고 prothiofos 51.4% 정도가 제거되었다. 이때 김치의 pH는 김치를 담근지 7일이 경과하고 난 이후부터 감소하기 시작하여 24일이 경과되었을 때는 pH가 4.5까지 감소되었다. Chlorpyrifos가 잔류하는 김치를 4 °C, 10 °C 그리고 20 °C에서 11일간 숙성시키면서 숙성온도에 따른 chlorpyrifos의 잔류량의 변화를 조사한 결과, 각각의 숙성온도에 따라 29.2%, 45.0% 그리고 77.3%가 제거되어 숙성온도가 높을수록 제거율은 높은 것으로 나타났다. 김치를 가열 조리하는 과정중 chlorpyrifos의 잔류량은 가열 조리후 16.3% 정도 제거되었다.

참고문헌

1. 이미경, 이서래 : 국내 식품중 유기인계 잔류농약의 위해성 평가, 한국식품과학회지, **29**, 240-248 (1997).
2. 이미경, 이서래 : 식품중 잔류 농약에 의한 인체 피복 평가에서의 문제점, 한국환경농학회지, **12**, 255-263 (1993).
3. 이서래 : 식품의 오염과 위해평가, 한국환경농학회지, 12, 325-333 (1993).
4. 윤숙자 : 배추김치 숙성중 Chlorpyrifos 잔류량 변화, 한국식품과학회지, **21**, 590-594 (1989).
5. Elkins, E.R. : Effect of commercial processing on pesticide residues in selected fruits and vegetables, J. AOAC, **72**, 533-535 (1989).
6. 박광순, 민홍기, 황은주, 김종숙, 이종국 : 딸기의 농약잔류량에 미치는 세척의 효과, 충청북도 보건환경연구원보, **3**, 35-50 (1993).
7. Lee, S.R., Mourer, C.R. and Shibamoto, T. : Analysis before and after cooking processes of a trace chlorpyrifos spiked in polished rice, J. Agric. Food Chem., **39**, 906-908 (1991).
8. 김용화, 김혜남, 김상순, 이서래 : 현미의 도정 및 취반과정중 BHC 잔류분의 제거, 한국식품과학회지, **11**, 18-25 (1979).
9. 김남형, 이미경, 이서래 : 쌀의 취반중 Phenthoate 농약 잔류분의 제거, 한국식품과학회지, **28**, 490-496 (1996).
10. 심애련, 최언호, 이서래 : 과일 채소중 말라티온 잔류분의 세척효과, 한국식품과학회지, **16**, 418-422 (1984).
11. 한영선, 김종임, 오준세, 김성애, 정재홍, 이규희, 이석권, 오만진 : 조리방법에 따른 농산물증의 잔류 농약의 제거 효과, 충남대학교 환경연구, **17**, 1-13 (1999).
12. 박주성, 김복선, 김일영, 신기영, 홍미선, 장민수, 조소영, 조성애, 박애석, 강희곤, 김정훈, 윤원영 : 야채에 잔류하는 유기인계 농약의 수세 및 가열에 따른 농도 변화, 서울시 보건한경연구, **30**, 165-178 (1997).
13. 고복실, 전태환, 정규생, 이성국 : 세척방법에 따른 상추중 유기인 잔류농약의 제거효과, 한국농촌의학회지, **21**, 159-171 (1996).
14. 제갈성아, 한영선, 김성애 : 쌀과 배추의 세척 및 가열에 의한 유기인계 농약의 제거 효과, 한국조리과학회지, **16**, 410-37 (2000).
15. 농촌진흥원 농촌생활연구소 : 김치기호도조사, In 김치품질향상연구, 시험연구보고서. pp 41～93 (1996).
16. 박건영 : 김치의 영양학적 평가와 항돌연변이 및 항암효과, 한국영양식량학회지, **24**, 169-182 (1995).
17. 박완수 : 한국의 김치산업 현황, 농산물유통공사 김치수출확대 세미나 자료집, pp. 11-31 (1999).
18. 윤숙경 : 김치의 오염에 관한 연구 - 김치재료의 오염, 한

국영양학회지, **13**, 51-58 (1980).
19. 이자영, 한일권, 이상윤, 여익현, 이서래 : 배추에 살포된 몇 가지 농약제제에 따른 성분의 휘산과 비산, 한국환경농학회지, **16**, 373-381 (1997).
20. 박완수, 구영조, 안병학, 최신양 : 김치류의 표준 가공공정 설정, 한국식품개발연구원, pp. 28 (1994).
21. Tomlin, C.S.D. : The Pesticide Manual, 11th edition, British Crop Protection Council. pp. 235, 989, 1043 (1997).