



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년08월31일
(11) 등록번호 10-1893767
(24) 등록일자 2018년08월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
A23B 4/06 (2006.01) A23B 4/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
A23B 4/06 (2013.01)
A23B 4/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0143957
(22) 출원일자 2017년10월31일
심사청구일자 2017년10월31일
(65) 공개번호 10-2018-0048400
(43) 공개일자 2018년05월10일
(30) 우선권주장
1020160143061 2016년10월31일 대한민국(KR)
(56) 선행기술조사문헌
JP2008020116 A*
KR1020100069423 A
JP2009044981 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
세종대학교 산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
홍근표
경기도 남양주시 별내3로 63, 3709동 605호 (별내동, 쌍용에가아파트)
(74) 대리인
정성중, 신명용

전체 청구항 수 : 총 2 항

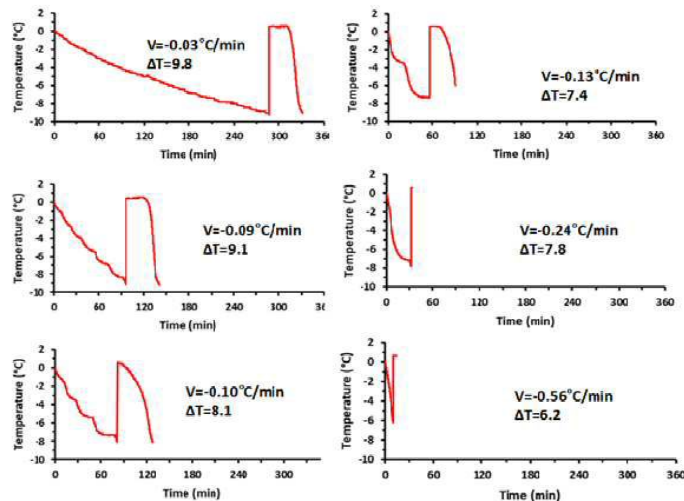
심사관 : 박소일

(54) 발명의 명칭 식품의 조직손상을 방지하는 식품 냉동 장치 및 그 방법

(57) 요약

본 발명은 식품 냉동 방법 및 그 장치에 관한 것이다. 보다 구체적으로 본 발명은 보다 구체적으로 식품이 안정적인 과냉각 상태를 유지하도록 냉각한 다음 빙정이 형성되었을 때, 급속동결하는 냉동 방법을 이용하여 기존의 냉각기술에 비하여 식품의 냉동 속도를 향상시킬 수 있고, 식품의 조직 손상을 최소화할 수 있는 식품 냉동 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류
A23V 2300/20 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 316049-03-1-HD020

부처명 농림축산식품부

연구관리전문기관 농림수산식품기술기획평가원

연구사업명 고부가가치식품개발사업

연구과제명 농축산 식품 원료의 조직손상 최소화를 위한 복합 냉동가공 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 세종대학교 산학협력단

연구기간 2016.07.07 ~ 2016.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

냉각고(100)와 동결고(200)를 포함하는 식품 냉동 장치로서,

상기 냉각고(100)는 식품(10)을 투입하기 위한 제1 투입구(110), 식품의 냉각속도가 -0.01 내지 $-0.80^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 이 되도록 운송속도가 조절된 제1 운송장치(120), 냉각고(100) 내부의 온도를 낮추고 일정하게 유지하기 위한 예비냉각장치(130) 및 냉각 상태의 식품(10)에 빙핵을 형성시키는 빙핵형성장치(140)를 포함하며

상기 동결고(200)는 빙핵이 형성된 식품(10)을 냉각고(100)에서 동결고(200)로 운송하는 제2 운송장치(210), 빙핵이 형성되어 상전이 온도에 도달한 식품(10)을 급속동결시키기 위한 급속동결장치(220) 및 냉각고(100)에서 동결고(200)로 식품(10)을 투입하기 위한 제2 투입구(230)를 포함하며,

상기 냉각고(100)의 예비냉각장치(130)는 제1 투입구(110)와 빙핵형성장치(140) 사이의 중간 지점에서 빙핵형성장치(140) 방향으로 상기 중간 지점과 빙핵형성장치(140) 사이의 $1/3$ 내지 $1/2$ 지점에 위치하는 것을 특징으로 하는 식품 냉동장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 냉각고(100)는 제2 예비냉각장치(150) 및 개폐장치(160)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 식품 냉동장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 식품 냉동 방법 및 그를 위한 장치에 관한 것이다. 보다 구체적으로 식품이 안정적인 과냉각 상태를 유지하도록 냉각한 다음 빙정이 형성되었을 때, 급속동결하는 냉동 방법을 이용하여 기존의 냉각기술에 비하여 식품의 냉동 속도를 향상시킬 수 있고, 식품의 조직 손상을 최소화할 수 있는 식품 냉동 방법 및 그를 위한 식품 냉동 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 식품냉동은 식품을 환경온도 이하의 온도에서 처리 및 저장하여 장기간 품질을 보존할 수 있도록 처리하는 조작을 말한다. 따라서 식품냉동은 크게 저장 전 환경온도 이하로 품온을 낮추는 조작인 냉동 공정과 이를 저장하는 냉장 공정으로 나눌 수 있다. 또한 냉동 공정은 얼지 않는 온도 범위로 품온을 낮추는 냉각(cooling) 공정과 어는 온도 범위로 품온을 낮추는 동결(freezing) 처리 공정으로 나눌 수 있다. 그리고, 저장 공정인 냉장 공정은

얼지 않는 온도 범위에서 저장하는 냉각 저장과 어는 온도 범위에서 저장하는 동결 저장으로 나눌 수 있다.

- [0003] 냉동기술은 냉장만큼이나 오래된 기술로, 식품의 냉동보존법은 이미 19세기 말부터 이용되어 왔다. 그럼에도 이 당시의 냉동기술은 얼음 등 자연물을 이용한 단순한 냉동보존법으로 냉동된 식품이 녹으면 맛과 질감이 크게 떨어지는 고질적인 문제가 있었다. 이후 농수산물을 순간적으로 얼릴 수 있는 기술들이 개발되면서 과거와 달리 맛, 향, 영양 등의 차이가 거의 없게 되었고, 현대 사회에서 냉동식품에 대한 편리성이 강조되고 품질에 대한 부정적 인식이 줄어들면서 냉동식품 시장규모가 지속적으로 커져왔다. 이렇듯 시장규모가 확대됨에 따라 저비용으로 고품질의 냉동식품을 제조하기 위한 방법이 요구되고 있으며, 이에 관한 연구가 지속적으로 이루어지고 있는 실정이다.
- [0004] 식품 원료로서, 농산물은 수확, 수산물은 어획, 축산물은 도살한 후에는 살아 있을 때와는 다른 변화가 일어난다. 이와 같은 식품 원료는 사후에 숙성과 같이 일부 바람직한 현상이 일어나기도 하나 생체 시에 진행되던 미생물에 대한 억제기구가 파괴되고, 그 기능이 저하되므로 미생물에 의한 작용의 시작으로 생물학적 요인, 화학적 요인 및 물리학적 요인에 의하여 품질의 저하가 발생한다.
- [0005] 따라서, 냉동기술의 핵심 목표는 식품을 장기간 신선하게 품질의 저하 없이 에너지 절약이 가능하고 위생적으로 보존하는 것이며, 일반적으로 냉각시간이 짧고 냉각 온도가 낮을수록 식품의 품질을 유지하는 것이 유리하다고 알려져 있다. 식품 냉동은 가공 및 제조 조건의 조정과 저장을 목적으로 하고, 각 제품의 가공 및 제조 조건의 조정과 저장에 적용되는 온도는 식품의 성상 및 종류, 저장기간 등에 따라 다르다. 식품 냉동을 저장 목적으로 적용하는 경우 식품을 빙결점 이상에서 얼리지 않고 저장하는 냉각 저장과 식품을 동결하여 저장하는 동결 저장으로 구별된다. 일반적으로, 산업계에서 식품의 동결 저장은 20℃ 부근에서 많이 이루어지고 있으며, 식품의 동결 저장에 관하여 국제냉동협회에서는 18℃ 이하의 온도에서 저장하는 심온 동결 저장을 권고하고 있다.
- [0006] 식품의 냉동 방법에는 증기 냉동, 공기 냉동, 송풍 냉동, 접촉식 냉동, 침지식 냉동 및 액화가스 냉동 등과 같은 방법이 있다.
- [0007] 공기 냉동 방법은 일반적인 냉동 방법으로 냉동실 내의 정지한 공기 중에서 냉동시키는 방법으로, 냉동장치가 간단하고, 식품의 모양에 구애됨이 없이 적용이 가능하고, 대량 처리가 가능하다는 장점이 있으나, 식품의 냉각이 불균일하게 일어나 해동 시 품질이 저하되고, 열용량이 적고 열전도가 나빠 냉동 속도가 느리다는 단점이 있다.
- [0008] 송풍 냉동 방법은 터널형 상자 형태의 냉동실에 식품을 두고 냉풍을 팬으로 순환시켜 단시간에 냉동시키는 방법으로, 공기 냉동 방법에 비하여 냉동 속도가 신속한 장점이 있으나 식품의 건조 및 산화 또한 빠르게 발생하고 식품의 냉각이 불균일하게 일어나 해동 시 품질이 저하된다는 단점이 있다.
- [0009] 접촉식 냉동 방법은 냉각된 냉매 또는 염수를 흘려 금속판을 냉각시킨 후 이 금속판 사이에 원료를 넣고 양면을 밀착하여 냉동시키는 방법으로, 급속동결이 가능하고, 냉동품의 모양이 일정하며, 냉동장치의 면적이 작다는 장점이 있으나 식품의 형상 및 치수에 제한을 받고, 조작이 번거로운 단점이 있다.
- [0010] 침지식 냉동 방법은 냉각부동액(브라인)에 식품을 침지하여 냉동하는 방법으로, 식품을 급속 냉동시킬 수 있어 냉동식품을 해동한 후에도 품질이 우수하고, 조작이 간편한 장점이 있으나 글레이즈 작업이 어려우며, 냉각부동액이 식품에 침투할 수 있고, 식염수에 의한 오염 위험이 있다.
- [0011] 액화가스 냉동 방법은 식품에 직접 액체질소와 같은 액화가스를 살포하여 급속냉동하는 방법으로 고가의 식품에만 한정적으로 이용되고 있다.
- [0012] 일반적으로 냉동과정은 물에서 얼음으로 상이 전환되는 것과 관련이 있기 때문에, 냉동은 물의 냉각(1차 냉동: 냉각 단계), 상전이 및 얼음의 동결(2차 냉동: 동결 단계)을 포함하는 3단계의 메커니즘으로 진행된다. 냉각 단계는 물이 영점 이하 온도(sub-zero temperatures)에서도 얼음으로 전환되지 않는 단계로, 냉각 단계가 진행되는 동안 물은 과냉각된다. 과냉각된 물에 빙핵(ice seeds)이 형성되면 물은 얼음으로 상전이가 일어난다. 따라서, 빙정의 수는 과냉각의 범위와 밀접하게 관련되어 있는데(Fernandez et al., 2006), 빙핵이 형성될 때, 물의 온도는 용해열의 방출로 인하여 어는점까지 증가하고 그 후 빙정이 성장하게 된다. 빙정의 크기는 상전이가 일어나는 시간에 비례하며, 빙정의 수와 크기는 냉동시 식품의 조직 손상의 정도에 영향을 미치기 때문에, 이상적인 식품의 냉동 방법은 상전이 시간이 짧아야 한다(Otero and Sanz, 2006).
- [0013] 식품은 순수한 물과는 달리 과냉각 현상이 관찰되지 않고 동결되는 특성이 있지만, 빙핵 형성 영역까지 온도를 낮추어 느리게 냉각시키면 과냉각을 유도할 수 있다. 과냉각 상태에서 식품의 내·외부는 균일하게 빙점보다 낮

은 온도를 유지하며, 빙핵이 형성되면 식품의 내·외부에서 동결이 균일하게 시작된다. 그러나, 식품을 이러한 과냉각 상태로 안정적으로 유지할 수 있는 기술은 초고압 처리기술 혹은 전자기장의 활용기술 이외에는 아직까지 전문한 실정이다.

[0014] 정수압력(hydrostatic pressure) 또는 전자기장의 조건에서, 식품을 영점 이하 온도에서 과냉각 상태로 만들 수 있으며(Luscher et al., 2005; Otero and Sanz, 2000), 상기 과냉각된 상태의 식품은 압력 또는 전자기장 방출에 의해 순간적으로 냉동된다. 그러나, 과냉각 상태는 준안정적인 특성(metastable nature) 때문에 통제하기가 어려우며, 압력에 의해 식품의 단백질 변성이 발생(Fernandez et al., 2000)하거나 전자기장을 형성하기 위한 조건이 까다롭다(Otero et al., 2016)는 문제가 있다.

[0015] 이에 본 발명자들은 상기와 같은 문제를 해결하기 위해 냉동된 식품의 품질저하를 방지하고 감소시키면서도 단순하고 빠르게 식품을 냉동시킬 수 있는 방법을 개발하기 위한 연구를 진행하던 중, 식품을 안정적인 과냉각 상태로 만든 다음 급속냉동시킴으로써 기존의 냉동 방식에 비하여 보다 저렴하고 단순하게 대량으로 식품을 냉동시킬 수 있고 동시에 냉동과정에서 식품의 조직손상을 최소화하여 품질저하를 방지할 수 있는 방법을 개발함으로써 본 발명을 완성하였다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0016] 본 발명에서 해결하고자 하는 기술적 과제는 상기한 종래의 냉동방식의 단점을 보완하기 위한 것으로, 단순한 냉동 공정을 이용하여 식품을 경제적이고 효율적으로 냉동시키면서도 냉동과정에서 식품의 조직손상을 최소화하여 색상, 수분함량, 미세구조 및 전단력 등의 품질을 보존할 수 있는 식품의 냉동 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0017] 또한, 본 발명에서 해결하고자 하는 기술적 과제는 상기한 식품의 냉동 방법이 구현된 식품 냉동 장치를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0018] 상기 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명에서는 하기 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 식품의 냉동 방법을 제공한다:

[0019] (S1) 식품 중심부에 빙핵이 형성될 때까지 식품의 품온(material temperature)을 -0.01 내지 $-0.80^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 의 냉각속도로 낮추면서 과냉각 상태로 만드는 단계; 및

[0020] (S2) 상기 (S1) 단계의 과냉각 상태의 식품의 품온이 상전이 온도에 도달할 때, 상기 식품을 급속동결 처리하는 단계.

[0021] 본 발명의 상기 식품은 축산물(육류 등), 수산물(어류 등), 농산물(과일, 채소 등) 또는 이들의 가공물이다.

[0022] 본 발명의 상기 (S1) 단계는 식품 중심부에 빙핵이 형성될 때까지 식품을 냉각시켜 안정적인 과냉각 상태로 만드는 단계이다. 상기 (S1) 단계에서는 식품 중심부에 빙핵이 형성될 때까지 -0.01 내지 $-0.80^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 의 냉각속도로 식품의 품온을 점진적으로 낮춘다. 바람직하게는 -0.01 내지 $-0.70^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 의 냉각속도로 식품의 품온을 낮추며, 보다 바람직하게는 -0.01 내지 $-0.60^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 의 냉각속도로 식품의 품온을 낮춘다. 상기 냉각속도가 $-0.01^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 미만인 경우 과냉각 시간이 길어져 공정 및 에너지 효율이 감소하고, $-0.80^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 를 초과하는 경우 과냉각 상태가 발생하지 않거나 불안정하게 됨으로써 동결 단계에서 식품의 조직이 손상되어 식품의 품질이 저하된다.

[0023] 상기 냉각속도는 식품의 종류, 두께 또는 수분 함량에 따라 달라질 수 있다. 특히, 식품 내 수분의 함량이 높을수록 냉각 단계에서 빙핵의 수가 증가하고 상전이 및 동결 단계에서 빙정의 크기가 커질 수 있으며, 이로 인하여 발생하는 식품의 조직손상 또한 증가하므로 상기 강하온도 단위는 식품의 수분 함량에 따라 적절히 선택하는 것이 바람직하다.

[0024] 본 발명의 상기 (S1) 단계의 식품의 두께는 0.1 내지 30cm , 바람직하게는 0.3 내지 25cm , 보다 바람직하게는 0.5 내지 20cm 이다. 상기 식품의 두께가 0.1cm 미만인 경우 본 발명의 냉동방식에 의한 냉동식품의 품질 향상이 미미하며, 30cm 를 초과하는 경우 과냉각 상태가 불안정해지고 과냉각 시간이 지나치게 길어져 공정과 에너지 효율이 떨어진다.

- [0025] 본 발명의 상기 (S2) 단계는 상기 (S1) 단계에서 빙핵이 형성된 과냉각 상태의 식품을 급속동결 처리하는 단계로, 상기 (S1) 단계의 과냉각 상태의 식품 내에 빙핵이 형성됨에 따라서 식품의 품온이 상승하게 된다. 식품의 품온이 상승 후 상전이 온도에 도달할 때 냉동기기의 온도를 급속히 낮추어 식품을 동결 처리한다.
- [0026] 상기 상전이 온도는 -2 내지 1℃이며, 바람직하게는 -1.5 내지 0.8℃, 보다 바람직하게는 -1 내지 0.6℃이다. 급속동결 처리를 상기 상전이 온도 범위를 벗어나 실시하는 경우 식품 내 빙정의 크기와 수가 증가하여 식품의 조직이 파괴되어 동결 처리된 식품의 품질이 떨어진다.
- [0027] 상기 급속동결 처리는 0.50 내지 4.00cm/h의 동결속도로 실시하며, 바람직하게는 0.54 내지 3.60cm/h의 동결속도로 실시한다. 상기 동결속도가 0.50cm/h 미만인 경우 식품 내 빙정의 크기와 수가 증가하여 식품의 품질이 저하되거나, 4.00cm/h를 초과할 경우 냉동 식품의 품질 향상의 차이가 미미하며 에너지 소비가 커져 공정효율이 떨어진다.
- [0028] 상기 급속동결은 상기 식품의 품온이 -30 내지 -12℃가 되도록 실시하며, 바람직하게는 -28 내지 -15℃, 보다 바람직하게는 -25 내지 -18℃가 되도록 실시한다. 상기 온도가 -30℃ 미만인 경우 냉동 식품의 품질 향상의 차이가 미미하며 에너지 소비가 커져 공정효율이 떨어지며, -12℃를 초과할 경우 식품의 냉동 상태가 불안정하여 품질이 저하될 수 있다.
- [0029] 상기 급속동결 처리는 과냉각 단계에서 사용한 냉동기기에서 바로 동결시키거나 다른 냉동기기로 상기 과냉각 상태의 식품을 이동하여 실시할 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니나 동결 단계에 이용하는 동결기기는 증기 동결, 공기 동결, 송풍 동결 등의 방식을 이용하는 동결기기일 수 있다.
- [0030] 또한, 상기 급속동결 처리는 동결 속도를 향상시키기 위해 공기 대신 열전도율이 공기보다 활성이 낮으면서도 우수한 기체 또는 혼합기체를 이용할 수 있다.
- [0031] 본 발명의 하나의 추가적인 단계로, 상기 (S1) 단계에서 식품을 과냉각 상태로 만들기 전에 품온을 예비냉각하는 단계를 실시할 수 있다.
- [0032] 상기 예비냉각 단계는 식품의 과냉각 상태를 용이하게 발생시키고 형성되는 과냉각의 크기를 향상시키기 위한 것이다. 또한, 식품의 과냉각 상태를 용이하게 발생시켜 식품의 전체 냉동공정의 시간을 단축하기 위해 실시하는 것이다.
- [0033] 상기 예비냉각 온도는 식품의 종류와 특성에 따라 적절하게 선택하며, 식품의 동결이 발생하지 않는 온도 범위 내로 선택해야 한다.
- [0034] 예를 들어, 이에 한정되는 것은 아니라 통상적인 식품에 있어서 상기 예비냉각 온도는 -7 내지 0℃, 바람직하게는 -6 내지 -0.5℃이다. 상기 예비냉각 온도가 -7℃ 미만인 경우 과냉각 시간이 짧아져 과냉각 상태가 안정적으로 유지되지 않고 식품 내 빙핵이 형성되어 식품의 품질이 떨어지며, 0℃를 초과하는 경우 과냉각 시간이 지나치게 길어져 공정과 에너지 효율이 떨어진다.
- [0035] 본 발명의 또 하나의 추가적인 단계로, 상기 (S1) 단계 실시 전에 냉동식품의 건조, 품질저하 또는 산화 방지를 위해 식품을 포장하는 단계를 실시할 수 있다.
- [0036] 상기 식품의 포장에는 식품용 도포제, 용기, 포장기 또는 플라스틱 필름 등의 포장재를 이용할 수 있으며, 상기 포장재는 식품의 오염과 품질저하를 방지하기 위해 식품을 밀봉할 수 있고 냉동 속도를 저하시키는 것을 방지하기 위해 열전도율이 우수한 것이 바람직하다.
- [0037] 또한, 본 발명은 상기한 식품의 조직손상을 방지하는 식품 냉동방법을 적용하기 위한 냉동장치를 제공한다.
- [0038] 본 발명의 식품 냉동장치는 냉각고(100)와 동결고(200)를 포함하며 상기 냉각고(100)는 제1 투입구(110), 제1 운송장치(120), 예비냉각장치(130) 및 빙핵형성장치(140)를 포함하고, 상기 냉동고(200)는 제2 운송장치(210), 급속동결장치(220) 및 제2 투입구(230)를 포함한다.
- [0039] 하나의 구체적인 실시예로, 상기 식품 냉동장치의 모식도를 도 1에 나타내었다.
- [0040] 상기 제1 투입구(110)는 식품(10)을 냉각고(100)에 투입하기 위한 것으로, 냉각고(100) 외부와 차단하여 내부의 온도를 일정하게 유지시키기 위해 식품의 투입에 따라 수동 또는 자동으로 열리고 닫히는 문, 셔터 또는 스크린과 같은 개폐 수단을 구비하는 것이 바람직하다.
- [0041] 상기 제1 운송장치(120)는 빙핵형성장치가 설치된 위치로 제1 투입구(110)를 통해 투입된 식품(10)을 일정 속도

로 운송하는 장치로, 트레이, 슬라이드, 롤러, 컨베이어 벨트 등을 이용할 수 있으며, 바람직하게는 식품(10) 운송 속도를 조절할 수 있는 수단이 구비된 운송장치를 사용한다.

[0042] 상기 제1 운송장치(120)의 운송속도는 식품(10)의 품온이 0.01 내지 0.80℃/min의 냉각속도로 냉각되는 범위에서 선택한다. 이러한 냉각속도는 제1 운송장치의 이동 속도에 의하여 조절될 수도 있으나, 제1 운송장치(120)의 운송속도와 예비냉각장치(130)의 설치위치를 동시에 조절함으로써 식품의 냉각속도를 조절하고 냉동 공정의 효율을 높일 수도 있다.

[0043] 상기 예비냉각장치(130)는 냉각고(100) 내부의 온도를 낮추고 일정하게 유지하기 위한 장치로, 식품(10)이 과냉각 상태를 안정적으로 유지할 수 있도록 한다. 상기 예비냉각장치(130)는 제1 투입구(110)와 빙핵형성장치(140) 사이에 위치한다. 보다 더 바람직하게는 상기 중간 지점에서 빙핵형성장치(140) 방향으로 상기 중간 지점과 빙핵형성장치(140) 사이의 1/3 내지 1/2 지점에 위치한다. 이는 예비냉각장치(130)에 의한 과냉각 상태를 가급적 오랫동안 유지하기 위함이다. 이는 예비냉각장치(130)에 의한 과냉각 상태를 가급적 오랫동안 유지하기 위함이다.

[0044] 상기 빙핵형성장치(140)는 냉각고(100) 내부에서 과냉각 상태의 식품(10)에 빙핵을 형성시키기 위한 장치이다.

[0045] 하나의 구체적인 실시예로, 상기 빙핵형성장치는 분무장치가 구비된 것으로 액화질소 등을 식품에 분무하여 과냉각 상태의 식품(10)에 빙핵을 형성시킬 수 있다. 다만, 상기 빙핵형성장치(140)가 구비된 위치의 온도는 식품의 종류와 특성에 따라 적절하게 설정할 수 있으나, 식품의 동결이 발생하지 않는 온도 범위내로 선택해야 한다.

[0046] 상기한 바와 같은 냉각고(100)는 제1 투입구(110), 예비냉각장치(130) 및 빙핵형성장치(140)의 순으로 배치되어 있으므로, 제1 투입구(110)가 구비된 위치는 식품(10) 투입시 제1 투입구(110)의 개폐에 의해 외부의 온도에 영향을 받아 상대적으로 예비냉각장치(130)가 구비된 위치보다 온도가 높으며, 빙핵형성장치(140)가 구비된 위치는 상대적으로 예비냉각장치(130)가 구비된 위치보다 상대적으로 온도가 낮다. 즉, 냉각고(100) 내부의 온도는 전체적으로 균일하게 유지되지 않고 제1 투입구(110)에서 빙핵형성장치(140) 방향으로 점진적으로 낮아진다. 하나의 예로, 상기 제1 투입구(110)가 구비된 위치와 빙핵형성장치(140)가 구비된 위치에서 온도 차이는 2 내지 10℃일 수 있다. 이러한 냉각고(100) 내부의 점진적 온도의 감소로 인해 온도의 감소 방향으로 식품(10)을 제1 운송장치(120)를 통해 운송시킴으로써 별도의 노력 없이 식품을 점진적으로 냉각시키고 과냉각 상태를 오랫동안 유지하면서 빙핵을 형성할 수 있다.

[0047] 상기 제2 운송장치(210)는 상기 냉각고(100)에서 빙핵이 형성된 식품(10)을 동결고(200)로 운송하는 장치로, 트레이, 슬라이드, 롤러, 컨베이어 벨트 등을 이용할 수 있다. 제1 운송장치(120)는 식품(10)의 과냉각 상태를 유도하기 위해 운송속도가 느린 반면, 제2 운송장치는 식품(10)을 급속동결시키기 위해 운송속도를 빠르게 하는 것이 바람직하다.

[0048] 상기 급속동결장치(220)는 동결고(200)의 내부 온도를 18℃ 이하로 낮추어 빙핵이 형성되어 상전이 온도에 도달한 식품(10)을 급속동결시킴으로써 냉동된 식품(10)의 품질을 향상시키기 위한 장치로, 증기 동결, 공기 동결, 송풍 동결 등의 방식을 이용하는 장치를 이용할 수 있다.

[0049] 상기 급속동결장치는 동결 속도를 향상시키기 위해 공기 대신 열전도율이 공기보다 활성이 낮으면서도 우수한 기체 또는 혼합기체를 이용할 수 있다.

[0050] 또한, 본 발명의 식품 냉동장치의 냉각고(100)는 제2 예비냉각장치(150) 및 개폐장치(160)를 추가적으로 더 포함할 수 있다.

[0051] 하나의 구체적인 실시예로, 상기 식품 냉동장치의 모식도를 도 2에 나타내었다.

[0052] 상기 추가적인 제2 예비냉각장치(150) 및 개폐장치(160)는 냉각고(100) 내부를 분할하여, 제1 운송장치(120)를 따라 설치되는 것으로, 냉각고(100) 내부의 온도를 분할구역마다 설정할 수 있도록 하여 식품(10)의 냉각속도를 보다 세밀하게 조절하기 위한 것이다. 이 외에도 냉동식품의 품질과 공정효율을 고려하여 예비냉각장치와 개폐장치를 추가적으로 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0053] 상기한 바와 같이, 본 발명의 냉동 방법은 식품을 안정적인 과냉각 상태에서 냉각시킴으로써, 단순한 냉동 공정을 이용하여 식품을 경제적이고 효율적으로 냉동시키면서도 냉동과정에서 식품의 조직손상을 최소화하여 색상,

수분함량, 미세구조 및 전단력 등의 품질이 우수하게 보존되도록 냉동시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0054] 도 1은 본 발명의 하나의 구체적인 실시예에 따른 식품 냉동장치를 모식도로 나타낸 것이다.
- 도 2는 본 발명의 또 하나의 구체적인 실시예에 따른 식품 냉동장치를 모식도로 나타낸 것이다.
- 도 3은 냉각속도에 따른 젤라틴 시료의 온도 프로파일을 나타낸 것이다.
- 도 4는 냉각속도와 과냉각의 크기의 상관 관계를 그래프로 나타낸 것이다.
- 도 5는 온도를 일정하게 설정한 냉각기 내 젤라틴 시료의 온도 프로파일을 나타낸 것이다.
- 도 6은 본 발명의 과냉각 냉동처리한 돈육 시료의 시간에 따른 온도 변화를 그래프로 나타낸 것이다.
- 도 7은 본 발명의 각 냉동 방법에 따른 돈육 시료의 시간별 중심부 온도 변화를 그래프로 나타낸 것이다.
- 도 8은 본 발명의 각 냉동 방법에 따른 돈육 시료의 미세구조를 주사전자현미경(SEM)으로 1000배 확대하여 촬영한 것이다.
- 도 9는 본 발명의 각 냉동 방법에 따른 돈육 시료의 전단력을 측정하여 그래프로 나타낸 것이다.
- 도 10은 본 발명에 따라 과냉각 냉동 처리된 무 시료의 프로파일의 측정결과를 나타낸 것이다.
- 도 11은 본 발명에 따라 과냉각 냉동 처리된 무 시료의 해동감량의 측정결과를 나타낸 것이다.
- 도 12는 본 발명에 따라 과냉각 냉동 처리된 무 시료의 전단력의 측정결과를 나타낸 것이다.
- 도 13은 본 발명에 따라 과냉각 냉동 처리된 감자 시료의 냉동 프로파일의 측정결과를 나타낸 것이다.
- 도 14는 본 발명에 따라 제조된 감자 시료의 예비냉각 온도에 따른 과냉각 발생여부를 측정한 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0055] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 실시예 등을 들어 상세하게 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명에 따른 실시예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 하기 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 안된다. 본 발명의 실시예들은 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이다.

실시예 1: 과냉각 발생 최적 냉각속도 측정

[0058] 식품에 과냉각이 발생하는 최적 냉각속도를 측정하기 위해 젤라틴(2% 젤 상태)을 시료로 사용하였다. 2% 젤라틴을 증류수에 넣어 가열/용해 시킨 후 20g 취하여 50mL 튜브에 넣은 후 상온에서 냉각시켜 젤라틴 시료를 제조하였다. 젤라틴의 중심부와 냉각기에 온도센서(thermocouple: k-type, Ni-Cr 및 Ni-Al으로 구성된 알로이 컴비네이션)를 삽입 후 시간에 따른 온도 변화를 관찰하였다. 상기 젤라틴 시료 6개를 준비하여 과냉각속도 측정시험에 사용하였다.

[0059] 냉각속도를 측정하기 위해 냉각기를 0℃로 유지하면서 젤라틴 시료의 온도가 0℃에 도달하였을 때 냉각기 온도를 하기 표 1의 강하온도 단위에 따라 낮추었다. 이후 시료 온도가 냉각기 온도에 도달하면 냉각기 온도를 다시 강하 온도단위로 낮추었다.

[0060] 상기 과정을 빙핵 형성이 관찰될 때까지 반복하였다. 냉각속도 측정은 강하온도 단위마다 젤라틴 시료를 각각 사용하여 측정하였다. 냉각속도 측정 결과 그래프를 도 3에 나타내었다. 냉각속도(V)는 빙핵형성 온도(℃)를 빙핵형성 시간(min)으로 나눈 것이다. 강하온도 단위마다 측정된 냉각속도(V)는 하기 표 1에 나타난 바와 같다.

표 1

강하온도 단위(℃)	-0.5	-1.5	-2	-4	-8	-12
냉각속도(V=℃/min)	-0.03	-0.09	-0.10	-0.13	-0.24	-0.56

[0063] 냉각속도와 과냉각의 크기(ΔT)의 상관 관계를 도 4에 그래프로 나타내었다. 상기 시험 결과, 냉각속도가 빠를

수축 과냉각의 크기가 작아졌으며 상전이가 빠르게 일어남을 확인할 수 있었다. 따라서, 충분한 과냉각 상태가 발생하기 위해서는 빙핵 형성 전까지 식품의 냉각을 최대한 느리게 실시해야 하며, 특히 냉각속도가 $-0.1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 이하인 경우 과냉각 크기를 약 8°C 이상으로 만들 수 있음을 확인할 수 있다.

[0065] 실시예 2: 냉각기 온도가 일정할 경우 과냉각 발생 냉각속도 측정

[0066] 온도가 일정하게 유지된 냉각기에 상기 실시예 1의 젤라틴 시료를 투입하여 냉각속도와 과냉각 상태 발생여부를 측정하였다. 상기 냉각기의 온도는 -4°C , -6°C , -8°C , -12°C 또는 -18°C 로 각각 설정하여 측정하였으며, 측정결과를 도 5에 나타내었다.

[0067] 시험 결과 냉각기의 온도를 -4°C 또는 -6°C 로 설정한 경우 빙핵이 형성되지 않아 상전이가 일어나지 않았고 과냉각 상태가 안정적으로 유지되었다. 냉각기의 온도를 -8°C 이하로 설정한 경우 빙핵이 형성되어 상전이가 일어남을 확인할 수 있었으며, 냉각기의 온도가 낮을수록 과냉각의 유지시간이 짧아지고 과냉각의 크기(ΔT)가 작아지는 특성을 나타내었다. 상기 시험 결과로부터 최대 과냉각 크기를 얻으면서 빙핵을 형성시킬 수 있는 온도는 -10 내지 -8°C 임을 확인하였다.

[0069] 실시예 3: 돈육의 냉동

[0070] 3-1. 돈육의 각 조건별 냉동처리

[0071] 서울 광진구 지역 시장에서 도축된 지 24시간이 지난 돈육 등심을 구입하여 사용하였다. 구입시 돈육 등심의 pH는 $5.4 \sim 5.7$ 이었다. 상기 돈육 등심을 근섬유 방향과 평행하게 사각형 형태($2 \times 3 \times 8 \text{ cm}$)로 절단하여 각각 7개씩 4개의 그룹으로 나누어 시료를 제조하였다. 상기 시료들의 무게를 측정된 뒤 k-type 온도센서(thermocouple: k-type, Ni-Cr 및 Ni-Al으로 구성된 알로이 컴비네이션)를 각각의 시료의 내부에 삽입하였다. 온도센서의 다른 한쪽은 진공 포장을 하기 위해 글루건으로 밀봉하였다. 진공 포장된 시료들은 시료 내부온도가 4°C 가 될 때까지 냉장고에 보관하였다.

[0072] 상기 제조된 4개의 그룹을 하기와 같이 나누어 냉동처리하였다. 냉동처리 하는 동안 돈육의 온도 프로파일은 데이터 로거(data logger: MV104, Yokogawa Co., Japan)에 상기 온도센서를 연결하여 관찰하였다.

[0073] 제 1 그룹은 비냉동 대조구로 24시간 동안 4°C 에서 보관하여 사용하였다.

[0074] 제 2 그룹은 공기 냉동 처리구로 -18°C 로 설정된 통상의 공기 방식의 냉동고에서 보관하여 냉동처리하였으며, 시료의 초기빙점은 -0.6°C 로 측정되었다.

[0075] 제 3 그룹은 과냉각 냉동 처리구로, 공기 냉동 방식의 냉동고에서 시료를 4°C 에서 0°C 로 예비냉각하고 시료의 품온이 0°C 에 도달하였을 때 냉동고의 설정온도를 -0.5°C 로 하여 시료의 품온을 설정온도로 낮추었다. 이후 시료의 품온이 설정온도에 도달하였을 때마다 계속해서 -0.5°C 의 강하온도 단위로 설정온도를 낮추었다(냉각 단계). 상기 냉각 단계는 시료 중심부에 빙핵이 형성될 때까지 진행하였다. 빙핵 형성이 관찰되면 곧바로 -18°C 의 냉동고로 옮겨 2차 냉동(동결 단계)을 실시하였다. 시료의 빙핵 형성여부는 냉각과정 중 일어나는 온도변화를 실시간 모니터링하여 판단하였으며, 시료의 품온이 빙점(-0.6°C)으로 상승(상전이)하였을 때 빙핵 형성이 발생한 것으로 판단하여 냉각 단계를 종료하였다. 도 6은 과냉각 냉동 처리구(제 3 그룹)의 시간에 따른 온도 변화를 그래프로 나타낸 것이다.

[0076] 제 4 그룹은 침지 냉동 처리구로, -30°C 의 저온 항온수조에 시료를 포장상태로 바로 침지시켰고, 시료의 품온이 -18°C 에 도달하였을 때, 동결과정을 종료시킨 후 -18°C 의 냉동고로 옮겨 저장하였다.

[0077] 상기 방법에 따라 냉동 처리된 제 2 그룹 내지 제 4 그룹은 동일한 냉동 저장 조건(-18°C)에서 24시간 동안 보관된 다음, 미세구조를 관찰하기 위해 각각의 그룹에서 시료 1개가 무작위로 선택되어 동결건조되었다. 나머지 시료들은 분석을 위해 중심부 온도가 3°C 에 도달할 때까지 약 15분 동안 유수해동을 실시한 다음 해동감량을 측정하기 위해 무게를 측정하였다. 각각의 냉동 방식마다 2개의 시료를 취하여 수분함량과 색상을 측정하였다. 나머지 4개의 시료들은 가열감량과 전단력을 평가하기 위해 사용되었다. 상기 모든 공정을 각기 다른 날에 세 번씩 반복하여 수행되었다($n=3$). 비냉동 대조구(제 1 그룹)는 4°C 에서 24시간 저장 후 동일한 이화학적 특성 평가를 실시하여 비교하였다.

[0079] 3-2. 돈육의 동결속도 산출

[0080] 상기 실시예 3-1.의 모든 냉동 처리 공정의 동결속도(cm/h)는 Heldman과 Taylor(1997) 방법에 의하여 측정되었다. 초기 빙점인 -0.6°C 에서 -5°C 에 도달할 때까지 걸리는 시간을 측정한 후, 시료 두께의 절반(1 cm)과 소요

시간의 비율로 계산하였다.

- [0081] 기존 방식을 이용한 냉동 처리구인 공기 냉동 처리구(제 2 그룹) 및 침지 냉동 처리구(제 4 그룹)에서는 과냉각 현상이 관찰되지 않았으며, 과냉각 현상은 -0.5°C 강하온도 단위로 온도를 낮춰가면서 냉각을 단계적으로 실시한 과냉각 냉동 처리구(제 3 그룹)에서만 관찰되었다. 도 7은 각각의 냉동 방법에 따른 돈육의 시간별 품온 변화를 그래프로 나타낸 것이다.
- [0082] 산출된 동결속도는 공기 냉동 처리구(제 2 그룹)에서 0.37cm/h , 침지 냉동 처리구(제 4 그룹)에서 8.33cm/h , 과냉각 냉동 처리구(제 3 그룹)에서 0.61cm/h 로 산출되었다.
- [0083] 일반적으로 0.54 내지 3.60cm/h 의 동결속도 범위를 급속동결로 정하고 있고(Dincer, 1997), 이에 따라 공기 냉동 처리구(제 2 그룹)는 완만냉결, 과냉각 냉동 처리구(제 3 그룹)는 급속동결, 침지 냉동 처리구(제 4 그룹)는 초급속동결로 분류할 수 있었다.
- [0084] 공기 냉동의 동결속도가 느리고 침지 냉동의 동결속도가 빠르다는 것은 예측할 수 있었다. 한편, 과냉각 냉동 처리구(제 3 그룹)는 공기 냉동 기술을 이용한 것임에도 기존의 공기 냉동 처리구(제 2 그룹)보다 약 2배 빠른 동결속도를 나타내었다.
- [0085] 하기 표 2에 나타난 바와 같이, 시료 중심부 온도가 4°C 에서 -18°C 가 되기까지 걸리는 총 냉동 시간은 과냉각 냉동 처리구(제 3 그룹)가 4.21 시간으로 침지 냉동 처리구(제 4 그룹)의 0.26 시간에 비해 긴 시간이 소요되었으나, 6.24 시간의 공기 냉동 처리구(제 2 그룹)보다는 짧은 것으로 나타났다.
- [0086] 과냉각 냉동 처리구(제 3 그룹)는 본 냉동과정 중 동결과정에 소요된 시간은 짧은 반면, 빙핵 형성 전단계인 냉각 단계에서 0.58 시간이 소요되는 것으로 나타났다. 그러나, 과냉각 냉동 처리구(제 3 그룹)의 냉각 단계는 4°C 에서 0°C 로 품온을 낮추는 예비냉각 단계와 0°C 에서 빙정이 형성될 때까지 품온을 단계적으로 낮추는 과냉각 단계로 구성되고, 이 중 예비냉각 단계는 원료의 저장 단계로 이용될 수 있으므로, 이를 총 냉동(냉각 + 상변화 + 동결) 시간에서 제외할 경우, 과냉각 냉동처리구의 총 냉동 속도를 향상시킬 수 있다고 본다.

표 2

Parameter	공기 냉동	침지 냉동	과냉각 냉동
총 냉동시간(h)	6.24	0.26	4.21
냉각시간(h) ¹⁾	0.38	0.09	0.58
상변화시간(h) ²⁾	3.07	0.21	2.23
동결속도(cm/h)	0.37	8.33	0.61

[0088] ¹⁾냉각시간: 4°C (초기온도)에서 -0.6°C 까지 냉각시간

[0089] ²⁾상변화시간: -0.6°C (빙점)에서 -5°C 까지 소요시간.

[0091] 3-3. 돈육의 조직 손상도 측정

[0092] 상기 실시예 3-1.의 냉동된 시료들을 48시간 동안 0.6 Torr 에서 바로 동결 건조하였다. 상기 건조된 돈육 시료를 근섬유 방향에 대하여 수평과 수직으로 절단하였다. 상기 절단된 시료를 시료 홀더에 올린 후에 이온 스퍼터(ion sputter: E-1010, Hitachi science system Ltd., Japan)를 사용하여 5분 동안 금으로 도금한 다음, 상기 시료의 미세구조를 주사전자현미경(S-3000N, Hitachi science system Ltd., Japan)을 이용하여 20 kV 의 가속 전압에서 $\times 1000$ 의 배율로 측정하였다. 그 측정 결과를 도 8에 나타내었다.

[0093] 냉동 과정에서 형성된 얼음 결정체는 동결건조에 의해 승화되어 제거되고, 따라서 얼음결정체가 존재하는 자리에는 기공이 형성되며, 형성되는 기공의 크기는 동결속도에 좌우된다. 공기 냉동 처리구(제 2 그룹)의 경우 형성된 기공(얼음 결정체)이 크며, 조직에 현저한 손상이 관찰되는 반면, 침지 냉동 처리구(제 4 그룹)는 미세한 기공이 형성되었고, 조직은 원형을 잘 유지하고 있는 것으로 관찰되었다. 과냉각 냉동 처리구(제 3 그룹)는 침지 냉동 처리구(제 4 그룹)에 비하여 느린 냉각속도를 나타냈지만, 조직 손상은 거의 관찰되지 않았고, 형성된 기공의 크기가 침지 냉동 처리구(제 4 그룹)보다는 다소 크게 나타났지만 전반적으로 침지 냉동 처리구(제 4 그룹)와 유사한 조직 형태를 갖는 것으로 관찰되었다.

[0094] 근섬유 방향의 구조 또한 공기 냉동 처리구(제 2 그룹)에서는 심한 조직 손상이 관찰되는 반면, 침지 냉동 처리구(제 4 그룹)나 과냉각 냉동 처리구(제 3 그룹)에서는 근섬유 조직이 원형을 잘 유지하였다.

[0095] 따라서, 공기 냉동 처리방법은 느린 냉각속도로 인하여 돈육 시료에 심한 조직 손상을 야기한 반면, 동일한 공기 방식의 냉동고를 이용하더라도 인공적으로 빙핵을 유도하여 냉각시키는 경우(과냉각 냉동 처리) 식품의 조직 손상과 같은 문제를 해소할 수 있음을 알 수 있었다.

[0097] 3-4. 해동감량, 보수력 및 가열감량 측정

[0098] 해동감량은 시료의 냉동 전 및 해동 후 중량을 측정하여 변화를 백분율로 산출하였다.

[0099] 보수력은 원료에서 유출된 압출드립(삼출물, exudates)의 양을 백분율로 산출한 것으로, 각각의 냉동 처리군(제 1 그룹 내지 제 4 그룹)에서 시료를 무작위로 선택한 다음 약 1g을 취하여 1,500 x g로 원심분리를 실시하였고, 육류 시료의 알갱이를 신중하게 제거하였다. 상기 원심 분리관의 무게를 측정한 뒤 102℃에서 하루 동안 건조하였다. 상기 건조된 원심분리관의 무게를 다시 측정하여, 초기 시료 무게에 대해 방출된 수분의 양을 백분율로 계산함으로써 수분 함량을 측정하였다(Trout, 1988).

[0100] 가열감량은 시료의 가열 전 및 가열 후 중량을 측정하여 그 변화량을 백분율로 산출하였다. 각각의 냉동 처리 공정(제 1 그룹 내지 제 4 그룹)에서 시료를 무작위로 취하여 15분 동안 75℃에서 가열한 다음 상온에서 30분 동안 유지한 후, 무게를 측정한 다음, Honikel(1987)에 기초하여 가열 전(해동 후)의 무게에 대한 손실량을 백분율로 계산하였다.

[0101] 상기 측정 방식에 따른 결과를 하기 표 3에 나타내었다. 해동감량은 공기 냉동 처리구(제 2 그룹)가 6.73%로 가장 높은 수치를 보이는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 침지 냉동 처리구(제 4 그룹)와 과냉각 냉동 처리구(제 3 그룹)의 해동감량은 4.44-4.49%의 범위를 나타냈고, 이는 대조구의 3.35%보다는 다소 높은 것으로 나타났으나 도 8의 미세 구조 관찰 결과를 감안하면, 과냉각 냉동 방식은 침지 냉동 방식과 같이 조직 손상을 최소화하여 해동감량을 효과적으로 억제한다고 판단된다.

[0102] 가열감량 및 수분함량은 또한 해동감량과 유사한 패턴을 나타내었다. 공기 냉동 처리구(제 2 그룹)는 대조구에 비하여 상당히 높은 가열감량 및 수분함량 수치를 나타내었다($p < 0.05$). 침지(제 4 그룹) 및 과냉각 냉동 방식 처리구(제 3 그룹)의 가열감량 및 수분함량은 대조구에 비하여 다소 높게 나타났으며, 특히, 과냉각 냉동 방식 처리구(제 3 그룹)의 가열감량은 대조구와 비교하여 유의적인 차이가 나지않을 정도로 우수한 것으로 나타났다.

[0103] 가열감량 및 수분함량은 육류가 포함하고 있는즙의 양과 밀접한 관련이 있다(Devine et al., 1996; Mallikarjunan, 2006). 상기 측정 결과 침지 및 과냉각 냉동 방식은 공기 냉동 방식보다 더 높은 관능지수(sensory score)를 가질 것으로 예측되었다.

표 3

처리방법	해동감량(%)	가열감량(%)	압출드립(%)
대조구(제 1 그룹)	$3.35 \pm 0.58^{1)}$	17.3 ± 2.80	11.7 ± 1.08
공기 냉동(제 2 그룹)	6.73 ± 0.63	28.6 ± 1.70	17.7 ± 3.50
과냉각 냉동(제 3 그룹)	4.49 ± 0.71	18.7 ± 1.48	15.0 ± 1.41
침지 냉동(제 4 그룹)	4.44 ± 0.35	22.0 ± 4.06	13.2 ± 1.48

[0105] ¹⁾ 대조구는 냉장 24시간 저장 후의 드립 감량으로 산출하였음.

[0107] 3-5. 색도 측정

[0108] 냉동된 돈육 시료의 해동 후 색도는 상기 시료를 10분 동안 외기(ambient air)상태에서 유지한 후, 표면 색상을 표준 백색판($L^* = 97.8$, $a^* = -0.4$, $b^* = 2.0$)으로 보정한 색차계(CR-10, Konica-Minolta Sensing Inc., Japan)를 이용하여 측정하였다. L^* , a^* 및 b^* 는 각각 명도, 적색도 및 황색도를 의미한다(Schanda, 2007).

[0109] 하기 표 4에 나타난 바와 같이, 냉동 방식에 상관없이 해동 후 돈육 시료의 색도는 대조구와 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 모든 냉동 처리 방법은 대조구에 비하여 다소 높은 a^* 를 나타내며 다소 낮은 L^* 및 b^* 값을 나타내는 경향이 관찰되었으나, 시료들 사이에 큰 차이가 나타나지는 않았다.

표 4

처리 방법	L^*	a^*	b^*
대조구(신선)	48.8 ± 1.05	11.8 ± 1.33	5.82 ± 2.10
공랭식 냉동	45.6 ± 3.92	12.4 ± 0.44	5.10 ± 1.14
침지식 냉동	44.2 ± 2.29	14.9 ± 1.09	6.06 ± 1.61
과냉각 냉동	47.6 ± 3.70	11.1 ± 1.71	4.90 ± 1.48

3-6. 전단력 측정

냉동 식육의 전단력은 해동감량과 밀접한 관련이 있으며, 감량 수준이 높을수록 전단력(연도저하)이 높아질 것으로 예측되었다. Barbanti와 Pasquini (2005)의 측정법을 다소 수정하여 각각의 시료들의 전단력을 측정하였다. 근섬유와 평행하게 제조된 원통형의 시료를 10 mm 천공기(cork borer)를 이용하여 가열된 시료의 중심부에서 채취하였다. 칼(TA-SBA, Brookfield Engineering Labs Inc., USA)이 달린 물성측정기(texture analyzer: CT3, Brookfield Engineering Labs Inc., USA)를 이용하여 전단력을 측정하였다. 상기 시료를 1 mm/s의 테스트 속도에서 1g의 트리거 로드(trigger load)의 조건으로 절단하였다.

도 9에 도시된 바와 같이, 냉동되지 않은 대조구는 53.8N의 전단력을 나타내었고, 모든 냉동 시료의 전단력은 대조구보다 훨씬 더 높게 나타났다($p < 0.05$). 냉동 방법 중에서, 공기 냉동 처리구(제 2 그룹)가 71.1N 가장 높은 전단력을 나타냈으며, 침지 냉동 처리구(제 4 그룹)는 66.5N, 과냉각 냉동 처리구(제 3 그룹)는 64.6N로 나타나 냉동 처리구 중 과냉각 냉동 처리구(제 3 그룹)의 전단력이 가장 낮은 것으로 측정되었다.

실시예 4

4-1. 무의 과냉각 냉동 처리

서울 광진구 지역시장에서 무를 구입하여 3 cm 길이의 정방형으로 세절한 후 진공포장하여 사용하였다. 온도 모니터링을 위하여 시료 중심부에 k-type 온도센서를 장착하였고, 글루건으로 포장면을 관통한 온도센서를 막은 후 테이프로 밀봉시켜 진공포장하여 시료들을 제조하였다.

모든 시료는 4℃의 냉장고에서 품온을 저하시킨 후, 0℃의 공기 냉동 방식의 냉동고에서 중심부 온도가 0℃에 도달하도록 예비냉각 처리를 실시한 다음 각 시료를 -0.5℃, -0.2℃ 및 -0.1℃의 강하온도 단위로 냉각을 실시하였다.

시료의 품온이 냉동고의 설정온도에 도달할 때까지 템퍼링(tempering)을 실시하였고, 시료 중심온도가 냉동고의 설정온도에 도달하면 상기 강하온도 단위만큼 냉동고의 설정온도를 낮추어 빙핵 형성이 관찰될 때까지 계속 템퍼링을 실시하여 시료를 냉각시켰다.

빙핵 형성이 감지되었을 때, 시료를 즉시 냉동온도가 -18℃로 설정된 냉동고로 이동시켜 냉동처리 하고 24시간 저장한 다음 시료 품온이 0℃에 도달할 때까지 유수해동하여 분석을 실시하였다.

4-2. 강하온도 단위별 과냉각 냉동 처리된 무의 냉동 프로파일

상기 실시예 4-1.의 강하온도 단위별로 과냉각 냉동 처리된 무 시료의 프로파일의 측정결과를 도 10에 나타내었다. 강하온도 단위를 크게 하였을 때(-0.5℃) 냉각 속도가 빨라 과냉각 구간이 짧게 발생한 반면, 동결 속도는 강하온도 단위를 작게 하였을 때(-0.1℃) 빠른 것으로 관찰되었다.

따라서, 빙핵 형성 단계까지 안정적인 과냉각 상태를 유지하고 효과적인 냉각을 위해서는 과냉각의 강하온도 단위를 최대한 작게 할수록 냉동된 식품의 품질이 우수해지나, 식품의 조직손상 방지에 유의적인 효과차이 여부, 공정 및 에너지 효율을 고려하여, 식품의 종류, 두께 또는 수분 함량에 따라 적절히 설정하는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

4-3. 과냉각 냉동 처리된 무의 해동감량 측정

상기 실시예 4-1.의 각 시료에 대한 해동감량을 측정하였다.

해동감량은 무 시료의 과냉각 냉동 전 및 해동 후 중량을 측정하여 중량손실을 백분율로 산출하였다.

도 11에 나타난 바와 같이, 강하온도 단위를 작게 함에 따라 무 시료의 해동감량은 유의적인 감소를 나타내었다

($p < 0.05$). 강하온도 단위(-0.5°C)를 크게 하였을 때, 즉 냉각 속도를 빠르게 하였을 때에는 무의 해동감량이 14.3%의 높은 수치를 보인 반면, 작게 하였을 때(-0.3°C 및 -0.1°C) 즉 냉각 속도를 느리게 하였을 때에는 해동 감량이 3.61-6.29% 수준으로 감소되는 결과를 나타냈다. 일반적으로 농산물의 해동감량은 냉해동 과정에서 발생하는 조직 손상과 직접적인 관련이 있으므로, 상기 시험 결과로부터 강하온도 단위와 냉각 속도는 농산물의 조직 보존 측면에 매우 중요한 요인으로 작용한다는 것을 알 수 있었다.

[0132] **4-4. 과냉각 냉동 처리된 무의 전단력 측정**

[0133] 상기 실시예 4-1.의 각 시료에 대한 전단력을 측정하였다. 무를 냉동처리하는 경우 일반적으로 조직이 파괴되어 조직감이 심하게 손상되며 이는 낮은 전단력으로 나타난다.

[0134] 전단력을 측정하기 위해 시료를 1 cm 크기의 입방체로 세절한 후, 시료를 절단하는데 소요되는 힘을 물성분석기(CT3, Brookfield Engineering Labs Inc., USA)로 측정하였다. 이때 SBA(TA-MCF) 픽스처(fixture)를 사용하였고, 테스트 속도는 1 mm/s로 실시하였다.

[0135] 상기 방법에 따라 측정한 전단력의 측정결과를 도 12에 나타내었다. 상기 시험결과 강하온도 단위가 작을수록, 무 시료의 전단력이 유의적으로 증가함을 알 수 있었고($p < 0.05$), 무의 조직 손상을 최소화시킬 수 있음을 알 수 있었다.

[0137] **실시예 5**

[0138] **5-1. 감자의 과냉각 냉동 처리**

[0139] 서울 광진구 지역시장에서 감자를 구입하여 3 cm 길이의 정방형으로 세절한 후 진공포장하여 사용하였다. 온도 모니터링을 위하여 시료 중심부에 k-type 온도센서를 장착하였고, 글루건으로 포장면을 관통한 온도센서를 막은 후 테이프로 밀봉시켜 진공포장하여 시료들을 제조하였다.

[0140] 모든 시료는 4°C 의 냉장고에서 품온을 저하시킨 후, 0°C 의 공기 냉동 방식의 냉동고에서 중심부 온도가 0°C 에 도달하도록 예비냉각을 실시하였다. 이후, 각 시료를 -0.1°C 의 강하온도 단위로 품온을 낮춰가면서 냉각을 실시하였다.

[0141] 시료의 품온이 냉동고의 설정온도에 도달할 때까지 템퍼링(tempering)을 실시하였고, 시료 중심온도가 냉동고의 설정온도에 도달하면 상기 강하온도 단위만큼 냉동고의 설정온도를 낮추어 빙핵 형성이 관찰될 때까지 계속 템퍼링을 실시하여 시료를 냉각시켰다.

[0142] 빙핵 형성이 감지되었을 때, 시료를 즉시 -18°C 및 -25°C 냉동고로 각각 이동시켜 동결 처리하고 24시간 저장한 다음 시료 중심부 온도가 0°C 에 도달할 때까지 유수해동하여 분석을 실시하였다. 대조구로는 과냉각 처리 없이 0°C 에서 -18°C 및 -25°C 로 각각 동결 처리한 감자 시료를 사용하였다.

[0144] **5-2. 냉동과정 및 온도별 감자 시료의 냉동 프로파일**

[0145] 상기 실시예 5-1.에서 냉동 처리된 감자 시료의 프로파일의 측정결과를 도 13에 나타내었다.

[0146] 측정결과 과냉각 단계를 실시한 시료들이 냉동만을 실시한 대조구들에 비하여 빠른 냉동 속도를 보이는 것으로 나타났으며, 특히 동결 온도가 낮을수록 전반적인 냉동 속도가 크게 향상되는 결과를 나타냈다.

[0147] 따라서, 본 시험을 통해 과냉각 단계를 실시할 경우 식품의 냉동 속도를 높일 수 있음을 알 수 있었다.

[0149] **5-3. 예비냉각 온도에 따른 감자 시료의 과냉각 상태의 발생여부**

[0150] 서울 광진구 지역시장에서 감자를 구입하여 3 cm 길이의 정방형으로 세절한 후 진공포장하여 사용하였다. 온도 모니터링을 위하여 시료 중심부에 k-type 온도센서를 장착하였고, 글루건으로 포장면을 관통한 온도센서를 막은 후 테이프로 밀봉시켜 진공포장하여 시료들을 제조하였다.

[0151] 모든 시료는 4°C 의 냉장고에서 품온을 저하시킨 후, 예비냉각 온도를 달리하여 과냉각 상태 발생여부를 측정하였다. 그 실험 결과를 도 14에 나타내었다.

[0152] 감자시료를 예비냉각 하지 않고 바로 -18°C 공기 냉동 방식 냉동고에서 냉동하는 경우(도 12, A) 과냉각이 발생하지 않았고, 상변화시간도 가장 긴 것으로 관찰되었다. -3°C 까지 예비냉각한 다음 강하온도 단위를 -0.1°C 로 하여 과냉각 상태로 만든 후 -18°C 냉동고로 옮긴 경우(도 12, B) 과냉각 상태가 관찰되었으며, -5°C 까지 예비냉각한 다음 강하온도 단위를 -0.1°C 로 하여 과냉각한 경우 과냉각 현상이 더욱 뚜렷해졌다(도 12. C). 반면 -7

℃ 이하로 예비냉각을 실시한 결과 과냉각 상태가 발생하지 않고 바로 동결되었다(도 12. D). 따라서 최적 과냉각 유도를 위한 예비냉각 온도 조건은 -7 내지 -3℃로 판단되었다.

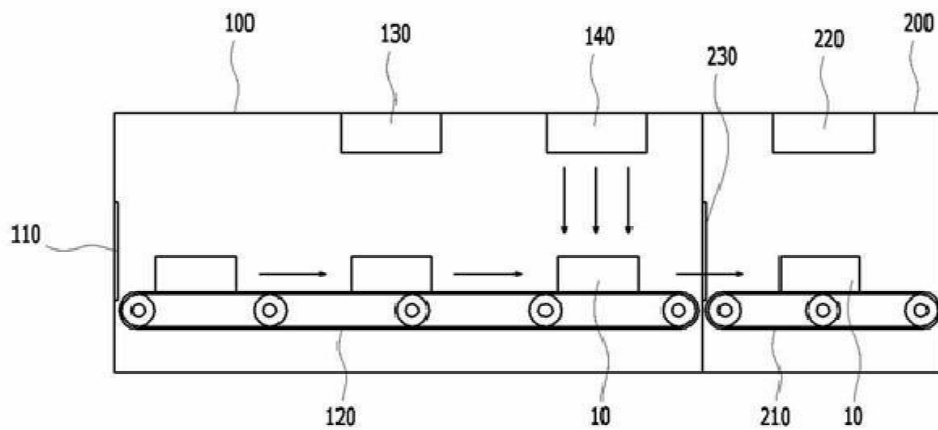
부호의 설명

[0153]

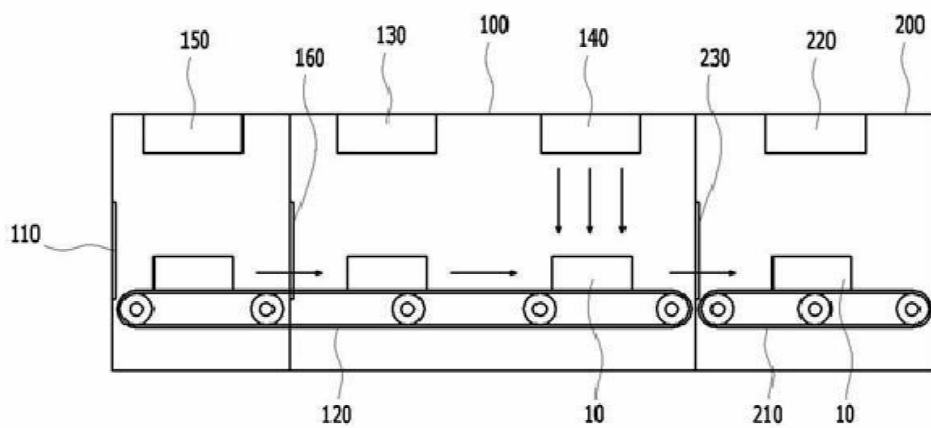
10: 식품	100: 냉각고
110: 제1 투입구	120: 제1 운송장치
130: 예비냉각장치	140: 빙핵형성장치
150: 제2 예비냉각장치	160: 개폐장치
200: 냉동고	210: 제2 운송장치
220: 급속동결장치	230: 제2 투입구

도면

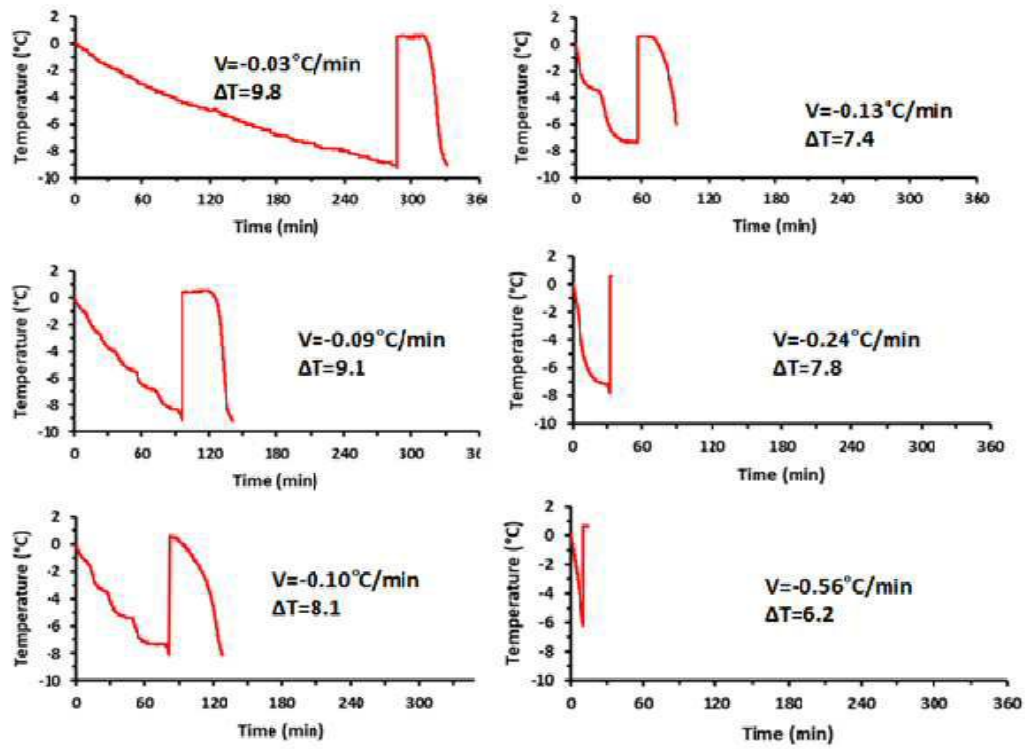
도면1



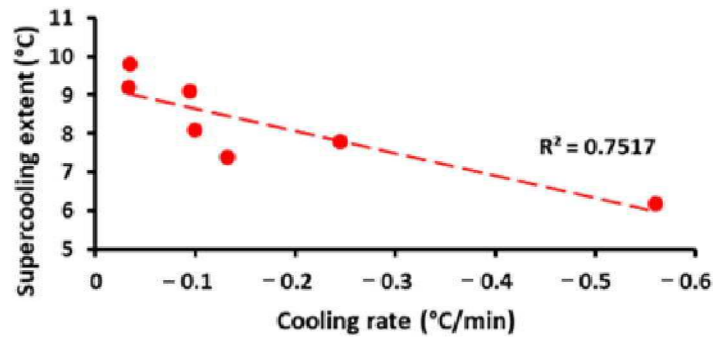
도면2



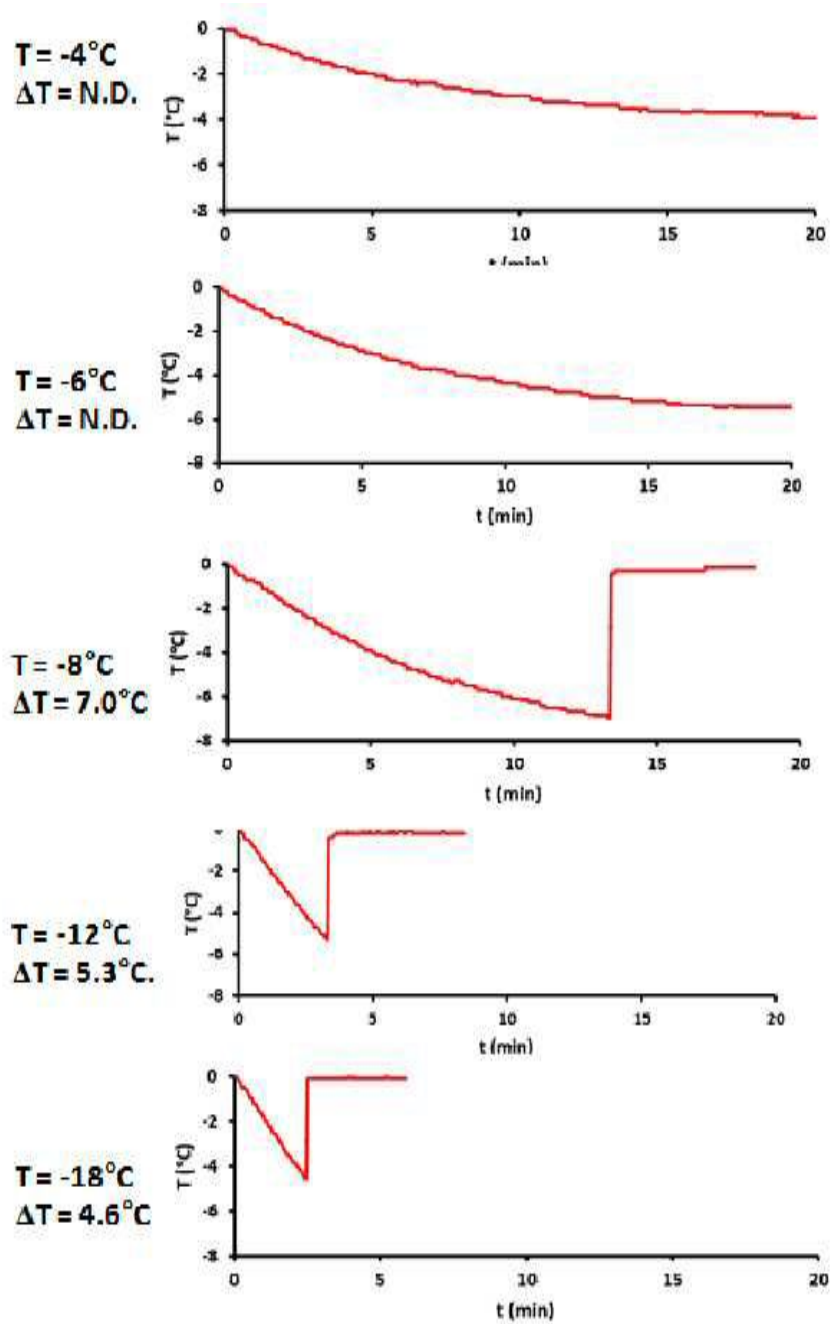
도면3



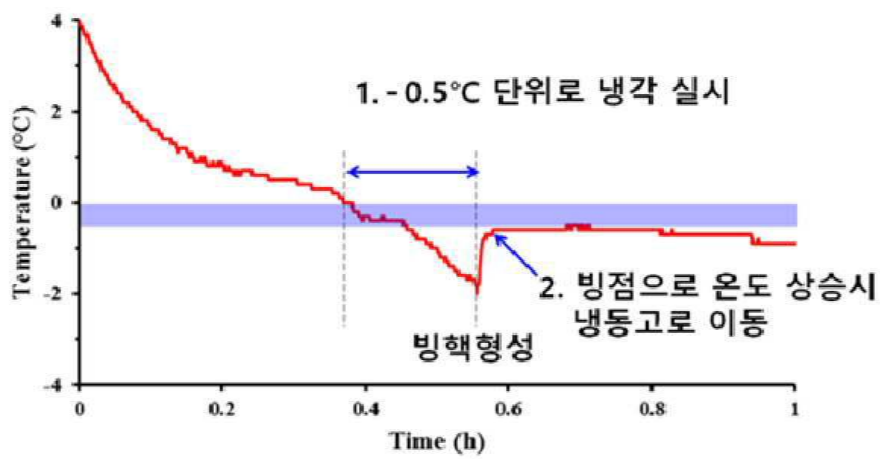
도면4



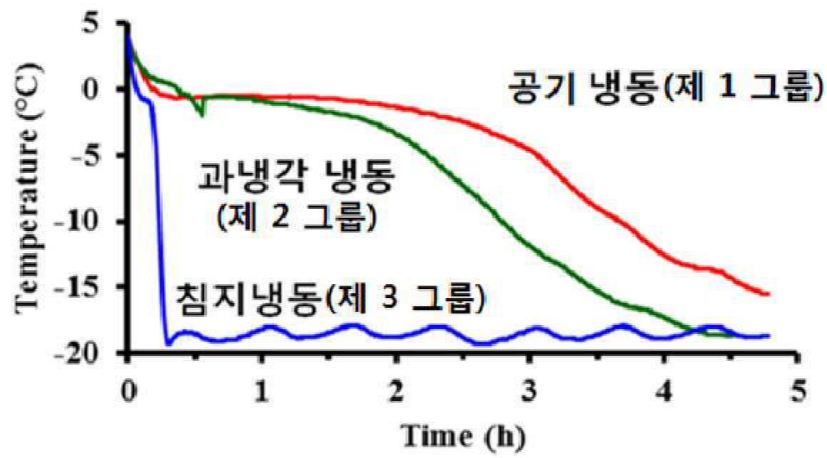
도면5



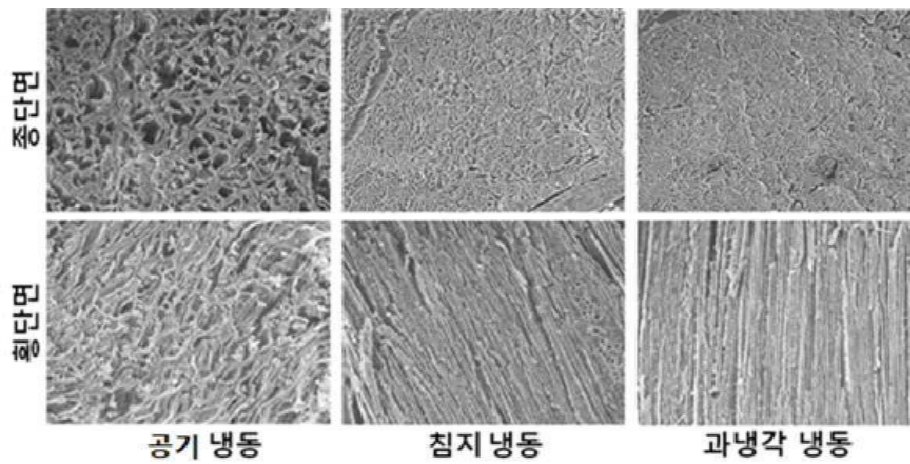
도면6



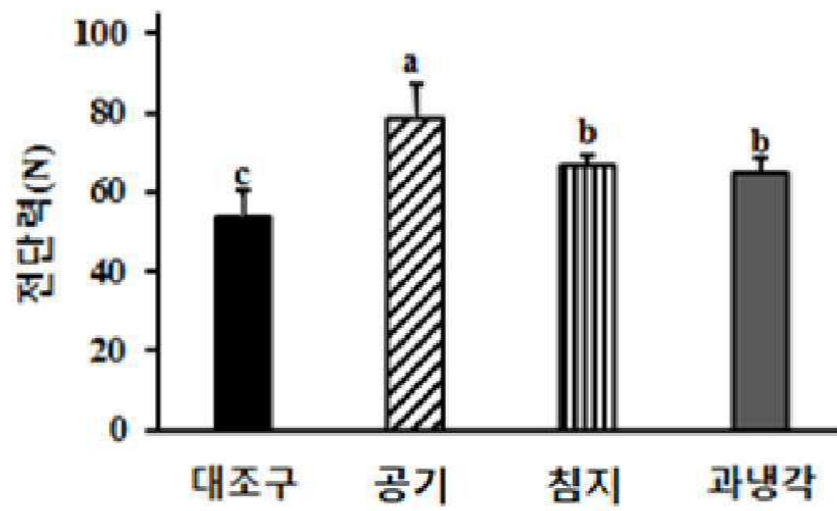
도면7



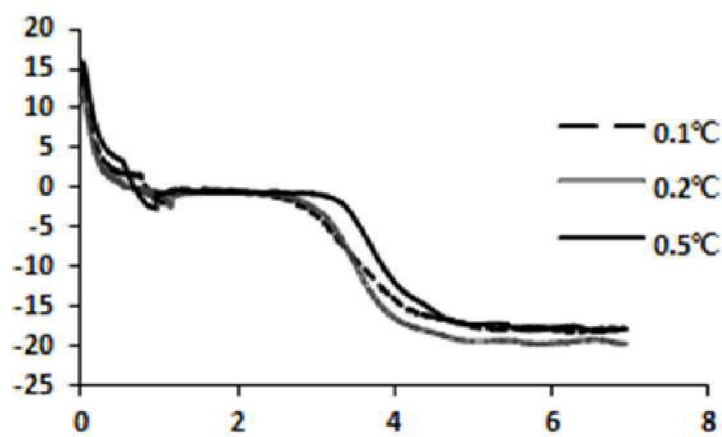
도면8



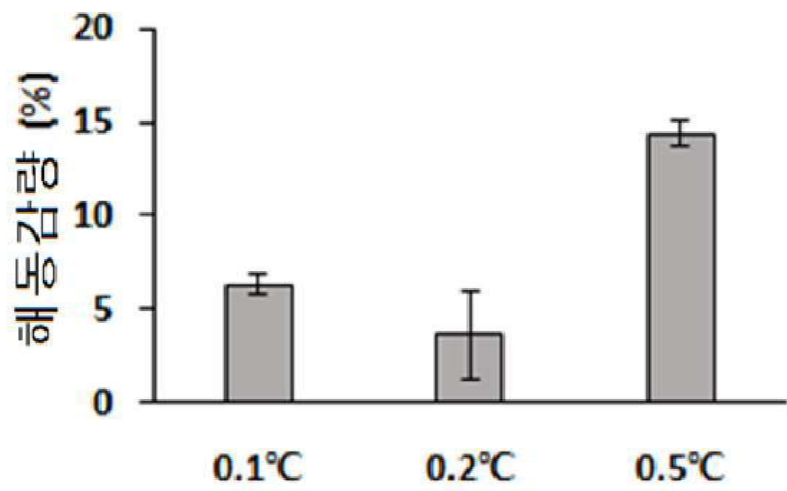
도면9



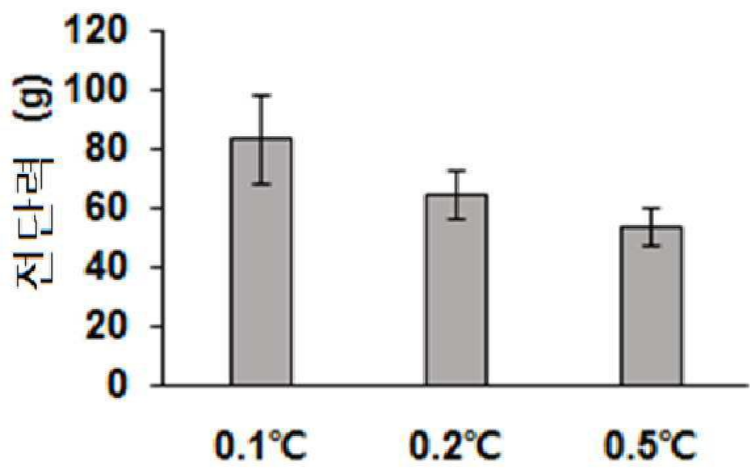
도면10



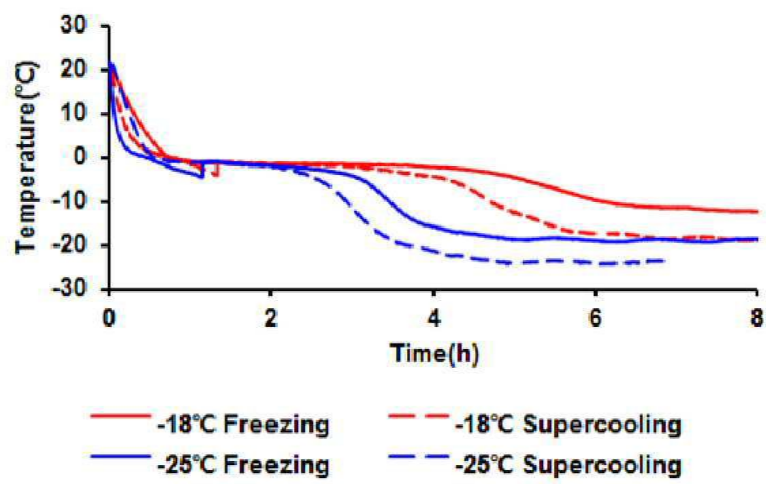
도면11



도면12



도면13



도면14

