

수비드 현미밥의 최적 레시피와 노화도 분석

손춘영 · 고은아* · †신원선**

동남보건대학교 식품영양학과 부교수, *한양대학교 식품영양학과 석사, **한양대학교 식품영양학과 교수

Optimization of Sous-Vide Brown Rice and Its Retrogradation Properties

Chun Young Sohn, Eun A Ko* and †Weon Sun Shin**

Associate Professor, Dept. of Food and Nutrition, Dongnam Health University, Suwon 16328, Korea

*Master, Dept. of Food and Nutrition, Hanyang University, Seoul 04763, Korea

**Professor, Dept. of Food and Nutrition, Hanyang University, Seoul 04763, Korea

Abstract

Brown rice has various health benefits; however, it is more difficult to cook and has a harder texture as compared to milled rice. In this study, the effect of the sous-vide cooking method on starch retrogradation and textural properties of brown rice was investigated by comparative analysis with conventionally cooked brown rice based on moisture content assay, evaluation of the textural property analysis, and differential scanning calorimetry (DSC). The results of the study are as follows: First, the moisture content of sous-vide cooked brown rice was higher than in the conventionally cooked brown rice. Second, the sous-vide cooked brown rice has lower hardness, higher adhesiveness, and lower retrogradation enthalpy during storage than conventionally cooked brown rice. Finally, the retrogradation properties of cooked brown rice during storage were analyzed by DSC. The enthalpy increased more rapidly in the case of conventional cooked brown rice, reaching 1.58 J/g after 3 days of storage. This indicated that sous-vide cooking is effective in preventing retrogradation of rice during storage.

Key words: brown rice, sous-vide, retrogradation, adhesiveness, differential scanning calorimetry

서 론

수비드 조리법은 열 안정성을 가진 진공 파우치에 온도와 시간이 조절된 조건하에서 원재료 또는 반조리 식품에 열처리 하는 것을 말한다(Schellekens M 1996). 수비드 조리법은 밀봉된 진공 파우치 내의 식품에 저온 살균 열 공정을 적용하는 것으로 일반적으로는 장시간에 걸쳐 65-95℃의 비교적 약한 온도를 이용하여 가열 조리한 후에 1-4℃ 범위의 저온에서 저장 관리하게 된다(Nyati H 2000). 수비드 조리 가공 방식은 관능적 품질을 향상시키고 장기적인 저장 안정성을 갖는다는 것이 장점이라 할 수 있다(Jang & Lee 2005; Baldwin DE 2012). 이러한 잇점을 활용하여 다양한 재료를 이용한 수비드 조리법 연구로는 갈비찜(Kim KM 2009), 닭찜(Jeong JH

2011), 사태찜(Oh JE 2013), 도미 필레(Andrés-Bello 등 2009), 연어 슬라이스(González-Fandos 등 2005) 등 육류 및 생선류와 당근(Tansey 등 2010), 완두콩(Iborra-Bernad 등 2014) 등을 이용한 연구가 있다. 수비드 제품의 조리법에 따른 재료의 품질 변화에 대한 연구(Espinosa 등 2015; Gonnella 등 2018; Ji 등 2019)가 있으며, 최적 품질 조건을 위한 연구(Choung & Joo 2018)가 있다.

쌀은 오랫동안 우리나라를 비롯하여 전 세계 인구의 절반 이상이 주식으로 하는 필수적인 식품이라 할 수 있다(Dhital 등 2015). 우리나라 1인당 쌀 소비량은 2012년 69.8 kg에서 2017년 61.8 kg, 2022년 56.7 kg으로 해마다 감소하고 있는 반면, 소비자의 건강에 대한 관심이 높아지고 식품의 고급화, 다양화 추세에 따라 건강식품, 기능성 식품의 수요가 증

† Corresponding author: Weon Sun Shin, Professor, Dept. of Food and Nutrition, Hanyang University, Seoul 04763, Korea. Tel: +82-2-2220-4204, Fax: +82-2-2220-1856, E-mail: hime@hanyang.ac.kr

가하면서 여러 생리활성 물질과 기능성 성분을 함유한 현미와 잡곡의 소비량은 오히려 증가하는 것으로 나타났다(Korean Statistical Information Service 2023).

현미는 주피, 씨코트 및 알류론, 세균 및 내배엽으로 구성되어 있으며, 백미에 비해 단백질, 지방, 섬유질, 회분, 비타민 및 무기질 등의 영양소를 많이 함유하고 있으며(Srisook & Naivikul 2003), 또한 현미의 외층은 페놀 화합물, 피토스테롤, 토클 및 카로티노이드 등의 생체 활성 화합물을 함유하고 있어(Gani 등 2012), 혈당 조절, 콜레스테롤 저하, 혈압 상승 억제 등 만성질환에 대한 예방 효과를 포함하여 건강에 많은 유익한 효과를 가지고 있다고 할 수 있다(Slavin J 2004; Min 등 2014). 이러한 현미의 장점에도 불구하고 도정된 쌀에 비해 식감이 거칠고 조리 시간이 길다는 단점이 있으며, 쌀의 많은 부분을 차지하는 전분이 특히 저온에서 노화가 빠르게 진행되고 냉장온도에서 몇 시간이 지나면 쉽게 굳어지는 특성이 있다(Chen 등 2015; Moon 등 2022). 밥의 스톨링(staling), 즉 전분의 노화는 밥의 경도를 증가시키고 접착력을 저하시켜 밥의 유통기한을 단축시키는 문제점이 있다(Yu 등 2010). 이러한 현미의 취반 특성 및 식미를 개선하기 위한 연구로는 발아현미를 이용한 현미밥이 수분흡수율, 부피팽창율이 증가하였고 탄력성과 찰기를 증가시켜 식감이 개선되었다고 하였으며(Cho 등 2017), 현미의 과피층을 부분적으로 도정하여 수분 흡수 속도를 증가시키거나(Kim 등 2012), 현미의 발아, 건조 과정에서 균열을 가해 취반시 수분 침투를 용이하게 한 연화 현미 개발 연구(Kim YH 2005)와 곡류 혼합비를 최적화하여 현미밥의 식미를 향상한 연구(Han 등 2012)가 있다. 또한, Kim 등(1996)은 수분 함량별 밥의 노화 속도를 분석하여 경도는 수분함량이 높을수록 작아졌고, 노화속도는 4°C보다 20°C에서 약 1.4배 늦어진다고 하였으며, 침지온도별 조직감의 차이에서는 수분 흡수가 23°C에서 초기 30분에 빠르게 일어나는 것으로 나타났고(Kim MH 1992), 일반 전기밥솥보다 압력밥솥 취반시 높은 호화도를 나타내었다(Park 등 1997). 그러나 쌀을 이용한 수비드 조리법의 연구로는 찹쌀을 이용한 Kim HJ(2013)의 연구가 있으나 아직은 이 분야의 연구는 부족한 실정이라 할 수 있다. 코로나 19 이후 소비자들의 생활패턴의 변화 중 하나로 간편식에 대한 선호도가 높아지면서 즉석밥을 비롯한 즉석조리식품의 시장이 크게 증가하고 있다(Food Information Statistics System 2023). 이에 본 연구에서는 수비드 현미밥의 최적 레시피와 노화 특성을 분석함으로써 가정간편식 선호 증가에 따른 즉석밥의 새로운 제품개발에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 연구에서 사용된 현미(*Oryza sativa*, japonica variety)는 국내 시장(Seoul, Korea)에서 구입하여 약 20°C의 상온에 보관하였다. 백미에 비해 현미는 외피가 두껍고 가수속도가 느려 식감이 떨어지므로 수비드 현미밥의 최적화를 위해 쌀과 물의 비율을 다르게 하여 총 3회의 예비 실험을 거쳐 현미:물의 비율은 42:58로 하였다.

2. 수비드 현미밥의 조리

현미 100 g을 수돗물로 3회 세척하고 20°C의 상온에서 600 mL의 물에 6시간 정도 담갔다가 체를 이용하여 물을 제거하였다. 그 후 165×310 mm 다층 진공 필름 파우치(CN530, CREYOVAC®, Sealed Air Packaging Co., Ltd.)에 현미와 170 mL의 물을 넣고 760 mmHg 압력으로 5분간 진공(Sj-100-SMV-206T, Samhosa, Seoul, Korea)하여 진공 포장한 쌀을 90분간 90°C의 수조(JSWB-11T, JS Research Inc., Korea)에서 조리하였다. 마지막으로 완성된 현미밥을 플라스틱 용기에 옮겨 30분간 냉각시킨 후 실험에 사용하였다(Fig. 1A).



Fig. 1. Picture of sous-vide and conventional cooked brown rice.

3. 전통방식 현미밥 조리

현미 500 g을 깨끗한 물로 3회 세척하고 2 L의 물에 6시간 동안 담갔다. 체를 이용하여 물을 제거하였다. 불린 현미와 850 mL의 물을 넣어 자동 밥솥(SJ-184V, Hanil, Seoul, Korea)에 넣었는데 30분 동안 지난 후 자동으로 밥솥이 꺼지면서 현미밥이 완성되었다. 밥솥에 조리된 밥은 자체 열에 의해 추가로 10분 정도 두었고 마지막으로 완성된 밥을 젓가락으로 부드럽게 퍼서 플라스틱 용기에 담아 식힌 후 100 g의 밥을 뚜껑이 있는 용기에 담아 실험에 사용하였다(Fig. 1B).

4. 저장조건

수비드 조리와 전통방식 조리된 현미밥은 모두 $4\pm 1^\circ\text{C}$ 의 냉장고에 당일, 1일, 3일, 5일, 7일, 14일 및 21일 동안 보관되었으며, 저장했던 시료의 조직감 및 수분 함량을 측정하기 위해 조리된 현미밥의 밀폐 진공 필름 파우치를 서로 다른 보관일에 꺼내어 약 20°C 의 상온에서 1시간 동안 평형을 이루도록 하였으며 모든 실험을 3배수로 수행하였다.

5. 수분함량 분석

수분함량은 105°C 에서 1시간 동안 전기습도분석기(FD-610)를 통해 측정하였으며, 각 시료에 대해 3회 반복측정을 실시하였다.

6. 조직감 측정

현미밥의 조직감 프로파일 분석(TPA)은 2 cycle 압축을 사용하여 50 kg 로드셀의 조직감 분석기(TA-XT2i, Stable Micro system, Surrey UK)를 사용하여 수행하였다. 변형 수준은 원래 시료 높이의 60%이며 부분적으로 부서진 밥은 다시 압축하였다. 밥은 납작한 형태로 probe 중앙에 있는 시료대에 올려놓고 5 inch 직경의 cylinder probe를 사용하여 1 mm/s의 시험 속도와 제어력 10 g으로 압축하였다. 시험 곡선에서 기록한 매개 변수는 경도(hardness)와 접착성(adhesiveness)이었다. 모든 분석은 10회 반복하여 수행되었으며 결과는 평균값으로 제시하였다.

7. 노화도 분석

노화된 시료는 동결건조기를 이용하여 건조시키고 삼중 수소를 처리하여 100 mesh 체를 통과시켰다. 10 mg 현미밥 시료와 증류수의 무게(1:3, w/w)를 측량 전에 알루미늄 시료 팬에 넣었다(P/N 0319-0218). 팬은 수분 손실을 방지하기 위해 밀봉되었고 DSC에서 가열하기 전에 실온에서 1시간 동안 방치하였다. 모든 DSC 실험의 경우 indium을 사용하여 분석기를 교정하였으며 밀봉된 빈 알루미늄 팬을 기준으로 사용하였다. 시료를 20°C 에서 1분 동안 등온적으로 유지한 후 20°C

에서 120°C 까지 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 로 가열하였다. 최고 온도와 40°C 에서 70°C 사이에 나타나는 노화된 녹말 melting peak와 관련된 엔탈피 (ΔH , J/g)를 계산하였다. 엔탈피는 녹말의 노화 정도를 나타내기 위해 사용되었으며 DSC 측정은 3배수로 수행하여 결과는 평균값으로 제시하였다.

8. 통계분석

실험은 최소 3배수 이상으로 시행하였으며, SPSS version 20.0(SPSS Inc., Chicago IL, USA)을 이용한 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, $p < 0.05$ 로 유의한 경우 Duncan의 다중범위 검사로 결과를 추가로 검증하였다.

결과 및 고찰

1. 수분함량

현미밥의 수분함량은 7개 시료를 대상으로 조리 당일, 1일, 3일, 5일, 7일, 14일, 21일에 측정하였으며 시간경과에 따른 수분함량의 변화는 Fig. 2에 나타내었다.

현미는 도정된 쌀에는 없는 외피가 있어 조리 시 수분 전달이 어렵고 수분 흡수를 떨어뜨린다(Billiris 등 2012). 이 외피는 75°C 에서 파열이 일어나고 그 후 수분이 흡수되면서 쌀알이 부풀어 오르게 된다(Briffaz 등 2014). 본 연구에서는 수비드 쌀 시료를 90°C 에서 90분간 조리하였는데 이러한 방법으로 현미의 외피가 파열되고 수분을 흡수한 후 다층 진공 필름 파우치가 수분 손실을 방지하기 때문에 전통조리 방식의 현미밥에 비해 수분함량이 높은 것으로 나타났다.

2. 조직감

조리 당일부터 21일까지 4°C 에서 보관한 현미밥의 조직감

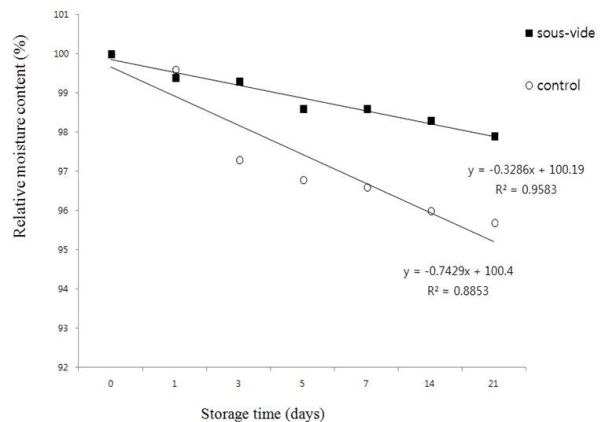


Fig. 2. Relative moisture content of cooked brown rice during storage at 4°C for 21 days.

특성에 대해 조직감 분석기를 이용하여 분석하고 주요 질감 인 경도와 접착력에 대한 결과를 Table 1에 제시하였다.

전통 조리 방식의 현미밥의 경도가 수비드 조리 현미밥에 비해 빠르게 증가하였다. 수비드 조리 현미밥의 경도가 조리 당일 460.68에서 7일 590.21로 천천히 증가하다가 14일에는 738.37로 급격하게 증가하였으며, 그 후 21일에는 776.62로 완만한 상승을 보였다. 반면에 전통 조리 방식의 현미밥은 저장 초기부터 수비드 조리 현미밥보다 큰 폭으로 증가하였는데 조리 당일 533.33에서 3일 738.19, 7일 876.10으로 증가하였으며, 21일에는 1,012.87로 거의 두 배로 크게 상승한 것으로 나타났으며 조리 방식에 따른 유의적인 차이가 있었다 ($p<0.001$). 전통 조리 현미밥의 경도가 수비드 조리 현미밥에 비해 더 빠르게 증가한 것을 알 수 있었으며, 특히 저장 초기의 경도 차이에 비해 저장 21일 경과 후 전통조리에 의한 현미밥의 경도가 훨씬 높아진 것을 알 수 있었다.

수비드 조리 현미밥의 접착력은 당일 181.47에서 3일 134.00으로 서서히 감소하였고, 이후 7일 109.59, 14일 105.86 비슷한 정도로 점차 감소하다가 21일 87.41로 감소하여 유의적인 차이($p<0.001$)가 있었다. 전통 조리 현미밥의 경우, 당일

157.52에서 3일 81.21, 5일 44.42, 7일 15.07로 급격히 감소하였고 14일 5.15로 계속 감소하다가 21일 후에는 접착력이 거의 없는 정도(0.54)까지 감소하여 유의적인 차이($p<0.001$)를 보였다. 이는 전통 조리 방식의 현미밥은 21일 이내에 바람직한 조직감을 대부분 상실하였다고 볼 수 있다. 이러한 결과는 전분의 노화가 시간이 지남에 따라 진행되면서 밥의 경도가 증가하고 접착력이 감소한다는 Yu 등(2010)의 연구결과와 일치하였다. 그러나 수비드 방식으로 조리한 현미밥의 경우는 전통 조리 방식의 현미밥에 비해 시간에 따른 경도가 낮고 접착력은 높은 것으로 나타나 현미밥에 대한 만족도를 높힐 수 있을 것으로 생각된다.

3. 노화도

저장기간에 따른 현미밥의 노화 특성을 DSC를 이용하여 분석한 결과를 Table 2에 나타내었다.

수비드와 전통 조리 현미밥의 저장기간에 따른 초기, 중간 및 최종 온도변화는 처음 3일 이내에 크게 감소하였고, 저장기간이 길어질수록 크게 변화되지는 않았다. 현미밥의 노화 엔탈피(ΔH_r)는 Fig. 3과 같이 분석되었다.

Table 1. Hardness and adhesiveness of cooked brown rice during storage at 4°C for 21 days

		0	1	3	5	7	14	21	F-value
Hardness	Sous-vide	460.68±31.25 ^a	507.17±7.13 ^{ab}	525.16±9.13 ^{bc}	568.87±37.26 ^{cd}	590.21±31.15 ^d	738.37±26.34 ^e	776.62±56.23 ^e	40.56 ^{***}
	Control	533.33±33.63 ^a	677.75±4.93 ^b	738.19±29.82 ^c	821.42±4.97 ^d	876.10±18.49 ^e	965.56±11.00	1,012.86±22.14	195.41 ^{***}
Adhesiveness	Sous-vide	181.47±11.24 ^a	168.75±5.32 ^a	134.00±4.68 ^b	121.94±12.45 ^{bc}	109.59±15.44 ^c	105.86±5.20 ^c	87.41±2.58 ^d	40.84 ^{***}
	Control	157.52±11.31 ^a	123.38±2.67 ^b	81.21±15.37 ^c	44.42±11.48 ^d	15.07±3.90 ^e	5.15±2.74 ^e	0.54±0.30 ^e	151.62 ^{***}

Mean±standard deviation.

^{a-c}Different letters indicate significant differences ($p<0.05$) by Duncan's test.

^{***} $p<0.001$.

Table 2. Retrogradation characteristics of cooked brown rice during storage at 4°C for 21 days

Days	Sous-vide				Control			
	To (°C)	Tp (°C)	Tc (°C)	ΔH_r (J/g)	To (°C)	Tp (°C)	Tc (°C)	ΔH_r (J/g)
1	55.24±2.65 ^b	55.93±2.29 ^b	56.76±3.48	0.03±0.01 ^a	45.21±1.18 ^b	45.65±4.52 ^a	54.08±0.77 ^a	0.33±0.07 ^a
3	43.26±0.40 ^a	48.21±0.20 ^a	55.05±1.09	0.54±0.04 ^b	42.66±1.14 ^a	49.10±0.86 ^{ab}	55.59±0.68 ^{ab}	1.58±0.27 ^b
5	43.91±1.21 ^a	49.60±1.17 ^a	55.17±0.56	0.59±0.06 ^b	41.22±0.91 ^a	48.21±0.20 ^{ab}	56.44±1.43 ^{bc}	2.16±0.02 ^{bc}
7	42.94±0.89 ^a	48.32±0.19 ^a	54.62±0.18	0.88±0.06 ^c	41.61±0.52 ^a	48.21±0.19 ^{ab}	54.89±0.22 ^{ab}	2.24±0.22 ^c
14	42.50±1.39 ^a	48.83±0.98 ^a	54.24±0.86	1.31±0.12 ^d	41.34±1.18 ^a	47.99±0.19 ^{ab}	54.37±0.29 ^a	2.89±0.34 ^d
21	42.67±2.10 ^a	48.99±1.54 ^a	55.33±1.88	1.63±0.20 ^e	42.76±0.27 ^a	50.38±0.68 ^b	58.16±1.84 ^c	3.72±0.65 ^e
F-value	28.47 ^{***}	13.74 ^{***}	0.80	92.44 ^{***}	7.67 ^{**}	2.00	6.29 ^{**}	35.73 ^{***}

Mean±standard deviation.

To: onset temperature, Tp: peak temperature, Tc: conclusion temperature.

^{a-c}Different letters indicate significant difference ($p<0.05$) by Duncan's test.

^{**} $p<0.01$, ^{***} $p<0.001$.

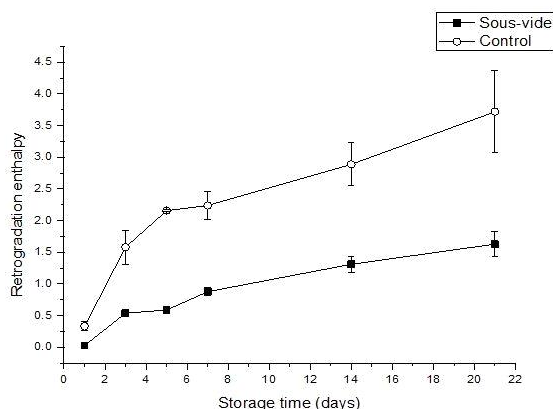


Fig. 3. Retrogradation enthalpy of cooked brown rice during storage at 4°C for 21 days.

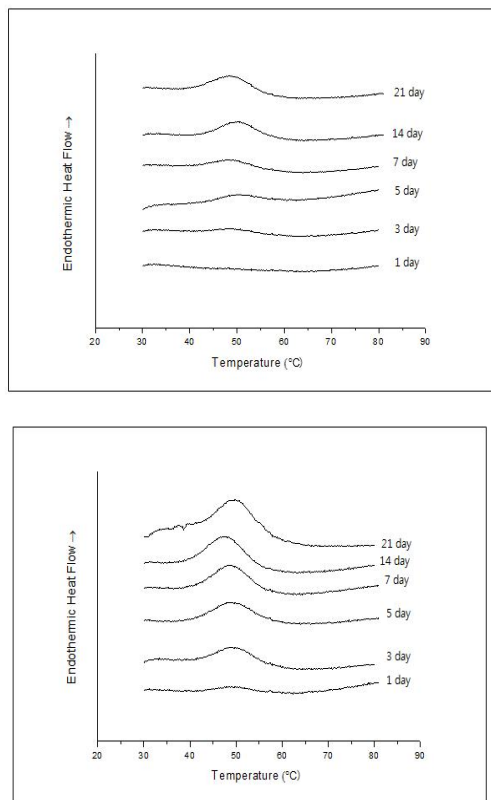


Fig. 4. Retrogradation thermograms of sous-vide cooked brown rice and conventional cooked brown rice during storage at 4°C for 21 days.

수비드 조리된 현미밥의 경우, 저장 기간을 1일에서 3일로 증가시키면 노화도가 0.03 J/g에서 0.54 J/g으로 증가하였다. 전통 조리 방식 현미밥의 경우, 노화 엔탈피가 0.33 J/g에서 1.58 J/g으로 증가하였다. 저장 7일 후에는 엔탈피가 더 빠르

게 증가하여 2.24 J/g에 도달하였다. 저장 21일 후, 전통 조리된 현미밥의 엔탈피는 수비드 방식의 현미밥의 1.63 J/g에 비해 높은 3.72 J/g으로 유의적인 차이가 있음을 알 수 있었다 ($p < 0.001$). Fig. 4는 4°C에서 21일 동안 저장된 수비드 방식과 전통 조리 방식 현미밥의 온도기록을 보여준다.

온도변화는 저장 기간에 따라 열흡수 영역이 증가하였고 전통 방식 조리된 현미밥에서 뚜렷한 변화가 있는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 수비드 조리 방식의 현미밥이 저장 시 노화 방지에 효과적임을 명확하게 보여준다고 할 수 있다. 일반적으로 조리된 밥의 경도와 접착력은 전분의 노화와 상관관계가 있으며, 전분의 노화는 밥의 경도를 증가시키고 접착력을 감소시키는데 기여하는데 본 연구의 결과는 선행연구와 같은 결과를 보였다(Perdon 등 1999; Yu 등 2009).

요약 및 결론

본 연구에서는 수비드 방식으로 조리한 현미밥과 전통 방식으로 조리한 현미밥의 저장 기간에 따른 특성 변화를 분석하고 비교하였다. 수비드 조리 방식은 현미밥의 관능 특성과 노화에 유의한 영향을 미치고, 수비드 조리 현미밥의 수분 함량은 전통 방식의 현미밥보다 높게 나타났다. 수비드 조리 현미밥은 질감 특성(경도 및 접착성)과 노화 특성이 유의하게 향상되었다. 수비드 방법을 이용하여 조리한 밥은 전통 방식으로 조리한 현미밥에 비해 접착성이 높고 경도 및 노화 엔탈피(ΔH_r)가 낮은 특징이 있었으며 현미밥의 노화를 억제할 수 있음을 알 수 있었다. 이러한 연구결과는 현미나 잡곡 등을 이용하여 건강기능성을 강화한 간편 즉석식품의 다양한 제품을 개발하는데 활용될 수 있을 것으로 생각되며, 추후에는 현미는 단단하고 거친 느낌이라는 선입견으로 현미밥에 대한 기대치가 낮는데 소비자들의 수비드 조리 즉석밥에 대한 인식을 변화시키기 위한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

References

Andrés-Bello A, García-Segovia P, Martínez-Monzó J. 2009. Effects of vacuum cooking (cook-vide) on the physical-chemical properties of sea bream fillets (*Sparus aurata*). *J Aquat Food Prod Technol* 18:79-89

Baldwin DE. 2012. Sous vide cooking: A review. *Int J Gastron Food Sci* 1:15-30

Billiris MA, Siebenmorgen TJ, Meullenet JF, Mauromoustakos A. 2012. Rice degree of milling effects on hydration, texture, sensory and energy characteristics. Part 1. cooking

- using excess water. *J Food Eng* 113:559-568
- Briffaz A, Bohuon P, Méot JM, Pons B, Matencio F, Dornier M, Mestres C. 2014. Modelling of brown rice and limited-water cooking modes and its potential use for texture prediction. *J Food Eng* 141:99-106
- Chen L, Ren F, Zhang Z, Tong Q, Rashed MMA. 2015. Effect of pullulan on the short-term and long-term retrogradation of rice starch. *Carbohydr Polym* 115:415-421
- Cho DH, Park HY, Lee SK, Park J, Choi HS, Woo KS, Kim HJ, Sim EY, Ahn EK, Oh SK. 2017. Cooking and textural properties of specialty germinated brown rices. *Korean J Food Sci Technol* 49:575-583
- Choung SY, Joo N. 2018. Optimization of potatoes in soy sauce as prepared by the sous-vide. *Korean J Cookery Sci* 34: 607-616
- Dhital S, Dabit L, Zhang B, Flanagan B, Shrestha AK. 2015. *In vitro* digestibility and physicochemical properties of milled rice. *Food Chem* 172:757-765
- Espinosa MC, Díaz P, Linares MB, Teruel MR, Garrido MD. 2015. Quality characteristics of *sous vide* ready to eat seabream processed by high pressure. *LWT Food Sci Technol* 64:657-662
- Food Information Statistics System. 2023. Analysis of consumers' purchasing behavior and preference for convenience food. Available from <https://www.atfis.or.kr/home/board/FB0003.do?act=read&bpoid=4317> [cited 22 September 2023]
- Gani A, Wani SM, Masoodi FA, Hameed G. 2012. Whole-grain cereal bioactive compounds and their health benefits: A review. *J Food Process Technol* 3:1000146
- Gonnella M, Durante M, Caretto S, D'Imperio M, Renna M. 2018. Quality assessment of ready-to-eat asparagus spears as affected by conventional and *sous-vide* cooking methods. *LWT* 92:161-168
- González-Fandos E, Villarino-Rodríguez A, García-Linares MC, García-Arias MT, García-Fernández MC. 2005. Microbiological safety and sensory characteristics of salmon slices processed by the *sous vide* method. *Food Control* 16:77-85
- Han G, Chung HJ, Yoon J, Baek MK. 2012. Optimization of cooked brown rice by controlling the ratio of grain cereal blends to improve palatability. *J East Asian Soc Diet Life* 22:782-794
- Iborra-Bernad C, Tárrega A, García-Segovia P, Martínez-Monzó J. 2014. Advantages of *sous-vide* cooked red cabbage: Structural, nutritional and sensory aspects. *LWT-Food Sci Technol* 56:451-460
- Jang JD, Lee DS. 2005. Development of a *sous-vide* packaging process for Korean seasoned beef. *Food Control* 16:285-291
- Jeong JH. 2011. Development of optimal recipe and evaluation of storage quality for Korean traditional “*dac-jjim*” using the sous-vide/cook-chill system. Master's Thesis, Hanyang Univ. Seoul. Korea
- Ji DS, Kim JH, Yoon DK, Kim JH, Lee H, Cho WY, Lee CH. 2019. Effect of different storage-temperature combinations on *longissimus dorsi* quality upon *sous-vide* processing of frozen/thawed pork. *Food Sci Anim Resour* 39:240-254
- Kim HJ. 2013. Optimization of *sous-vide* glutinous rice (*chal-bap*) and its retrogradation analysis during storage. Master's Thesis, Hanyang Univ. Seoul. Korea
- Kim HW, Oh SK, Kim DJ, Yoon MR, Lee JH, Choi IS, Kim YG, Cha KN. 2012. Changes in contents of nutritional components and eating quality of brown rice by pericarp milling. *Korean J Crop Sci* 57:35-40
- Kim KM. 2009. Development of RTE-type Korean traditional “*galbi-jjim*” processed by *sous-vide*/cook-chill system and its' safety evaluation. Master's Thesis, Hanyang Univ. Seoul. Korea
- Kim MH. 1992. Effect of soaking conditions on texture of cooked rice. *Korean J Food Sci Technol* 24:511-514
- Kim SK, Lee AR, Lee SK, Kim KJ, Cheon KC. 1996. Firming rates of cooked rice differing in moisture contents. *Korean J Food Sci Technol* 28:877-881
- Kim YH. 2005. Starch apparatus for unpolished rice. Korean Patent 1020050031890
- Korean Statistical Information Service. 2023. Analysis of dietary conditions using grain consumption survey. Available from https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1ET0021&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=K1_19&scrId=&seqNo=&lang_mode=ko&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE&path=%252FstatisticsList%252FstatisticsListIndex.do [cited 12 October 2023]
- Min B, McClung A, Chen MH. 2014. Effects of hydrothermal processes on antioxidants in brown, purple and red bran whole grain rice (*Oryza sativa* L.). *Food Chem* 159:106-115
- Moon TH, Shin JH, Han JA. 2022. Quality characteristics of brown rice cooked in a hyaluronic acid solution. *Korean J Food Sci Technol* 54:8-16
- Nyati H. 2000. An evaluation of the effect of storage and processing temperatures on the microbiological status of

- sous vide* extended shelf-life products. *Food Control* 11:471-476
- Oh JE. 2013. Shelf-life quality of Korean traditional “*satae-jjim*” prepared by *sous-vide* and cook chill system. Master’s Thesis, Hanyang Univ. Seoul. Korea
- Park SK, Ko YD, Choi OJ, Shon MY, Seo KI. 1997. Changes in retrogradation degree of nonwaxy rice cooked at different pressure and stored in electric rice cooker. *Korean J Food Sci Technol* 29:705-709
- Perdon AA, Siebenmorgen TJ, Buescher RW, Gbur EE. 1999. Starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage. *J Food Sci* 64:828-832
- Schellekens M. 1996. New research issues in *sous-vide* cooking. *Trends Food Sci Technol* 7:256-262
- Slavin J. 2004. Whole grains and human health. *Nutr Res Rev* 17:99-110
- Srisook S, Naivikul O. 2003. Effect of coating substance on texture and retrograded properties of frozen cooked brown rice. *Kasetsart J* 37:477-483
- Tansey F, Gormley R, Butler F. 2010. The effect of freezing compared with chilling on selected physico-chemical and sensory properties of *sous vide* cooked carrots. *Innov Food Sci Emerg Technol* 11:137-145
- Yu S, Ma Y, Sun DW. 2009. Impact of amylose content on starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage. *J Cereal Sci* 50:139-144
- Yu S, Ma Y, Sun DW. 2010. Effects of freezing rates on starch retrogradation and textural properties of cooked rice during storage. *LWT-Food Sci Technol* 43:1138-1143

Received 30 October, 2023
Revised 24 November, 2023
Accepted 11 December, 2023