

세정수로서의 전해산화수 적용 특성

정진웅 · 정승원 · 김명호
한국식품개발연구원

Applicable Properties of Electrolyzed Acid-Water as Cleaning Water

Jin-Woong Jeong, Seong-Won Jeong and Myung-Ho Kim
Korea Food Research Institute

Abstract

To enlarge application field of electrolyzed acid-water(EAW) on food industry, the changes of EAW properties by storage conditions and heating were investigated. It was showed that storing EAW in closed container is more effective to keep up the oxidation-reduction potentials(ORP), hyperchloride content and pH than stored in opened ones. ORP of EAW stored in closed container could be kept more than 1 month as 1,150 mV levels. During heating from 20°C to 95°C, ORP was increased to 1,150 mV levels at 95°C after gradual decrease to 50°C. Tyrosinase activity was decreased approximately to 26%~35% in EAW having a 950 mV~1,140 mV ORP. Also it was confirmed that EAW has anti-browning effect as sliced apple and potato, and their juices treated with EAW had conspicuous difference in their ΔE value. 12 kinds of pesticides such as aldrine, captan, diazinon, dieldrin, α -endosulfan, β -endosulfan, endosulfan sulfate, endrin, α -BHC, o,p'-DDT, procymidone, PCNB added in EAW were recovered from ND~73.6% comparing to ones added in distilled water. The recovered amounts of pesticides, procymidone and diazinon in lettuce after soaking in EAW were 1.12 ppm and ND, compared with those of amounts soaked in distilled water were 3.67 ppm and 3.05 ppm respectively. So, it seems that EAW has potentials to promote the degradation of pesticides.

Key words : electrolyzed acid-water, storage, heating, anti-browning effect, pesticide degradation

서론

경제성장과 더불어 과채류를 세정한 후 그대로 식용하는 기회가 잦아지고 착즙음료의 음용과 최소가공(minimal processing) 과채류의 일반화가 이루어지면서 세정 전처리의 필요성이 대두되고 있으나, 국내산 과채류의 주된 유통방법은 산지 수확후 별도의 전처리

없이 포장후 원형상태로 소비지로 운반됨으로서 유통과정 중 많은 폐기물과 환경오염 물질을 발생시킬 뿐만 아니라 적절한 유통조건의 부재로 선도하락 등 상품가치를 저하시킴으로서 농가소득 감소의 주원인이 되고 있다(1).

과채류의 세정은 통상적으로 부착된 이물질 즉, 흙, 먼지, 유충, 농약 등의 오염물질 제거를 목적으로 한다. 이중 흙, 먼지 등의 이물은 일반적인 수처리에 의해서 가시적 효과를 기대할 수 있으나 오염 미생물 등은 1 log cycle 이상의 감소를 기대하기는 어렵다(2). 세정에 보편적으로 사용되고 있는 차아염소산은 과다 사용시 작업환경 악화, 잔류약취, 잔류염소 등과 채소조직의

Corresponding author : Jin-Woong Jeong, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-ku, Sungnam-si, Kyungki-do 463-420, Korea
E-mail : jwjeong@kfri.re.kr

과도한 손상을 초래할 수 있으며 이를 최소화할 수 있는 대체 세정제의 개발시도가 진행되고 있다(3). 이들 중 전해산화수는 속효성의 살균력과 잔류물이 없으며 물 자체의 오염에 따른 2차적 오염 가능성이 없다는 특징으로 세정매체로서의 적용에 대한 연구가 진행되고 있다(4~6). 그러나 살균력 외에는 아직 과학적으로 입증할 만한 물성에 관련된 특성이 규명된 바 없어 향후 물성과 관련된 응용 범위의 확대를 위한 기초적 연구가 필요할 것으로 판단된다. 한편 식품산업에서의 갈변화 반응은 가공, 유통 및 저장에 있어 주로 제품의 품질열화 요인으로 작용하는 경우가 많으며, 관능적 특성 저하, 외관 및 영양학적 특성의 저하 등을 야기시킨다(7~9). 이 중 과채류에서 발생하는 갈변현상은 과채류가 통상적으로 tyrosine 및 polyphenol 화합물의 함량이 상대적으로 높아(8) tyrosinase에 의한 효소적 갈변을 주체로 하는 품질 열화가 발생할 가능성이 높으며, 이는 유통 중의 조직파손뿐만 아니라 가공과정에서의 절단, 펄프화, 동결 및 해동 등의 공정과정에서 쉽게 효소적 갈색화될 가능성이 매우 높기 때문이다. 또한 최소가공 과채류는 생산단계에서 세척, 박피 및 절단 등의 공정을 거치게 되므로 미생물 침입뿐만 아니라 절단 후 세포는 절단 전에 비해 산화적 갈변을 받기 쉽기 때문에 (10) 세정단계에서부터 갈변을 최소화시킬 필요가 있으며, 전해산화수를 과채류의 세정수로 활용하기 위해서는 갈변에 대한 영향을 검토할 필요성이 있다.

본 보에서는 전해산화수의 과채류에 대한 적용 가능성 확대를 위해 전해산화수의 보관 및 가열중 특성변화와 기존의 미생물에 대한 살균효과 외에 갈변억제 효과를 검토하고자 최소가공시 갈변이 품질에 큰 영향을 미칠 가능성이 있는 사과, 감자를 대상으로 전해산화수 침지 세정에 의한 품질 특성 변화를 검토하였으며, 상추를 대상으로 잔류농약 세정효과를 살펴봄으로써 세정매체로서의 활용 범위 확대를 위한 기초적 자료를 얻고자 하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 사과, 감자 및 상추는 실험 당일 서울 가락동 농수산물시장에서 구입하여 사용하였으며, 잔류농약 시험에 사용한 표준물질 aldrin, α -BHC, captafol, captan, dieldrin, o,p-DDD, p,p-DDD, endrin, α -endosulfan, β -endosulfan, endosulfan sulfate, PCNB (Pentachloronitrobenzen), procymidone, carbendazim, metalaxyl, chlorpyrifos는 모두 Supelco사 농약분석용 표준품을 사

용하였고 잔류시험용으로 사용한 농약은 2종 모두 solid 형태로 procymidone은 프로파 수화제[(주)전진산업]를, diazinone은 다이아톤 입제(성보화학(주))를, 그리고 전착액은 (주) 동방 아그로의 제품을 시험에 사용하였다.

세정 및 인위적 농약 오염

감자와 사과는 박피한 후 중량비 약 10배수의 전해산화수에 침지하면서 시험하였으며, 시험관 내에서의 전해수의 농약 분해 효과를 검토하기 위하여 전해산화수, 전해알칼리수 및 증류수가 든 시험관내에 농약 표준품 aldrin, α -BHC, captafol, captan, dieldrin, o,p-DDD, p,p-DDD, endrin, α -endosulfan, β -endosulfan, endosulfan sulfate, PCNB(pentachloronitrobenzen), procymidone, carbendazim을 각각 5 ppm의 농도가 되도록 첨가하고 약 12시간 후 농약 잔류량을 분석하는 분해능 확인 시험을 실시하였다. 그리고 분해능 실증시험에서는 프로파 수화제 및 다이아톤 제제를 성분함량을 기준으로 100 ppm 농도로 제조한 후 0.35 μ L/mL 농도의 점착액을 첨가한 것을 농약시험으로 하여 상추를 시료로 상추 중량비 5배수의 농약시험액에 5분간 침지하고 자연 탈수시키면서 잎의 외부에 묻어 있는 물기를 충분히 건조시킨 다음 시료 중량비 50배수의 전해산화수, 전해알칼리수 및 증류수에 각각 10분간 침지시키고 다시 자연 탈수시키면서 잎 외부에 묻어 있는 물기를 건조시킨 다음 12시간 내에 농약 잔류량 분석용 시험 재료로 사용하였다.

전해산화수의 물성 측정

전해산화수의 pH는 pH meter(Suntex, Model pH meter 2000A, USA)로, 산화환원전위력(oxidation-reduction potential) 측정은 ORP meter(Model: RM-12P, TOA Electronics, Japan)로, 차아염소산(HClO)의 측정(11)은 전해산화수 50 ml에 요오드칼륨 2 g, 초산 10 ml와 전분 지시약을 0.5 ml 가하여 흑갈색이 되도록 하였다. 여기에 sodium thiosulfate 용액 10 ml로 흑갈색의 용액이 투명해질 때까지 적정하여 측정하였다.

미생물균수 측정

살균효과는 시료를 10배수의 멸균생리식염수를 가한 후 homogenizer(日本精機製造社, Model: AM-1)로 마쇄(10,000 rpm, 1분)하고 각각 1 ml를 취한 다음 단계 회석하고 배지에 pour plating한 후 배양하였다. 총균수는 PCA(Difco Lab.)을, 대장균군은 Chromocult agar(Merck Co.)를 사용하여 측정하였다.

Tyrosinase 저해활성 측정

Komiyama 등의 방법(12) 및 Pomerantz(13)의 tyrosinase 활성 측정 방법을 약간 변형하여 사용하였다. 즉 35℃ 수조에서 온도를 미리 조정한 0.175 M phosphate buffer(pH 6.8) 0.2 ml, 5 mM L-DOPA solution 0.2 ml 및 추출시료 용액 0.5 ml의 혼합액에 mushroom tyrosinase(110 units/ml) 0.1 ml를 첨가하여 35℃에서 2분간 반응시킨 다음 475 nm에서 Spectrophotometer (Jasco, V-570, Japan)로 측정된 흡광도 값(SAbs)과 효소액 대신 증류수 0.1 ml를 첨가하여 흡광도를 측정된 값(CAbs)을 측정하여 다음 식에 의해 계산하였다. 이때 효소반응액 중의 각 반응물질의 최종농도는 phosphate buffer(pH 6.8) 35 mM, L-DOPA 1mM, mushroom tyrosinase 11 units/ml로 측정 흡광도는 재현성과 정밀도가 높은 0.1~0.6 범위(14)에서 실시하였다.

$$\text{Inhibition effect(\%)} = [1 - (\frac{S_{Abs} - B_{Abs}}{C_{Abs}})] \times 100$$

색도 측정

정(15)의 방법에 따라 사과와 감자시료는 절편은 표면색차계(Spectrophotometer Color-Eye 310, Macbeth, Japan)로 L, a, b값을 측정하였다. 한편 주스는 생물상태로 사과 및 감자 각각 100 g에 증류수 900 ml를 가하여 mixer로 1분간 마쇄한 다음 마쇄 시료 40 ml에 증류수 또는 전해산화수 5 ml를 가하고 12,000 g에서 5분간 원심분리한 다음 상정액을 Whatmann No. 41 여과지로 여과하여 색차계(Ultrascan XE, HunterLab, USA)를 이용하여 observer degree 10°, illuminant D65, geometry sphere d/8° 상태에서 측정하였다.

잔류농약 분석

상치 시료중의 잔류농약의 분석은 식품공전(16) 및 AOAC(17)에 준하여 추출, 정제하여 시험액으로 사용하였다.

결과 및 고찰

보관 온도에 따른 특성변화

전해산화수 살균력의 주요 인자로 고려되고 있는 염소함량, 산화환원전위차, 용존산소 등5)은 주변 환경에 따른 영향을 피할 수 없기 때문에 전해산화수의 보관 조건에 따른 전해산화수 특성 변화를 검토하는 것은

실제 산업현장에서 전해산화수를 적용함에 있어 적정 관리 방법의 결정에 중요한 요소이다. 따라서 이들의 특성을 고려하여 5℃, 10℃, 15℃ 및 20℃의 보관온도에서 보관용기의 개폐여부가 염소함량, 산화환원전위차 등에 미치는 영향을 검토하였다(Fig. 1, 2, 3). 산화환원전위는 보관온도에 관계없이 보관 35일까지는 초기값과 차이를 보이지 않았으나 보관 40일째부터는 초기치 1,140 mV에서 1,130 mV로 다소 저하하였으며, 차아염소산 함량은 5℃ 보관에서는 초기치 17.82 ppm에서 저장 7일째 12.38 ppm으로 감소하였으나 보관 35일까지는 큰 변화를 보이지는 않았다. 그러나 보관 35일째부터는 다시 급격한 감소를 보여 40일째에는 8.55 ppm으로 초기치의 48% 수준으로 감소하였다. pH는 저장온도와 관계없이 저장 5일째까지는 pH 1.9~2.0 수준으로 유지되다가 저장 6일째부터는 pH 2.15~2.30 수준으로 다소 증가한 이후에는 큰 변화를 보이지 않았다. 반면, 개방용기에서는 5℃ 보관 3일째, 20℃ 보관 1.5일째 ORP는 1,100 mV 이하로 저하하였고, 차아염소산 함량은 5℃ 저장 6일째 3.55 ppm으로, 20℃ 저장 2일째 1.77 ppm으로 급격한 감소를 나타내었다. pH는 5℃ 및 20℃ 저장에서 모두 1일째 2.20으로 다소 급격히 증가한 후 변화를 보이지 않는 것으로 나타났다. 따라서 전해산화수의 살균력이 산화환원전위의 변화에 큰 영향을 받는다는 점(18)을 고려할 때 실온에서 3~5일 정도 산화환원전위가 1,050 mV 전후의 수준을 유지할 수 있으며, 밀폐 용기로 보관시에는 1개월 이상 1,150 mV 이상을 유지할 수 있는 것으로 판단되었다.

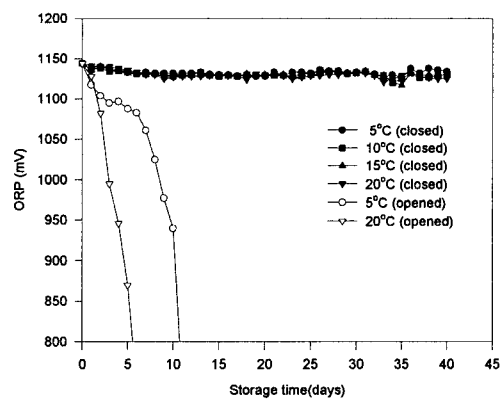


Fig. 1. Changes in oxidation-reduction potentials of electrolyzed acid-water by different storage conditions.

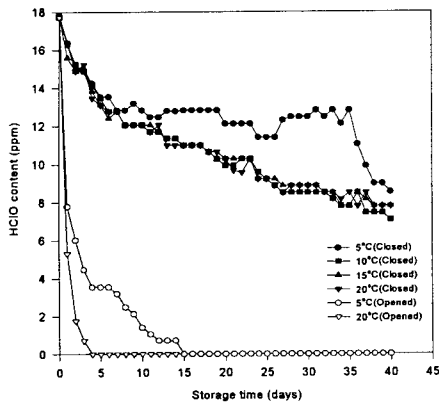


Fig. 2. Changes in HClO contents of electrolyzed acid-water by different storage conditions.

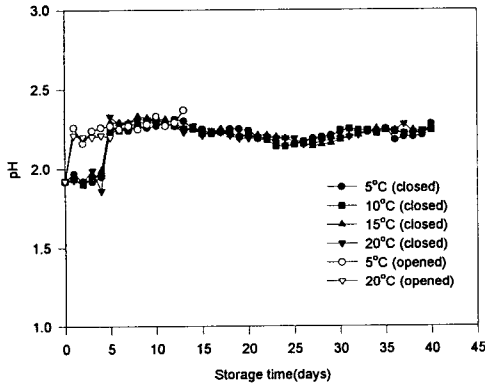


Fig. 3. Changes in pH of electrolyzed acid-water by different storage conditions.

가열에 따른 특성변화

전해산화수의 적용범위 확대를 위해 가열에 따른 물성 변화를 살펴본 결과 20°C의 초기 ORP값이 1,156 mV인 전해산화수를 10°C 간격으로 가열 승온시켰을 때의 특성변화를 검토하였다. Fig. 4에서 나타난 바와 같이 전해산화수의 수온이 상승함에 따라 ORP값은 서서히 감소하여 50°C에서는 1,148 mV로 감소한 후 이후의 수온 상승에 따라서는 다소 증가하는 경향을 나타내어 95°C에서는 1,150 mV 수준을 유지하였다. 이로 미루어 볼 때 가열에 의한 전해산화수의 ORP 변화는 그다지 크지 않는 것으로 판단되었다. 한편 HClO 함량은 Fig. 5에서와 같이 초기 46.76 ppm에서 가열 승온에 따라 60°C에서 36.5 ppm으로 감소하고 이후의 수온 상승에 따라 다소 증가하는 경향을 나타내어 90°C에서는 약 43 ppm 정도의 수준으로 증가한 후 급격한 감소를 보였다. 가열중 pH는 초기 2.31에서 가열 초기인 30°C

에서 pH 2.38정도로 증가한 이후 가열온도 95°C까지 거의 변화가 없음을 보여 주었다(Fig. 6). 이러한 결과로 미루어 볼 때, 전해산화수는 가열에 따른 ORP, HClO 함량 및 pH의 변화는 그다지 크지 않은 것으로 나타났다.

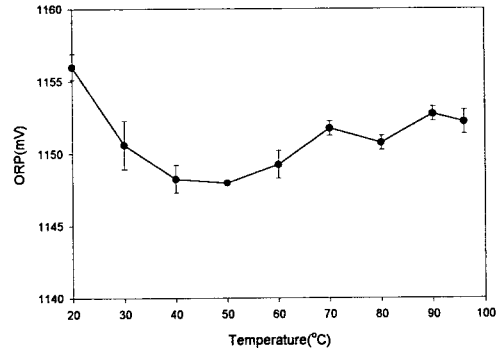


Fig. 4. Changes in ORP of electrolyzed acid-water by heating temperature.

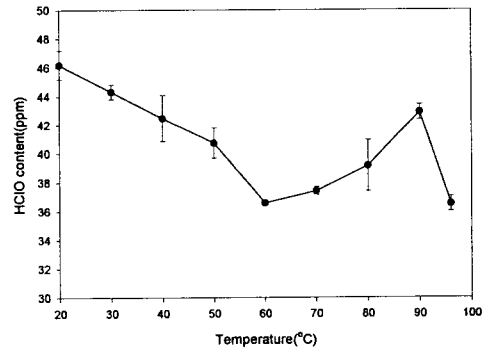


Fig. 5. Changes in HClO content of electrolyzed acid-water by heating temperature.

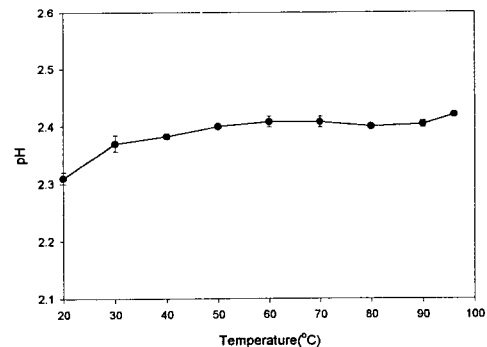


Fig. 6. Changes in pH of electrolyzed acid-water by heating temperature.

Tyrosinase에 대한 전해산화수의 저해작용

효소적 갈변화 반응의 key enzyme인 tyrosinase 효소 자체에 대한 전해산화수의 활성 저해효과를 검토한 결과, 산화환원전위가 800 mV 이상에서는 1,100 mV까지 산화환원전위 상승에 따라 저해효과가 상승하였으나 1,120 mV 이상에서는 오히려 다소간의 감소를 나타내었으며, 산화환원전위 1,110 mV일때 82.6%로 가장 높은 저해활성을 나타내었다(Table 1). 이러한 결과는 tyrosinase 효소에 대한 전해산화수의 직접적인 효소활성 저하 효과가 단순한 산화환원전위 의존 효과만이 아니라 전해산화수 자체의 물성과 깊은 관련이 있는 것으로 추정되었으며, 이러한 전해산화수의 tyrosinase에 대한 저해작용은 통상적으로 염소이온에 의해 활성 자체가 저해된다는 사실(19)에 비추어 볼 때 전해산화수의 높은 염소함량도 저해활성에 영향을 주는 중요한 하나의 요인인 것으로 판단되어 이에 대한 향후의 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

Table 1. Inhibition effect of electrolyzed acid water with different oxidation-reduction potentials on tyrosinase activity

Oxidation reduction potential(mV)	Inhibition effect(%) ¹⁾²⁾
800	50.8a
850	72.8b
900	72.5b
950	79.8cdfg
1,000	77.7df
1,100	78.6efg
1,110	82.6cdefg
1,120	81.7efg
1,130	74.6bf
1,140	76.2g

¹⁾ All values are expressed as mean of triplicated measurements.

²⁾ Values with different alphabet within the same row are significantly different at p(0.01).

사과와 감자의 전해산화수 침지에 의한 갈변억제 효과

사과 및 감자를 대상으로 전해산화수 침지가 갈색화 반응에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 사과와 감자를 박피 후 절단하여 증류수, 전해산화수 및 전해알칼리수의 3가지 처리수에 각각 침지하면서 경시적인 표면 색도변화를 관찰한 결과, Table 2와 Table 3과 같았다. 사과 절편의 경우 대조구인 증류수 및 전해알칼리수 침지구에 비해 전해산화수에 침지한 처리구가 L값, a값 및 b값의 변화 폭이 가장 작은 것으로 나타났으며, 이러한 경향은 감자 절편의 경우에도 유사하였으나 전

해산화수 침지구의 경우 3시간 침지 후에도 a값의 변화가 거의 없었다는 것이 특징적이었다. 그리고 현미 색차계에 있어 Lab 공간에 있는 두 점간의 직선거리로 표시되는 색차(ΔE)값을 비교한 결과, 사과절편의 경우 전해산화수 처리구에서는 침지 1시간 후 ΔE값이 3.3 수준인 반면에 증류수와 전해알칼리수 처리구는 각각 5.6 및 7.0으로 나타나 전해산화수 처리구는 초기 시료와 비교하여 거의 색차가 없음을 볼 수 있으며, 감자 절편의 경우도 전해산화수 처리구는 침지 2시간 후에 ΔE값이 2.0으로 거의 색차가 없는 수준이며 타 처리구와는 뚜렷한 차이를 보여 주었다. 이로 미루어 볼 때 대조구로 사용된 일반수에 비해서는 전해산화수 침지가 박피한 사과와 감자의 갈색화를 다소 지연시키는 효과가 있는 것으로 판단되었다.

Table 2. Change in L, a and b values of sliced apples immersed in different kinds of water

Treatment	Immersion time (hr)				
	Initial	0.5	1	3	
Distilled water	L	82.79	80.82	78.11	76.82
	a	3.45	3.85	5.15	6.23
	b	22.38	23.19	24.94	25.81
	ΔE	-	2.2	5.6	7.4
Electrolyzed acid water (ORP 1,140mV)	L	82.38	80.59	79.69	78.92
	a	3.37	4.30	4.20	4.76
	b	21.96	23.72	23.62	24.44
	ΔE	-	2.7	3.3	4.5
Electrolyzed alkali water	L	82.48	79.34	75.79	75.74
	a	3.42	4.76	5.06	6.89
	b	22.35	24.31	23.40	26.32
	ΔE	-	3.9	7.0	8.6

*ΔE refers to color difference value during immersion time.

Table 3. Change in L, a and b values of sliced potatoes immersed in different kinds of water

Treatment	Immersion time (hr)			
	Initial	0.5	3	
Distilled water	L	78.74	77.25	75.69
	a	-1.35	-0.12	0.36
	b	21.06	23.33	22.41
	ΔE	-	3.0	3.7
Electrolyzed acid water (ORP 1,140mV)	L	78.87	78.75	77.93
	a	-1.38	-0.44	0.50
	b	21.57	22.47	25.10
	ΔE	-	1.3	2.1
Electrolyzed alkali water	L	78.82	77.36	75.55
	a	-1.36	-0.05	0.5
	b	21.37	22.83	22.38
	ΔE	-	2.4	3.9

*ΔE refers to color difference value during immersion time.

한편, 감자와 사과를 주스로 제조하여 경시적인 색차를 살펴본 결과에서도 전해산화수 처리구가 증류수 및 전해알칼리수 처리구에 비해 현저한 차이를 보여줌으로써 전해산화수에 의한 갈변억제 효과를 확인할 수 있었다(Table 4, 5).

Table 4. Change in L, a and b values of apple juice mixed with different kinds of water

Treatment	Immersion time (hr)			
	Initial	1	2	
Distilled water	L	50.43	42.28	39.70
	a	4.03	6.85	7.65
	b	16.22	18.26	18.28
	ΔE	-	8.9	11.5
Electrolyzed acid water (ORP 1,140mV)	L	56.41	55.26	54.50
	a	3.33	3.35	3.55
	b	13.66	13.75	14.09
	ΔE	-	1.2	2.0
Electrolyzed alkali water	L	74.27	71.33	65.05
	a	-3.67	-0.22	0.18
	b	23.36	23.41	26.79
	ΔE	-	4.5	10.6

*ΔE refers to color difference value during immersion time.

Table 5. Change in L, a and b values of potato juice mixed with different kinds of water

Treatment	Immersion time (hr)				
	0	1	3	5	
Distilled water	L	61.27	59.20	59.56	59.17
	a	2.56	2.39	3.26	3.50
	b	15.56	15.01	15.71	15.84
	ΔE	-	2.1	1.9	2.3
Electrolyzed acid water (ORP 1,140mV)	L	60.26	59.80	59.38	59.00
	a	2.59	1.73	1.75	1.79
	b	12.95	11.30	11.45	11.63
	ΔE	-	1.9	1.9	2.0
Electrolyzed alkali water	L	79.53	72.61	65.33	62.56
	a	-1.77	-0.97	-0.13	0.11
	b	17.33	17.56	18.96	19.44
	ΔE	-	7.0	14.4	17.2

*ΔE refers to color difference value during immersion time.

잔류농약에 대한 분해능 촉진효과

시험관내에서의 전해산화수 및 전해에 의한 농약 분해 촉진 효과를 검토하기 위하여 aldrin, α-BHC, captafol, captan, dieldrin, o,p-DDD, p,p-DDD, endrin, α-endosulfan, β-endosulfan, endosulfan sulfate, PCNB (Pentachloronitrobenzen), procymidone, carbendazim을 각각 5 ppm, 10 ppm의 농도가 전해산화수, 전해알칼리수 및 대조구로 수도수에 첨가한 후 잔류량을 분석한 결

과는 Table 6과 같았다. 환경 중에 살포되는 농약은 그 분해양상을 크게 생물학적 요인과 비생물학적 요인에 의한 것으로 크게 구분하고 있다. 이 중 비생물학적 분해에 크게 영향을 주는 것은 일반적인 환경인 경우 토성, 광물조성, pH 등으로 구분하고 있는데(20), Table 6에 나타난 바와 같이 유기 염소계 농약성분중 aldrin, captafol, captan 및 diazinon은 증류수내에서의 자체적인 분해가 빠르게 진행된 것으로 나타났으나 전해산화수에서는 검출한계 이하로 감소한 결과를 보여 전해산화수에 의한 분해 촉진 효과가 있을 것으로 추측되었다. 또한 대조구의 검출량에 비해 dieldrin은 37%, α-endosulfan은 22%, β-endosulfan은 63%, endosulfan sulfate는 45%, endrin은 88%, α-BHC는 57%, o,p'-BHC는 58%, p,p'-DDT는 105%, procymidone은 34%, PCNB는 22% 수준을 나타내어 농약 성분에 따라서는 다소간의 차는 있으나 대체적으로 대조구에 비해 낮은 검출량을 나타내었다.

Table 6. Amount of pesticides recovered from tested solutions

Pesticides	Electrolyzed acid-water	Distilled water
	Amounts of pesticides(ppm) ¹⁾	
Aldrin	ND*	1.694±0.059
Captan	ND*	0.762±0.011
Captafol	ND*	ND*
Diazinon	ND*	0.483±0.015
Dieldrin	1.962±0.025	5.291±0.184
α-endosulfan	1.167±0.018	5.291±0.093
β-endosulfan	2.873±0.041	4.553±0.052
Endosulfan sulfate	1.608±0.035	3.576±0.038
Endrin	3.043±0.043	4.133±0.145
α-BHC	1.705±0.028	2.981±0.039
o,p'-DDT	1.634±0.011	2.834±0.017
p,p'-DDT	0.932±0.032	0.891±0.033
Procymidone	1.521±0.027	4.445±0.059
PCNB	0.237±0.008	1.097±0.022

*ND : Not detected.

¹⁾ All values are mena±SD of triplicate measurements.

농약의 제거 또는 분해만을 고려하여 과채류 등에 전해수를 적용시킬 경우, 시험관과는 달리 전해수와 유기물질인 시료와의 직접적인 접촉에 따라 전해수의 효과가 감소될 것으로 판단되어 시중에 판매중인 상용 농약을 직접 시료에 처리하여 세정시 살포된 농약의 제거 효과를 검토하고자 대상 시료를 상추로 하여 직접적인 분해능 촉진 효과를 알아보았다. 시험관내 분해 효과 검토 시험을 통해 전해수에 의한 분해 촉진효과가 전해수의 물리화학적 특성에 의해 발생할 것으로 판단됨에 따라 전해산화수 뿐만아니라 전해알칼리수의

분해 촉진 효과도 함께 검토하였다. Procymidone은 대조구인 증류수에 침지 세정한 상추에서는 3.670 ppm이었던 것에 비해 전해산화수로 침지 세정한 상추에서는 1.120 ppm으로 대조구에 비해 31% 수준, 전해알칼리수 침지 세정한 상추에서는 2.420 ppm으로 대조구에 비해 66% 수준이었다. Diazinon은 증류수에 침지 세정한 상추에서 3.050 ppm이 검출된 반면 전해산화수와 전해알칼리수에 침지 세정한 상추에서는 불검출되어 분해 촉진 효과가 가장 큰 것으로 판단되었다(Table 7). 따라서 이러한 결과만을 놓고 볼 때 전해산화수는 본 실험에 사용된 농약성분 중 다수에 대해 잠재적인 농약 분해 촉진 효과를 가지고 있는 것으로 판단된다. 하지만 일반적으로는 농약의 제조시 분해과정 중에 생성되는 중간분해물질에 대한 독성이 검토된 후 상품화가 이루어지나 소수의 경우 더욱 독성이 강한 물질로의 전환도 가능하므로 전해산화수에 의해 전환 또는 분해된 농약성분의 안전성에 대해서는 추가적인 검토가 필요한 것으로 생각된다.

Table 7. Amounts of pesticide recovered from leafy lettuce contaminated with daizanon or procymidone after immersion with different kinds of cleaning waters

Pesticides	Electrolyzed acid-water	Electrolyzed alkali-water	Distilled water
	Amounts of pesticides(ppm)l		
Diazinon	ND*	ND*	3.050±0.027
Procymidone	1.120±0.056	2.420±0.105	3.670±0.084

*ND : Not detected.

¹⁾ All values are mena±SD of triplicate measurements.

요 약

전해산화수의 식품가공에의 적용 확대를 위해 전해산화수의 보관, 가열중 특성변화를 검토한 결과 저온 밀폐 용기에서의 보관이 산화환원전위, 차아염소산함량, pH 등의 전해산화 특성을 유지시킴에 있어 보다 효과적이었으며, 1개월 이상 1,150 mV의 산화환원전위를 유지시킬 수 있었다. 가열시 산화환원전위는 50℃까지는 가열 승온에 따라 점진적인 감소를 보인 후 95℃까지는 다시 증가하여 95℃에서는 1,150 mV 수준을 유지하였다. 차아염소산 함량도 산화환원전위와 유사한 경향을 보였으나 90℃에서 20℃의 초기치에 근접하는 43 ppm으로 상승하였다. Tyrosinase 효소에 대해서는 산화환원전위차 95 mV~1,140 mV인 전해산화수에서 약 75~84% 정도 활성이 저해되었으며, 사과와

감자 절편 및 주스 제조 시에도 전해산화수 처리구가 현저한 ΔE값 차를 나타내어 갈변억제 효과가 있음을 확인할 수 있었다. Aldrin, Captafol 등 12종의 농약을 5 ppm의 농도로 전해산화수에 첨가한 후 농약 잔류량을 분석한 결과 aldrin, captan, diazinon, dieldrin, α-endosulfan, β-endosulfan, endosulfan sulfate, endrin, α-BHC, o,p'-DDT, procymidone, PCNB는 대조구인 증류수 첨가구에 비해 ND~73.6%의 수준이었으며, 상추에 직접 상업용 농약을 인위적으로 오염시킨후 전해산화수로 침지 세정한 결과, procymidone의 잔류량은 증류수 침지 세정 상추가 3.67 ppm인데 비해 전해산화수 침지 세정한 상추는 1.12 ppm을, diazinone의 잔류량은 증류수 침지 세정 상추가 3.05 ppm이었으나 전해산화수 침지세정 상추는 검출한계 이하로 나타났다.

참고문헌

1. 농림부 (1995) 청과물의 표면 살균 처리기술 개발. 농림수산특정연구사업보고서, G1108-0684
2. 内藤茂三 (1991) 食品保存へのオゾンの利用に関する研究. 日本食品工業學會誌, 38(4) 360-367
3. 식품산업 (1998) 유허제를 이용한 식품용 재균·세정제. 식품산업, 16(9), 112-116
4. 鈴木鐵也 (1999) 電解水の食品分野での利用. 食品と開發, 33(3), 10-14
5. 堀田國元 (1999) 強酸性電解水の殺菌機構と應用. 食品と開發, 33(3), 5-7
6. 정승원, 박기재, 박경조, 박병인, 김영호 (1996) 전해산화수의 채소류 표면살균 효과. 한국식품과학회지, 28(6), 1045-1051
7. Iyengar, R. and McEvily A.J. (1992) Anti-browning agents:alternatives to the use of sulfites in foods. *Trends Food Sci. Technol.*, 3(3), 60-64
8. Vamos-Vigyazo, L. (1981) Polyphenol oxidase and peroxidase in fruits and vegetables. *CRC Cri. Rev. Food Sci. Nutr.*, 15(9), 49-127
9. McEvily, J., Iyengar, R., and Gross, A. (1991) Composition and methods for inhibiting browning in food using resorcinol derivatives. U. S. Patent 5.059.438
10. Wiley, R.C. (1994) Minimlly processed refrigerated fruits and vegetables. Chapman & Hall, Inc., New York, p.1-74
11. 한국식품공업협회 (1997) 식품첨가물공전. 한국식품공업협회, p.158

12. Komiyama, K., Takamatsu, S., Takahashi, Y., Shinose, M., Hayashi, M., Tanaka, H., Iwai, Y., and Omura, S. (1993) New inhibitors of melanogenesis, OH-3984 K1 and K2, 1. Taxonomy, fermentation, isolation and biological characteristics. *J. Antibiotics*, 46(10), 1520-1526
13. Pomeranz, S.H. (1963) Separation, purification and properties of two tyrosinase from hamster melanoma. *J. Biol. Chem.*, 238, 2351-2355
14. 香月裕彦, 泉井桂, 吉永侃夫 (1975) 酵素研究法-上 (生化学実験講座5). 日本生化学會編, 東京化学同人, p. 52
15. 정승원 (1997) 천연물로부터 효소적 갈색화 반응에 대한 저해물질 탐색 및 분리. 고려대학교 대학원 박사학위논문
16. 한국식품공업협회 (2000) 식품공전, 9. 식품중의 잔류농약 시험법. p.649-796
17. AOAC (1990) Official methods of analysis, 10. Pesticide and industrial chemical residues. Association of official analytical chemists, p.1-30
18. Sakai, S. (1995) Application and development of electrolyzed-oxidizing water. *Food Industry*, 4(30), 35-41
19. Pruidze, G.N., and Grigorashvili, G.Z. (1977) Extraction and some properties of the o-diphenyloxidase and peroxidase inhibitor from the leaves of the tea plant. *Prik. Biokhim. Mikrobiol.*, 13, 104-109
20. 이석준, 오희석 (1997) 환경중 미생물에 의한 농약의 분해 및 대사. *생물산업*, 10(4), 7-15

(접수 2000년 8월 29일)