

냉동유통 고품질 복분자 생산을 위한 냉해동 조건 연구

김정은 · 조혜진 · 유민지 · 송경빈 · 김하윤¹ · 황인국¹ · 유선미¹ · 한귀정¹ · 박종태*

충남대학교 식품공학과, ¹농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부

Freeze-thawing Conditions to Produce High Quality *Bokbunja (Rubus occidentalis)*

Jung-Eun Kim, Hye-Jin Jo, Min-Ji Yu, Kyung Bin Song, Ha-Yun Kim¹, In Guk Hwang¹,
Seon Mi Yoo¹, Gwi Jung Han¹, and Jong-Tae Park*

Department of Food Science and Technology, Chungnam National University

¹Department of Agrofood Resources, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration

Abstract To date, the quality and safety of frozen *bokbunja* have not been clearly assessed. To produce high-quality frozen *bokbunja*, the optimal freeze-thaw conditions need to be explored. The most popular cultivar (*Rubus occidentalis*) in Korea was selected for this study. To determine the changes in the quality of frozen *R. occidentalis* berries, different freezing temperatures were used. The berries were frozen at -20, -45, and -70°C immediately after harvest. The drip ratio, hardness, pH, sugar content, color, and anthocyanidin content of the frozen and thawed samples were analyzed. The drip ratio, sugar content, and hardness of the berries correlated significantly with the freezing temperatures. The color and pH of the berries were not significantly affected by the freezing conditions. Frozen leaks between cells reduced significantly with decreasing temperatures. The freeze-thawing process significantly reduced the total aerobic bacteria and inhibited the growth of yeast/mold in the berries to about 2 log scales.

Keywords: *Rubus occidentalis*, *bokbunja*, freeze-thawing effect, drip loss, cryo-SEM

서 론

복분자는 장미과(Rosaceae)에 속하는 낙엽 활엽관목으로 한국, 중국, 일본, 미국, 유럽 등 해발 1,000 m 아래 산기슭에서 자라는 산딸기의 일종이다(1). 토종 복분자(*Rubus coreanus* Miq.)는 5-6월에 분홍색 꽃이 피고 7-8월에 열매가 둥글고 붉은색으로 익다가 흑색으로 완숙된다. 국내에서 복분자로 유통되는 산딸기는 대부분 도입 종인 *Rubus occidentalis*의 열매로서 꽃이 흰색을 띄고 6월부터 수확이 시작된다. 도입종 복분자는 재래종에 비하여 수량성이 우수하지만 일반적으로 맛이 연하고 생리활성 성분이 부족한 것으로 알려져 있다(2). 복분자 열매에는 탄수화물, 단백질, 지방 및 식이섬유가 포함되어 있고, 활성성분으로는 안토시아닌, 플라보노이드류 등 phenolic compounds, 유기산 및 알코올, 하이드로카본류가 주를 이루고 있다(1-4). 이러한 활성성분의 효능으로는 면역활성 증가, 항산화 활성 증대, 호르몬 분비 촉진, B형 간염바이러스 억제, 체중조절 효과 등이 있다(4-6).

국내 복분자의 총생산액은 2011년 기준 3,800억원을 상회하며(농림수산물식품 주요통계, 2012), 이로부터 창출되는 부가가치는

그 수배에 달하는 것으로 예측된다. 복분자는 짧은 기간 동안 집중적으로 생산되어 대부분 주류, 쥬스, 식초 등 가공 용도로 소비되지만, 여전히 상당량의 복분자가 냉장 혹은 냉동의 형태로 소매 유통되어 가정이나 소규모 식당 등에서 소비되고 있다(7-9). 현재 국내 시장에서 수입산 냉동 베리류가 상당량 유통되고 있고 매년 수입규모가 증가하고 있다. 이것은 냉동 베리류에 대한 시장의 요구가 반영된 결과로 생각되며 앞으로 고품질의 냉동유통 복분자에 대한 수요는 더욱 증가할 것으로 예측된다. 하지만 현재 소매유통 복분자의 대부분은 개별 농가 혹은 소규모 영농법인 규모에서 생산되는데, 유통 중 미생물 생육에 의한 변패를 비롯하여 냉동과의 품질에 대한 소비자들의 불만이 팽배해 있는 실정이다. 현재까지 복분자의 생육이나 재배 환경, 가공식품 응용에 대한 연구가 다양하게 보고되고 있고(10-13) 복분자의 생리활성 성분에 대한 이화학적, 생리학적 연구가 충분히 진행되었으나(4,6,14-20), 소매 유통되고 있는 냉동 복분자의 품질평가 연구나 고품질의 냉동과를 생산하기 위한 기반 연구는 국내는 물론 해외에서도 아직 부족한 실정이다(21). 국내에서는 멜론, 유자 등의 냉동 저장 기간에 따른 이화학적 변화에 대한 연구결과가 발표된바 있으며(22,23) 해외에서는 과일 및 채소의 냉동 방법에 대한 다양한 연구들도 보고되고 있으나(24,25) 이를 복분자에 바로 접목시키는 것은 과의 크기, 조직의 특성이 매우 다르므로 적합하지 않은 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 고품질 냉동 복분자 생산을 위한 기반 연구자료를 확보하기 위하여 국내에서 가장 많이 생산되는 복분자 품종인 *Rubus occidentalis*를 이용하여 냉해동 조건이 과의 품질에 미치는 영향을 면밀히 조사하였다. -20, -45, -70°C에서 복

*Corresponding author: Jong-Tae Park, Department of Food Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Tel: 82-42-821-6728

Fax: 82-42-821-8785

E-mail: jtpark@cnu.ac.kr

Received October 23, 2014;

accepted November, 5, 2014

분자를 냉동하고 상온 혹은 4°C 조건에서 과를 해동하여 복분자의 다양한 품질 요소들이 어떻게 변화하는지 분석하였다. 우리는 이 연구 결과를 고품질 냉동 복분자의 품질관리 및 유통을 위한 기초자료로서 활용하고자 한다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 복분자는 국내에서 가장 많이 생산되는 품종으로 선정하였으며 *Rubus occidentalis* 품종으로 고창에서 구입하였다. 시료는 수확 후 4°C를 유지하며 운반하였다.

냉동 및 저장 조건

외관상 손상이 없고 균일한 크기의 시료를 선별하여 200g씩 나누어 -20, -45, -70°C에서 24시간 처리 후 2개월 간 -20°C 냉동 보관 후 품질 분석에 사용하였다.

Drip를 측정

냉동 저장 된 시료 90-110 g을 체에 얹어 4°C에서 6시간, 25°C에서 1시간 해동시킨 후 시료의 무게를 측정하여 발생하는 drip를 측정하였다. Drip 손실은 유출된 액을 해동 전 시료 채취량에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

$$\text{Drip rate (\%)} = \frac{\text{해동 전의 무게} - \text{해동 후의 무게}}{\text{해동 전의 무게}} \times 100$$

색도 측정

냉동 저장 시료를 각각 4, 25°C에서 해동시킨 후 표면의 drip를 닦아낸 후 색차계(CR-400 Minolta Chroma Meter, Konica Minolta Sensing Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 각 시료의 다른 표면의 Hunter 값(L, a, b 값)을 3회 반복 측정한 뒤 평균값으로 나타내었다. L 값은 0에서 100으로 수치가 커질수록 명도가 밝아지며, a 값은 -80에서 100의 값을 가지며 작을수록 녹색, 높을수록 붉은색을 나타내며, b 값은 -80에서 70 사이의 값을 가지며 작을수록 푸른색, 높을수록 황색을 나타낸다. 이때 보정 시 사용된 표준 백판은 L=97.41, a=-0.02, b=1.93으로 측정되었다.

강도 측정

해동된 시료의 강도는 texture analyzer (Stable Micro Systems, TA-XT2i, Surrey, UK)를 이용하여 원통형 probe (25 mm diameter)를 사용하여 측정하였다. 측정 조건은 pre-test speed (5.0 mm/s), test speed (1.0 mm/s), post-test speed (2.0 mm/s), distance (70%), time (5.0 s)이었고, 측정 후 얻어진 force-time curve로부터 강도의 compression 특성치를 texture expert software (Stable Micro Systems)로 분석하였다. 시료 측정은 상온에서 15회 이상 반복 측정 후 평균값을 구하였다.

산도(pH) 및 고형분 함량(°Bx) 측정

해동시킨 시료의 색도와 강도 측정 후 믹서기로 간 후 pH meter (Dual pH meter Model 710P, Istek, Seoul, Korea)를 이용하여 3회 반복 측정하여 평균 pH값을 나타내었다. 산도측정 후 시료를 4°C를 유지하면서 6,500×g에서 10분간 원심분리 한 후 상등액의 고형분 함량을 디지털 당도계(Type PAL-1, Atago, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 3회 이상 반복하여 평균 °Bx를 나타내었다.

유리당 측정

해동 후 믹서로 갈아 원심분리하여 얻은 상등액으로 유리당 측정을 하였다. 5% TCA를 처리하여 단백질을 제거한 후 희석하여 membrane filter (0.2 µm syringe filter unit, Advantec, Tokyo, Japan)를 사용하여 여과 후 high performance anion exchange chromatography-pulsed amperometric detector (HPAEC/PAD) system (Dionex, Sunnyvale, CA, USA)을 사용하여 분석하였다. 고정상으로는 CarboPac PA1 anion-exchange column (250×4 mm, Dionex)의 앞에 guard column (50×4 mm, Dionex)을 연결하여 사용하였고, 이동상으로는 150 mM 수산화나트륨 용액(A)과 0.6 M 아세트산나트륨을 포함한 150 mM 수산화나트륨 용액(B)을 사용하였다. B 용액의 농도를 분석 시작 시점 0%에서 분당 1%씩 증가시키는 조건으로 20분간 유속 1 mL/min으로 분석을 수행하였다. 표준품으로는 포도당, 과당, 자당 및 엿당 (Sigma-Aldrich Korea, Yongin, Korea)을 구입하여 사용하였으며, 각 표준품과 시료의 peak 면적을 비교해 각 유리당 성분의 함량을 산출하였다.

Anthocyanidin 함량 측정

해동 후 믹서로 갈아 원심분리하여 얻은 상등액을 Dionex Ultimate 3000 HPLC (Dionex)로 분석하였다. 시료 0.1 mL에 2 M NaCl과 50% methanol 4 mL을 가하여 20분간 파쇄하여 세포를 파쇄한 후 100°C 수조에서 1시간 동안 가수분해하였다. 원심분리하여 얻은 각각의 상등액을 취해 membrane filter (0.2 µm syringe filter unit, Advantec)로 여과하여 시료를 준비하였다. 고정상으로는 역상컬럼(Triart-C18, S-1.9 µm, 100×2.0 mm, YMC Co., Kyoto, Japan)을 사용하였고, 유속 0.6 mL/min 조건에서, 이동상으로는 0.5% trifluoroacetic acid로 안정화 시킨 후 acetonitrile의 농도를 0%로 시작하여, 2분에 14%, 4분에 17%, 7분에 28%, 9분에 36%로 선형 기울기를 적용하여 분리하였으며 520 nm에서 검출하였다.

냉동과 단면 미세 구조

각 냉동 온도 별 시료의 단면 미세 구조 및 조직 상태는 동결 주사전자현미경(Cryogenic-SEM, Quanta 400, FEI, Hillsboro, OR, USA)을 이용하여 분석하였다. 시료 이동 시 드라이아이스를 이용하여 해동을 방지하였으며, 시료는 액체질소로 급속 동결한 후 -140°C로 유지되는 chamber에서 표면을 자르고, -100°C에서 15분간 승화, 단면 코팅 과정을 거쳐 -180°C를 유지한 상태에서 이미지를 측정하였다.

오염 미생물 생균 수 측정

4, 25°C에서 해동한 시료 20 g을 멸균 처리한 0.1% 펩톤수 180 mL와 멸균백에 넣고 10분간 균질화한 후 멸균 펩톤수로 각각 연속 희석 후 배지에 분주하여 미생물 생육을 관찰하였다. 총 호기성 세균은 Petrifilm™ aerobic count plate (3M Corp., St. Paul, MN, USA)를 사용하여 37±1°C에서 48시간 배양하였고, 효모 및 곰팡이는 Petrifilm™ yeast and mold count plate (3M Corp.)를 사용하여 25±1°C에서 72시간 배양한 후 미생물 생육을 관찰하였다. 검출된 미생물 수는 시료 g 당 colony forming unit (CFU)로 나타내었고 3회 이상 반복 측정하여 평균값을 나타내었다.

통계 분석

분석은 별도의 언급이 없는 한 독립적으로 3번 이상 수행되었으며 평균과 표준편차 값을 구하였다. 각 냉동 조건에 따른 차이를 비교하고자 ANOVA test (unbalanced design)를 수행하였다. 통계 분석은 SAS (Statistical Analysis System program, Ver 9.2,

SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하였으며 $p < 0.05$ 일 때 유의성을 나타내는 것으로 표현하였다.

결과 및 고찰

Drip률, 강도(hardness) 변화

냉해동 후 과육의 손상 정도를 추측할 수 있는 drip률은 냉동 온도에 따라 현저히 차이가 있는 것으로 나타났다(Table 1). -20°C 에서 냉동한 후 4°C 에서 해동한 복분자의 drip률이 14.3%로 가장 높았으며, 냉동 온도가 낮아질수록 drip률이 현저히 감소하는 경향을 보였다. -45°C 이하의 온도에서 급속하게 냉동된 복분자는 drip 손실이 4% 이하에 불과하였다. 해동 온도는 drip 손실 정도에는 큰 영향이 없는 것으로 측정되었다(Table 1). 당근을 -30 , -50 , -70°C 로 냉동하였을 때 냉동 온도가 감소할수록 drip에 의한 손실이 3.69%에서 2.97%로 감소하는 것으로 보고된 바 있는데 본 연구에서도 유사한 경향성이 나타났다(26). 사과와 냉해동 실험에서도 -20°C 에서 냉동하는 경우 세포의 액포가 가장 크게 손상을 입어 이것이 해동 시 조직의 특성변화에 영향을 미치는 것으로 보고된 바 있다(27). 복분자는 당근에 비해 과가 무르고 수분함유량이 높기 때문에 더욱 극적인 drip 손실 차이가 나타난 것으로 판단된다. 기존 연구 보고에 의하면 가지의 냉동 방법에 따라 drip 손실을 측정할 결과, 고압을 주어 빠르게 냉동할수록 drip 손실이 낮은 결과를 보였는데 낮은 온도에서 빠르게 냉동될수록 drip률이 감소하는 결과와 유사한 원인이라고 생각된다(28).

과의 강도(hardness)는 냉해동 후 큰 변화를 나타내지는 않았으나 흥미롭게도 -45°C 이하에서 급속냉동 시료는 생과에 비해 유의적으로 증가한 과의 강도를 나타냈다(Table 1). 보통 냉해동을 거치면 과일이나 채소는 조직의 강도가 감소되는 것으로 보고되고 있다. 본 연구와 같은 특이한 결과는 복분자 과의 구조적 특성이 원인인 것으로 생각되는데, 복분자는 씨를 함유하고 있는 소과들이 모여 속이 빈 반구 형태의 과를 형성하므로 냉해동에

의한 소과 조직의 손상이 전체 과의 강도 감소로 귀결되지 않는 것으로 사료된다. 개별 소과의 강도를 측정하는 것이 기술적으로 불가능한 것도 과육의 손상 정도와 과 강도 변화의 상관관계를 정확히 규명하는 것을 어렵게 하는 원인 중 하나로 지적할 수 있다.

산도(pH), 고형분 함량($^{\circ}\text{Bx}$) 및 유리당 함량

냉동 저장하여 해동한 시료의 pH는 약 3.6으로 생과의 pH인 3.46에 비하여 증가하였지만 유의적 차이는 보이지 않았다. 이는 기존에 보고된 바 있는 성숙 재래 복분자(*R. coreanus* Miq.)의 pH 2.48에 비하여 1 정도 높은 pH를 나타냈으며 동일 품종의 성숙과 pH 값과는 유사한 것으로 나타났다(20,29). 재래종 복분자의 주요 유기산으로는 구연산, 호박산 등이 보고된 바 있다(2,30). 그러나 *R. occidentalis* 베리의 주요 유기산 종류는 아직 정확히 분석된 바 없는데, 본 연구에서는 구연산, malic acid가 각각 13-18, 25-32 mg/mL로 측정되어 주요 유기산임을 확인하였으나 기타 유기산들의 정확한 정량 자료를 확보하지는 못하였다.

고형분의 함량은 냉해동 조건에 따른 큰 변화는 없었으나 당 함량 변화와 어느 정도 유사한 경향성을 나타내었다(Table 1, 2). 주요 유리당으로는 포도당과 과당이 측정되었는데 두 종류의 함량비는 1:1에 가까웠다. 유리당 함량은 -20°C 에서 냉동한 시료가 가장 높은 것으로 나타났는데 drip에 의한 성분 유출에 의해 오히려 상대적으로 당의 함량이 올라갔을 가능성을 유추해 볼 수 있다. 혹은 생화학적 반응에 의한 변화를 예상할 수 있는데 기존 보고에 의하면 재래 복분자의 성숙과에는 단당류 외 기타 유리당 성분들이 측정되었으므로 이러한 다당류의 생화학적 분해가 세포 및 조직의 파괴에 의해 촉진되어 단당류 성분 증가의 원인 일 수 있다(2).

색도와 anthocyanidin 함량

냉동 온도에 따른 복분자의 색도 측정 결과는 Table 3에 나타내었다. 전체적으로 큰 차이는 보이지 않았지만 생과에 비해서

Table 1. Physicochemical properties of freeze-thawing *Rubus occidentalis*

Freezing ($^{\circ}\text{C}$)	Thawing ($^{\circ}\text{C}$)	Properties ¹⁾			
		Drip ratio (%)	pH	$^{\circ}\text{Bx}$	Hardness
Before freezing	-	-	3.46 \pm 0.04	9.80 \pm 0.26 ^a	731.2 \pm 112.2 ^a
-20	25	13.2 \pm 2.1 ^{A2)}	3.61 \pm 0.04	10.0 \pm 0.1 ^a	688.1 \pm 131.1 ^a
	4	14.3 \pm 0.5 ^A	3.64 \pm 0.04	9.90 \pm 0.52 ^a	764.0 \pm 103.8 ^a
-45	4	4.30 \pm 0.60 ^B	3.61 \pm 0.04	8.90 \pm 0.17 ^b	976.3 \pm 143.0 ^b
	4	2.00 \pm 0.90 ^B	3.57 \pm 0.19	8.80 \pm 0.00 ^b	1047 \pm 122 ^b

¹⁾Values were reported by mean \pm SD.

²⁾Statistically different values among groups are differently labeled ($p < 0.05$).

Table 2. The free sugar content of the freeze-thawing *Rubus occidentalis*

Freezing ($^{\circ}\text{C}$)	Thawing ($^{\circ}\text{C}$)	Free sugar content (mg/mL)				
		Glucose	Fructose	Sucrose	Maltose	Total
Before freezing	-	11.0 \pm 0.1 ¹⁾	12.4 \pm 0.1	N.D. ²⁾	N.D.	23.4 \pm 0.2 ³⁾
-20	25	13.6 \pm 0.2	15.0 \pm 0.4	N.D.	N.D.	28.6 \pm 0.9 ^b
	4	13.0 \pm 0.3	14.2 \pm 0.4	N.D.	N.D.	27.2 \pm 1.1 ^b
-45	4	10.4 \pm 0.3	11.1 \pm 0.4	N.D.	N.D.	21.5 \pm 0.9 ^a
	4	10.3 \pm 0.2	10.6 \pm 0.3	N.D.	N.D.	20.9 \pm 0.6 ^a

¹⁾Values were reported by mean \pm SD.

²⁾N.D.: not detected

³⁾Statistically different values among groups are differently labeled ($p < 0.05$).

Table 3. Hunter values of *Rubus occidentalis* after freeze-thawing

Freezing (°C)	Thawing (°C)	Color value ^{1),2)}		
		L	a	b
Before freezing	-	17.24±0.73 ³⁾	1.81±0.11 ^{A3)}	0.88±0.32 ^a
-20	25	16.33±0.75	4.23±1.32 ^B	1.57±0.23 ^b
	4	15.39±0.59	4.62±1.89 ^B	1.59±0.26 ^b
	4	16.32±0.57	5.08±0.99 ^B	1.59±0.20 ^b
	4	16.56±1.11	5.07±1.93 ^B	1.78±0.37 ^b

¹⁾L: degree of whiteness (0 black to 100 White), a: degree of redness (-80 greenness to 100 redness), b: degree of yellowness (-80 blue to 70 yellowness)

²⁾Values were reported by mean±SD.

³⁾Statistically different values of each chromaticity among groups are differently labeled ($p<0.05$).

Table 4. Contents of the anthocyanidin in *Rubus occidentalis* after freeze-thawing

Storage (°C)	Thawing (°C)	Anthocyanidin ($\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)				
		Delphinidin	Cyanidin	Pelargonidin	Malvidin	Total
Before freezing	-	3.3±0.1	1820±90	42.5±0.5	38.4±1.4	1920±60 ^a
-20	25	0.6±0.0	744±11	19.3±0.3	17.4±0.2	781±7 ^b
	4	2.4±0.2	1730±120	45.8±0.7	35.8±1.6	1810±80 ^a
	4	2.9±0.3	1640±60	40.3±0.4	34.1±0.8	1710±50 ^a
	4	2.4±0.2	1410±40	37.5±0.5	29.4±1.1	1480±30 ^c

¹⁾Values were reported by mean±SD.

²⁾N.D.: not detected

냉동과의 색도가 명도를 나타내는 L 값은 감소하였고, 적색도와 황색도를 나타내는 a, b 값은 증가하였다. 이는 냉동 저장 중에도 과실의 성숙이 일어나 과 표면의 anthocyanin 함량 변화로 인한 적색도 증가로 예상되는데, 복분자가 성숙될수록 전체적으로 어두운 붉은 빛은 띠는 양상과 일치한다고 할 수 있다(2,20).

복분자의 색소 성분인 anthocyanidin은 cyanidin이 95% 이상을 차지하는 것으로 나타났으며 malvidin과 pelargonidin이 각각 2% 정도였으며 delphinidin은 매우 소량 존재하는 것으로 측정되었다. 흥미롭게도 -20°C에서 냉동하여 25°C에서 해동한 시료는 anthocyanin의 함량이 생과나 다른 냉동 조건에 비하여 절반 이하에 그쳤다(Table 4). 상온에서 해동된 시료의 anthocyanidin의 함량이 4°C 해동 시료에 비하여 크게 감소한 원인은 생화학적 효소반응에 의한 색소의 분해를 의심하여 볼 수 있으나 정확한 원인을 규명하기 위해서는 추가적인 연구가 필요한 것으로 사료된다. 복분자에 존재하는 anthocyanin은 주로 cyanidin의 배당체들이 많은데, cyanidin 3-rutinoside, cyaniding 3-glucoside 등이 동정되었다(14,19,31). 이러한 anthocyanin 성분은 복분자의 주요 phenolic compound로서 항산화 효과, 항암 효과 등을 나타내는 것으로 보고된 바 있다(16,31,32).

냉동과 단면 미세구조

복분자 수확 후 -20, -45, -70°C에서 냉동 후 냉동과의 단면 미세구조 관찰 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 각 시료들은 냉동 조건에 따라 세포 간격이나 유출수의 양 등에 있어 큰 차이가 발견되었다. -20°C 냉동 시료는 다른 조건에 비하여 눈에 떨 정도로 많은 세포간 유출수가 관찰되었으며 -70°C 급속 냉동 시료의 경우에는 유출수가 거의 나타나지 않았다. 이와 같은 냉동 단면의 유출수 차이는 앞서 언급된 drip 손실 정도와 상당한 상관관계를 나타내는 것으로 생각된다(Table 1). 흥미롭게도 -70°C 급속 냉동 시료에서는 여러 곳에서 세포간 틈새(crack)가 발견되었다(Fig. 1). 이는 급속 냉동 시료에서는 물리적인 충격에 의해 세포

간 분리가 쉽게 일어날 수 있음을 보여주는 증거로 사료된다. 하지만 이와 같은 변화가 일반적인 강도(hardness) 측정 실험법에 의한 결과값에는 별다른 영향을 주지 않은 것으로 보인다(Table 1). Kidmose 등은 식물 시료들을 냉동하여 cryo-SEM으로 세포벽 단면 관찰 결과 더 낮은 온도로 냉동할수록 냉동 저장 당근의 품질이 뛰어난 것으로 보고하였고(26), 낮은 온도로 빠르게 냉동할 경우 세포 사이 간격이 보이지 않고, 얼음 결정이 생성되어 세포 벽이 파괴되는 것을 줄일 수 있다고 보고된 바 있다(28).

오염 미생물 생균 수

복분자를 -20°C에서 냉동 후 온도를 달리하여 해동하였다. 이러한 냉해동이 복분자의 미생물 오염도에 미치는 영향을 호기성 세균과 곰팡이 및 효모의 평판배양 실험을 수행하여 분석하였다(Table 5). 총 호기성 세균 수는 생과 5.83 log CFU/g 수준에서 냉동 후 2 log 이상 감소하였고, 해동 시 온도가 낮을수록 감소 효과가 더 좋은 경향을 보였다. 효모 및 곰팡이 결과에서도 생과 4.86 log CFU/g 수준에서 1.6 log 이상의 감소가 나타나는 것으로 측정되었다. 이는 복분자의 오염 미생물은 냉해동을 거치면서 상당한 정도로 사멸하지만 상온 저장 시 미생물 생육에 의한 오염도 상승이 빠르게 상승할 수 있다는 것을 나타낸다. 따라서 해동 시에는 상온 보다는 냉장 상태로 해동하는 것이 미생물 오염을 방지하는 방법이라 할 수 있다.

요 약

냉동 복분자의 품질에 대한 연구가 매우 부족하고 고품질 냉동 복분자를 생산하기 위한 냉해동 최적조건 연구가 시급히 필요한 실정이다. 본 연구에서는 국내에서 가장 많이 재배되는 *R. occidentalis*의 성숙과를 이용하여 냉해동 연구를 수행하였다. 복분자를 수확 직후 -20, -45, -70°C 조건에서 냉동하고 2개월 동안 -20°C에서 저장한 후 4°C 혹은 상온에서 해동하여 복분자의

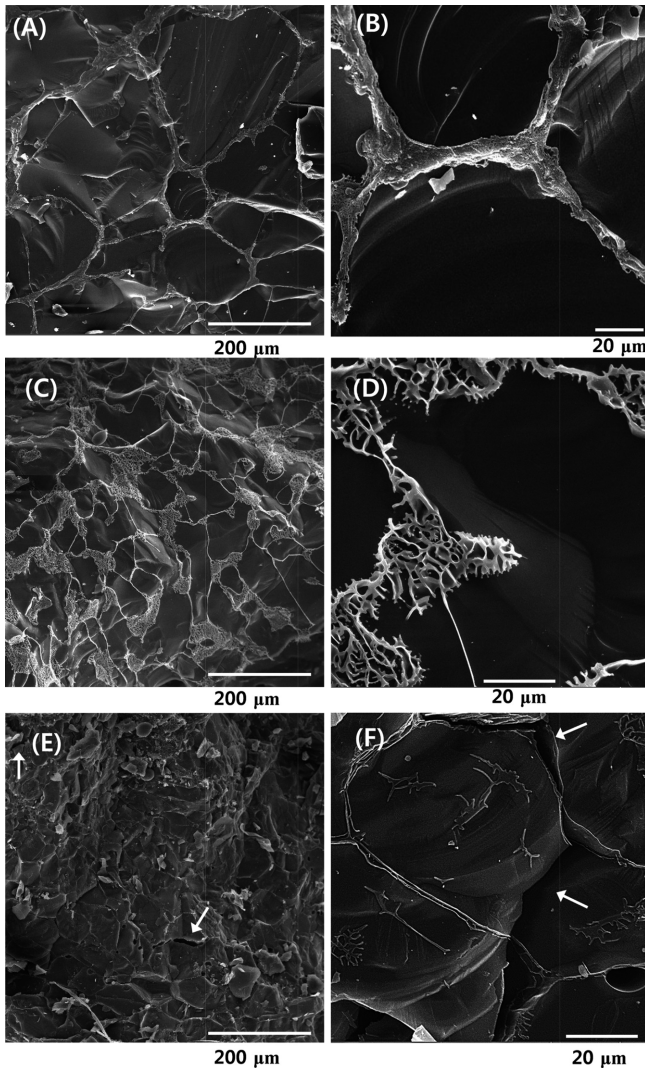


Fig. 1. Cryo-scanning electron microscope of cutting-sections of the frozen *Rubus occidentalis* at -20°C (A and B), -45°C (C and D) and -70°C (E and F). Scales are given as white bars. Arrows in (E) and (F) indicate cracks.

Table 5. Viable microorganisms in the *Rubus occidentalis* thawing at different temperature

Storage ($^{\circ}\text{C}$)	Thawing ($^{\circ}\text{C}$)	(Log CFU/g)	
		Total aerobic bacteria	Yeast and mold
Before freezing	-	$5.83 \pm 0.02^{1A2)}$	4.86 ± 0.09^a
-20	25	3.18 ± 0.22^B	3.14 ± 0.39^a
	4	2.96 ± 0.35^B	2.74 ± 0.69^b

¹⁾Values were reported by mean \pm SD.

²⁾Statistically different values in microorganism among groups are differently labeled ($p < 0.05$).

품질변화를 drip률, 강도, pH, 유리당 함량, 색도 및 anthocyanidin 함량을 중심으로 분석하였다. 분석결과, 냉동 온도에 따라 drip률, 유리당 함량 및 과의 강도가 유의적인 차이가 나타나는 것으로 측정되었다. 그러나 색도, pH, anthocyanidin의 함량 등은 냉동 조건에 따른 변화가 뚜렷하게 나타나지 않았다. 냉동 단면을 비교한 결과, 낮은 온도에서 냉동할수록 세포간 유출수가 현저하게

감소하는 것으로 관찰되었다. 미생물의 오염도는 호기성세균은 물론 효모와 곰팡이도 냉해동을 거치면서 유의적으로 감소하는 것을 확인 할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ009426)의 지원에 의해 이루어진 것으로 감사를 드립니다.

References

1. Kwon KH, Cha WS, Kim DC, Shin HJ. A research and application of active ingredients in *bokbunja* (*Rubus coreanus* Miquel). Korean J. Biotechnol. Bioeng. 21: 405-409 (2006)
2. Kim JM, Shin MS. Characteristics of *Rubus coreanus* Miq. fruits at different ripening stages. Korean J. Food Sci. Technol. 43: 341-347 (2011)
3. Kim YJ, Han SH, Jeon JY, Hwang MH, Im YJ, Chae SW, Kim MG. Method development of ellagic acid as marker compound for standardization of Gochang *bokbunja* (*Rubus coreanus* Miquel) as functional ingredient. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 41: 1554-1558 (2012)
4. Sung KC. A study on the pharmaceutical & chemical characteristics and analysis of natural *bokbunja* extract. J. Korean Oil Chemists' Soc. 29: 402-411 (2012)
5. Lee JH, Choi HR, Lee SJ, Lee MJ, Ko YJ, Kwon JW, Lee HK, Jeong JT, Lee TB. Blood pressure modulating effects of black raspberry extracts *in vitro* and *in vivo*. Korean J. Food Sci. Technol. 46: 375-383 (2014)
6. Choi HR, Lee JH, Lee SJ, Lee MJ, Jeong JT, Lee TB. Effects of unripe black raspberry water extract on lipid metabolism and oxidative stress in mice. Korean J. Food Sci. Technol. 46: 489-497 (2014)
7. Lee SJ. Physico-chemical characteristics of black raspberry fruits (*bokbunja*) and wines in Korea. Korean J. Food Sci. Technol. 45: 451-459 (2013)
8. Lee SJ. Volatile analysis of commercial Korean black raspberry wines (*bokbunjaju*) using headspace solid-phase microextraction. Korean J. Food Sci. Technol. 46: 425-431 (2014)
9. Lee JS, Choi HY, Bae IH. Quality properties of yoghurt added with *bokbunja* (*Rubus coreanus* Miquel) wine. Korean J. Food Sci. An. 33: 806-816 (2013)
10. Jin TY, Quan WR, Wang MH. Manufacturing characteristics and physicochemical component analysis of *bokbunja* (*Rubus coreanus* Miquel) jelly. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 39: 554-559 (2010)
11. Jin TY, Heo SI, Lee WG, Lee IS, Wang MH. Manufacturing characteristics and physicochemical component analysis of *bokbunja* (*Rubus coreanus* Miquel) jam. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37: 48-52 (2008)
12. Seo SH, Yoo SA, Kang BS, Son HS. Quality characteristics of Korean black raspberry *bokbunja* wines produced using different amounts of water in the fermentation process. Korean J. Food Sci. Technol. 46: 33-38 (2014)
13. Yu OK, Kim JE, Cha YS. The quality characteristics of jelly added with *bokbunja* (*Rubus coreanus* Miquel). J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 37: 792-797 (2008)
14. Bobinaitė R, Viškelis P, Venskutonis PR. Variation of total phenolics, anthocyanins, ellagic acid and radical scavenging capacity in various raspberry (*Rubus* spp.) cultivars. Food Chem. 132: 1495-1501 (2012)
15. Chen L, Xin X, Zhang H, Yuan Q. Phytochemical properties and antioxidant capacities of commercial raspberry varieties. J. Funct. Foods 5: 508-515 (2013)
16. Gu J, Ahn-Jarvis JH, Riedl KM, Schwartz SJ, Clinton SK, Vodovotz Y. Characterization of black raspberry functional food products for cancer prevention human clinical trials. J. Agr. Food Chem. 62: 3997-4006 (2013)
17. Ku CS, Mun SP. Antioxidant activities of ethanol extracts from

- seeds in fresh *bokbunja* (*Rubus coreanus* Miq.) and wine processing waste. *Bioresource Technol.* 99: 4503-4509 (2008)
18. Moon Y-S, Han J-H, Lee T-B, Kwon J-W, Choi C-H. Lipid-modulating effects of aqueous extract of *Rubus occidentalis* in hepatocarcinoma HepG2 cells. *Am. J. Biosci.* 2: 64-69 (2014)
 19. Choung MG, Lim JD. Antioxidant, anticancer and immune activation of anthocyanin fraction from *Rubus coreanus* Miquel fruits (*bokbunja*). *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 20: 259-269 (2012)
 20. Cha HS, Youn AR, Park PJ, Choi HR, Kim BS. Physicochemical characteristics of *Rubus coreanus* Miquel during maturation. *Korean J. Food Sci. Technol.* 39: 476-479 (2007)
 21. Youn AR, Kwon KH, Kim BS, Noh BS, Cha HS. Quality changes in *Rubus coreanus* Miquel during frozen storage. *Korean J. Food Preserv.* 16: 618-622 (2009)
 22. Kim JW, Lee GH, Hur JH. Quality characteristics of citron jam made with frozen citron in Korea. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 197-201 (2006)
 23. Yoon AR, Kwon KH, Kim BS, Kim SH, Noh BS, Cha HS. Changes in quality of muskmelon (*Cucumis melo* L.) during storage at different temperatures. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41: 251-257 (2009)
 24. de Ancos B, Ibanez E, Reglero G, Cano MP. Frozen storage effects on anthocyanins and volatile compounds of raspberry fruit. *J. Agr. Food Chem.* 48: 873-879 (2000)
 25. Hunter KJ, Fletcher JM. The antioxidant activity and composition of fresh, frozen, jarred and canned vegetables. *Innov. Food Sci. Emerg.* 3: 399-406 (2002)
 26. Kidmose U, Martens HJ. Changes in texture, microstructure and nutritional quality of carrot slices during blanching and freezing. *J. Sci. Food Agr.* 79: 1747-1753 (1999)
 27. Chassagne-Berces S, Poirier C, Devaux M-F, Fonseca F, Lahaye M, Pigorini G, Girault C, Marin M, Guillon F. Changes in texture, cellular structure and cell wall composition in apple tissue as a result of freezing. *Food Res. Int.* 42: 788-797 (2009)
 28. Otero L, Solas MT, Sanz PD, de Elvira C, Carrasco JA. Contrasting effects of high-pressure-assisted freezing and conventional air-freezing on eggplant tissue microstructure. *Z. Lebensm. Unters. F. A.* 206: 338-342 (1998)
 29. Kim JY, Lee MY, Ji GE, Lee YS, Hwang KT. Production of γ -aminobutyric acid in black raspberry juice during fermentation by *Lactobacillus brevis* GABA100. *Int. J. Food Microbiol.* 130: 12-16 (2009)
 30. Cha HS, Lee MK, Hwang JB, Park MS, Park KM. Physicochemical characteristics of *Rubus coreanus* Miquel. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30: 1021-1025 (2001)
 31. Paudel L, Wyzgoski FJ, Giusti MM, Johnson JL, Rinaldi PL, Scheerens JC, Chanon AM, Bomser JA, Miller AR, Hardy JK. NMR-based metabolomic investigation of bioactivity of chemical constituents in black raspberry (*Rubus occidentalis* L.) fruit extracts. *J. Agr. Food Chem.* 62: 1989-1998 (2014)
 32. Lee J, Dossett M, Finn CE. *Rubus* fruit phenolic research: The good, the bad, and the confusing. *Food Chem.* 130: 785-796 (2012)