

냉동 온도에 따른 블루베리의 품질 특성 비교

조혜진¹ · 김정은¹ · 유민지¹ · 이왕희² · 송경빈¹ · 김하윤³ · 황인국³ · 유선미³ · 한귀정³ · 박종태¹

¹충남대학교 식품공학과

²충남대학교 바이오시스템기계공학과

³농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부

Effect of Freezing Temperature on Blueberry Quality

Hye-Jin Jo¹, Jung-Eun Kim¹, Min-Ji Yu¹, Wang-Hee Lee², Kyung Bin Song¹, Ha-Yun Kim³,
In Guk Hwang³, Seon Mi Yoo³, Gwi Jung Han³, and Jong-Tae Park¹

¹Department of Food Science and Technology and

²Department of Biosystems Machinery Engineering, Chungnam National University

³Department of Agrofood Resources, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration

ABSTRACT To evaluate the effect of freezing temperature on quality of blueberries, blueberry fruit was frozen at -20, -45, and -70°C immediately after harvest. After 24 hr of freezing, frozen blueberries were stored at -20°C for 2 months. Blueberries were thawed at 4°C or 25°C and subjected to subsequent analyses of drip ratio, fruit hardness, pH of juice, color, and sugar content. Frozen berries at all three temperatures did not show any significant difference in pH or sugar content compared with fresh berries. The drip ratio of berries decreased as the freezing temperature decreased. Thawing conditions significantly affected the drip ratio of berries frozen at -20°C. Hardness of berries was significantly reduced after freeze-thawing. Freezing and thawing reduced total aerobic bacteria and yeast/mold numbers by more than 2 log regardless of freezing or thawing temperature (4°C or 25°C). Cross-section of blueberries did not show different shapes by freezing temperature. Further studies such as sensory evaluation are needed to determine the optimum freezing temperature regarding quality and cost.

Key words: blueberry, freezing temperature, thawing condition, drip ratio, microbial contamination

서 론

블루베리는 진달래과(*Ericaceae*) 정금나무속(*Vaccinium*)에 속하는 과실로서 원산지인 북미에서는 하이부시 블루베리(*Vaccinium corymbosum*), 로우부시 블루베리(*Vaccinium myrtillus*), 래빗아이 블루베리(*Vaccinium ashei*) 세 종류가 상업적 과실로서 주로 재배되고 있다(1). Times에서 선정한 세계 10대 슈퍼 푸드에 속하는 블루베리는 당도가 높고 풍미가 진할 뿐 아니라 특히 flavonoid, carotenoid, isoflavon, polyphenol, 식이섬유 등 각종 기능성 성분과 식물 생리활성 성분을 다량 함유하고 있다(2,3). 이러한 성분들은 자유라디칼을 소거시켜 세포 조직의 노화를 지연시켜 주고 스트레스로 인한 암, 심혈관계 질환 등을 예방해 준다고 보고되어 있다(4). 이렇듯 블루베리의 맛과 효능이 널리 알려지기 시작하면서 국내뿐 아니라 전 세계적으로 블루베

리 소비량이 증가하는 추세이며, 세계 블루베리 재배면적이 7만 5천 ha 이상으로 증가함에 따라 총 생산량도 31만 톤 이상 꾸준히 증가하고 있다(5). 최근 국내 블루베리 재배면적 또한 급격히 증가함에 따라 향후 생산량도 크게 증가할 것으로 예상하고 있고(6), 현재 약 200여 종의 품종이 개발되어 재배되고 있는 실정이다.

한국농촌경제연구원 농업관측센터의 2012년 블루베리 선호도에 관한 설문조사에 따르면, 국내산 생과 형태를 가장 선호하지만 수입산 냉과 상태 구매율이 1/3 이상을 차지했고, 사계절 연중 자주 구입하기를 원하는 비중이 높았다. 그러나 블루베리 생과의 경우 수확기에 압박해 수확하는 점과 짧은 품질유지기간, 연약한 과피 육질로 저장 및 유통 중 무르고 부패되는 등 품질손상이 급격하게 일어나 농가의 다방면적 손실이 발생하고 있는 실정이다. 또한 국내산 블루베리가 품질, 안전성 면에서 수입산보다 만족도가 높지만 구입 편리성이나 가격 측면의 이유로 수입산 냉과의 소비가 높은 상황이고, 국내 냉동과실 내수시장에서 수입산 냉동 베리류의 의존도는 점점 증가하는 상태이다. 게다가 국내에서 판매되는 블루베리 주스, 즙 등의 음료, 캔디, 선식에 첨가되는 파우더 등은 가공생산비 측면에서 냉동상태의 수입산 블루

Received 16 October 2014; Accepted 23 October 2014

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

E-mail: jtpark@cnu.ac.kr, Phone: +82-42-821-6728

베리 농축액이 훨씬 저렴하기 때문에 실질적으로 국산 블루베리를 이용한 가공품 개발은 어려운 상황이다. 따라서 국산 블루베리의 활성화를 위해선 생산 여건 및 경제성을 고려한 저장성이 우수한 고품질 냉동과 등으로 가공하는 냉동기술 개발이 시급하다.

동결공정은 식품의 장기저장을 위한 가장 안전한 방법 중 하나이며, 특히 냉동과의 경우 본래의 향미, 색, 조직감, 영양성분 등이 유지될 수 있을 뿐만 아니라 식품 소재 특유의 신선함을 유지하면서 간편성을 부여하여 매우 다양하게 사용될 수 있는 장점이 있다(7). 그러나 적절치 않은 냉각처리로 동결시키면 세포벽이 파괴됨과 동시에 세포내 동결이 일어나 세포의 팽압 보유력이 소실되어 조직 연화로 인해 상품성이 저하되는 문제점이 있다(8-10). 국내의 블루베리의 냉동기술 연구는 아직 미흡한 실정으로 고품질 냉동베리류 가공을 위해서는 급속냉동으로 빙결정의 크기와 세포조직의 파괴를 최소화하여 해동 중 drip 유출로 인한 영양성분 손실을 최소화하고 조직감 저하를 억제시킬 수 있는 적절한 냉동기술이 필요하다.

본 연구에서는 냉동 온도, 해동 조건 등에 따른 블루베리의 이화학적 및 관능적 품질 특성을 분석하여 블루베리의 저장 및 유통에 적합한 최적조건을 모색하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

실험에 사용된 블루베리 과실은 듀크 품종으로 그린농원(예산, 충남)에서 구입하였다. 시료는 외관상에 손상이 없고 균일한 크기의 숙성 정도가 동일한 것을 선별하여 사용하였고, 당일 수확하여 4°C 온도를 유지하며 실험실로 운반되었다.

냉동 및 저장 조건

수확된 블루베리는 일정량씩 나누어 -20°C, -45°C, -70°C에 12~24시간 처리 후 -20°C 냉동고에 2개월 이상 저장되었다.

Drip율 측정

냉동 저장된 시료 90~110 g을 체에 얹어 4°C, 25°C에서 각각 6시간, 1시간 해동시킨 후 시료의 무게를 측정하여 발생하는 드립을 측정하였다. 드립 손실률은 유출된 액을 해동 전 시료 무게에 대한 백분율로 나타내었다.

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

산도(pH) 및 고형분 함량(Brix) 측정

냉동 저장된 시료를 4°C, 25°C에서 각각 해동시켜 가정용 믹서로 간 후 pH를 3회 반복 측정하여 평균 pH를 나타내었다. 갈아진 시료는 4°C를 유지하여 6,500×g, 10분 원심

분리 후 상등액을 취해 디지털 굴절계(Type PAL-1, Atago, Tokyo, Japan)를 이용하여 3회 반복 측정하여 평균 Brix를 나타내었다.

색도 측정

냉동상태의 시료를 4°C, 25°C에서 각각 해동시킨 후 과 표면의 드립을 닦아내어 분광색차계(CR-400 Minolta Chroma Meter, Minolta, Ramsey, NJ, USA)를 이용하여 명도(L*), 적색도(a*), 황색도(b*) 값을 각 시료의 다른 표면으로 3회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다. 표준 백판으로 보정 후 측정하였고, 측정된 L, a, b 값의 척도는 L 값의 수치가 커질수록 명도가 커지며 (+)측의 a 및 b 값이 커질수록 적색 및 황색의 정도가 각각 커지는 것을 나타낸다.

Texture 측정

시료의 hardness는 4°C, 25°C에서 각각 해동된 시료를 texture analyzer(TA-XT2i, Stable Micro Systems, Surrey, UK)와 원통형 probe(25 mm diameter)를 이용하여 측정하였다. 측정 조건은 pre-test speed 5.0 mm/sec, test speed 1.0 mm/sec, post-test speed 2.0 mm/sec, distance 50%, time 5.0 sec이었고 측정 후 얻어진 force-time curve로부터 hardness의 compression 특성치를 texture expert software(Stable Micro Systems)로 분석하였다. 시료 측정은 상온에서 15회 이상 반복 측정 후 평균값을 비교하였다.

유리당 함량

유리당 분석에 사용된 기기는 Dionex HPAEC/PAD system(Dionex Corp., Sunnyvale, CA, USA)을 사용하였고, CarboPac PA1 anion-exchange column(250×4 mm; Dionex Corp.)을 사용하여 분석하였다. 이동상은 150 mM sodium hydroxide solution(용매 A)과 150 mM sodium hydroxide에 600 mM sodium acetate가 혼합된 용매(용매 B) 두 가지를 사용해 선형 gradient(1분당 1%씩 용매 B의 농도 증가)를 주어 1 mL/min의 유속으로 20분간 분석을 수행하였다. 표준품은 포도당, 과당, 자당 및 엿당(Sigma Chemicals Co., St. Louis, MO, USA)을 일정량씩 혼합하여 증류수에 녹여 표준용액으로 사용하였다. 표준용액과 시료의 유리당 성분은 머무른 시간을 직접 비교하여 확인하였고 각 표준품의 peak의 면적과 비교하여 개별 유리당 성분의 함량을 산출하였다.

미생물 생육 측정

멸균 처리한 0.1% 펩톤 수 180 mL와 시료 20 g을 멸균 bag에 넣고 10분간 균질화시켜 멸균 펩톤수로 각각 연속 희석 후 배지에 분주하여 미생물 생육을 관찰하였다. Total aerobic bacteria는 Petrifilm™(Aerobic Count Plate, 3M Health Care, St. Paul, MN, USA)을 사용하여 37±1°C에

서 48시간 배양을 하였고, yeast and mold는 Petrifilm™ (Yeast and Mold Count Plate, 3M Health Care)을 사용하여 25±1°C에서 72시간 배양한 후 형성된 colony를 계수하였다. 검출된 미생물 수는 시료 g당 colony forming unit (CFU)으로 나타냈고 3회 반복하여 측정하였다.

단면 미세 구조

시료의 단면 미세 구조 및 조직 상태는 극저온 주사전자현미경(Cryogenic-SEM, Quanta 400, FEI Co., Hillsboro, OR, USA)을 이용하여 관찰하였다. 해동을 막기 위하여 시료 이동 시 드라이아이스를 이용하였으며, 시료는 액체질소로 급속 동결 후 -140°C로 유지된 chamber에서 표면을 cutting, -100°C에서 30분 승화, 단면 코팅 과정을 거쳐 -180°C를 유지한 상태로 이미지를 측정하였다.

통계 분석

모든 분석은 별도의 언급이 없는 한 독립적으로 3번 수행되었으며 평균과 표준편차 값을 구하였다. 청경채의 영양성분 함량을 배추와 비교하고 부위별 함량차를 분석하기 위하여 그룹별 시료 수 차이를 고려한 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

Drip율, 산도(pH), 고형분 함량(Brix) 및 당 함량

각 다른 냉동 온도로 저장 후 해동한 블루베리의 drip율, pH, 고형분 함량은 Table 1에 나타내었다. 냉동 후 해동된 블루베리는 냉동 시 형성된 빙결정이 블루베리의 구조적 변화를 일으켜 drip율이 증가하게 된다(11-13). 해동 온도가 4°C일 때, -20°C로 냉동된 블루베리의 drip율이 4.09%로 가장 높았으며 -70°C로 냉동된 블루베리는 이의 60%에 불과하였다. 또한 -20°C 냉동 후 25°C에서 단시간 해동한 경우에 블루베리의 drip율이 4°C에서 장시간 해동을 한 경우에 비하여 현저히 낮은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는

낮은 온도에서 장시간 해동하는 것에 비하여 상온에서 짧은 시간 해동하는 것이 과육에 대한 손상이 작다는 것을 의미하는 것으로 보인다. Allan-Wojtas 등(14)에 따르면 -15°C, -26°C, -37°C의 냉동고에 넣어 6개월간 저장한 블루베리를 21°C로 해동시켰을 때 drip율이 각각 12.3%, 9%, 7.5%를 나타냈고, 저장 온도가 낮을수록 해동 시 drip율이 감소함을 나타내었다. 본 실험에서 -20°C에서 25°C로 해동한 블루베리의 drip율은 2.47±0.69%로 전자와 비슷한 냉·해동 온도임에도 불구하고 상대적으로 큰 차이를 보였다. 이는 블루베리의 품종이나 저장환경의 차이 등에서 기인했다고 사료된다. 하지만 본 실험에서 같은 해동 온도를 유지했을 때, 냉동 온도가 낮을수록 drip율이 감소하는 경향을 나타내는 점은 앞선 결과와 유사하였다. 부가적으로 Sesmero 등(15)에 따르면 -28°C에 저장되었던 딸기를 23°C에 해동시켰을 때 100 g당 37.8±6.3의 drip율을 보였다고 보고되었는데, 이는 비슷한 온도로 냉동, 해동 과정을 하였지만 같은 베리 계통이라도 껍질의 유무에 따라 drip율의 차이가 상당히 큰 것으로 생각된다.

블루베리의 pH는 각종 유기산 및 다양한 성분 물질들에 의해 일반적으로 3.5~4.5를 유지한다. Moon 등(16)의 연구 결과에 의하면 국내산 블루베리는 4.49, 미국산 블루베리는 3.46 정도로 나타났는데 실험에 사용한 국내 블루베리는 생과 상태일 때 pH가 3.85로 측정되어 이전의 결과와 상이함을 보였다. 이는 블루베리의 품종이나 pH 측정 전 시료의 전처리 방법의 차이 때문인 것으로 생각된다. -20°C의 블루베리를 25°C로 해동한 경우 약간 산도가 증가하였지만 전체적으로 냉동 후 해동된 블루베리들은 모두 생과 상태의 값과 유의적 차이를 보이지 않았다.

고형분 함량은 블루베리의 감미도와 관련이 있는 중요한 지표로 냉동하지 않은 생 블루베리의 당도는 9.3 Brix로 나타났다. Cho 등(17)의 결과에 따르면 국내 20종 블루베리의 고형분 함량을 각각 분석한 결과 7~12 Brix의 범위를 나타낸다고 보고하였다. 이는 본 실험의 결과와 어느 정도 상동함을 보였다. 해동 온도가 4°C로 같을 경우 초기 냉동 온도가 낮아질수록 고형분 수치는 생과 상태와 가까웠는데, 이는 초기 낮은 온도로 냉동할 경우 과육의 생화학적 반응이 좀 더 억제되기 때문으로 보인다. -20°C로 냉동 후 각각 4°C, 25°C로 해동한 경우의 고형분 함량은 상온해동이 가장 낮은 9.1, 저온해동이 가장 높은 9.8로 서로 큰 차이를 보였는데, 이것은 해동 온도가 과의 생화학적 변화에 영향을 미친 결과로 생각된다.

유리당은 포도당과 과당이 대부분을 차지했으며 자당과 엷당은 검출되지 않았다. 포도당과 과당의 함량 비는 거의 대등한 것으로 나타났고 당의 총 농도는 약 4.4% 가량인 것으로 측정되었다(Table 2). 냉·해동 조건에 따른 함량 변화는 거의 나타나지 않았으나 -20°C 냉동 후 상온에서 해동한 시료는 다른 시료에 비하여 유의적으로 낮은 당 함량을 나타내었다(Table 2). 이는 세포 내에서 당의 생화학적 분해

Table 1. Physicochemical analysis of the blueberry frozen at different conditions

Freezing (°C)	Thawing (°C)	Properties ¹⁾		
		Drip ratio (%)	pH	Brix
Before freezing	—	—	3.85±0.25	9.3±0.19
-20	25	2.47±0.69 ^{a2)}	3.51±0.01	9.1±0.38
	4	4.09±0.29 ^b	3.72±0.01	9.8±0.06
-45	4	3.23±0.33 ^{ab}	3.88±0.02	9.7±0.06
	4	2.58±0.09 ^a	3.68±0.01	9.3±0.01

¹⁾Values were reported by mean±SD.

²⁾Statistically different values by groups are differently labeled ($P < 0.05$).

Table 2. Effect of different freezing conditions on the free sugar content of the blueberry

Freezing (°C)	Thawing (°C)	Free sugar content (mg/mL)				
		Glucose	Fructose	Sucrose	Maltose	Total
Before freezing	—	22.1±0.2 ¹⁾	22.2±0.1	ND ²⁾	ND	44.3±0.5 ³⁾
-20	25	19.6±0.2	19.5±0.2	ND	ND	39.1±0.5 ^b
	4	21.4±0.1	22.0±0.3	ND	ND	43.4±0.3 ^a
-45	4	21.2±0.0	21.9±0.2	ND	ND	43.1±0.1 ^a
	4	21.5±0.2	22.3±0.2	ND	ND	43.8±0.6 ^a

¹⁾Values were reported by mean±SD.

²⁾ND: not detected

³⁾Statistically different values by groups are differently labeled ($P<0.05$).

가 상온에서 상대적으로 활발하게 일어나기 때문인 것으로 생각된다. Rossi 등(18)은 하이부시블루베리 6종을 혼합하여 유리당 함량을 분석한 결과 포도당 5.31%, 과당 4.50%로 포도당 함량이 과당 함량보다 높다고 보고하였다. 이는 본 실험 결과와 어느 정도 일치하는 것으로 보이는데, 수치에서 약간 상이한 결과를 보인 이유는 실험에 사용한 블루베리의 원산지, 종이 다를 뿐 아니라 실험 시 단일 품종으로 사용하였는지, 여러 종류의 혼합물로 사용하였는지의 차이로 보인다. 또한 Oh 등(19)은 국내산 나무딸기류 과일의 당 조성 보고에서 포도당과 과당이 과일의 주요 당을 구성하며 미량의 자당도 포함되어 있다고 보고하였는데, 이러한 결과는 본 연구 결과와 유사하였다.

색도

냉동 온도를 달리한 블루베리의 해동 후 색 변화는 Table 3과 같다. 명도(lightness)를 나타내는 L값은 -20°C에서 저장한 블루베리를 25°C로 해동시켰을 때 30.12로 가장 높은 값을 나타내었는데 이는 같은 저장 온도에서 4°C로 해동하였을 때가 24.46으로 가장 낮은 값을 나타내면서 서로 유의적 차이를 보였다. 수확 후 측정된 생과 상태의 블루베리의 값을 control로 두고 비교했을 때, -20°C로 냉동 후 4°C로 해동한 블루베리를 제외하고는 대부분 비슷한 경향이었다. 적색도(redness)를 나타내는 a값의 경우 수확 직후 생과는 0.09의 낮은 수치로, 냉동 저장 후 해동된 블루베리가 전체적으로 증가한 경향을 보였는데 생과와 비교했을 때 -45°C, -70°C에 냉동되었던 블루베리는 각각 약 5배, 10배 정도

증가했으며 -20°C에 냉동되었던 블루베리는 해동 온도가 달라도 생과에 비해 10배 이상 증가함을 알 수 있었다. 이는 냉동 저장 중에도 약간의 숙성이 일어나 anthocyanidin 함량 변화로 인해 적색도가 높아졌다고 여겨진다(20). 초기 저장된 냉동 온도를 비교했을 때 -45°C 블루베리의 적색도가 가장 낮았고 -20°C 블루베리가 상대적으로 높았는데, 해동 온도 25°C일 때보다 4°C일 때 적색도가 약간 더 높았으나 큰 차이는 없었다. 황색도(yellowness)를 나타내는 b값은 생과와 비교하여 -20°C 블루베리가 4°C로 해동되었을 때 50% 정도 감소하는 결과를 보였고 이를 제외한 나머지 경우는 비슷한 경향을 보였다. 전체적으로 보았을 때 -20°C의 블루베리는 4°C보다 25°C에서 해동 시 적색도가 높아지긴 하지만 생과에 가까운 값을 보였고 -70°C보다는 -45°C에 저장된 블루베리가 생 블루베리와 유사한 값을 보였다.

Texture 특성

냉동 온도를 달리한 블루베리의 해동 후 조직 강도 측정 결과는 Fig. 1과 같다. 수확 후 냉동되지 않은 생과 상태의 hardness는 1,828.6 gs로 가장 높아 단단하였고, 냉동 온도에 상관없이 냉동 저장 후 해동된 블루베리들은 생과에 비해 50% 이상 감소한 결과를 보였다. 이는 냉동과정 중 과육 내 수분이 동결되어 세포가 팽창된 후 해동 시 부피가 줄어 조직이 연화되었기 때문으로 여겨진다(21). 그중에서 -20°C로 냉동된 후 25°C로 해동된 블루베리가 상대적으로 약간 높은 정도를 보였지만 전체적으로 냉동 후 해동된 블루베리의 hardness의 경우 냉동 온도가 다름에도 불구하고 서로

Table 3. Effects of different freezing temperature on the color of the blueberry

Freezing (°C)	Thawing (°C)	Chromaticity ¹⁾²⁾		
		L	a	b
Before freezing	—	29.19±0.86 ^{ab3)}	0.09±0.17 ^a	-4.51±0.74 ^a
-20	25	30.12±1.34 ^b	1.17±0.36 ^b	-4.38±0.83 ^a
	4	24.46±1.23 ^c	1.24±0.37 ^b	-2.72±0.60 ^b
-45	4	28.81±1.58 ^{ad}	0.45±0.21 ^{ac4)}	-4.71±0.90 ^a
	4	28.72±1.52 ^{ad}	0.86±0.30 ^d	-4.13±1.07 ^a

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

²⁾Values were reported by mean±SD.

³⁾Statistically different values in each chromaticity by groups are differently labeled ($P<0.05$).

⁴⁾-45°C to 4°C in chromaticity showed a trend in difference to the before freezing ($P=0.08$).

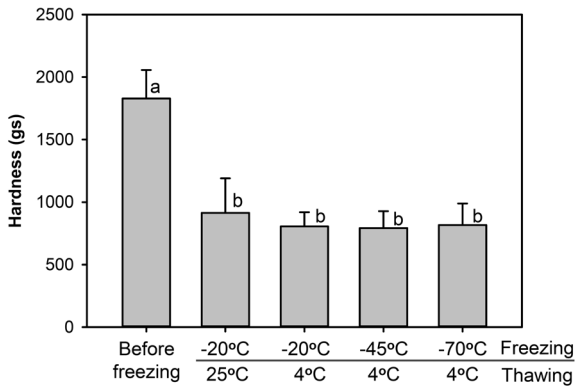


Fig. 1. Hardness of thawed blueberry at 4°C, 25°C from different freezing temperature. Statistically different groups are differently labeled ($P < 0.05$). Values as bars are mean (lower) and standard deviation (upper).

유의적 차이를 보이지 않았다.

미생물 생육 측정

수확 후 생과 상태와 냉동 저장을 거친 블루베리의 미생물 오염 정도를 분석한 결과는 Table 4와 같다. 아무 세척과정을 거치지 않은 상태의 수확 직후 생 블루베리의 총 호기성 세균 수는 평균 5.39 log CFU/g, 효모 및 곰팡이 수는 평균 4.39 log CFU/g 수준으로 검출되었다. -20°C로 냉동된 블루베리를 4°C, 25°C에서 각각 해동한 결과 전체적으로 미생물 수는 4°C보다 25°C에서 해동한 경우가 상대적으로 더 높은 수준을 보였으나 두 경우의 미생물 검출 수준 패턴이 비슷한 경향을 보였다. 이로써 생과 상태보다는 냉과 상태가, 상온에서 단시간 해동하는 것보다 냉장 상태로 천천히

Table 4. Viable microorganisms in the blueberry after freeze-thawing

Storage (°C)	Thawing (°C)	(Log CFU/g)	
		Total aerobic bacteria	Yeast and mold
Before freezing	-	5.39±0.22 ¹⁾²⁾	4.39±0.12 ^a
-20	25	1.72±1.07 ^b	3.33±0.46 ^a
	4	0.68±0.83 ^b	1.60±1.38 ^b

¹⁾Values were reported by mean±SD.

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

해동하는 경우가 안전성이 더 높다고 여겨진다. 또한 생과 상태와 냉동 저장 후 해동된 블루베리를 비교하였을 때, 총 호기성 세균 수는 급격히 감소함에 비해 효모 및 곰팡이 수는 비교적 완만하게 감소함을 보였다. Kiser와 Beckwith (22)는 -17.8°C와 -6.7°C에서 9개월 이상 저장된 블루베리의 미생물 분석 결과 각각 59.7%, 99%가 감소하였음을 보고한 바 있고, Sanford 등(12)에 의하면 0°C 이상에서는 저장 온도가 높아질수록 미생물 수가 증가함을 보였다. 미생물 안전성만을 고려할 시 -10°C 부근의 냉동 저장 온도와 0°C에 가까운 해동 온도가 적당할 것이라고 사료되지만 여타 품질요소에 미치는 영향을 균형 있게 고려하여 저장 온도를 선택할 필요가 있다.

단면 미세 구조

수확 후 각각 -20°C, -45°C, -70°C에 냉동 저장된 블루베리의 단면 미세구조를 극저온 주사전자현미경을 이용하여 관찰하였다(Fig. 2). 전체적으로 냉동조건에 의한 단면의 차이는 크게 관찰되지 않았다. -70°C 냉동과의 경우 갈라진

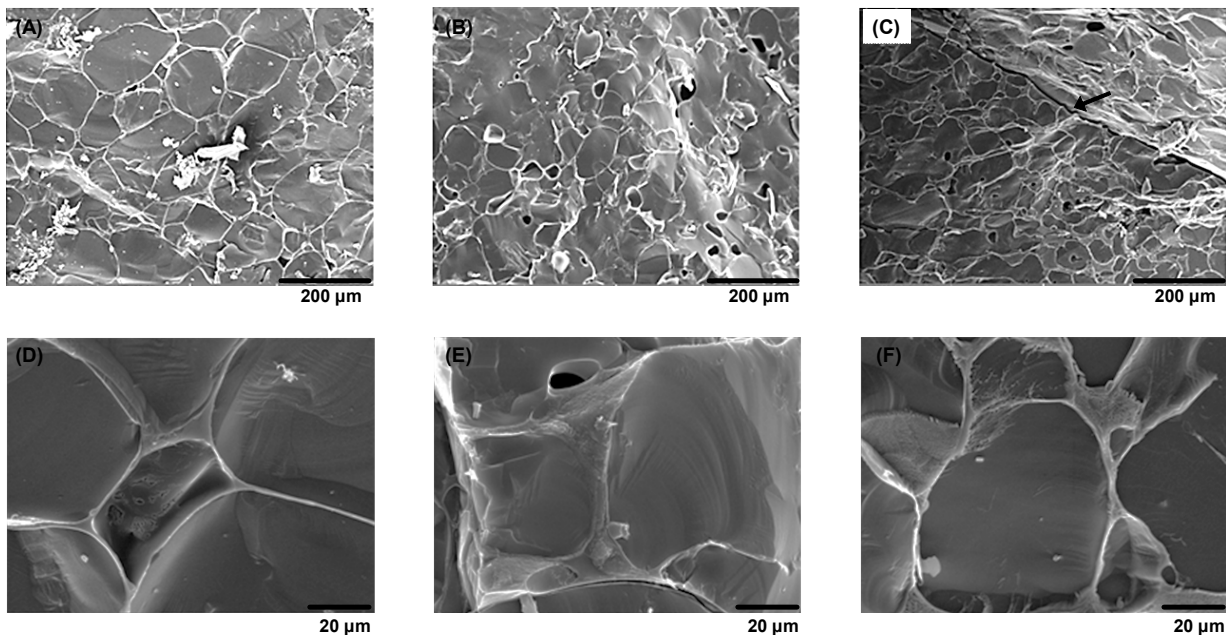


Fig. 2. Cryo-scanning electron microscope of cutting-sections of the frozen blueberry at -20°C (A and D), -45°C (B and E) and -70°C (C and F). Scales are given as black bars. An arrow in (C) indicates a crack.

틈(crack)이 여러 곳 발견되었으나 다른 조건에서는 나타나지 않았다(Fig. 2). 이와 같은 손상은 극저온 냉동 시 과의 상태가 물리적 충격에 매우 약하기 때문인 것으로 추측된다. Allan-Wojtas 등(14)은 다양한 온도로 냉동된 블루베리의 표면과 단면을 극저온 주사전자현미경으로 관찰하였는데, 이 결과에 따르면 냉동 블루베리의 미세구조 및 조직 상태는 급속 냉동을 처리한 경우가 얼음 결정에 의한 구조적 손상이나 변화가 훨씬 적었으며, 급속 냉동 방법이 품질 보존에 가장 적합함을 나타낸다고 보고하였다. 본 연구의 결과에서는 이러한 차이에 의해 drip율 차 등이 발생했을 것으로 보이지만 과의 단면 형태에서는 특별한 차이를 발견하지 못했다.

요 약

고품질의 냉동 블루베리 생산·유통을 위한 과학적 자료 확보를 위한 냉동 온도별 블루베리 품질 비교 연구를 수행하였다. 수확한 블루베리를 각각 -20°C , -45°C , -70°C 로 냉동 후 -20°C 에 2개월 보관한 다음 drip율, 산도, 고형분 함량, 색도, hardness, 유리당 함량, 미생물 오염 정도, 단면 미세구조 등을 관찰하여 냉동 및 해동 조건에 따른 블루베리의 품질 차이를 비교하였다. 냉동 블루베리의 pH와 유리당 함량은 냉동조건에 따른 차이가 거의 나타나지 않았다. 초기 -20°C 로 냉동된 블루베리의 drip율은 4.09%로 가장 많았으며 냉동 온도가 낮아질수록 drip율이 감소하는 경향을 보였다. 25°C 로 해동한 경우 저온 해동 시료에 비하여 유의적으로 낮은 drip율을 나타냈다. 냉동 및 해동을 거친 후 블루베리의 hardness는 생과에 비해 절반가량으로 감소하였으며 냉동 온도에 따른 유의적인 차이는 나타나지 않았다. 생과 상태에 비해 냉동 후 해동된 블루베리의 미생물 수는 전체적으로 100배 이상 감소했으며, 4°C 보다 25°C 에서 해동한 경우가 상대적으로 더 높은 미생물 정도를 보였다. 냉동된 블루베리의 단면 미세구조를 관찰한 결과, 전체적으로 냉동 온도 차이에 따른 뚜렷한 경향은 나타나지 않았다. 생산비용과 품질을 고려한 냉동 블루베리의 생산 및 유통을 위한 최적조건 설정을 위해서 추가적으로 관능평가 등의 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

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

REFERENCES

- Jeong CH, Choi SG, Heo HJ. 2008. Analysis of nutritional compositions and antioxidative activities of Korean commercial blueberry and raspberry. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 1375-1381.
- Jeong HR, Jo YN, Jeong JH, Kim HJ, Heo HJ. 2012. Nutritional composition and in vitro antioxidant activities of blueberry (*Vaccinium ashei*) leaf. *Korean J Food Preserv* 19: 604-610.
- Hwang SH, Ko SH. 2010. Quality characteristics of muffins containing domestic blueberry (*V. corymbosum*). *J East Asian Soc Dietary Life* 20: 727-734.
- Lee EJ, Bae JH. 2011. Study on the alleviation of an alcohol induced hangover and the antioxidant activity by mulberry fruit. *Korean J Food & Nutr* 24: 204-209.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2014. Food and agricultural organization statistics database (FAOSTAT). Available at http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/browse/Q/*/*E.
- Kim SJ, Park KS, Park SJ, Kwon YH. 2013. Current status of blueberry culture in Korea. *Korean J Hort Sci Technol* 31: 139-139.
- Tressler DK, Evers CF. 1946. *The freezing preservation of foods*. 2th ed. The AVI Publishing Company, New York, NY, USA. p 244-247.
- Gerd W, Jill Roth E, Schweiger HG. 1983. Storage of cell suspensions and protoplasts of *Glycine max* (L.) Mem, *Brassica napus* (L.), *Datura innoxia* (Mill.), and *Daucus carota* (L.) by freezing. *J Plant Physiol* 1: 29-39.
- Dekazos ED. 1977. Sclereid development and prevention of woodiness and/or grittiness in rabbiteye blueberries. *Proc Fla State Hort Soc* 90: 218-224.
- Sanford KA, Lidster PD, Mcrae KB, Jackson ED, Lawrence RA, Stark R. 1991. Lowbush blueberry quality changes in response to mechanical damage and storage temperature. *J Am Soc Hort Sci* 116: 47-51.
- Goff HD. 1992. Low-temperature stability and the glassy state in frozen foods. *Food Res Int* 25: 317-325.
- Reid DS. 1983. Fundamental physico-chemical aspects of freezing. *Food Technol* 37: 110-115.
- Slade L, Levine H. 1991. Beyond water activity: Recent advances based on an alternative approach to the assessment of food quality and safety. *Crit Rev Food Sci Nutr* 30: 115-360.
- Allan-Wojtas P, Goff HD, Stark R, Carbyn S. 1999. The effect of freezing method and frozen storage conditions on the microstructure of wild blueberries as observed by cold-stage scanning electron microscopy. *Scanning* 21: 334-347.
- Sesmero R, Quesada MA, Mercado JA. 2007. Antisense inhibition of pectate lyase gene expression in strawberry fruit: Characteristics of fruits processed into jam. *J Food Eng* 79: 194-199.
- Moon HK, Lee SW, Kim JK. 2013. Physicochemical and quality characteristics of the Korean and American blueberries. *Korean J Food Preserv* 20: 524-531.
- Cho WJ, Song BS, Lee JY, Kim JK, Kim JH, Yoon YH, Choi JI, Kim GS, Lee JW. 2010. Composition analysis of various blueberries produced in Korea and manufacture of blueberry jam by response surface methodology. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 319-323.
- Roosi M, Giussani E, Morelli R, Scalzo RL, Nani RC, Torreggiani D. 2003. Effect of fruit blanching on phenolics and radical scavenging activity of highbush blueberry juice. *Food Res Int* 36: 999-1005.
- Oh HH, Hwang KT, Kim M, Lee HW, Kim SZ. 2008. Chemical characteristics of raspberry and blackberry fruits produced in Korea. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 738-743.
- Kalt W, McDonald JE. 1996. Chemical composition of lowbush blueberry cultivars. *J Am Soc Hort Sci* 121: 142-146.

21. Modlibowska I. 1968. Ice formation within plants, the resulting damage and recovery. In *Low Temperature Biology of Foodstuffs*. Pergamon Press Ltd., Oxford, UK. p 125-133.
22. Kiser JS, Beckwith TD. 1942. Effect of fast-freezing upon bacterial flora of mackerel. *J Food Sci* 7: 255-259.