

다양한 냉동 및 해동공정 조합이 표고버섯의 품질에 미치는 영향

심준보 · 조연지 · 최미정¹ · 민상기 · 유선미² · 천지연*

건국대학교 바이오산업공학과, ¹건국대학교 생명자원식품공학과, ²농촌진흥청 국립농업과학원 농식품지원부

Potential Combination of Various Freezing and Thawing Techniques Applicable for Frozen Storage of Mushroom (*Lentinula edodes*)

Jun-Bo Shim, Yeon-Ji Jo, Mi-Jung Choi¹, Sang-Gi Min, Seon-Mi Yoo², and Ji-Yeon Chun*

Department of Bioindustrial Technologies, Konkuk University

¹Department of Bioresources and Food Science, Konkuk University

²Department of Agro-food Resources, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration

Abstract

In this study, the potential of various freezing and thawing combinations was investigated for frozen storage of mushroom (*Lentinula edodes*). *Lentinula edodes* were sliced (5×5×50 mm) and then blanched in boiling water for 1 min. Samples were frozen by either natural air convection freezing (NCF, -24°C), air-blast freezing (ABF, -45°C), or liquid nitrogen freezing (LNF, -100°C). Frozen *Lentinula edodes* were thawed to a central temperature of 4°C using either flowing water thawing (FT, 10°C), microwave thawing (MT, 400 W), sonication thawing (ST, 40 kHz, 10°C), or natural air convection thawing (NT, 20±5°C). In LNF *Lentinula edodes*, MT showed the most rapid thawing within 2.5 min followed by ST (30 min), FT (37 min), and NT (75 min). Quality attributes were evaluated by thawing loss, texture (hardness), water content, water holding capacity, pH, and color. A combination of LNF and MT induced the lowest thawing loss among tested combinations of each freezing and thawing. Thawing loss of frozen *Lentinula edodes* by LNF method was the lowest by MT. pH values NT of ABF method were significantly higher than blanched *Lentinula edodes*. In our study, MT minimized the quality changes of frozen *Lentinula edodes* when it was combined with ABF or LNF.

Key words: mushroom, air blast freezing, liquid nitrogen freezing, thawing

서 론

신선편의 과채류 가공식품은 1980년 초부터 미국과 유럽을 중심으로 급격한 성장속도를 보이고 있는 소비 형태로서 이미 많은 제품과 연구가 발표되었다. 우리나라는 1990년대 후반부터 국민소득이 높아지고, 여성의 사회진출 및 1인 가구의 증가로 생활패턴 뿐만 아니라 식품 소비 패턴도 지속적으로 변화하고 있다(Kim et al., 2005). 외식의 횟수가 증가하고 집에서 간편하게 조리 가능한 냉동편의식품의 선호도가 증가하고 있다. 이에 따라 국내산 냉동식품에 대한 관심이 늘고 냉동식품산업이 활성화 되고 있다.

냉동처리하는 식품의 장기간 저장이나 유통 중에 물리적

및 영양적, 미생물적 품질보존에 효과적이며, 특히 육류나 수산물 식품군에 효과적인 공정이며, 최근에는 웰빙 문화로 인한 식생활 패턴변화로 과채류의 소비가 증가하고 있으며 가공법에 대한 연구가 진행 중이다. 이러한 소비 형태에 따라 냉동채소류 제품을 개발하는 연구도 늘고 있다(Yun et al., 1996). 그러나 식품의 냉동 시 물의 상변화로 인해 식품내의 조직들이 손상되어 품질이 저하 된다. 조직의 변성은 특히 얼음 결정 모양, 크기에 많은 영향을 끼친다. 재결정화 현상은 냉동시간이 길면 길수록 얼음결정의 크기는 정비례하며 커진다(Lee, 2013). 또한 과냉각에 의해 얼음결정의 모양이 결정됨으로 상변이 구간을 보다 짧고 결정의 모양을 최소화 하여야 조직의 손상이 최소가 된다. 따라서 액화 질소 분사 냉동, 고압 냉동 등 다양한 기술들이 개발되고 있다(Pham, 2014).

식품을 냉동하는데 있어 다양한 냉동 방법들이 있으며 Individual quick freezing(IQF), 강제송풍냉동방법, 극저온 냉동법 등이 있다. IQF는 각각 조각으로 잘려있는 과일, 채소, 고기 등의 식재료를 일반 냉동처리보다 낮은 온도로

*Corresponding author: Ji-Yeon Chun, Department of Bioindustrial Technologies, Konkuk University, 120 Neungdong-ro, Gwangjin-gu, Seoul 143-701, Korea
Tel: +82-2-450-3672; Fax: +82-2-450-1044
E-mail: chunjiyeon@konkuk.ac.kr
Received May 4, 2015; revised June 20, 2015; accepted June 25, 2015

(-30°C ~ -40°C) 강하게 바람을 불어줌으로 표면적이 넓어진 각 식재료들이 단시간에 냉동함으로써 강제로 찬 공기를 순환하는 강제송풍냉동방법의 단점을 보완한 냉동방법이다(Wilson & Singh, 1987). 초급속 냉동법은 액화질소나 dry ice 등의 냉매를 이용하여 -60°C 이하에서 냉동을 하는 방법이다. 급속도로 냉동함으로써 얼음의 결정 구조가 작아짐에 따라 조직 손상을 최소화 할 수 있다(Nispa et al., 2015). 그러나 액체질소나 dry ice의 냉매는 사용 후 회수가 불가능 하여서 운용비가 매우 많이 들기 때문에 경제적인 효율성이 낮은 문제가 있다.

일반적으로 냉동식품을 가공하기 위해서는 해동공정이 필요하다. 해동공정은 냉동공정 만큼 식품 품질에 영향을 미친다. 해동공정 시 일어나는 가장 큰 문제점은 해동 시 얼음이 물보다 열의 흡수가 더욱 빨라 표면이 먼저 해동되고 해동된 물이 열을 흡수하기 때문에 냉동식품의 중심부는 냉동상태로 존재하게 되고, 내부까지 열이 전달되는 것을 막게 된다. 그래서 해동시간이 길어짐에 따라 냉동식품의 drip loss가 커지는 문제점을 야기한다(Fennema et al., 1973). 또한 손상된 조직들의 유용성분들이 빠져나가 식감, 맛, 향미가 떨어지게 된다(Persson & Londahl, 1993). 이러한 문제점으로 인해 냉동 기술은 조직에 최대한 손상을 최소화하기 위해 개발되고 있는 실정이다. 더욱이 냉동공정은 생산자들이 막대한 자본 및 기술로 인해 실시하지만, 냉동식품의 특성상 해동은 소비자들의 몫이므로 동결에 대한 연구개발 보다 해동기술의 연구가 미비하다.

일반적으로 알려진 해동법으로는 자연해동, 유수해동, 마이크로파해동, 초음파해동 등이 있으며, 가정에서는 주로 전자레인지 이용한 마이크로파 해동법과 자연해동법을 사용한다. 자연해동의 경우 긴 시간이 소요되며, 미생물학적 오염이 나타날 수 있다. 이를 보완한 해동법이 유수해동이며, 열 전달율이 높은 물을 이용하여 비교적 단 시간에 해동을 하는 방법이다. 하지만 유수해동은 대부분 산업체에서 활용하며 가정에서는 장비문제 및 여건에 의해 어려울 수 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 내부까지 단시간에 열을 발생시킬 수 있는 마이크로파의 이용이 활용되며, 이에 20시간 이상 소요 되는 해동시간을 몇 분으로 단축시킬 수 있었지만, 가정에서는 다양한 식품군에 맞는 적절한 해동시간을 설정하기는 쉽지 않다. 또 다른 해동방법으로 초음파를 이용한 급속해동이다. 냉동식품에 30-60 MHz의 고주파를 통과시켜 냉동식품의 얼음과 물의 분자운동에 의한 발열에 의해 급속히 해동시키는 방법은 현재 사용되고 있는 해동법 중에서는 급속 해동할 수 있는 방법이다(Tong et al., 1993).

본 연구에서는 다양한 냉동방법(강제송풍식냉동, 극저온 냉동, 일반냉동)과 해동방법(자연해동, 유수해동, 초음파해동, 전자레인지해동)을 조합하여 처리한 후 표고버섯의 물리적 품질에 미치는 영향을 관찰하고, 표고버섯의 품질을

유지하는 가장 효과적인 냉·해동 공정을 탐색하는 것이 목적이었다.

재료 및 방법

재료 및 전처리

본 실험에서 사용한 표고버섯은 서울 화양동에 있는 이마트에서 구입하여 사용하였다. 구입한 표고버섯을 정형(1 cm × 1 cm × 5 cm, 약 5 g)하였으며, 100°C 끓는 물에 1분간 데치기를 실시한 후 물기를 충분히 제거한 다음 실험에 사용하였다.

냉동 및 해동

본 연구에서는 다양한 냉동 및 해동기술을 적용하였다. 첫번째 냉동기술은 강제송풍식냉동(air blast freezing, ABF)으로 (주)서진프리저에서 공급받은 강제송풍식냉동고(air blast freezer, SEOJIN, Korea)를 사용하였으며 fan에 의한 풍속은 2.5 m/s로 설정하였다. -45°C의 냉동고에 전처리 된 시료를 채반에 펼치고, 시료 중심부의 온도센서를 삽입하여 -12°C에 도달할 때까지 냉동처리 하였다. 두번째 냉동기술은 극저온냉동(liquid nitrogen freezing, LNF)으로 (주)현대 F.A에서 질소압력을 이용하여 액화질소가 분사되는 컨베이어 형태의 장치를 자체 제작하여 사용하였다. 컨베이어의 속도를 9.4 m/s 조절하였고, 장치의 내부온도가 약 -80°C에 도달하면 처리된 시료를 채반에 고르게 펼치고 시료에 중심부의 온도센서를 삽입하여 중심온도가 -100°C까지 냉동 공정을 실시하였다. 세번째 방법은 -24°C의 일반냉동고(CRFD-0621, Samsung, Korea)를 사용하여 냉동(conventional freezing)을 실시하였다. 세 가지 냉동방법으로 처리 된 각각의 시료는 60 g씩 개별진공포장 하여 -24°C에서 보관하였다.

해동공정은 자연해동법(natural air convection thawing, NT), 유수해동법(flowing water thawing, FT), 초음파해동법(sonication thawing, ST), 전자레인지해동(microwave thawing, MT)법으로 각각 실시하였다. 모든 해동은 시료의 중심부에 광센서(fiber optic temperature sensor, FISO, Technologies Inc., Canada)를 삽입하여 중심온도가 4°C가 될 때 종료하였다. 자연해동은 상온에서 방치 하였고, 유수해동은 냉동 처리된 시료 중심부에 온도센서를 삽입한 후 흐르는 물(4°C)에서 실행하였다. 초음파해동은 주파수 40 kHz 초음파세척기(SD-250H, Mujigae CO. LTD, Seoul, Korea)를 사용했고, 전자레인지해동은 전자레인지(KR-S340TC, DAEWOO, Korea)를 사용했으며 이 때 출력의 세기는 400 W로 설정하였다.

pH

5 g의 시료와 45 mL의 증류수를 혼합 후 호모믹서(Handy-

blender, CNHR26, BSH Hisini aparati d.o.o., Nazarje, Slovenia)를 이용하여 1분간 균질하였다. pH meter (S220 SevenCompact™ pH/Ion, Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland)를 이용하여 균질된 시료의 pH를 3회 반복하여 측정하였다.

색도측정

색도는 Chroma meter(CR-400, Konica Minolta, Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 명도(lightness)를 나타내는 L^* 값, 적색도(redness)를 나타내는 a^* 값 및 황색도(yellowness)를 나타내는 b^* 값을 3회 반복 측정하였다. 표준색은 $L^*=94.49$, $a^*=-0.66$, $b^*=3.32$ 인 calibration plate를 표준으로 사용하였다. 색도 변화는 데치기된 표고버섯과 처리구 표고버섯의 색도차를 다음과 같은 공식에 대입하여 값을 산출하였다. L^*_1 , a^*_1 , b^*_1 은 대조구의 색도를 나타내는 값이며, L^*_2 , a^*_2 , b^*_2 는 처리구의 색도를 나타낸다.

$$\text{Total color difference (DE}^*) = \sqrt{(L^*_1 - L^*_2)^2 + (a^*_1 - a^*_2)^2 + (b^*_1 - b^*_2)^2}$$

전단력

표고버섯의 전단력은 texture analyzer (CT3-1000, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middleboro, MA, USA)를 이용하여 3회 반복하여 측정하였다. 전단력의 측정 조건은 V형 plain probe, compression type, test speed 2.5 mm/s, target distance 15 mm, trigger load 650 g를 적용하여 측정하였다.

보수력

표고버섯의 보수력은 Wierbicki & Deatherage (1958) 방법을 변형하여 3회 반복 측정하였다. 원심분리관(W_2)에 건조된 거즈와 약 1 g (W_1)의 시료를 넣은 후, 4°C, 1,500 × g에서 10분간 원심분리기(Centrifugal separator, 1736R, Labogene, Seoul, Korea)를 이용하여 처리 하였다. 원심분리 후 시료를 제거한 원심분리관 무게(W_3)를 측정하여 아래의 식에 대입하여 보수력을 산출하였다.

$$\text{보수력(\%)} = \frac{W_1 - (W_3 - W_2)}{W_1} \times 100$$

W_1 : 표고버섯 시료 무게(g)

W_2 : 원심분리관 무게(g)

W_3 : 원심분리 후 시료를 제거한 후 무게(g)

해동감량

냉동 전 표고버섯의 무게(W_1)와 냉·해동 후 시료의 수분을 충분히 제거한 무게(W_2)를 다음과 같은 식에 대입하여 산출하였다. 각 처리조건에 따른 시료는 3회 반복 측정하였다.

$$\text{해동감량(\%)} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

W_1 : 냉동 전 표고버섯 무게(g)

W_2 : 냉·해동 후 표고버섯 무게(g)

통계분석

통계분석은 SAS 통계프로그램(Statistical Analytical System, USA) 프로그램(Ver.9.3)을 이용하였으며, 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 처리간의 차이 유무를 Duncan's Multiple range 검증하였다($p < 0.05$).

결과 및 고찰

냉동 및 해동

Fig. 1과 2는 다양한 처리에 따른 표고버섯의 냉동 및 해동곡선이다. Fig. 1에서 보듯이 가장 빠르게 중심온도가 -12°C로 도달된 냉동 방법은 LNF (1.5 min)이며 다음으로는 ABF (8 min)로 표고버섯을 급속냉동 한 반면에 가장 느린 냉동법은 CF (74 min)이다. LNF는 상변의 구간이 거의 존재하지 않으며 초당 1.1°C 속도로 표고 버섯을 냉동하였고, ABF는 CF에 비해 상변이 구간이 짧고 속도 또한 약 9배 정도 빠르게 냉동이 되었다. 이는 강제 순환장치에 의한 공기의 순환으로 단시간 내 냉동 된 것을 보여준다. 다양한 냉동방법으로 처리된 표고버섯을 4가지 해동방법으로 각각 해동한 결과는 Fig. 2와 같다. 모든 샘플은 0°C에 도달한 이후 급속하게 중심온도가 상승하였다. FT의 경우 급속냉동(ABF, LNF) 한 경우 저속냉동(CF) 처리한 샘플이 먼저 0°C에 도달하였다. 이와는 반대로 FT 경우에는 저속냉동 처리한 샘플이 먼저 0°C에 도달하고 그 뒤로 LNF, ABF 처리된 샘플이 뒤 따랐다. ST 경우 CF 및 ABF 처리된 샘플이 먼저, LNF 처리군이 가장 늦게 0°C에 도달했다. MT 경우 다른 해동법에 비해 월등히 해동속도가 빠르며,

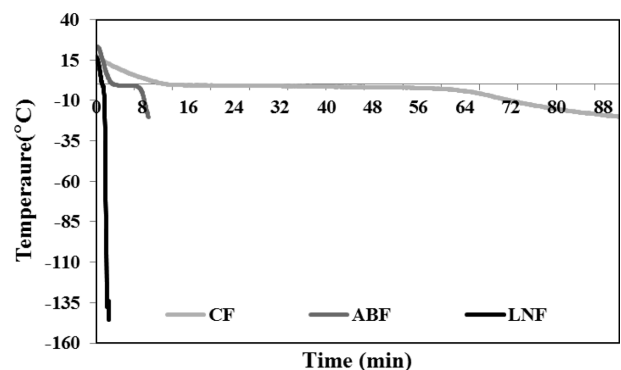


Fig. 1. Freezing curve of water blanched carrot (LNF: Liquid nitrogen freezing, ABF: Air blast freezing, CF: Conventional freezing).

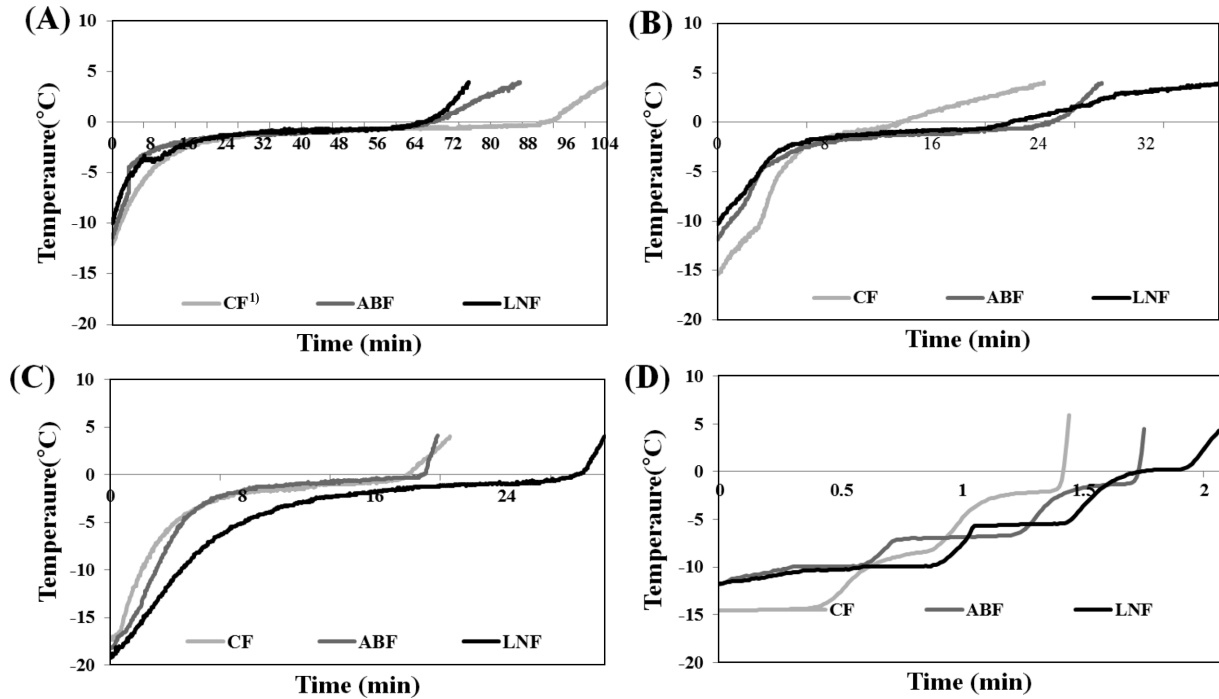


Fig. 2. Thawing curve according to thawing methods. (A) Natural air convection thawing, (B) Flowing water thawing, (C) Sonification thawing, (D) Microwave thawing. ¹⁾CF: Conventional freezing, ABF: Air blast freezing, LNF: Liquid nitrogen freezing.

CF, ABF, LNF 순으로(1.5, 1.7, 2 min) 0°C에 도달했다. NT 경우 다른 해동법 비해 가장 늦게 해동되었고, 다른 해동법과 달리 급속냉동 한 샘플이 저속냉동 한 샘플보다 먼저 0°C에 도달했다. FT와 ST는 거의 비슷한 속도로 샘플을 해동하였으며 MT와 마찬가지로 급속냉동 한 샘플이 저속냉동 한 샘플보다 늦게 0°C에 도달하였다. NT보다 FT의 속도가 월등히 빠른 것은 상온의 공기보다 흐르는 물(4°C)이 열전도도가 높기 때문이며(Lee et al., 2007), ST 경우 초음파의 음파에 의해 생기는 압력과 공동현상(cavitation)을 이용하게 되는데, 식품에 수많은 진동과 기포들을 형성하여 생기는 에너지들을 식품 내부까지 효과적으로 침투시킴으로써 해동속도를 높이고(Grosso, 1973; Dushaw et al., 1993), MT 경우 전기에 의해 마이크로파가 방출되어 식품안의 물 분자의 운동에너지를 증가시킴으로서 해동시간을 단축하는 효과를 보이게 된다(Zielinski et al., 2015).

해동감량

다양한 냉동방법으로 처리 한 후 여러 가지 해동방법으로 해동 후 해동감량을 측정 한 결과는 Fig. 3과 같다. 다양한 냉동방법이 표고버섯에 미치는 영향을 관찰했을 때, 각각 다른 냉동법(CF, ABF, LNF)으로 처리된 표고버섯의 해동감량은 NT했을 때 가장 높은 값(20.9%, 15.7%, 13.4%)을 보였으며, ST 혹은 MT했을 때 전반적으로 낮은 해동감량을 나타냈다. 또한 같은 해동방법으로 처리한 결과 CF 혹은 ABF로 냉동처리 된 샘플의 유의적으로 해동감량이 높

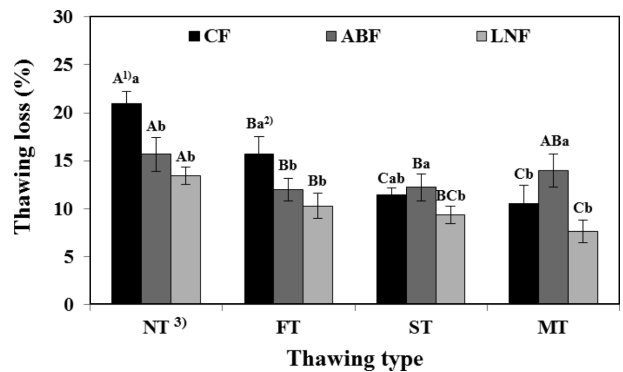


Fig. 3. Effect of different freezing and thawing methods on thawing loss of mushroom (All samples were frozen until -12°C (ABF, NF), -100°C (LNF) and thawed until 4°C of sample's core temperature).

¹⁾A-C Means with different superscript letters within same freezing type are significantly ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test. ²⁾a-b Means with different superscript letters within thawing method are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test. LNF: Liquid nitrogen freezing, ABF: Air blast freezing, CF: Conventional freezing, NT: Natural air convection thawing, FT: Flowing water thawing ST: Sonification thawing, MT: Microwave thawing.

았으며($p < 0.05$), LNF로 처리했을 때 모든 해동방법(NT, FT, ST, MT)에서 각각 유의적으로 가장 낮은 해동감량(13.4%, 10.3%, 9.3%, 7.6%)을 보였다. 일반적으로 냉동속도가 빠를수록 빙결정은 작게 형성 되고, 세포의 손상과 탈수가 적어, 해동처리 동안 수분 뿐만 아니라 영양성분이

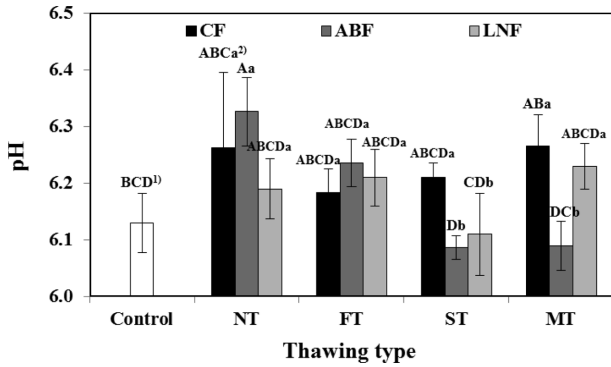


Fig. 4. Effects of different freezing and thawing method on pH of mushroom (All samples were frozen until -12°C (ABF, NF), -100°C (LNF) and thawed until 4°C of sample's core temperature).

^{1)A-D}Means with different superscript letters within all sampels are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test. ^{2)a-b}Means with different superscript letters within same thawing method are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test. LNF: Liquid nitrogen freezing, ABF: Air blast freezing, CF: Conventional freezing, NT: Natural air convection thawing, FT: Flowing water thawing ST: Sonification thawing, MT: Microwave thawing.

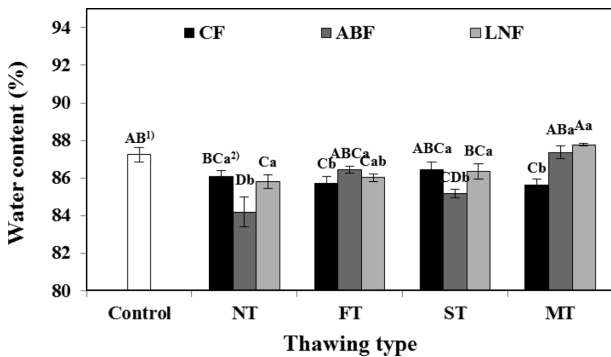


Fig. 5. Effects of different freezing and thawing method on water content of mushroom (All samples were frozen until -12°C (ABF, NF), -100°C (LNF) and thawed until 4°C of sample's core temperature).

^{1)A-D}Means with different superscript letters within all samples are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test. ^{2)a-b}Means with different superscript letters within same thawing method are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test. LNF: Liquid nitrogen freezing, ABF: Air blast freezing, CF: Conventional freezing, NT: Natural air convection thawing, FT: Flowing water thawing ST: Sonification thawing, MT: Microwave thawing.

유출되는 것을 막거나 지연하는 효과가 있다(Lee et al., 2015). 다시 말해서 상변이 구간이 월등하게 길었던 CF는 표고버섯 조직이 손상 되어 해동 시 많은 양의 수분 및 영양소들이 빠져 나가는 것으로 사료된다.

보수력

다양한 냉동 및 해동 처리 후 표고버섯의 보수력을 관찰

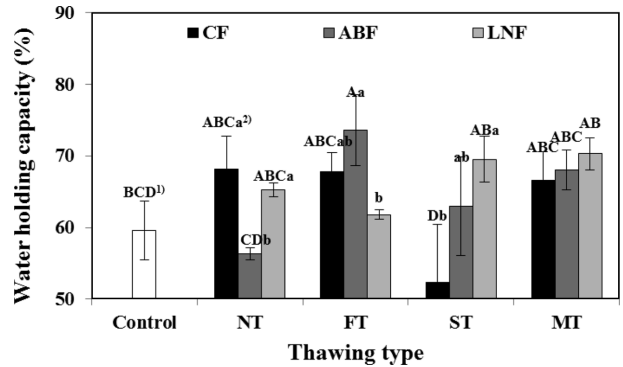


Fig. 6. Effects of different freezing and thawing method on water hold capacity of mushroom (All samples were frozen until -12°C (ABF, NF), -100°C (LNF) and thawed until 4°C of sample's core temperature).

^{1)A-D}Means with different superscript letters within all samples are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test. ^{2)a-b}Means with different superscript letters within same thawing methods are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test. LNF: Liquid nitrogen freezing, ABF: Air blast freezing, CF: Conventional freezing, NT: Natural air convection thawing, FT: Flowing water thawing ST: Sonification thawing, MT: Microwave thawing.

한 결과는 Fig. 6과 같다. ABF-FT 처리했을 경우 보수력(73.6%)은 대조구(59.6%)보다 유의적으로 높았으며 ($p < 0.05$), 샘플 중 가장 높게 측정되었다. 반면에 CF-ST인 경우 가장 낮은 보수력(52.4%)을 나타냈다. 또한 MT처리했을 때 냉동방법에 따른 유의적 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$). 표고버섯의 보수력을 측정한 결과 각 냉동법에 따라 효과적인 해동법이 있음을 알 수 있었으며, 대체적으로 급속냉동과 급속해동 중 하나만 했을 경우 보다는 두 처리공정을 모두 했을 때 보수력이 높은 것으로 나타났으며, CF 혹은 NT와 같은 저속냉동 및 저속해동을 한 경우 보수력이 낮게 측정되었다. 채소 및 육류의 보수력은 냉동 및 해동 처리동안 세포벽 손상, 조직의 변성 등에 의해 감소되는 것이 일반적이다. Jang (2015)연구에서도 양파를 냉동 및 해동한 경우 blanching한 시료보다 유의적으로 감소하는 결과를 나타냈다($p < 0.05$).

전단력

냉동표고 버섯의 전단력을 측정한 결과는 Fig. 7와 같다. FT 해동인 경우 모든 냉동법에 대해서 높은 값을 보이며, 대조구와도 유의적 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). ABF-NT, MT 혹은 LNF-NT, MT인 경우 대조구 보다 유의적으로 경도가 낮아짐을 보였다($p < 0.05$). FT 혹은 ST인 경우 냉동방법에 따른 유의적 차이를 보이지 않으며($p > 0.05$) 다른 해동법에 비해 냉동방법에 따른 영향을 덜 받는 것으로 나타났다. 반면에 NT 및 MT경우 CF처리한 샘플이 ABF 혹은 LNF 처리한 샘플보다 경도가 유의적으로 높다. 전자 레인지 해동이 다른 처리군 보다 낮아지는 경향은 전자레

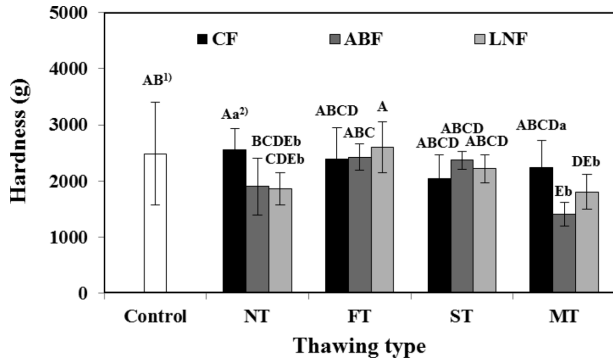


Fig. 7. Effects of different freezing and thawing method on hardness of mushroom.

^{1)A-E}Means with different superscript letters within all sampels are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test. ^{2)a-}
^bMeans with different superscript letters within same thawing method are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test. LNF: Liquid nitrogen freezing, ABF: Air blast freezing, CF: Conventional freezing, NT: Natural air convection thawing, FT: Flowing water thawing ST: Sonification thawing, MT: Microwave thawing.

인지가 균일하지 않게 열을 받아 일부분이 시료가 가열됨으로 조직의 연화가 된 것으로 사료된다. 일부 연구는 냉동식품은 신선한 식품에 비해 경도가 감소한다고 보고되어진다. 그 이유로는 얼음 결정의 형성에 의한 발생이 경우, 조직 손상에 기인하기 때문이다(Jang, 2015). 채소류의 전처리 및 다양한 가공공정에서 가장 중요하게 고려 할 특성은 조직감 변화 이다. 버섯은 다른 과일 및 채소에 비해 수확 후에 호흡 및 대사 작용으로 인한 중량감소 및 변색

등이 잘 일어나기 때문에 저장 및 가공 전에 blanching를 반드시 해주어야 하는 채소 중 하나이다(Choi & Kim, 2013). 본 연구에서는 조직감 변화를 방지하기 위해 표고버섯을 냉동처리 전 water-blanching 처리하여 조직의 연화를 방지하는 효과를 기대했으며, Lee et al. (2013) 연구에서도 동결 전에 다양한 채소를 각각 적정 조건으로 blanching 한 처리가 조직의 부피, 밀도 및 중량의 변화뿐만 아니라 세포 구조를 변화시켜 장기저장 하는데 있어서 조직감을 유지하는데 효과적이라고 했다.

pH

다양한 냉동 및 해동방법으로 처리된 표고버섯의 pH는 Fig. 4와 같다. 모든 냉동과정에서 NT 했을 때 pH가 증가하는 경향을 보이나 유의적 차이를 나타내진 않았다 ($p>0.05$). ABF 처리 후 NT 및 FT한 경우 ST와 MT처리한 샘플보다 유의적으로 pH가 낮은 것으로 측정되었다 ($p<0.05$). 그러나 대조구(blanched samples)와 유의적 차이를 보이지 않는다($p>0.05$). LNF처리는 다른 냉동방법에 의해 해동방법과 상관없이 pH변화에 안정적인 것으로 관찰되었다. 일반적으로 채소에 함유된 glutamic acid은 가열하면 열에 의해 pyrrolidone carboxylic acid ($C_5H_7NO_3$) 쉽게 생성되며 이는 pH를 감소시킨다(Clydesdale et al., 1972). 그러나, 본 연구에서는 생시료(pH 5.27) 보다 water-blanching 후에 pH가 유의적으로 증가하는 경향을 보였으며($p<0.05$), Jaworska & Bernas (2010)의 연구에서도 *Boletus edulis* mushrooms을 water-blanching한 경우 pH가 약간 증가하는 경향을 보였으며, 더욱이 버섯의 머리 부분과 줄기 부분이 각

Table 1. Effects of different freezing and thawing method on total color difference of mushroom

Freezing system	Thawing system	Lightness	Redness	Yellowness	Total color difference
	Control	78.66±4.15 ^{ABCD3)}	-0.91±0.53 ^C	13.6±2.06 ^D	
CF ²⁾	NT ¹⁾	77.3±2.22 ^{ABCDb4)}	-0.78±0.37 ^{BC}	16.11±1.39 ^{Aa}	3.53±1.47 ^A
	FT	75.26±2.71 ^{BCDb}	-0.47±0.54 ^{ABCb}	13.67±1.48 ^{CDb}	3.93±2.37 ^{AB}
	ST	77.3±2.1 ^{ABCDb}	-0.51±0.83 ^{ABC}	14.84±1.77 ^{ABCa}	2.74±1.94 ^{AB}
	MT	78.01±1.61 ^{ABCDa}	-1.03±0.54 ^{Cc}	14.02±1.35 ^{BCDb}	1.96±1.04 ^{Bb}
ABF	NT	80.55±2.25 ^{ABa}	-0.67±0.45 ^{BC}	15.11±1.75 ^{ABCa}	3.33±1.59 ^{AB}
	FT	80.62±2.35 ^{ABCa}	-0.54±0.44 ^{ABCb}	14.03±1.67 ^{BCDb}	3.1±1.53 ^{AB}
	ST	80.98±2.03 ^{Aa}	-0.85±0.29 ^C	15.75±1.34 ^{ABa}	3.67±1.45 ^A
	MT	76.3±1.25 ^{CDb}	-0.42±0.34 ^{ABCb}	14.62±1.08 ^{ABCDb}	2.79±1.34 ^{ABab}
LNF	NT	77.71±3.85 ^{ABCDb}	-0.95±0.31 ^C	13.4±0.95 ^{CDb}	3.63±1.42 ^A
	FT	77.4±2.60 ^{ABCDb}	0.36±0.65 ^{Aa}	15.94±1.96 ^{ABa}	3.78±2.18 ^A
	ST	75.03±1.76 ^{Dc}	-0.83±0.54 ^C	13.43±1.12 ^{CDb}	3.88±1.58 ^{AB}
	MT	79.55±1.98 ^{ABCDa}	0.31±0.69 ^{ABa}	16.07±1.52 ^{ABa}	3.61±1.23 ^{ABa}

¹⁾Thawing was finished at 4°C of core temperature of sample (NT: Natural air convection thawing, FT: Flowing thawing, ST: sonification thawing, MT: Microwave thawing).

²⁾Freezing was done at -12°C of core temperature of sample (CF: Conventional freezing, ABF: Air blast freezing, LNF: Liquid nitrogen freezing)

^{3)A-D}Means with different superscript letters in a row are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

^{4)a-c}Means with different superscript letters within different thawing method at same freezing system are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

각 pH가 다름을 관찰하였다.

수분함량

표고버섯의 수분함량은 생시료가 91.7%, 대조구인 water-blanching된 버섯은 87.2%로 측정되었다. 전처리 후 다양한 냉동 및 해동방법에 따른 표고버섯의 수분함량은 유의적인 변화경향을 나타내지 않았다(Fig. 5)($p>0.05$). 모든 처리구 중에서 ABF-NT 조합에서 가장 낮은 수분함량(84.2%)을 보였고, LNF-MT 조합에서 가장 높은 수분함량(87.8%)이 측정되었다. 전체적으로 MT 처리한 경우 수분함량이 전반적으로 평균 약 86%으로 높은 값을 보였고, 급속냉동 한 경우 저속 냉동보다 유의적으로 높은 수분함량을 보였다($p<0.05$). 빠른 냉동속도와 해동속도로 처리하는 경우 식품의 조직의 변성 등을 최소화 하여 상대적으로 높은 수분함량을 나타내는 것으로 사료된다.

색도

전처리 및 냉·해동 처리된 표고버섯의 색도 관찰은 결과는 Table 1과 같다. Lightness 경우 대조구와 처리구간의 유의적인 차이가 나타나지 않았다. Redness는 LNF-FT와 LNF-MT 조합으로 처리한 샘플만 0.36, 0.31 각각 나타내며 대조구 보다 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). Yellowness 경우, CF 혹은 ABF 냉동법으로 처리된 샘플을 NT 혹은 ST로 처리한 경우, LNF처리한 샘플은 FT, MT처리했을 때 유의적으로 대조구 보다 증가하였고($p<0.05$) 이는 표고버섯이 냉동방법보다 해동방법에 영향을 받는 것으로 사료된다. 총 색도 변화를 계산한 결과 샘플간의 유의적 차이를 나타내지 않았다. 한국식품정보원에 따르면 hunter color system의 색을 표현하는 색차 지수값이 3.0-6.0은 현저한 차이, 6.0-12.0은 극히 현저한 차이를 나타내고 12 이상은 다른 계통의 색으로 변색된 것으로 나눌 수 있다고 보고하였는데, 본 연구에서는 최저 1.96에서 최고 3.93의 총 색도 값을 나타낸 것으로 보아 전체적으로 약간 색이 변한 것으로 판단한다.

요 약

본 연구는 다양한 냉동방법(강제송풍식냉동, 극저온냉동, 일반냉동)과 해동방법(자연해동, 유수해동, 초음파해동, 전자기해동)을 조합하여 처리했을 때 표고버섯의 물리적 품질에 미치는 영향을 관찰하고, 표고버섯의 품질을 유지하는 가장 효과적인 냉·해동 공정을 탐색하는 것이 목적이었다. 급속냉동법(강제송풍식냉동, 극저온냉동)으로 처리한 경우 표고버섯의 해동감량, 보수력, 수분함량은 큰 변화 없이 품질을 유지 하는데 효과적인 것으로 관찰되었다. 특히 보수력은 저속냉동(일반냉동) 및 저속해동(자연해동) 처리의 유무가 영향을 미치는 것으로 나타났다. 전단력의 경우

냉동방법에 의한 영향보다, 전처리 및 해동방법에 더 영향을 받는 것을 판단된다. pH 및 색도는 냉동방법 및 해동방법에 따라 거의 차이가 없는 것으로 관찰되었다. 표고버섯의 물리적 특성을 효과적으로 유지 할 수 있는 처리 조합은 급속냉동(극저온냉동) 및 급속해동(유수해동, 초음파해동, 전자기해동)을 한 경우이며, 또한 유지하고 하는 물리적 특성에 따라 냉동 및 해동방법을 다양하게 조합하여 처리한다면, 식품의 품질을 보존하는데 더욱 효과적일 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청의 연구비 지원(과제번호 PJ009440)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

References

- Choi MH, Kim GH. 2013. Quality changes in oyster mushrooms during modified atmosphere storage as affected by temperatures and packaging materials. *Korea J. Food Sci. Technol.* 35(6): 1079-1085
- Clydesdale FM, Lin YD, Francis FJ. 1972. Formation of 2-pyrrolidone-s-carboxylic acid from glutamine during processing and storage of spinach puree. *J. Food Sci.* 37: 45-47.
- Dushaw BD, Worcester PF, Cornuelle BD, Howe BM. 1993. On equations for the speed of sound in seawater. *J. Acoust. Soc. Am.* 93: 255-275.
- Fennema OR, Powrie WD, Marth EH. 1973. Low-temperature preservation of foods and living matter, Food Science Series. Marcel Dekker, Inc., New York, NY, USA 3: 598.
- Grosso D. 1973. Tables of the speed of sound in open ocean water (with Mediterranean sea and red sea applicability). *J. Acoust. Soc. Am.* 53: 1384-1401.
- Jang MY. 2015. Changes in physicochemical and nutritional characteristics of onion by freezing and thawing conditions. MS. thesis, Konkuk Univ., Seoul, Korea.
- Jaworska GY, Bernas E. 2010. Effects of pre-treatment, freezing and frozen storage on the texture of *Boletus edulis* (Bull. Fr.) mushrooms. *Int. J. Refrig.* 33: 877-885.
- Kim JY, Kwon IK, Ha SY, Hong CH. 2005. Change of contamination level of *Listeria* spp. during the processing environments in Kimbab restaurants. *J. Food Hyg. Safety* 20: 232-236.
- Kum JS. 1998. Effects of height for microwave defrosting on frozen food. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr* 27: 109-114.
- Lee HE, Lim CI, Do KR. 2007. Change of characteristics in red pepper by various freezing and thawing methods. *Korean J. Food Preserv.* 14: 227-232.
- Lee HO. 2013. Changes in the quality of frozen vegetables during storage. *Korean J. Food Preservation* 20(3): 296-303.
- Nispa S, Nattawut L, Chaiwut G, Pawadee M, Asira F. 2015. Effect of cryogenic freezing on textural properties and microstructure of rice flour/tapioca starch blend gel. *J. Food Eng.* 151: 51-59.
- Persson PO, Londahl G. 1993. Freezing technology. In *Frozen*

- Food Technology. Mallett CP, ed. Blackie Academic & Professional, Glasgow, UK. 20-58.
- Pham QT. 2014. Freezing time formulas for foods with low moisture content, low freezing point and for cryogenic freezing. *J. Food Eng.* 127: 85-92.
- Tong CH, Lentz RR, Lund DB. 1993. A microwave oven with variable continuous power and a feedback temperature controller. *Biotechnol. Prog.* 9: 488-496.
- Wilson HA, Singh RP. 1987. Numerical simulation of individual quick freezing of spherical foods. *Int. J. Refrig.* 10: 149-155.
- Wierbicki E, Deatherage RE. 1958. Determination of water-holding capacity of fresh meats. *J. Agr. Food Chem.* 6: 387-392.
- Yun SH, Yoon JY, Lee SR. 1996. Retail distribution temperature and quality status of fried-frozen Korean meat ball products. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 657-662.
- Zielinska M., Sadowski P., Blaszcak W. 2015. Freezing/thawing and microwave-assisted drying of blueberries. *LWT-Food Sci. Technol.* 62: 555-563.