

Effects of Optimized Co-treatment Conditions with Ultrasound and Low-temperature Blanching Using the Response Surface Methodology on the Browning and Quality of Fresh-cut Lettuce

Do-Hee Kim¹, Su-min Kim¹, Han-Bit Kim¹ and Kwang-Deog Moon^{1,2*}

¹Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

²Food and Bio-Industry Research Institute, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

반응표면분석법으로 최적화한 초음파와 저온 블랜칭의 병용처리 조건이 신선편이 양상추의 갈변과 품질에 미치는 영향

김도희¹ · 김수민¹ · 김한빛¹ · 문광덕^{1,2*}

¹경북대학교 식품공학부

²경북대학교 식품생물산업연구소

Abstract

Enzymatic action and microbial growth degrade the quality of fresh-cut lettuce. Browning, a bad smell, and softening during storage are the major forms of quality deterioration. Health-oriented consumers tend to avoid foods treated with chemicals to maintain their freshness. This study was conducted to evaluate the change in the quality of fresh-cut lettuce with combined low-temperature blanching (LB) and ultrasonication (US). The optimum condition was selected using the response surface methodology (RSM), through a regression analysis with the following independent variables; the ultrasonication time (X1), blanching temperature (X2), blanching time (X3), and dependent variable; ΔE value (y). It was found that the condition with the lowest ΔE value occurred with combined 90s US and 45°C 90s LB (US+LB). The combined treatment group (US+LB) was stored at 10°C for 9 days with the control group and each single-treatment group, with low-temperature blanching and ultrasonication. Overall, the US+LB group had a significantly high L^* value, which indicates significantly low a^* , b^* , ΔE , browning index, PPO, and POD activity values, and a low total bacteria count ($p < 0.05$). The US+LB group also had the highest sensory score (except for aroma and texture; $p > 0.05$).

Key words : RSM, low-temperature blanching, ultrasonication, fresh-cut lettuce

서 론

양상추는 부드러운 잎과 특유의 아삭함으로 인해 샐러드로서 많이 이용되고 있어 신선함, 편리함, 경제성 등의 이점을 두루 갖춘 신선편이 양상추의 수요가 급증하고 있다. 그러나 유통 중 갈변과 이취 및 무름현상이 발생되고, 미생물의 증식에 의해 안전성이 위협받는 등 원재료보다 품질 저하가 빠르다는 문제점이 있다. 신선편이 양상추의 품질 제어를 위해서 현재 ascorbic acid 등의 환원제나 citric acid

같은 산미제, chelating제, 무기염 등을 이용한 화학적 처리가 주를 이루고 있으나, 건강지향적인 소비패턴에 의해 화학처리를 하지 않은 제품이 선호되는 추세이다.

신선편이 제품에 대한 물리적 처리의 대표적인 예로는 자외선, 초음파 처리, 저온 블랜칭, 고농도 이산화탄소 처리 등을 들 수 있으며, 이들은 대체로 단독 처리보다는 병용처리 할 경우 보다 우수한 효과가 나타난다. 초음파는 20 kHz 이상의 주파수를 갖고 있는 음파로, 액체 내에서 생성된 기포 파열 시 발생하는 진동 에너지가 효소 활성화와 미생물 생육에 영향을 미친다. 초음파의 단독 처리 시에는 오히려 역효과를 초래할 수 있으나, 고압 또는 열과 병용 처리할 경우 효소 활성 억제 및 미생물 저감 효과를 가지는 것으로

*Corresponding author. E-mail : kdmoon@knu.ac.kr
Phone : 82-53-950-5773, Fax : 82-53-950-6772

알려져 있다(1-2). 초음파는 현재 비파괴 검사 및 의료기술에 널리 이용되고 있으며, 식품 관련 연구로는 미생물 냉살균(3), 식품원료나 용기 및 기구의 세척(4), 식품 성분 추출(5), 식품의 품질에 미치는 영향(6), 기능성분 함량 증진 등이 보고된 바 있다(7). 또한, 열처리 방법이 환경친화적 미생물 제어수단으로 재조명받고 있는 가운데, 영양성분 소실이나 관능적 품질 저하 등의 단점을 보완할 수 있는 저온 블랜칭이 각광받고 있으며, whole 상태의 과일류(8-9)는 물론 신선편이 농산품에 대한 연구도 진행되고 있다(10-11).

본 연구에서는 일반적인 블랜칭의 단점을 보완할 수 있는 저온 블랜칭과, 다른 기술과 병용처리 시 상승작용을 기대할 수 있는 초음파를 병용처리함으로써 신선편이 양상추의 갈변 및 품질특성 변화에 대해 알아보고자 하였다. 따라서 중심합성계획법에 의한 반응표면분석(response surface methodology, RSM)을 통하여 병용처리조건을 최적화하고, 이를 무처리구 및 각각의 단일처리구와 비교함으로써 초음파와 저온블랜칭의 병용처리 효과를 탐색하고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 신선편이 전처리

실험에 사용한 양상추는 경남 합천군 청덕면에서 생산한 crisphead type의 Sacramento 품종으로 세척한 후 실험에 이용하였다. 선별된 양상추는 겉잎을 제거하여 knife로 4등분한 후, 손으로 찢는 방법으로 약 4×4 cm 크기로 절단하였다. 절단 양상추의 물리적 처리 방법으로는 반응표면분석결과 최적화된 조건인 90초간 초음파(40 kHz) 처리(US), 45°C에서 90초간 저온블랜칭처리(LB), 그리고 동일한 조건에서 초음파 처리 후 저온블랜칭(US+LB)하였으며, 90초간 10°C의 증류수에 침지한 것을 대조구(Cont)로 하였다. 상기의 방법으로 처리된 신선편이 양상추는 약 60 g을 0.03 mm 두께의 OPP film 봉지(30×20 cm)에 넣고 열접합하고 10°C에서 9일간 저장하면서 품질특성을 분석하였다.

반응표면분석을 위한 실험계획

최적병용처리조건은 예비실험을 토대로 반응표면분석법(RSM)으로 확립하였다. 즉, SAS 9.2 central composite design에 따라 16 실험구로 구분하였으며, 이는 Table 1에 나타내었다. 독립변수는 ultrasonication time (X_1), blanching temperature (X_2) 및 blanching time (X_3), 종속변수는 변색지표인 ΔE value (y)로 하여 회귀분석을 실시하였으며, Mathematica 8.0을 이용하여 3차원 그래프로 나타내었다.

색도 측정

색도는 시료의 절단면에 최대한 밀착시켜 측정하였으며,

녹색 부위(잎)와 흰색 부위(주맥)를 구분하여 각각 10조각을 랜덤으로 측정 후 평균값을 이용하였다. Colorimeter (CR-400, Minolta Co, Osaka, Japan)를 백색판($L^*=97.79$, $a^*=-0.38$, $b^*=2.05$)으로 보정하여 측정하였으며, L^* (백색도), a^* (적색도) 및 b^* (황색도) 및 ΔE 값으로 나타내었다.

Table 1. Central composite design for ΔE response on fresh-cut lettuce treated with ultrasound and low-temperature blanching

Sample	Coded variables			Non-coded variables		
	X_1	X_2	X_3	Ultrasonication Time (min)	Blanching Temperature (°C)	Blanching Time (min)
USLB1	-1	-1	-1	1	40	1
USLB2	-1	-1	1	1	40	2
USLB3	-1	1	-1	1	50	1
USLB4	-1	1	1	1	50	2
USLB5	1	-1	-1	2	40	1
USLB6	1	-1	1	2	40	2
USLB7	1	1	-1	2	50	1
USLB8	1	1	1	2	50	2
USLB9	0	0	0	1.5	45	1.5
USLB10	0	0	0	1.5	45	1.5
USLB11	-2	0	0	0.5	45	1.5
USLB12	2	0	0	2.5	45	1.5
USLB13	0	-2	0	1.5	35	1.5
USLB14	0	2	0	1.5	55	1.5
USLB15	0	0	-2	1.5	45	0.5
USLB16	0	0	2	1.5	45	2.5

Browning index 측정

Browning index는 양상추 절단면에서 약 1 cm가량을 잘게 자른 것을 랜덤으로 2 g 취하여 유리병에 넣고, 20 mL의 증류수를 첨가하여 35°C의 water bath에서 2시간 동안 추출한 뒤 여과(Whatman No 2)한 액을 분광광도계(Optizen 2120, Mecasys, Korea)를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하여 나타내었다(12).

PPO 및 POD 활성 측정

0.5%의 polyvinylpolypyrrolidone (PVPP)를 함유한 0.2 M sodium phosphate buffer (pH 7.0) 20 mL를 양상추 10 g과 함께 homogenizer로 균질화하였다. 4°C, 3,000 rpm의 조건으로 10분간 원심분리하여 그 상등액을 조효소액으로 하였다. Polyphenol oxidase (PPO)의 활성은 균질화 시 사용한 것과 동일한 buffer로 만든 0.02M의 catechol 용액 2.4 mL에 조효소액 0.8 mL를 넣어 420 nm에서 측정하였고, peroxidase (POD)의 활성은 25 mM guaiacol과 25 mM의 hydrogen peroxide를 함유한 0.05 M sodium phosphate buffer

(pH 7.0) 2.8 mL에 조효소액 0.2 mL을 넣어 470 nm에서 측정하였다. 조효소액 대신 buffer를 넣은 것을 blank로 하였으며, PPO의 활성은 흡광도가 1분당 0.001 변하는 것을, POD의 활성은 1분당 0.01 변하는 것을 1 unit (U)으로 나타내었다.

가용성 고형분 및 pH 측정

시료와 증류수의 비를 1:1로 하여 마쇄한 후 여과한 액을 시액으로 하여, 가용성 고형분 함량은 굴절 당도계(Master-a, Atago Co, Tokyo, Japan)를 이용하여, pH는 pH meter (Delta320, Mettler-Toledo Inc, Shanghai, China)를 이용하여 각각 측정하였다.

총균수 측정

총균수는 시료 1 g에 9 mL의 0.1% 펄톤수를 가한 후, 10-fold 희석법으로 단계별로 희석하였다. 1 mL씩 pour plating한 후 35°C에서 48±2시간 배양하여 형성된 집락을 계수하여 log CFU/g로 나타내었다.

관능평가

관능검사는 경북대학교 식품공학과 학부 및 대학원생 15명을 대상으로 외관, 색, 향, 신선도, 조직감 및 전반적 기호도에 대하여 9점 기호척도법(1=매우 싫음, 3=싫음, 5=보통, 7=좋음, 9=매우 좋음)으로 실시하였다.

통계처리

통계처리는 SAS procedure를 이용하여 반응표면분석, 분산분석 및 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

결과 및 고찰

반응 표면 분석을 통한 최적 병용처리조건

초음파와 저온 블랜칭을 병용처리한 신선편이 양상추의 저장 5일째 ΔE 에 대한 초음파 처리시간(X_1), 블랜칭 처리 온도(X_2) 및 블랜칭 처리 시간(X_3)의 영향을 조사한 결과, 예측된 회귀식은 다음과 같다.

$$Y=172.416875-14.718750X_1-6.497375X_2-16.958750X_3+0.975000X_1^2-0.440500X_1X_2+0.084700X_2^2+3.595000X_1X_3-0.357500X_2X_3+9.410000X_3^2$$

회귀식의 R^2 값은 0.8843으로, 가정된 반응모형이 비교적 적합함을 알 수 있다. 또한, $P_{r>F}$ 출력값이 0.0303으로 나타나, 0.05보다 작으므로 통계적으로 유의한 것으로 인정되었다. 요인변수(X_n) 중 초음파 처리시간(X_1)이 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 다음은 블랜칭 처리 시간(X_3)

및 블랜칭 처리 온도(X_2)의 순이었다. 반응표면분석을 통해 예측된 결과는 Fig. 1에 나타낸 것과 같다. ΔE 가 최소값일 때의 처리조건은 초음파 처리 시간 1.50분, 블랜칭 처리 온도 45°C, 블랜칭 처리 시간 1.50분이었다. 이로써 반응표면분석을 통한 초음파 및 저온 블랜칭의 최적병용처리조건은 90초간 초음파 처리한 후 45°C에서 90초간 블랜칭하는 것이 신선편이 양상추의 색도를 가장 적게 변화시키는 것으로 나타났다.

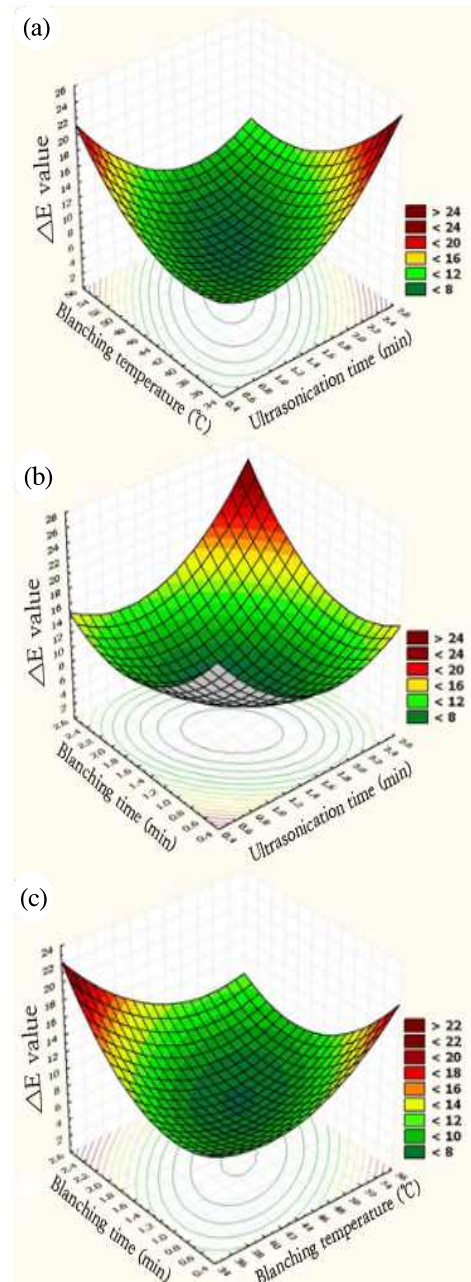


Fig. 1. Response surface for ΔE of fresh-cut lettuce as a function of (a) ultrasonication time and blanching temperature, (b) ultrasonication time and blanching time, (c) blanching temperature and blanching time.

색도 변화

신선편이 양상추의 색도 변화는 Table 2에 나타난 것과 같다. 전반적으로 US+LB 처리구에서 유의적으로 높은 L값과 낮은 a값 및 ΔE값이 나타나, 갈변 저해에 효과적임을 알 수 있었다. 반면, US 처리구는 저장 후기로 갈수록 낮은 L값과 높은 a값 및 ΔE값을 보여 오히려 갈변이 더 많이 진행됨을 알 수 있었다. 한편, 초음파의 특성상 식품 성분과 반응하여 바람직하지 않은 변화를 야기할 수 있다고 보고된 바 있으나(13), 초음파와 ascorbic acid를 병용처리했을 때는 사과와 갈변이 효과적으로 억제됨을 확인할 수 있었다(14). 또한, 중온열수(45-55℃)와 갈변 억제제를 병용처리했을 때, 단독처리에 비해 ΔL값이 2배 이상 감소하였다고 보고하였다(15). 이로써 신선편이 양상추에서도 초음파는 단독 처리보다는 병용처리 시 상승작용이 나타나는 것으로 추정되며, US+LB 처리구의 색도 변화가 가장 적게 나타난 것과 유사한 결과라 생각된다.

Table 2. Changes of L*, a*, b* and ΔE values of fresh-cut lettuce treated with ultrasound and/or low-temperature blanching during storage of 9 days at 10℃

	day at 10℃	Sample ¹⁾			
		Cont	US	LB	US+LB
L*	0	72.13±1.84 ^a	69.82±0.90 ^a	71.96±1.53 ^a	73.71±1.56 ^a
	1	73.57±1.54 ^a	72.45±1.34 ^a	73.24±1.89 ^a	74.22±1.51 ^a
	3	67.22±1.43 ^d	70.39±2.33 ^b	68.41±2.56 ^c	73.46±2.46 ^a
	6	70.61±1.37 ^b	70.56±1.78 ^{ab}	69.71±0.68 ^b	73.58±2.94 ^a
	9	69.31±1.50 ^c	63.27±2.40 ^d	71.16±2.20 ^b	71.74±1.10 ^a
a*	0	-2.08±0.59 ^a	-1.11±0.11 ^a	-1.80±0.81 ^a	-1.84±1.03 ^a
	1	-2.29±0.24 ^a	-1.58±0.88 ^a	-2.03±0.75 ^a	-2.13±0.29 ^a
	3	0.82±0.45 ^a	-2.60±0.98 ^b	-0.55±0.63 ^a	-2.75±0.99 ^b
	6	0.53±0.52 ^a	-1.55±0.73 ^b	1.00±0.07 ^{ab}	-0.84±0.72 ^b
	9	1.00±0.98 ^b	4.79±0.39 ^a	1.02±0.21 ^c	-1.14±0.89 ^d
b*	0	19.59±1.13 ^a	18.49±0.84 ^a	19.49±0.67 ^a	18.36±2.35 ^a
	1	20.31±0.86 ^a	18.30±1.23 ^b	18.57±1.48 ^b	17.51±1.52 ^c
	3	18.74±2.33 ^a	21.08±1.15 ^b	18.66±0.98 ^b	17.89±1.72 ^c
	6	19.71±2.37 ^a	20.10±1.16 ^b	18.53±1.53 ^c	17.97±2.16 ^c
	9	19.87±1.73 ^a	18.58±1.02 ^b	18.40±1.13 ^b	18.23±1.45 ^c
ΔE	1	1.62±0.53 ^b	2.69±0.97 ^a	1.60±0.89 ^b	1.03±1.12 ^c
	3	5.77±1.28 ^a	3.04±1.70 ^c	3.85±1.09 ^b	1.27±1.10 ^d
	6	3.02±1.33 ^b	1.83±1.12 ^{bc}	3.72±1.42 ^a	1.38±1.43 ^c
	9	4.18±0.79 ^b	8.81±1.54 ^a	3.13±1.01 ^c	1.20±1.02 ^d

¹⁾Cont (control), dipped in distilled water for 90s; US, ultrasonication at 40 kHz in distilled water for 90s; LB, low-temperature blanching in distilled water at 45℃ for 90s; US+LB, low-temperature blanching (at 45℃ for 90s) after ultrasonication (90s).

²⁾Means±SD(n=10) with different letters are significantly different at 5% level.

Browning index 변화

절단편을 따라 갈변반응이 나타나는 양상추의 특성상 색차계를 이용한 색도 측정에 다소 어려움이 있어 갈변도를 측정하였으며, 그 결과는 Fig. 2에 나타난 것과 같다. 신선편이 양상추의 수용성 갈변 색소는 품종 및 부위에 관계없이 저장후기로 갈수록 증가하는 경향이 나타난다(16). 본 실험에서도 저장후기로 갈수록 갈변도가 급격하게 증가하는 경향이 나타났으며, 특히 저장 9일째 US 처리구가 유의적으로 높은 값을 보여, 색도 변화에서 관찰된 실험 결과와 밀접한 연관성이 있는 것으로 나타났다.

처리 직 후 US 처리구의 갈변도가 유의적으로 높은 값을 나타낸 것은 초음파에 의해 부분적인 조직의 파괴가 일어나서 다른 구에 비해 상대적으로 공기 중에 더 노출되어 미미한 갈변이 진행되었기 때문이라 생각된다. LB 처리구가 낮은 값을 가지는 것은 저온 블랜칭에 의해 갈변 관련 효소가 불활성화되었기 때문인 것으로 생각되며, US+LB 처리구가 저장기간 내내 유의적으로 낮은 값을 유지한 것은 초음파처리로 양상추 세포 깊숙한 곳까지 저온 블랜칭의 효과가 미칠 수 있었기 때문인 것으로 추정된다.

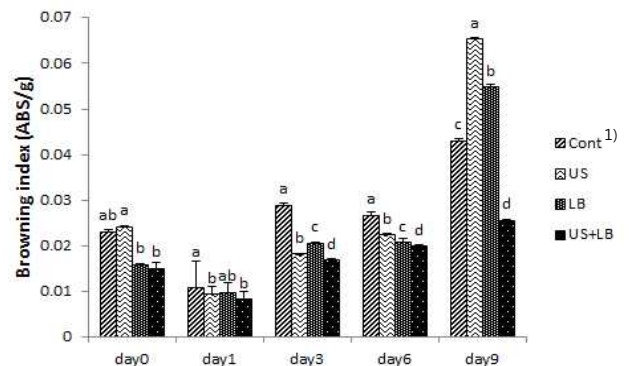


Fig. 2. Changes of browning index of fresh-cut lettuce treated with ultrasound and/or low-temperature blanching during storage of 9 days at 10℃.

¹⁾Samples are same as table 2.

²⁾Different letters are significantly different at 5% level.

PPO 및 POD 활성 변화

PPO 및 POD는 저장 중 과일 채소류의 품질변화를 나타내는 대표적인 갈변 관련 효소로, 색도와 함께 갈변 측정의 중요한 지표로 이용된다. PPO 및 POD의 활성을 측정한 결과는 Fig. 3, 4에 각각 나타내었다. 두 효소 모두 저장 초기에 감소하였다가 후기로 갈수록 증가하는 경향이 나타났는데, 이는 신선편이 사과와 PPO 및 POD 활성을 저해한 연구와 유사한 결과였다(17).

한편, 앞서 본 모든 항목에서 US+LB 처리구가 가장 갈변 저해에 효과적임을 확인하였는데, PPO 및 POD 활성 역시 US+LB 처리구가 저장기간 내내 유의적으로 낮은 활성을 나타내 각 항목이 서로 상관성이 있을 것으로 추정된다.

신선편이 양상추에 ClO₂의 농도 및 처리시간을 달리 하여 효소 활성을 측정된 결과, PPO와 POD는 밀접한 상관성이 있다고 하였으며(18), 최소 가공한 양송이버섯의 색도, 갈변도, PPO 활성 사이에도 높은 상관관계가 성립됨이 보고된 바 있다(19).

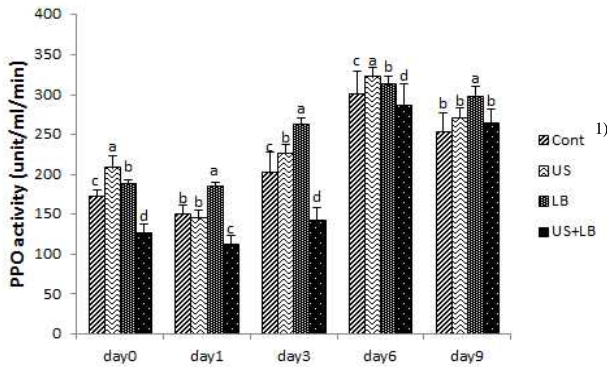


Fig. 3. Changes of PPO activity of fresh-cut lettuce treated with ultrasound and/or low-temperature blanching during storage of 9 days at 10°C.

¹⁾Samples are same as table 2.

²⁾Different letters are significantly different at 5% level.

가용성 고형분 및 pH 변화

신선편이 양상추의 가용성 고형분 함량과 pH를 분석한 결과는 Table 3에 나타난 것과 같다. 가용성 고형분 함량은 1.60-2.40의 범위로 저장 초기와 비교했을 때 모든 구에서 감소한 것으로 나타났으며, 이는 결구 정도에 따른 양상추를 최소 가공하여 품질을 평가한 연구와 유사한 경향이었다(20). pH는 대체로 저장 중 증가하는 경향이었으며, 저장 9일째 모든 구에서 감소가 나타난 것은 신선편이 당근채

Table 3. Physicochemical properties of fresh-cut lettuce treated with ultrasound and/or low-temperature blanching during storage of 9 days at 10°C

	day at 10°C	Sample ¹⁾			
		Cont	US	LB	US+LB
pH	0	6.12±0.01 ^{b2)}	6.14±0.01 ^a	6.12±0.01 ^b	6.13±0.02 ^{ab}
	1	6.21±0.00 ^a	6.11±0.03 ^b	6.17±0.04 ^a	6.10±0.01 ^b
	3	6.20±0.01 ^a	6.14±0.03 ^b	6.11±0.00 ^c	6.11±0.01 ^c
	6	6.29±0.03 ^a	6.09±0.02 ^c	6.22±0.02 ^b	6.12±0.01 ^c
	9	6.12±0.00 ^a	6.02±0.01 ^c	6.15±0.03 ^a	6.06±0.01 ^b
Total soluble solids (°Brix)	0	2.17±0.15 ^b	2.17±0.06 ^b	1.97±0.06 ^c	2.40±0.10 ^a
	1	2.13±0.06 ^a	1.83±0.06 ^b	1.83±0.06 ^b	1.93±0.06 ^b
	3	2.00±0.00 ^a	2.00±0.00 ^a	1.93±0.12 ^a	2.00±0.00 ^a
	6	1.80±0.00 ^b	1.60±0.00 ^c	1.80±0.00 ^b	1.90±0.10 ^a
	9	2.00±0.00 ^a	1.73±0.12 ^b	1.80±0.00 ^b	1.97±0.06 ^a

¹⁾Samples are same as Table 2.

²⁾Means±SD(n=3) with different letters are significantly different at 5% level.

(21)와 마찬가지로 젖산균의 증식 때문인 것으로 생각된다. 한편, 신선편이 양상추의 온도별 저장 중 미생물과 품질변화를 연구한 결과, 저장 온도가 증가할수록 젖산균이 많이 증식한다고 보고된 바 있다(22).

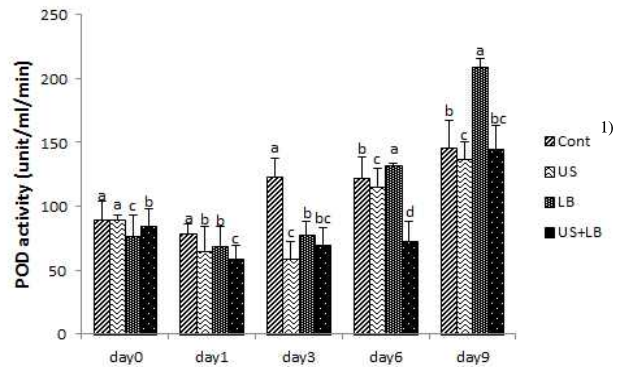


Fig. 4. Changes of POD activity of fresh-cut lettuce treated with ultrasound and/or low-temperature blanching during storage of 9 days at 10°C.

¹⁾Samples are same as table 2.

²⁾Different letters are significantly different at 5% level.

총균수의 변화

채소의 경우에는 상대적으로 pH가 높기 때문에 미생물학적 안전성에 대한 연구가 주를 이루고 있다. 신선편이 양상추의 총균수를 분석한 결과는 Fig. 5에 나타난 것과 같다. 전반적으로 저장 중 총균수는 증가하는 경향이었으며, 저장 9일째에는 모든 구에서 감소한 것으로 나타났다. 총균수의 변화에서도 마찬가지로 US+LB 처리구가 유의적으로 낮은 값을 나타내어, 미생물 억제 측면에서도 가장 우수한 효과가 있음을 보여주었다. 이는 초음파와 염소를 병용처리했을 때 세포내부로 염소의 침투가 더욱 용이해져 *Salmonella*에 대한 불활성화 효과가 증대되었다는 보고(23)와, 증류수와 우유 내 *Bacillus subtilis* 아포가 초음파 단독처

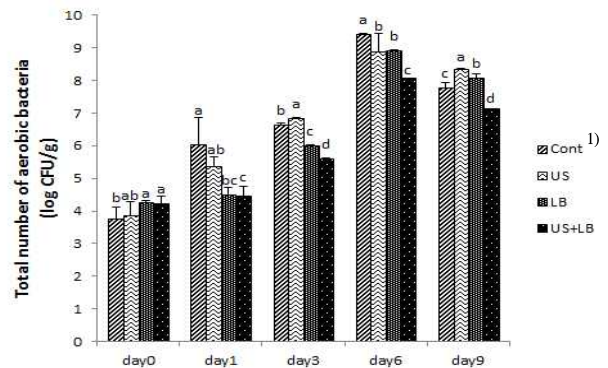


Fig. 5. Changes of total plate count of fresh-cut lettuce treated with ultrasound and/or low-temperature blanching during storage of 9 days at 10°C.

¹⁾Samples are same as table 2.

²⁾Different letters are significantly different at 5% level.

리 시보다 초음파와 열을 병용 처리했을 때 10진법적으로 감소하였다는 보고가 뒷받침해주는 연구결과로, 초음파처리 및 저온 블랜칭의 상승 작용에 의한 것이라 생각된다 (24).

관능특성

소비자들의 구매특성에 가장 큰 영향을 미치는 것이 관능특성이라고 생각되는 바, 그 결과는 Table 4에 나타낸

Table 4. Sensory characteristics of fresh-cut lettuce treated with ultrasound and/or low-temperature blanching during storage of 9 days at 10°C

	day at 10°C	Sample ¹⁾			
		Cont	US	LB	US+LB
Appearance	0	8.00±1.41 ^{ad}	8.20±1.10 ^a	7.33±0.58 ^a	8.75±0.50 ^d
	1	6.50±2.01 ^a	7.40±1.51 ^a	7.78±0.83 ^a	7.90±1.81 ^a
	3	3.00±0.82 ^b	5.00±1.83 ^{ab}	4.50±1.29 ^{ab}	5.50±1.73 ^a
	6	3.50±0.85 ^{bc}	2.80±1.40 ^c	4.20±2.04 ^b	6.20±0.79 ^a
	9	3.60±1.65 ^a	3.30±1.57 ^{ab}	2.90±1.45 ^b	4.60±1.71 ^a
Color	0	7.75±0.50 ^a	8.12±0.84 ^a	7.50±1.00 ^a	8.20±1.10 ^a
	1	6.90±1.66 ^a	7.20±2.10 ^a	6.80±2.20 ^a	7.30±2.75 ^a
	3	2.75±1.26 ^b	4.75±1.50 ^{ab}	4.00±1.41 ^{ab}	5.50±1.73 ^a
	6	4.10±1.60 ^b	3.10±1.91 ^b	4.30±1.70 ^b	6.40±1.51 ^a
	9	3.90±1.45 ^a	3.00±1.49 ^b	2.80±1.23 ^b	4.90±1.52 ^a
Aroma	0	8.60±0.55 ^a	8.60±0.55 ^a	8.80±0.45 ^a	9.00±0.00 ^a
	1	6.30±2.00 ^a	6.70±1.49 ^a	6.60±1.35 ^a	6.80±1.75 ^a
	3	5.50±2.38 ^a	6.00±1.83 ^a	6.00±1.83 ^a	6.00±1.83 ^a
	6	6.20±1.23 ^a	6.50±1.18 ^a	6.40±1.58 ^a	6.60±1.65 ^a
	9	5.90±1.73 ^a	5.20±1.62 ^a	5.40±1.58 ^a	6.00±1.63 ^a
Freshness	0	8.50±0.71 ^a	8.80±0.45 ^a	8.75±0.96 ^a	8.80±0.84 ^a
	1	5.70±2.11 ^b	7.10±1.73 ^{ab}	7.50±1.08 ^a	7.80±1.99 ^a
	3	3.25±1.26 ^a	3.75±0.96 ^a	4.00±1.41 ^a	4.50±1.29 ^a
	6	3.70±1.64 ^b	2.80±1.93 ^b	3.90±1.52 ^b	5.90±1.37 ^a
	9	4.00±1.76 ^a	2.90±1.29 ^a	3.30±1.42 ^a	4.30±2.06 ^a
Texture	0	8.20±0.84 ^a	8.00±0.71 ^a	7.67±0.58 ^a	7.60±1.14 ^a
	1	6.50±1.35 ^a	7.00±1.25 ^a	6.80±1.03 ^a	7.10±1.57 ^a
	3	4.50±1.73 ^a	5.25±2.22 ^a	5.50±2.38 ^a	5.50±2.38 ^a
	6	5.40±1.71 ^a	4.80±2.10 ^a	5.40±1.78 ^a	6.30±1.64 ^a
	9	4.00±1.63 ^a	4.00±0.82 ^a	4.60±1.17 ^a	5.10±2.13 ^a
Overall acceptability	0	8.25±0.50 ^{ab}	8.50±0.55 ^a	7.50±1.00 ^b	8.50±0.58 ^a
	1	6.20±2.20 ^a	6.20±2.11 ^a	6.60±1.43 ^a	6.70±1.55 ^a
	3	3.25±0.96 ^c	4.50±1.29 ^b	4.25±1.50 ^{bc}	5.25±2.06 ^a
	6	4.30±1.06 ^b	2.60±1.58 ^c	3.60±1.51 ^{bc}	6.60±1.17 ^a
	9	4.50±1.08 ^a	2.90±1.29 ^b	3.00±1.89 ^b	4.70±1.49 ^a

¹⁾Samples are same as Table 2.

²⁾Means±SD(n=15) with different letters are significantly different at 5% level.

것과 같다. US+LB 처리구는 모든 항목에서 유의적으로 가장 높은 값을 가지는 것으로 나타났으며, 전반적으로 저장 기간이 증가할수록 US 처리구 및 LB 처리구의 값이 유의적으로 낮은 것으로 나타났다. 각각의 단독 처리구는 저장기간이 길어질수록 오히려 급격한 품질 저하가 일어나는 것으로 확인되었다.

한편, aroma와 texture 항목에서 평균값은 다소 차이가 있으나 큰 표준편차 때문에 저장기간 내내 모든 구에서 유의적 차이가 없는 것으로 나타나 인간의 후각과 촉각으로는 처리구 간의 차이를 구별할 수 없는 수준인 것으로 생각된다. 또한, 외관과 색이 전반적 기호도와 유사한 패턴으로 나타나 이들이 신선편이 양상추의 관능특성에 가장 큰 영향을 미침을 알 수 있었다.

요 약

신선편이 양상추는 유통 중 갈변과 이취 및 무름현상이 발생되고, 미생물의 증식에 의해 안전성이 위협받는 등 원재료보다 품질 저하현상이 빠르다는 문제점이 있다. 또한, 건강지향적인 시대가 도래함에 따라, 선도 유지를 위한 화학적 처리를 거친 식품은 기피하는 실정이다. 이에 일반적인 블랜칭의 단점을 보완할 수 있는 저온블랜칭과, 다른 기술과 병용처리 시 synergy effect를 기대할 수 있는 초음파를 병용처리함으로써 신선편이 양상추의 품질특성 변화에 대해 알아보고자 하였다. 최적 병용처리조건은 예비실험을 토대로 확립하였으며, central composite design에 의한 반응표면분석법을 이용하였다. 즉, 독립변수를 ultrasonication time (x_1), blanching temperature (x_2) 및 blanching time (x_3), 종속변수를 ΔE value (y)로 하여 반응표면분석을 실시한 결과, 90초간 ultrasonication한 후 45°C에서 90초간 blanching (US+LB)하는 것이 색도 변화가 가장 적은 것으로 나타났다. 최적병용처리구와 각각의 단일처리구 및 무처리구를 10°C에서 9일간 저장하면서 실험을 실시한 결과, 전반적으로 US+LB 처리구가 유의적으로 높은 L^* 값이 나타났으며, a^* , b^* , ΔE value, browning index, PPO 및 POD 활성, 총균수에서 유의적으로 낮은 것으로 나타났다($p<0.05$). 또한, appearance, color, aroma, freshness, texture, overall acceptability의 6가지 항목으로 관능평가를 실시한 결과, 모든 항목에서 US+LB 처리구가 가장 우수한 것으로 나타나, 이화학적 실험결과와도 일치하는 경향임을 알 수 있었다. 이로써, 초음파와 저온블랜칭의 병용처리는 신선편이 양상추의 품질 유지에 효과적인 방법인 것으로 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 농림수산식품기술기획평가원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Alcamo EI (1987) Fundamentals of Microbiology. 2, 694
2. Morris C, Brody AL, Wicker L (2007) Non-thermal food processing/preservation technologies: a review with packaging implications. Packag Technol Sci, 20, 275-286
3. Sierra G, Boucher RM (1971) Ultrasonic synergistic effects in liquid-phase chemical sterilization. Appl Microbiol, 22, 160-164
4. Armerding GD (1966) Evaporation methods as applied to the food industry. Adv Food Res, 15, 303-358
5. Kim SY, Cho EA, Yoo JM, In MJ, Chae HJ (2008) Extraction and analysis of astaxanthin from *Haematococcus pluvialis* using sonication. J Korean Soc Food Sci Nutr, 37, 1363-1368
6. Jung SG, In YM, Park BY, Yoo YM, Kim JH, Cho SH, Lee JM, Kim YK (1999) Studies on the effects of ultrasonication treatment on the physico-chemical quality of raw milk. J Korean Food Sci Ani Resour, 19, 346-351
7. Ha JH, Kwon MC, Kim SS, Jeong MH, Hwang B, Lee HY (2010) Enhancement of skin-whitening and UV-protective effects of *Centella asiatica* L. urban by ultrasonification process. J Korean Medicinal Crop Sci, 18, 79-85
8. Lurie S (1998) Postharvest heat treatments. Postharvest Biol Technol, 14, 257-269
9. Ben-Yehoshua S, Peretz J, Rodov V, Nafussi B (2000) Postharvest application of hot water treatment in citrus fruits: The road from laboratory to the packing-house. Acta Horticulturae, 518, 19-28
10. Quintero-ramos A, Bourne MC, Anzaldúa-morales A (1992) Texture and rehydration of dehydrated carrots as affected by low temperature blanching. J Food Sci, 57, 1127-1128
11. Park YJ, Moon KD (2004) Influence of preheating on quality changes of fresh-cut muskmelon. J Korean Food Preserv, 11, 170-174
12. Jung JY, Shin SH, Choi JH, Jeong MC (2008) Browning and quality changes of fresh-cut iceberg lettuce by gas flushing packagings. J Korean Hort Sci Technol, 26, 406-412
13. Earnshaw, R.G., Appleyard, J. and Hurst, R.M (1995) Understanding physical inactivation processes: combined preservation opportunities using heat, ultrasound and pressure. Food Microbiol, 28, 197-219
14. Jang JH, Moon KD (2010) Effects of combined treatment with ultrasound and ascorbic acid on the storage qualities of fresh-cut 'Jonathan' apples. J Korean Food Preserv, 17, 202-207
15. Sapers GM, Miller RL (1995) Heated ascorbic/citric acid solution as browning inhibitor for pre-peeled potatoes. J Food Sci, 60, 762-766
16. Marisol Castaner, M., M.I. Gil, M.V. Ruiz, F. Art (1999) Browning susceptibility of minimally processed Baby and Romaine lettuces. Eur Food Res Technol, 209, 52-56
17. Jang JH, Moon KD (2011) Inhibition of polyphenol oxidase and peroxidase activities on fresh-cut apple by simultaneous treatment of ultrasound and ascorbic acid. Food Chem, 124, 444-449
18. Chen Z, Zhu C, Zhang Y, Niu D, Du J (2010) Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on enzymatic browning and shelf-life of fresh-cut asparagus lettuce (*Lactuca sativa* L.). Postharvest Biol Technol, 58, 232-238
19. Ryu JM, Park YJ, Choi SY, Hwang TY, Oh DH, Moon KD (2003) Browning inhibition and quality characteristics of minimally processed mushroom (*Agaricus bisporus* Sing) using extracts from natural materials during storage. J Korean Food Preserv, 10, 11-15
20. Youn AR, Kwon KH, Kim BS, Cha HS (2008) Quality evaluation of minimally processed lettuce (*Lactuca sativa* L.) according to degree of head formation. J Korean Food Sci Technol, 40, 460-564
21. Kim JG, Luo Y, Lim CI (2007) Effect of ozonated and chlorine water wash on the quality and microbial de-contamination of fresh-cut carrot shreds. J Korean Food Preserv, 14, 54-60
22. Cho SK, Kwon HS, Park JH (2010) Microbe and quality changes of ready-to-eat lettuce during storage at different temperatures. J Korean Soc Food Sci Nutr, 39, 1867-1872
23. Earnshaw, R.G. (1998) Ultrasound: a new opportunity for food preservation. In Ultrasound in food processing. Povey, MJW; Mason, TJ, (Eds) Blackie Academic & Professional, London, UK, p 183-192
24. Gracia, MS, Burgos J, Sanz B, Ordenoz JA (1989) Effect of heat and ultrasonic waves on the survival of two strains of *Bacillus subtilis*. J Appl Bacteriol, 67, 619

(접수 2012년 7월 23일 수정 2012년 8월 14일 채택 2012년 8월 17일)