

Sous Vide 가공 시금치의 품질에 미치는 포장단위 및 살균온도의 영향

장재덕, 김기태, 이동선[†]
경남대학교 식품생명공학부

Effect of Package Size and Pasteurization Temperature on the Quality of *Sous Vide* Processed Spinach

Jae Deok Jang, Gi Tae Kim and Dong Sun Lee[†]

Division of Food Science and Biotechnology, Kyungnam University, Masan 631-701, Korea

Abstract

Microbial lethal value and nutrient retention of sous vide processed spinach were evaluated with mathematical model prediction and experimental trial for different package sizes and pasteurization temperatures. The package size covers 500 g, 1 kg and 2 kg, while the pasteurization temperature includes 80, 90 and 97°C. The basic process scheme consists of filling blanched spinach into barrier plastic film pouch, sealing under vacuum, pasteurization in hot water with over pressure and final cooling to 3°C. Pasteurization condition was designed based on attainment of 6 decimal inactivation of *Listeria monocytogenes* at geometric center of the pouch package by heating cycle, which was determined by general method. Heat penetration property of the package and thermal destruction kinetics were combined to estimate the retention of ascorbic acid and chlorophyll. Smaller packages with shorter pasteurization time gave better nutrient retention, physical and chemical qualities. Larger package size was estimated and confirmed experimentally to give higher pasteurization value at center, lower ascorbic acid and chlorophyll contents caused by longer heat process time. Lower pasteurization temperature with longer process time was predicted to give lower pasteurization value at center and lower ascorbic acid, while chlorophyll content was affected little by the temperature. Experimental trial showed better retention of ascorbic acid and chlorophyll for smaller package and higher pasteurization temperature with shorter heating time. The beneficial effect of smaller package and higher pasteurization temperature was also observed in texture, color retention and drip production.

Key words : ascorbic acid, chlorophyll, pasteurization, *sous vide*, process time

서 론

식자재를 진공포장한 다음 저온살균하여 냉장유통하는 방법은 *sous vide* 기술이라 불리우며, 급식업소에서 노동인력의 유연한 관리 및 효율적인 식자재의 공급에 도움을 줄뿐 아니라 경제성에도 우수한 것으로 평가되어 서구에서 광범위하게 적용되고 있다(1,2). *Sous vide* 기술은 산소차단성 필름으로 된 포장내에 산소농도를 낮게 유지시킴에 의하여 산화반응을 억제하고, 외부에 대해서는 향미와 수분의 손실을 억제하여 우수한 관능적 및 영양적 품질을 유지할 수 있는 것으로 알려지고 있다(3,4). 하지만 식문화가 다른 동양권에서는 비교적 최근에 도입이 시도되었으며(5), 한국 식자재에 대해서도 채소류, 국류 및 조미 장조림에 대해서 공정개발

및 포장조건의 영향평가 등의 일부 연구가 진행된 바 있다(5-11). 시금치와 같이 열에 민감한 채소 식자재의 경우는 가급적 열처리를 가볍게 하도록 공정이 설계될 필요가 있으며(11), *sous vide* 공정 중에서 대표적인 열처리 단계인 살균 공정의 운영이 최적화될 필요가 제기된다.

Sous vide 포장은 주로 100°C 이하에서 살균되며, 공정살균공정의 주된 변수로는 살균온도와 시간이 있을 수 있으며, 포장단위는 용도에 따른 고려와 함께 또 다른 하나의 변수가 될 수 있다. 살균온도와 시간의 결정에서 무엇보다도 선행되는 문제는 사멸 대상 미생물의 설정에 있으며, *sous vide* 공정에서는 제품의 특성과 유통기간 등을 고려하여 *Listeria monocytogenes*나 저온성 *Clostridium botulinum*균이 기준으로 많이 사용된다(12,13). Kim 등(11)은 *sous vide* 가공 시금치에서 *L. monocytogenes*의 사멸에 기준한 저온살균 조건의 적용이 보다 양호한 품질을 얻을 수 있음을 보인 바 있으며, 이에 기준한 공정에서도 온도조건이나 포장단위에

[†] Corresponding author. E-mail : dongsun@kyungnam.ac.kr, Phone : 82-55-249-2687, Fax : 82-55-249-2995

따라서 살균시간은 달라지게 된다. 따라서 본 연구에서는 저온살균의 온도조건과 포장단위에 따라서 얻어지는 품질을 수학적 모델에 의한 예측과 실제의 실험에 의하여 분석함에 의하여 공정조건의 최적화 방향을 제시하고자 하였다.

재료 및 방법

시금치 제품의 sous vide 가공

먼저 부산의 시장에서 신선한 시금치를 구입하여 가식부분만을 잘 다듬어서 흐르는 물에 세척한 다음, 시료로 사용하였다. 먼저 시금치의 품질을 유지하는 데치기 조건을 결정하기 위하여 약 2 kg 단위의 시금치를 100℃의 1.0% 소금물 25 L에 침지하여 가열하였다. 가열 중에 15초, 30초, 1분, 1분30초, 2분, 3분, 4분, 5분 후에 꺼내어 5℃ 냉각수로 급히 냉각시킨 다음 25℃의 흐르는 수돗물로 세척하고 시금치의 texture와 ascorbic acid 함량을 측정하였다. 데치기한 시금치는 salad spinner로 1분간 탈수한 다음 500g, 1 kg, 혹은 2 kg 단위로 진공포장하고 97℃의 열탕에서 저온살균하였다. 저온살균에서 가열시 열탕에서의 포장의 팽창으로 인한 열침투 지연의 문제를 완화시키기 위하여 0.5 kg/cm²의 공기압을 가압시킨 조건에서 살균하였다. 포장필름으로는 고차단성 공압출 다층 폴리올레핀 필름 C5045(두께 113 μm, Cryovac Division, Sealed Air Corporation, Duncan, SC, USA)를 사용하였고, 진공포장을 위해서는 chamber형 진공포장기(Model M-6TM, Leepack Co., Incheon)을 사용하였다. 포장단위에 따라 적절한 크기의 포장필름을 사용하였다.

포장가열살균의 기준으로서 *Listeria monocytogenes* 균의 사멸에 기준한 조건을 사용하였다. *L. monocytogenes*의 6D사멸조건(1/10⁶의 수준)으로서 D₇₀값 0.33분, z값 7.5℃를 사용하여 가열치사율 F₇₀값 2.0분에 해당되는 가열시간을 계산하였다(13). 살균공정에서 적용되는 살균치의 계산에서는 냉각시간을 고려하지 않고 가열시간만을 고려하였고, 중심부의 열침투 곡선에 기준하여 일반법을 사용하였다(12). 제품은 살균 후 3℃의 물에서 급속히 냉각시킨 후 품질측정에 사용하였다.

즉, 방정식 (1)에서 중심부에서 가열시간 t_h 동안에 얻어진 살균치 F₇₀값이 2.0분에 도달되는 시간 t_h를 계산하였다.

$$F = \int_0^{t_h} L \cdot dt \dots\dots\dots(1)$$

여기서 L은 기준 미생물의 치사율로서 기준온도 T_{ref}(여기서는 70℃)에 대하여 $L = 10^{(T - T_{ref})/z}$ 로서 정의된다.

살균공정의 결정에 필요한 여러 조건에서의 시금치 포장

중심부의 가열 및 냉각 과정에서의 온도변화를 측정하기 위해서, 포장의 중심에 구리-콘스탄탄 열전쌍을 장치시켰다. 얻어진 가열곡선으로부터 열침투 parameter, f_h와 j_h를 구하였다. 여기서 f_h는 반대수좌표상 가열곡선의 처음직선부분에서의 parameter r(min) 로서 온도차(ΔT)가 1/10로 감소하는 시간이고, j_h는 가열곡선의 1차 직선부분에서의 지연 parameter로서 (T_r-T_{po})/(T_r-T_o)과 같이 정의된다. 그리고 T_o는 초기 온도(℃), T_r는 가열매체 온도(℃), T_{po}는 직선으로 가정된 열침투 곡선의 가상적 초기온도(℃)이다. 냉각곡선으로부터는 냉각 parameter, f_c와 j_c를 구하였다. f_c는 냉각곡선의 처음직선부분에서의 parameter(min)로 온도차가 1/10로 감소하는 시간이고, j_c는 냉각곡선의 직선부분에서의 지연 parameter로서 (T_{po}-T_c)/(T_o-T_c)로 정의된다. T_c는 냉각시 외부 온도이다.

이러한 열침투 및 냉각의 과정을 Hayakawa(14)가 제시한 수학적인 관계식으로 정립시켜서 다른 살균온도에서의 공정시간의 결정에 이용하였다. 즉, 이러한 온도변화는 다음 식 (2)~(6)의 관계로 표현하였다. 이러한 방정식들은 냉각공정에서는 f_h는 f_c로, j_h는 j_c로 교체하여 표현될 수 있다.

즉, 시간 t가 t_i보다 작은 커브 부분에서는 가열매체와 식품 사이의 온도차, ΔT는 초기 시점의 온도가 ΔT_o의 함수관계로서

0.4 ≤ j_h < 1인 경우에는

$$\Delta T = \Delta T_o^{\cot(Bt + \pi/4)} \dots\dots\dots(2)$$

여기서 t_i=0.9f_h(1-j_h)로 정의되고 B는 식 (3)로서 정의된다.

$$B = \frac{1}{t_i} \left[\arctan \left\{ \frac{\log \Delta T_o}{\log(j_h \Delta T_o) - t_i/f_h} \right\} - \pi/4 \right] \dots\dots(3)$$

1 < j_h ≤ 3인 경우에는

$$\Delta T = \Delta T_o^{\cos(Bt)} \dots\dots\dots(4)$$

이 경우의 t_i=0.7f_h(j_h-1)로 정의되고 B는 식 (5)로서 정의된다.

$$B = \frac{1}{t_i} \arccos \left\{ \frac{\log(j_h \Delta T_o) - t_i/f_h}{\log(\Delta T_o)} \right\} \dots\dots\dots(5)$$

그리고 t_i이후의 시간 t에서는 식 (6)이 온도변화를 표현할 수 있다.

$$\Delta T = j_h \cdot \Delta T_o \times 10^{-t/f_h} \dots\dots\dots(6)$$

공정조건에 따른 시금치 제품의 품질예측

시금치 제품의 포장단위별 가열살균조건에 따른 영양성분의 품질을 예측할 수 있는 computer program을 개발하고 이를 이용하여 여러 조건에 따른 ascorbic acid와 chlorophyll의 보존정도를 예측하였다. 시금치에서 ascorbic acid의 열파괴 특성으로는 각각 Paulus등(15)에 의하여 보고된 $D_{100}=0.79 \times 10^3$ s, $z=74.4^\circ\text{C}$ 를 사용하였다. 그리고 시금치에서 chlorophyll 열파괴 특성은 Lenz와 Lund에 의해서 보고된 $D_{100}=3.07 \times 10^4$ s, $z=32.8^\circ\text{C}$ 를 사용하였다(16). 중심부 외의 어떤 지점 x에서의 열침투 특성 값 j값은 Olson과 Jackson(17)에 의하여 무한평판에 대하여 보고된 식 (7)의 관계를 사용하여 추정하였다.

$$j = j_{center} \cdot \cos(\pi x/2a) \dots \dots \dots (7)$$

여기서 j_{center} 는 기하학적 중심부에서의 j값이고, a는 평판 두께의 반이며, x는 평판 중심부로부터의 거리이다. 그리고 열처리 중 영양성분 평균농도, C_m 를 구하기 위하여 Hayakawa(18)에 의하여 제안된 식 (8)의 관계를 사용하였다.

$$C_m = 0.2778C_1 + 0.4444C_2 + 0.2778C_3 \dots \dots \dots (8)$$

여기서 C_1 은 0.113a 위치에서의 영양성분 농도, C_2 는 0.500a 위치에서의 농도, C_3 는 0.887a 위치에서의 농도이다.

즉, 포장내의 각 위치에서의 영양성분 ascorbic acid와 chlorophyll의 농도는 식 (2)~(6)의 관계로부터 각 시점에서 계산된 온도로부터 1차반응으로 가정된 품질변화속도식을 적분하여 얻었다(식 (9)).

$$C = C_0 - \Delta C = C_0 - \int_0^t kC \cdot dt \dots \dots \dots (9)$$

여기서 C는 가열 및 냉각 시간을 포함한 전체 공정시간 t 이후의 ascorbic acid나 chlorophyll의 농도, C_0 는 초기 농도, k는 반응속도상수로서 $k=2.303/D$ 의 관계로서 얻어진다. 그리고 시간 t는 가열 및 냉각 시간을 포함한 전체 공정시간을 나타낸다.

즉, 중심부가 가열단계에서 *L. monocytogenes*의 사멸에 기준하여 $F_{70}=2.0$ 에 도달하는 살균시간을 계산하고, 이로부터 가열과 냉각 과정을 포함한 전체적인 과정의 온도변화를 예측하고, 이로부터 영양성분 C 및 전체 과정에서의 살균치 F를 계산하였다. 전체 과정에서의 살균치 F는 식 (1)에서의 적분을 전체 가열 및 냉각 공정의 전 영역에 대하여 수행하여 얻었다. 이러한 예측과 함께 포장단위별로 살균온도를 다르게 하여 실제 살균한 다음, 시금치의 ascorbic acid와 chlorophyll의 농도 및 다른 품질 특성을 측정하였다.

분석방법

Ascorbic acid 함량의 측정을 위해서는 시료 20 g을 3% metaphosphoric acid 용액 30mL로 마쇄하여 추출한 후 여과지로 여과하여 50mL로 정용한 다음, 이 중 일부를 취하여 2,6-dichloroindophenol용액으로 적정하였다(19). 시금치의 chlorophyll 함량은 MacKinny(20)의 방법을 따라서 시료를 80% acetone으로 추출한 다음 분광광도계(UV-1601, Shimazu, Kyoto, Japan)로 측정된 흡광도로부터 총 chlorophyll 함량을 계산하였다. 포장된 시금치의 drip의 양은 고형분을 제거하고 남은 액즙의 양을 무게로 달아서 측정하였다. 시금치의 texture는 Rheometer Compac-100(Sun Scientific Co., Japan)에 의해서 두께 0.26mm의 칼날로 줄기부분이 수직으로 절단될 때의 절단강도를 측정하였다.

결과 및 고찰

Sous vide 가공 시금치의 원활한 포장을 위해서는 조직의 연화가 필요하며, 이는 데치기에 의하여 이루어질 수 있다. 그러나 과도한 열처리는 시금치의 품질에 바람직하지 못하므로 최적의 데치기 조건을 결정할 필요가 있다. 시금치의 색상보호에 도움이 되는 열탕가열에 의하여 데치기를 실시하였고(21), 시간의 경과에 따른 texture의 연화와 ascorbic acid 함량의 감소를 Fig. 1에서 보여주고 있다.

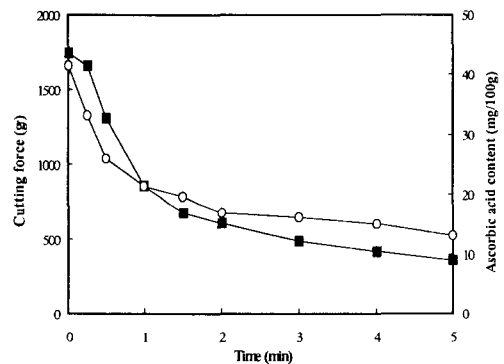


Fig. 1. Changes of texture and ascorbic acid content during blanching of spinach in 1.0% NaCl solution at 100°C.

■: texture; ○: ascorbic acid content.

초기에 texture의 연화와 ascorbic acid 함량 감소가 급격히 일어나고, 가열 1분 후에는 완만한 변화로 연결되었다. 대체적으로 데치는 과정에서 30초의 가열 조건이 비교적 충분한 연화를 얻으면서도 가능한 최소의 ascorbic acid 함량 감소를 얻을 수 있는 것으로 생각되어 본 연구에서 품질향상을 위한 연구에서는 이 조건으로 시금치의 데치기 조건을 사용하였다.

여러 포장단위의 가열곡선 및 냉각곡선으로부터 각각 열침투 parameter와 냉각 parameter를 구하여 Table 1에 나타내었다. 그리고 이러한 온도변화는 앞에서 제시된 식 (2)~(6)의 관계로 표현될 수 있는 것으로 나타났다. 이러한 열침투 및 냉각 특성의 parameter를 이용하여 시금치의 저온살균시간을 계산할 수 있었으며, 포장단위별로 결정된 저온살균시간을 Table 2에서 나타내었다.

Table 1. Heat penetration parameters for pasteurization of sous-vide packages of spinach products

Package unit	Dimension (cm)	j_h	f_h (min)	j_c	f_c (min)
500 g	15.0×15.0×2.6	1.16±0.06	19.1±1.0	0.90±0.10	29.7±0.2
1 kg	20.0×20.0×3.0	1.11±0.04	24.0±0.3	0.91±0.07	35.8±0.6
2 kg	26.5×26.5×3.4	1.14±0.07	30.6±3.8	0.93±0.09	66.3±0.9

Table 2. Predicted process time and nutrient retention of spinach products for various combinations of package unit and pasteurization temperature under gauge pressure of 0.5 kg/cm²

Package unit (kg)	Pasteurization temperature(°C)	Process time(min)	F ₇₀ value	Ascorbic acid (%)	Chlorophyll retention (%)
0.5	97	10.7	2.83	36.1	99.0
	90	12.3	2.66	35.7	99.1
	80	15.9	2.40	33.6	99.2
1	97	12.7	2.83	29.8	98.8
	90	14.6	2.64	29.4	99.0
	80	19.0	2.42	27.3	99.1
2	97	16.1	3.27	16.0	98.5
	90	18.5	3.01	16.0	98.7
	80	23.8	2.65	15.0	98.8

For the dimension, refer to Table 1.

Sous vide 가공 시금치 제품을 여러 포장단위 및 살균온도에서 살균할 때 얻어지는 중심부의 살균치와 포장전체의 영양성분을 예측한 결과를 Table 2에서 보여주고 있다. 전체적으로 일반적인 저온살균에서는 가열단계에 기준을 두고 살균시간을 계산한 관계로 인하여 저온으로 갈수록 얻어지는 살균치는 낮게 얻어졌고, 이와 함께 ascorbic acid 파괴는 저온의 살균에서 약간 많았고 chlorophyll 파괴는 별 차이를 보이지 않았다. 그러나 품질에서 이러한 살균온도의 영향은 크지 않았으며, 포장단위의 효과가 비교적 크게 나타났다. 일반적으로 포장이 얇아서 열침투가 빠른 조건의 경우는 고온단시간 살균이 영양성분 보존에 효과적이지만 포장단위가 커지면 최적의 살균조건은 포장의 열전달 특성과 품질인자의 온도의존성에 따라 달라지는 것으로 알려져 있다(16). 본 연구에서 사용된 kinetic data로서 ascorbic acid 파괴는

chlorophyll 파괴에 비해서 온도의존성이 높으며(z값에서 각각 74.4°C와 32.8°C), 열에 대하여 훨씬 둔감함에 따라 살균 온도의 영향에서 장기간 살균의 저온에서 낮은 보존성을 나타낸 것으로 해석된다. 이에 비해서 chlorophyll의 보존정도는 살균온도에 따라 크게 달라지지 않는 것으로 나타났다. 따라서 chlorophyll 보존에 대해서는 살균온도가 거의 영향을 미치지 않고, ascorbic acid 보존은 고온의 조건에서 양호하므로 전체적인 살균공정은 고온의 단시간으로 이루어지는 것이 바람직한 것으로 보인다. 그리고 작은 포장단위에서 높은 영양성분 보존을 보이므로 가능한한 포장 단위를 줄이는 것이 바람직한 것으로 예측된다.

Table 2에서의 예측과 함께 실제 시금치 제품의 *sous vide* 가공 후에 조건별로 얻어지는 품질을 측정 한 결과는 Table 3과 같았다. 데치기한 후의 시료에 기준하여 볼 때, ascorbic acid의 보존도는 예측치에 비하여 상당히 높았으며, chlorophyll의 보존은 예측치보다는 약간 낮았다. 본 연구에서의 영양성분의 예측은 문헌에서 발표된 값을 이용하였으므로, 본 연구에서 사용한 시료의 똑같이 해당되기에는 무리가 있을 수 있다. 또한 예측에서는 고려되지 않은 drip의 발생은 고형분 시금치에서의 영양성분의 분포에 영향을 줄 수도 있을 것으로 생각된다. 전체적으로 ascorbic acid와 chlorophyll의 보존은 저온의 살균에서 낮았고, 큰 포장단위에서 낮게 나타났다. 이러한 점은 위에서 예측된 대로 고온의 단시간의 살균과 소포장단위의 이점을 다시 한번 확인하는 것이다. 그리고 이러한 조건은 texture와 색택의 보존도 비교적 양호하게 하면서, drip의 양도 감소시킬 수 있는 긍정적인 면을 가지고 있는 것을 나타냈다(Table 3).

Table 3. Measured process time and nutrient retention of spinach products for various combinations of package unit and pasteurization temperature under gauge pressure of 0.5 kg/cm²

Package unit (kg)	Pasteurization temperature (°C)	Color (a value)	Texture (Cutting force, g)	Ascorbic acid (mg/100g)	Chlorophyll content (mg/100g)	drip (g)
Raw material		-11.4	1770	44.5	218.9	-
After blanching		-11.2	1329	27.9	212.8	-
0.5	97	-11.2	1175	21.3	206.7	50.6
	90	-11.0	1158	19.1	202.2	55.4
	80	-10.9	1185	18.3	197.7	55.9
1	97	-11.0	1196	19.3	194.4	104.1
	90	-10.9	1185	18.9	193.6	107.0
	80	-10.8	1192	17.9	190.8	112.3
2	97	-11.0	1170	18.7	190.4	122.1
	90	-10.8	1153	18.2	180.6	162.3
	80	-10.8	1144	17.8	178.5	185.0

For the dimension and process conditions, refer to Tables 1 and 2.

결론적으로 *sous vide* 가공된 시금치 제품의 살균공정의 설계에서 미생물 사멸특성과 영양성분 파괴특성을 이용한 수치계산적 예측에서는, 포장단위가 클수록 낮은 영양성분 보존을 얻게 하였으며, 같은 포장단위 조건에서는 살균온도가 낮을수록 중심부에서는 낮은 F값과 시금치 제품에서 낮은 ascorbic acid를 유지시키는 것으로 예측되었고, chlorophyll 보존에서는 살균온도의 영향은 미미한 것으로 얻어졌다. 실제적 제품의 살균 실험에서는 고온의 단시간 살균에서 높은 ascorbic acid 및 chlorophyll의 보존이 얻어졌고, 포장단위에서도 소포장이 양호하였다. Texture와 색택의 보존, drip의 양을 모두 고려한 경우에도 소포장 시금치를 고온에서 단시간의 조건으로 살균하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

요약

Sous vide 방법에 의하여 가공된 시금치 식자재 제품에 대해서 포장단위 및 저온살균 조건이 살균치와 제품에 미치는 영향을 분석하였다. 포장단위로 500g, 1kg 및 2kg에 대하여 차단성 플라스틱 포장필름에 데친 시금치를 진공포장하고 저온살균한 후에 3℃의 물에서 급냉하는 조건에 대하여 공정조건의 영향을 검토하였다. 우선 각 포장단위 제품의 열침투 특성을 측정하고, 이를 이용하여 제품의 중심부를 가열단계에서 *L. monocytogenes*의 6D 사멸조건으로 살균하는 살균시간을 계산하였다. 80℃, 90℃, 97℃에서의 가열살균조건에 얻어질 수 있는 시금치의 품질로서 ascorbic acid와 chlorophyll의 보존정도를 예측평가하였고, 아울러 실제 공정 조건에서 이들 성분의 보존 및 색택, texture, drip을 측정하였다. 예측에서는 제품의 열전달 특성과 이들 영양성분 파괴의 kinetics를 결합하여 제품에서 얻어지는 평균 영양성분의 함량을 얻었다. 포장단위가 클수록 긴 살균소요시간으로 인하여 중심부에서는 높은 살균치와 낮은 ascorbic acid와 chlorophyll의 보존을 얻는 것으로 예측되었고 실험적으로도 확인되었다. 낮은 살균온도에서 상대적으로 긴 살균시간으로 인하여 중심부의 낮은 살균치와 낮은 ascorbic acid 함량을 유지시키지만 chlorophyll 보존에서는 살균온도의 영향은 미미한 것으로 예측되었다. 실제적 제품의 살균 실험에서는 ascorbic acid와 chlorophyll의 보존에서 소포장과 고온의 단시간 살균이 양호하였다. 그리고 texture와 색택의 보존, drip의 양을 모두 고려한 경우에도 소포장 시금치를 고온에서 단시간의 조건으로 살균하는 것이 바람직한 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 농림부에서 시행한 농림수산특정연구사업의 연

구결과와 일부이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Bailey, J.D. (1998) *Sous vide: past, present, and future*. In Principles of Modified-Atmosphere and *Sous Vide* Product Packaging, Farber, J.M. and Dodds, K.L. (Editors), Technomic Publishing, Lancaster, PA, USA. p.243-261
2. Church, I.J, and Parsons, A.L, (1993) Review: *sous vide* cook-chill technology. Int. J. Food Sci. Technol., 28, 563-574
3. Varoquaux, P., Offant, P. and Varoquaux, F. (1995) Firmness, seed wholeness and water uptake during the cooking of lentils (*Lens culinaris* cv. anicia) for '*sous vide*' and catering preparation. Int. J. Food Sci. Technol., 30, 215-220
4. Church, I.J. and Parsons, A.L. (2000) The sensory quality of chicken and potato products prepared using cook-chill and sous-*vide* methods. Int. J. Food Sci. Technol., 35, 155-162
5. Pi, C. Y. (1998) The provision of quality and safe foods in school lunch program through centralized food production technologies. Paper presented at International Workshop 'School Lunch Program Expansion in Asia'. The Korean Society of Community Nutrition, Seoul
6. Lyu, E.S. and Lee, D.S. (2002) Sensory quality assessment of reheated cook/chill and *sous-*vide** spinach soup for food service operations. Korean J. Soc. Food Cookery Sci., 18, 327-332
7. Koo, K.M., Lyu, E.S., Kim, J.C., Lee, D.S. and Paik, H.D. (2003) Quality changes during the storage of *sous vide* processed soybean sprouts soup. Food Service Technol., 3, 107-112
8. Kim, G.T., Paik, H.D. and Lee, D.S. (2003) Effect of different oxygen permeability packaging films on the quality of *sous-*vide** processed seasoned spinach soup. Food Sci. Biotechnol., 12, 312-315
9. Kim, G.T., Koo, K.M., Paik, H.D., Lyu, E.S. and Lee, D.S. (2002) *Sous vide* processing of seasoned spinach soup. Food Service Technol., 2, 131-138
10. Jang, J.D. and Lee, D.S. (2004) Development of a *sous-*vide** packaging process for a Korean seasoned beef. Food Control, in press
11. Kim, G.T., Koo, K.M., Paik, H.D., Lyu, E.S., Kim, J.C., Lee, D.S. (2001) Processing and storage of spinach products using cook-chill and *sous vide* methods. J. Korean

- Soc. Food Sci. Nutr., 30, 1095-1101
12. Holdsworth, S.D. (1997) *Thermal Processing of Packaged Foods*. Blackie Academic & Professional, London, UK, p.139-181
 13. Martens, T. (1998) Harmonization of safety criteria for minimally processed foods. Inventory Report FAIR Concerted Action FAIR CT96-1020, Alma University, Belgium
 14. Hayakawa, K.I. (1972) Estimating temperatures of foods during various heating or cooling treatments. *ASHRAE J.*, 14, 65-69
 15. Paulus, K., Duden, R., Fricker, A., Heintze, K. and Zohm, H. (1975) Der Einfluss thermischer Behandlung von Spinat im Temperaturbereich bis 100°C auf den Gehalt an wesentlichen Inhaltsstoffen. II Veränderungen von Abtropfgewicht, Trockensubstanz-, Vitamin-C-, Vitamin-B1- und Oxalsäuregehalt. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 8, 11-16
 16. Karel, M., Fennema, O.R. and Lund, D.B. (1975) *Physical Principles of Food Preservation*, Marcel Dekker, New York, p.31-92
 17. Olson, F.C.W. and Jackson, J.M. (1942) Heating curves. *Ind. Eng. Chem.*, 34, 337-341
 18. Hayakawa, K.I. (1971) Mass average value for a physical, chemical, or biological factor in food. *Canadian Inst. Food Technol. J.*, 4, 133-134
 19. AOAC (1995) *Official Methods of Analysis*. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA. p.45-16
 20. MacKinney, G.J. (1941) Absorption of light by chlorophyll solutions. *J. Biol. Chem.*, 140, 315-322
 21. Vieira, E.R. (1999) *Elementary Food Science*. Aspen Publishers, Gaithersburg, Maryland, USA. p.369-371
-

(접수 2004년 4월 9일, 채택 2004년 5월 25일)