creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

생활과학박사학위논문

팽화미 제조 공정조건의 최적화 및 쌀의 초고압 전처리가 쌀밥의 특성에 미치는 효과

Optimization of Processing Conditions for Production of Puffed Rice and the Effects of Ultra High Pressure Pretreatment of Rice on the Characteristics of Cooked Rice

2015년 8월

서울대학교 대학원

식품영양학과

천 희 순

팽화미 제조 공정조건의 최적화 및
쌀의 초고압 전처리가 쌀밥의 특성에 미치는 효과

지도교수 황 금 택

이 논문을 생활과학박사학위논문으로 제출함

2015년 6월

서울대학교 대학원
식품영양학과
천 희 순

천희순의 박사학위논문을 인준함

2015년 7월

위 원 장_____(인)

부위원장_____(인)

위　　원_____(인)

위　　원_____(인)

위　　원_____(인)

초록

최근 소득 수준이 올라가고 보다 편리한 삶을 추구하는 소비자들의 요구에 따라 식생활에서도 조리가 간단하고 빠르면서 맛이 우수한 대용식을 선호하는 경향이 증가하고 있다. 저염, 저당, 저칼로리 및 저지방 식품 등 웰빙 식품 시장뿐 아니라 조리가 간편한 식사대용식 시장 또한 매해 큰 폭으로 성장하고 있고, 신선도를 유지할 수 있는 냉장유통이 가능한 신선식품 시장도 큰 폭으로 확대되고 있다. 상온 유통되고 있는 식사대용식품의 경우 밀을 활용한 라면, 빵 등이 대부분이지만, 근래 들어 무균 포장밥과 같은 쌀을 활용한 제품들에 대해 소비자들의 관심이 늘어나고 있는 추세다. 무균 포장밥은 전자레인지로 간단히 복원 가능하고 갓 지은 밥맛과 비슷한 장점 등이 있지만 이미와 이취가 있어 소비자를 만족시킬 수 있는 다른 쌀 가공 기술의 필요성이 있는 상황이다. 일본에서는 오래 전부터 무균 포장밥 이외에 팽화미를 이용한 가공식품 기술 개발이 진행되고 있다. 팽화미는 수분 함량이 낮아 상온에서 1년 이상 품질 유지가 가능하고 맛 또한 우수한 장점이 있지만, 복원시 밥알 내부의 전분호화가 더디고 식감이 질기며 스펀지와 같은 저작감 등의 단점도 존재한다.

본 연구는 기존 팽화미의 문제점인 질긴 식감, 스펀지 식감, 느린 복원시간을 해결하고자 공정 최적화 연구에 주로 사용되는 response

surface methodology(RSM)을 이용하여 팽화미 제조 공정조건 연구를 수행하였다. 예비실험을 통하여 쌀알 크기가 크면서 찰기가 높아 쫄깃한 식감을 가진 신동진미를 팽화미 제조의 원료로 선정하였고, 제조공정 중 건조온도, 퍼핑전 건조쌀의 수분함량, 퍼핑 온도를 팽화미 품질에 영향을 미치는 주요 공정요인으로 선정하였다. 건조온도, 수분함량, 퍼핑 온도를 달리하여 27가지 조건의 팽화미 시료를 제조하여 총 29가지 반응변수를 측정하였다. 그 중 유효한 반응 변수는 유사성, 색강도, 팽화미 밀도, 복원율, 명도 등이었고, 이것의 결정계수(R^2)는 각각 0.623, 0.852, 0.789, 0.688, 0.925이었다. 퍼핑전 쌀과 팽화미를 scanning electron microscope(SEM)으로 사진을 촬영하여 관찰한 결과, 수분함량이 9% 이하인 건조 쌀로 만든 팽화미보다 수분함량이 11%인 건조 쌀로 만든 팽화미 단면에서 기공이 더 많이 관찰되었다. 팽화미 제조시 파쇄미 비율은 20% 정도였다. 파쇄미의 원인은 건조시 쌀알이 서로 단단히 붙거나, 깨지거나, 퍼핑시 탄화물이 발생한 것에 기인하였다. 팽화미 밀도에는 건조온도, 퍼핑 온도, 건조온도*수분함량이 영향을 주었고($P<0.05$), 퍼핑 온도와 수분함량이 낮고 건조온도가 높을수록 밀도가 높아졌다. 복원률에는 건조온도, 퍼핑 온도, 건조온도*수분함량이 영향을 주었고($P<0.05$), 건조온도가 낮아지고 퍼핑 온도가 높아질수록 복원율이 높아지는 경향을 보였다. 명도에서 가장 큰 영향을 미치는 요소는 수분함량이었고 퍼핑전 건조쌀의 수분함량이 높을수록 명도가 높았다. 색강도는 갓 지은 흰밥의 색상에 가까운 정도로 검사하였는데, 수분함량과

퍼핑 온도가 색강도에 영향을 주었다($P<0.05$). 유사성은 시판 중인 가공밥 중에서 소비자의 만족도가 가장 높은 무균 포장밥을 표준시료로 하여 유사한 정도를 검사하였는데, 유사성은 수분함량이 가장 큰 영향을 주었다($P<0.01$). 팽화미의 제조공정 조건 중에서는 건조온도, 수분함량, 퍼핑 온도가 팽화미의 크기, 밀도, 복원율, 명도, 텍스쳐, 관능검사에 유의적으로 영향을 주었다. 건조온도가 낮을수록 길이가 증가하고 복원율이 높고, 명도가 높고, 표준시료와의 유사성이 높았다. 수분함량이 낮을수록 밀도가 증가하고, 수분함량이 높을수록 명도가 높고 색의 강도가 낮으면서, 유사성이 높고 팽화미 단면(SEM) 공극률이 높았다. 퍼핑 온도가 낮을수록 밀도, 명도, 유사성이 높고 퍼핑 온도가 높을수록 밀도는 낮으면서 복원율은 높고 색강도는 높으면서 유사성이 낮았다. 유사성이 가장 높은 팽화미를 제조하기 위한 최적 조건은 건조온도 40℃, 수분함량 11.0%, 퍼핑 온도 232.7℃였다.

찹쌀 백미와 멥쌀 현미로 팽화미를 제조하기 위하여 쌀의 전처리 방법으로 초고압 적용 가능성 연구를 수행하였다. 찹쌀 백미는 팽화미 제조에 있어서 큰 제한점은 찰기인데, 그 이유는 퍼핑전 높은 찰기로 인하여 건조한 후 건조쌀이 서로 단단히 붙어서 낱알 분리가 안되어 팽화미를 제조할 수 없었기 때문이다. 멥쌀 현미의 제한점은 경도인데, 그 이유는 경도가 높아서 식감이 단단하기 때문이다.

찹쌀 백미와 멥쌀 현미를 500 MPa의 압력에서 5분 간 처리했을 때

이러한 제한점을 개선할 수 있었다. 찹쌀 백미는 초고압 처리 후 찰기가 40% 내외로 감소되었다. 멥쌀 현미는 초고압 처리 후 경도가 37% 내외로 감소되었다. 쌀의 단면 조직의 SEM 촬영 사진을 통하여 관찰한 결과, 초고압 처리 후 단면의 겉보기 조직이 부서지고 작은 돌기들이 많이 생기고 수분이 침투된 것을 알 수 있었다.

주요어: 팽화미, 최적화, 신동진미, RSM, 초고압, 찹쌀 백미, 멥쌀 현미

학 번: 2009-30428

목 차

국문 초록 i

목 차 v

List of Tables viii

List of Figures ix

Ⅰ. 서론 1

1. 연구배경 1

2. 연구의 필요성 및 목적 3

3. 연구의 구성 5

(1)문헌 고찰 및 예비 실험 5

(2) 팽화미 제조 공정조건 최적화(연구 1) 5

(3) 초고압 전처리한 쌀로 조리한 밥의 특성(연구 2) 5

Ⅱ. 문헌 고찰 6

1. 쌀의 이론적 배경 6

2. 쌀 품질 10

3. 밥의 식미 14

4. 가공밥의 종류와 제조공정 18

5. 초고압의 조직감 개선 기대효과 20

6. 초고압의 살균효과 22

Ⅲ. 연구 1: 팽화미 제조의 공정조건 최적화 24
1. 서론 24
2. 재료 및 방법 28
(1) 원재료 및 시료 준비 28
(2) 실험 설계 31
(3) 크기 측정 34
(4) 파쇄미 비율 측정 34
(5) 팽화미 밀도 측정 34
(6) 복원율 측정 35
(7) 색도 측정 35
(8) 텍스쳐 측정 35
(9) 관능 검사 36
(10) 통계 분석 36
(11) SEM 측정 37
3. 결과 및 고찰 39
(1) 크기와 파쇄미 비율 39
(2) 팽화미 밀도 41
(3) 복원율 45
(4) 색도 47
(5) 텍스쳐 49
(6) 관능 검사 51

(7) SEM 55
4. 결론 57
Ⅳ. 연구 2: 초고압 전처리한 쌀로 조리한 밥의 특성 58
1. 서론 58
2. 재료 및 방법 60
(1) 원재료 및 시료준비 60
(2) 초고압 처리 60
(3) 조직감 측정 62
(4) 쌀 조직 단면 측정 62
(5) 총균수 측정 62
(6) 통계 분석 63
3. 결과 및 고찰 64
(1) 초고압 처리한 찹쌀 백미와 멥쌀 현미의 취반후 조직감 변화 64
(2) 초고압 처리한 쌀의 취반후 형태 변화 68
(3) 초고압 처리한 쌀의 미생물 살균 효과 74
4. 결론 79
Ⅴ. 종합 고찰 및 제언 80
Ⅵ. 참고 문헌 83
부록 92
Abstract 95

List of Tables

Table 1. Relation between physicochemical characteristics and palatability of rice. 15

Table 2. Relation between physical characteristics and eating quality of rice. 17

Table 3. Independent variables and their coded and actual values used in a 3^3 factorial design. 32

Table 4. Factors and levels for the production of puffed rice. 32

Table 5. 27 test conditions of independent variables and their coded and actual values used in a 3^3 factorial design. 33

Table 6. Size classification of puffed rice. 40

Table 7. Optimum processing conditions of variables(RSM). 42

Table 8. Regression coefficients of polynomial functions and coefficients of determination(R^2). 43

List of Figures

Figure 1. Classification of rice 7

Figure 2. Form of rice 9

Figure 3. Quality criteria of rice 11

Figure 4. Quality classification of rice 13

Figure 5. Overview of processing rice 19

Figure 6. Sample production process 29

Figure 7. Production process of puffed rice 30

Figure 8. Contour plot of density of rehydrated puffed rice as a function of puffed rice processing conditions 44

Figure 9. Contour plot of rehydration ratio of rehydrated puffed rice as a function of puffed rice processing conditions 46

Figure 10. Picture of rehydrated rice as a function of puffed rice processing conditions 48

Figure 11. Contour plot of cohesiveness of rehydrated rice as a function of puffed rice processing conditions 50

Figure 12. Contour plot of color intensity of rehydrated rice as a function of puffed rice processing conditions 53

Figure 13. Contour plot of similarity of rehydrated rice as a function of puffed rice processing conditions 54

Figure 14. SEM of the puffed rice prepared with rice with different moisture contents 56
Figure 15. Flow chart of ultra-high pressure treatment 61
Figure 16. Textural characteristics of cooked glutinous rice treated with ultra-high pressure (UHP; 500 MPa for 5 min). TA: textural analysis, ST: untreated rice and TEST: treated with UHP. All values were expressed as mean ± standard deviation (n=10) 66
Figure 17. Textural characteristics of cooked brown rice treated with ultra-high pressure (UHP; 500 MPa for 5 min). TA: textural analysis, ST: untreated rice and TEST: treated with UHP. All values were expressed as mean ± standard deviation (n=10) 67
Figure 18. Relative thickness value of cooked rice treated with ultra-high pressure (UHP; 500 MPa for 5 min). ST: untreated rice and TEST: treated with UHP. All values were expressed as mean ± standard deviation (n=10) 69
Figure 19. The appearance of glutinous (A) and brown rice (B) with and without ultra-high pressure(UHP). ST: untreated rice and TEST: treated with UHP (500 MPa for 5 min) 71

Figure 20. Field-emission scanning electron micrographs of the cross sections of glutinous rice treated with ultra-high pressure (UHP; 500 MPa for 5 min) 72

Figure 21. Field-emission scanning electron micrographs of the cross sections of brown rice treated with ultra-high pressure (UHP; 500 MPa for 5 min) 73

Figure 22. Total cell counts in brown rice treated with and without ultra-high pressure(UHP). ST: untreated rice and TEST: rice treated with UHP (600 MPa for 5 min) 75

Figure 23. Thermoduric bacterial counts in the brown rice treated with and without ultra-high pressure(UHP). ST: untreated raw and soaking rice and TEST: treated raw and soaking rice with UHP (600 MPa for 5 min) 78

Ⅰ. 서론

1. 연구배경

쌀은 30억 아시아인을 포함한 세계인의 주 식량으로 인간의 생존과 활동에 필요한 에너지를 공급해주고 있다(Pimentel & Pimentel, 2003; Shierly & Robert, 2007). 최근 생활 스타일의 변화로 식생활 패턴이 간편하게 변하면서 쌀 소비량은 감소하는 반면, 쌀 가공식품 소비는 증가하고 있다(신말식, 2009; Prasert et al., 2009). 뿐만 아니라 소득의 증가와 더불어 건강 지향적인 쌀 가공식품에 대한 관심이 높아지면서 이에 대한 사회적 요구도 증가하는 추세다(권순자, 2001). 쌀 가공 분야는 소비를 확대시키는 효과적인 방법을 제공하면서 소비자들의 건강에 기여하는 성장 가능성이 있는 분야로 인식되고 있으며(금준석, 2008; 이현유, 2003), 국내 1인당 쌀 소비량이 감소됨에 따라 쌀의 일정 수준 소비를 위한 이용성 제고 기술 개발과 더불어 수급 안정을 위한 신규 수요창출이 추가로 필요하다(금준석, 2008).

현재 국내의 쌀 가공기술 및 관련 제품의 품질은 일본에 비하여 낮은 수준이다. 일본은 10년 전부터 건조 쌀 가공기술 등 다양한 쌀 가공 및 응용 기술을 개발하였고, 소비자가 만족할 수 있는 전자레인지에서 복원하는 팽화미 등 다양한 쌀 가공식품을 제조하였다(신말식, 2009; 이현유, 2003). 팽화미를 이용한 다양한 메뉴의 신상품을 출시하였고, 전자레인지용 팽화미 상품이 2012년 가공식품 히트상품이 되기도 하였다. 국내

는 2012년부터 복원 기술을 적용한 간편식을 출시하였으나, 소비자를 만족시키기에는 품질이 부족하였다(금준석, 2001; 이현유, 2003). 이와는 달리 동결 건조 또는 열풍 건조 기술을 이용한 쌀이 유통되고 있다. 동결 건조미는 수분함량이 5% 이하로 유지되어 복원력은 우수하지만 동결 건조를 거치면서 쉽게 부스러지고 찰기 특성이 떨어진다(이현유, 2003). 열풍 건조미는 고온의 열풍에 의해 외형이 위축되고 복원이 지연되며 일반 밥에 비해 쌀의 조직감이 부족하다는 단점이 있다(Luangmalawat et al., 2008). 따라서 소비자의 기호도를 만족시키는 고품질의 건조 쌀 개발의 필요성이 높아지고는 있지만, 현재 국내에서 팽화미 제조에 대한 연구는 거의 없는 실정이다.

본 연구에서는 갓 지은 밥과 가장 유사한 식감과 맛을 보유하는 팽화미 제조를 위해 퍼핑 설비와 초고압 설비를 이용해서 팽화미 제조 및 초고압 처리가 쌀의 건조 적성에 미치는 영향에 관해 연구를 수행하였다. 선행 연구 고찰을 통해 팽화미 제조 품질에 영향을 주는 주요한 요인이 쌀 품종, 전처리 가공방법, 건조조건, 수분함량, 퍼핑 조건 등임을 확인했으며(Prasert et al., 2009), 초고압 전처리가 쌀의 건조 적성에 미치는 영향을 확인할 수 있었다(Rewthong et al., 2011). 본 연구를 통해 확보한 연구 결과는 쌀 가공식품을 개발하는데 있어서 활용 가능하며, 이를 통해 국내 쌀 가공산업의 경쟁력 강화를 도모할 수 있을 것으로 사료된다.

2. 연구의 필요성 및 목적

생활 수준이 높아지고 가공식품의 수요가 늘고 외식의 횟수도 늘어 나면서 쌀의 소비가 줄어들어 쌀 소비를 촉진하기 위하여 혼식이 폐지되었다. 쌀에 관련된 많은 연구가 시작되었으며, 이러한 연구들을 통해 다양한 쌀 가공식품들이 개발되었다(신말식, 2009; 이현유, 2003). 현재 총 쌀 생산량의 약 5% 정도가 가공식품으로 사용되고 있으며, 떡 및 면류가 52%, 주류가 22%, 쌀 과자류가 13%, 도시락 및 식사용 조리 식품 제조업이 13%를 차지하고 있다(금준석, 2008). 일본에서는 최근 쌀의 다양한 조리 및 가공과정에 따른 용도별 적성에 대한 연구가 활발하며, 쌀밥류가 전체 쌀 가공식품 생산량의 46% 정도를 차지하고 있다(권순자, 2001). 미국의 쌀 소비량은 꾸준히 증가 추세에 있으며, 라이스 프레이크, 팝 라이스, 곡물믹스 등 다양한 형태의 제품이 판매되고 있다(신말식, 2009; 이현유, 2003). 이러한 쌀 가공식품 관련 국내외 연구 및 상품화 현황을 고려해서 일본과 미국에 비하여 경쟁력이 낮은 쌀 가공산업의 경쟁력을 강화하고자 팽화미 제조 기술을 개발하기 위한 선행 연구 고찰을 진행하였다.

국내 건조 쌀에 대한 연구는 대부분 동결 건조미와 관련된 내용으로 진행되고 있다. 동결 건조미는 복원력은 우수하지만 동결을 거치면서 쉽게 부스러지는 단점이 있다(이현유, 2003). 또 다른 건조 방식인 열풍 건조미는 외형이 위축되고 복원이 지연되고 조직감이 떨어진다고 보고되었다(Luangmalawat et al., 2008; Wang et al., 2013). 동결 건조미와

비슷한 수분함량을 가지는 팽화미는 쌀에 수분과 에너지를 제공했을 때 단시간 복원이 가능하며, 기존 복원용 밥에 비해 복원 시간이 1/3이상 단축될 뿐만 아니라, 복원 시 원래의 밥과 같은 식감 및 맛이 유지되는 큰 장점이 있다. 또한 미생물 생장 위험이 적고 장기간 보관 및 유통이 가능하며, 편의점 식사 대용식, 비상식량, 아웃도어용 휴대 또는 간편식으로 이용 가능하다(권순자, 2001; 이현유, 2003; Joshi et al., 2014; Prasert et al., 2009).

본 연구는 소비자의 기호성에 적합한 팽화미 개발과 가공용 건조 쌀의 가공 적성과 품질 향상을 목적으로 팽화미 제조의 공정조건 최적화 및 초고압 처리가 쌀의 건조 적성에 미치는 영향에 관한 연구를 진행하였으며 구체적인 연구 목적은 다음과 같다.

연구목적 1. 복원밥에 이용하기 적합한 팽화미를 제조하기 위하여 팽화미 제조 공정 조건에서 품질에 영향을 주는 주요 요인변수의 영향을 파악하고, 반응표면분석법으로 팽화미 제조 공정 조건을 최적화하였다.

연구목적 2. 초고압 처리한 찹쌀 백미와 멥쌀 현미의 조직감 분석 및 SEM관찰로 팽화미의 가공적성 향상에 미치는 영향을 파악하고, 초고압 처리 후 변화를 관찰하고, 미생물 저감화에 미치는 영향을 확인하였다.

3. 연구의 구성

(1) 문헌고찰 및 예비실험

쌀 품종, 쌀 품질, 밥의 식미, 가공밥의 종류와 제조공정, 초고압 처리의 효과에 대한 문헌고찰을 수행하였다. 예비실험을 통해 국내산 쌀 품종 중 팽화미 가공에 적합한 쌀 품종을 선정하여 팽화미 제조공정을 확립하고 팽화미 품질에 영향을 주는 주요 요인을 선정하고 각 요인의 수준을 설정하였다.

(2) 팽화미 제조 공정조건 최적화(연구1)

갓 지은 밥맛과 유사한 팽화미 제조를 위해서 주요 공정요인인 건조온도, 수분함량, 퍼핑 온도의 독립변수와 색상, 복원력, 관능검사 등의 주요 반응변수간 상관관계 분석을 통해서 팽화미 제조를 위한 공정 조건들을 최적화하였다.

(3) 초고압 전처리한 쌀로 조리한 밥의 특성(연구2)

초고압 처리를 통한 찹쌀 백미와 멥쌀 현미의 팽화미 제조를 위한 가공적성 향상을 연구 목표로 하여, 초고압 처리 전후의 특성 변화에 대한 실험을 수행하였다. 찹쌀 백미와 멥쌀 현미의 초고압 처리시 쌀 상태에서의 변화를 관찰하였고, 취반 후 조직 특성 분석 연구를 진행하였다.

Ⅱ. 문헌 고찰

1. 쌀의 이론적 배경

멥쌀 현미의 길이가 장립종은 6 mm 이상, 중립종은 5.0~5.9 mm, 단립종은 5 mm 이하로 분류한다(Fig. 1) (홍원표 등, 2001). 전세계적으로 많이 생산되는 것은 장립종으로 인디카형이고 찰기가 없고 푸석거리는 특징이 있다(이태헌 등, 1991). 중립종과 단립종은 자포니카형으로 장립종에 비해 찰기가 있는 게 특징이다(홍원표 등, 2001; Kang et al., 2006).

자포니카의 분포 중심지는 한국, 일본, 중국, 동북 아시아이며, 키는 작고 벼알 모양은 짧고 둥글며 찰기가 있다(송진 등, 2008; 최용환 등, 2006). 자포니카의 일종인 국내 재배 벼의 품종에는 경기도의 추청벼와 일품벼가 있으며, 강원도의 오대벼, 충청북도의 추청벼와 일품벼, 충청남도의 일품벼와 동진벼, 그리고 전라도의 동진벼가 있다(신말식, 2009; 최용환 등, 2006; 홍원표 등, 2001).

인디카의 분포 중심지는 인도, 동남 아시아이며, 키는 크고 벼알 모양은 가늘고 길다. 날립 정도는 쉽고 찰기가 없는 것이 특징으로, 오므라이스, 카레라이스 등에 적합하다(박선진 등, 2011; 이태헌 등, 1991; 최옥자 등, 2012).

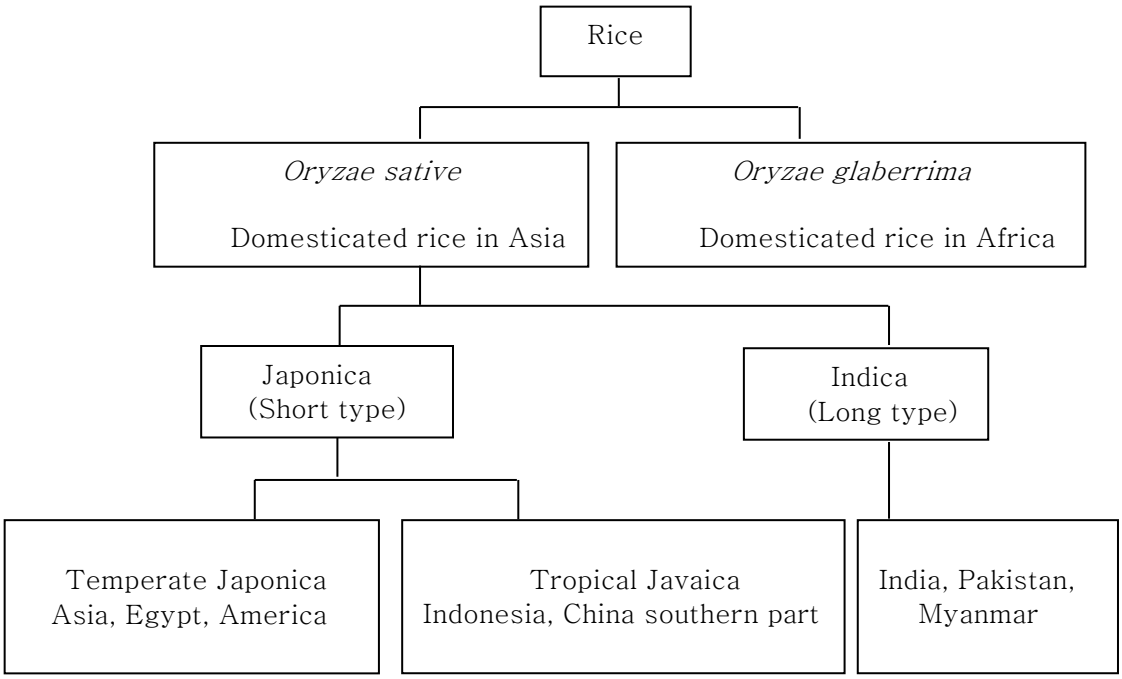


Fig. 1. Classification of rice (Source: Kang et al., 2003)

벼는 현미와 외영과 내영으로 구성되어 있다. 내영은 현미를 보호하고 외부로부터 곰팡이나 해충의 침입을 막는다. 현미는 미강층, 쌀눈이 있는 배아, 취식하는 배유로 구성되어 있다(Fig. 2) (김영두 등, 2005; 김채은 등, 2012; 윤미라 등, 2008; Kang et al., 2006). 벼의 수확시기는 벼알이 익었을 때가 된다. 수확을 일찍 하면 청치와 쭉정이 벼가 많아져 수량 감소 및 밥 품질 저하가 되고 늦으면 쌀 겨층이 두꺼워지고 색택이 나쁘며, 쌀 품질 저하 및 동할립이 증가한다(이주현 등, 2001; 최윤희 등, 2008; 천아름 등, 2007).

수확된 물벼를 건조시켜 수분 함량을 15~16% 수준으로 건조하는데 건조 과정 중에 쌀의 품질에 영향을 미칠 수 있다. 동할립은 급격한 건조에 의해서, 변질은 건조지연에 의해서, 손상된 벼알은 과도한 가열에 의해서, 그리고 쌀맛 저하와 도정이 곤란하다는 점은 과도한 건조에 의해서 발생하는 것으로 알려져 있다(곽영민 등, 2006; 송영은 등, 2008; 윤미라 등, 2007). 동할립이 발생하게 되면 도정할 때 싸라기 발생, 쌀 수량 저하, 고온에 의한 단백질 응고, 전분의 노화 등의 문제점이 발생하여 발아율이 저하되고, 밥을 지었을 때 끈기가 없어 밥 품질이 저하된다(김대중 등, 2011; 박찬은 등, 2011; 손종록 등, 2002; 이점식 등, 2014).

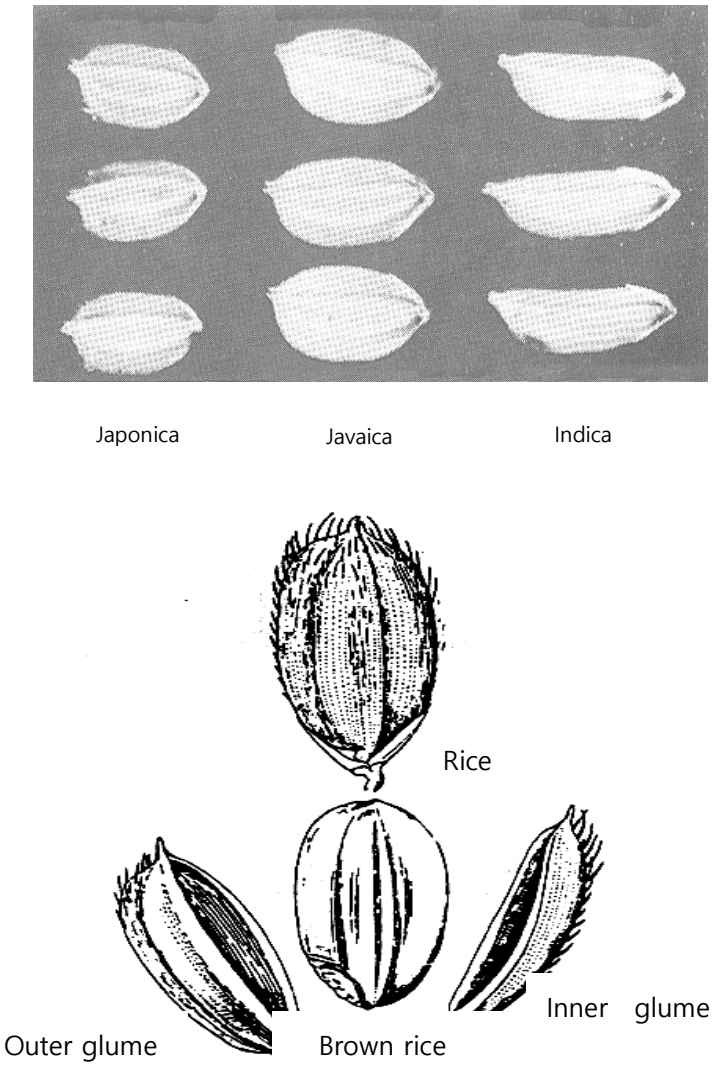


Fig. 2. Form of rice (Source: Han et al., 2006)

수확된 벼는 건조 과정을 거쳐 저장 중에 생활생리 작용을 계속하면서 안정된 휴면 상태에 있게 되는데 이 상태에서 품질 변화 없이 저장하는 것이 중요하다(김대중 등, 2011; 박찬은 등, 2011).

2. 쌀 품질

쌀 품질을 결정하는 인자로는 쌀 품종, 재배환경, 취반 특성, 외관, 식미 등이 있다(Fig. 3)(김훈, 2008; 민봉기, 1998). 산지에 따라 품질의 차이가 있으며, 재배 중 질소 비료의 시비량에 따른 원료미의 단백질 함량의 변화로도 밥맛의 차이가 발생한다(노은숙 등, 1989; 송진 등, 2006; 황태정 등, 2010). 또한 물벼의 건조과정 중 건조 정도에 따른 도정 수율차 발생 및 쇄미 발생율 차이(김대중 등, 2011), 건조된 벼의 저장 온도에 따른 원료미의 수분 증발 및 화학적 변화, 도정 조건에 따른 변화, 가공 중 취반 조건(온도, 시간 등)에 따른 차이 등이 품질에 영향을 준다(이점식 등, 2014).

쌀을 구성하고 있는 전분의 특징에 따라 멥쌀과 찹쌀로 분류하는데 멥쌀은 반투명한 색을 띄며 아밀로스 함량이 15~20% 정도이고 주로 밥, 가공용으로 사용된다(김채은 등, 2012). 찹쌀은 불투명한 색이며 아밀로펙틴으로만 구성되어 있다. 아밀로펙틴은 밥의 찰진 맛에 영향을 주는 성분으로 멥쌀보다 끈기가 더 강하며, 주로 떡 용으로 사용된다(송진 등, 2008; Choi et al., 1999). 아밀로즈 함량이 높을수록 밥의 찰기가 저하되고 아밀로즈의 재결정화 요인으로 밥의 굳기가 증가한다(천아름 등,

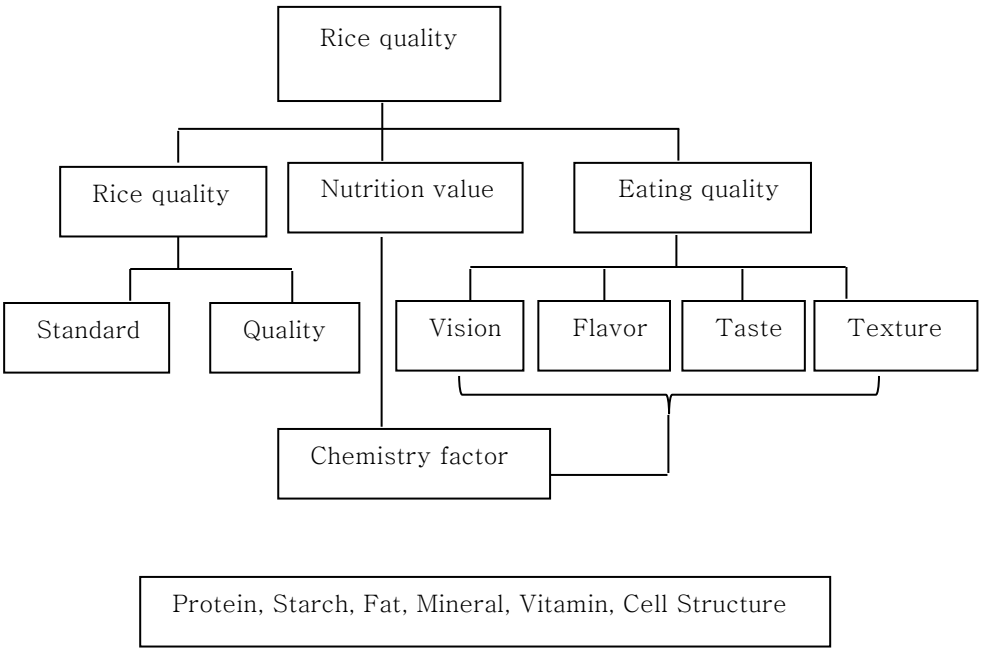


Fig. 3. Quality criteria of rice (Source: Song et al., 2008)

2007; 한귀정 등, 2008).

단백질 함량이 높을수록 식미는 저하되고 밥의 백도와 높은 음의 상관관계를 나타내며, Mg/K 비율이 높을수록 찰기가 향상된다(김영두 등, 2005). 품질이 좋은 쌀로 분류되기 위해서는 쌀의 외형적인 형태가 중요하다. 이물질(돌, 뉘 등의 이물)이 없어야 하고 쌀알이 광택이 나고 맑아야 한다. 쌀알의 모양이 균일하고 싸라기나 부서진 쌀이 없어야 하며(완전립 비율), 쌀알에 찹쌀처럼 전부 또는 부분적인 불투명의 백색(복백미, 심백미)이 없어야 한다. 또한 금이 간 쌀(동할립), 쌀알에 반점(착색립, 피해립)이 없어야 한다(Fig. 4)(김대중 등, 2011; 김영두 등, 2005; 곽영민 등, 2006; 송진 등, 2006). 복백미는 쌀알 내부로 영양분이 축적되지 않아 쌀알에 백색 불투명한 부분이 생기게 되는데 이를 복백미 또는 외백미라 한다. 심백미는 복백미의 백색부가 쌀알의 중심부에 생긴 것으로 심백미라 한다. 복백미와 심백미는 쌀이 부서지기 쉬우며 밥을 지었을 때 밥알의 식감이 낮아 밥 품질을 저하시키는 원인이 된다(김영두 등, 2005; 곽영민 등, 2006; 민봉기, 1998; 송종록 등, 2002).

Fig. 4. Quality classification of rice (Source: Jung et al., 2005)

3. 밥의 식미

밥의 식미에 영향을 주는 요인은 품종, 산지, 기후, 재배방법, 병해충, 수확, 생탈곡, 건조, 저장, 도정, 취반 방법 등 다양하지만, 쌀의 구성 성분 및 이화학적 특성이 밥의 식미에 있어 중요하다(Table 1)(민봉기, 1998). 즉 아밀로스가 높으면 호화온도가 높고, 아밀로그램 점도가 크며, 단단한 gel을 형성한다. 밥의 텍스처는 단단하고 부착성이 떨어지며 저장에 의한 경도 및 밥의 부피가 증가하고 끈기는 감소하고 굳기가 증가한다(민봉기, 1998). 그리고 쌀의 단백질 함량이 높으면 전분 팽창과 연관이 있어, 밥이 단단하고 점착성이 감소하며 밥맛이 저하된다(김영두 등, 2005; 민봉기, 1998; 홍원표 등, 2001).

쌀 내부의 단백질은 쌀의 외곽 층에 분포하면서 전분입자를 둘러 싸고 있으며 취반 시 쌀 내부, 전분입자 내부로 수분이 흡수되는 것에 영향을 주고 쌀의 호화 팽창을 억제한다. 인디카 종이 자포니카 종보다 단백질 함량이 높다. 쌀의 지방함량은 저장 중에 변화가 쉽고 산화하여 묵은쌀 냄새 형성에 큰 영향을 주고 산화생성물이 단백질의 산화 및 축합을 촉진하고 취반 시 전분의 팽윤을 방해한다(김영두 등, 2005; 이주현 등, 2001; 민봉기, 1998).

식미치와 물리적 특성간의 상관관계에서 공극률은 가열 시간, 찰기, 경도, 식미치와 높은 음의 상관관계이고, 수분흡수율은 양의 상관관계이다. 가열시간은 수분흡수율과 음의 상관관계이고, 찰기, 경도, 식미치는 양의 상관관계이며, 경도는 식미치와 양의 상관관계이다. 식미치에 영향

Table 1. Relation between physicochemical characteristics and palatability of rice

Ingredient	Palatability
Protein	Low
Amylose	Low
Fatty acid value	Low
Mg/K	High
Lightness	High
Moisture	High

(Source: Min, 1998)

을 미치는 물리적 특성 기여도는 수분흡수율, 공극률, 가열시간, 찰기 순이다(김영두 등, 2005; 노은숙 등, 1989; 하기용 등, 2006; 황태정 등, 2010).

고시히까리는 식미치가 가장 좋아서 팽화미를 제조하면 품질이 우수하지만 가격이 비싸고 수확량이 적다(Table 2)(김영두 등, 2005). 신동진미는 찰기가 높으면서 식미치가 좋고 수확량이 많아서 팽화미 제조에 적합한 품종으로 평가된다. 신동진미는 농진청에서 고품질을 얻기 위해 육성한 벼 품종이고 쌀알의 크기가 일반미 대비 1.5배이면서 완전미율이 높고 단백질 함량이 낮아 윤기가 뛰어나다(신말식, 2009; 최용환 등, 2006). 찰기 특성이 강해 볶음밥용으로 사용되며, 취반 후 물성에는 단단함과 탄성이 높아 찰기 특성이 있고 지방 함량이 낮아 산패 위험이 적다(김영두 등, 2005; 신말식, 2009; 최용환 등, 2006).

Table 2. Relation between physical characteristics and eating quality of rice

Rice	Eating quality	Porosity	Hardness	Heating time	Glutin osity	Water absorption
Goshihigari	Best	Low (19.5%)		Long	High	Slow
Shindongin		19.8%	Hardest		High	
Ilpum						
Hojin						
Hoan	Worst	High		Short		Fast

(Source: Kim, 2005)

4. 가공 밥의 종류와 제조 공정

현재 일본에서 시판 유통되고 있는 가공밥은 가수 조리형과 비가수 조리형으로 분류되며, 알파미, 동결 건조미, 팽화미 등의 가수 조리형, 레토르트밥, 무균 포장밥, 냉동밥 등의 비가수 조리형이 있다(금준석, 2008; 신말식, 2009; 이현유, 2003). 다양한 형태의 가공밥이 존재하고 각 가공밥마다 장단점이 존재한다(Fig. 5). 알파미는 쌀에 물을 가하고 가열하여 취식 가능 상태로 만들어 이를 건조 시킨 것으로 물을 부어 열을 주거나, 뜨거운 물을 붓기만 하면 취식 가능한 상태로 복원되는 특징이 있다. 휴대성과 보존성이 높으나 밥 품질이 일반밥에 비해 떨어지는 단점이 있다(금준석, 2008; 신말식, 2009; 이현유, 2003). 냉동밥은 밥을 짓고 나서 동결시키는 공정이나 동결 시 밥의 두께, 온도, 시간에 의해 품질이 좌우되며, 해동 시 밥알의 조직감과 찰기, 색상 등이 열화되는 단점이 있다(권순자, 2001; 이현유, 2003). 레토르트밥은 살균 처리로 장시간 보존이 가능하고 소스류를 넣어 메뉴의 다양화가 가능한 장점이 있으나 살균에 의한 식감, 색상 변화 등의 단점이 있다고 알려져 있다(신말식, 2009; 이현유, 2003). 무균 포장밥은 전처리 공정을 통하여 내열성 균을 감소시켜 제조되고 유통되는 밥이다. 무균밥은 일정량의 침지미를 용기에 정량 충진하고 용기 내에 충진된 침지미를 120°C 이상의 스팀에서 가압 살균한 후, 가압 살균된 용기에 일정량의 취반수를 공급하고 스팀을 이용하여 100°C에서 20분 이상 가열하여 제조한다(금준석, 2008; 권순자, 2001; 신말식, 2009; 이현유, 2003).

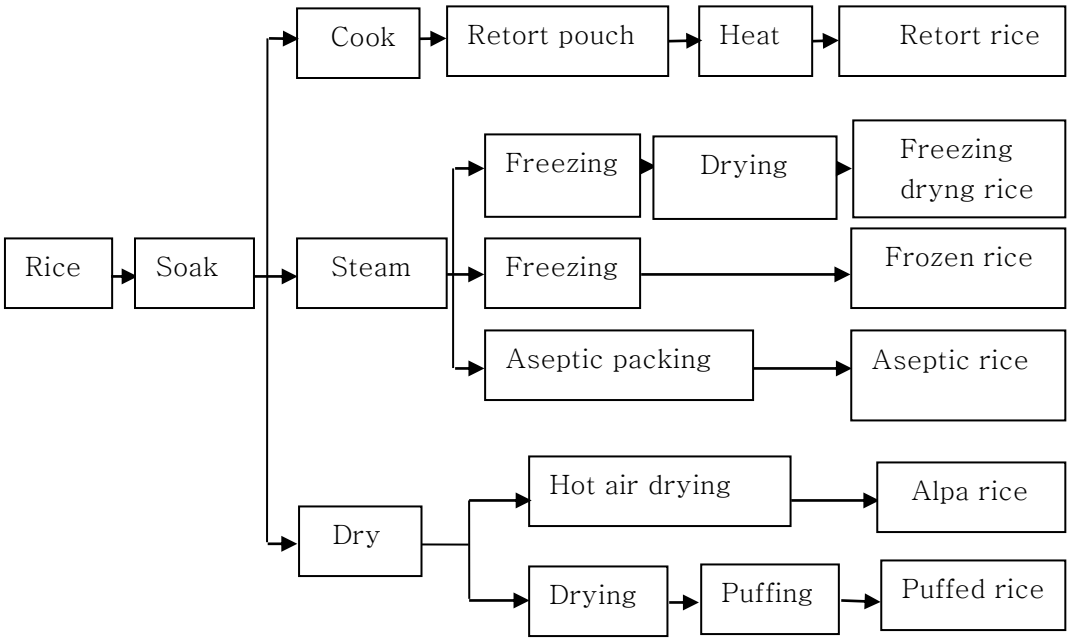


Fig 5. Overview of processing rice (Source: Lee et al., 2003)

팽화미는 쌀을 취반하여 건조하고 물을 투입한 후 전자레인지 등을 이용하여 복원하고 취식하는 가공밥의 일종이다(Shierly & Robert, 2007). 팽화미로 제조한 가공밥은 단시간에 복원 가능한 장점이 있지만 갓 지은 밥과 비교하여 점도가 떨어지고 쉽게 으스러지는 등의 단점 또한 존재한다(Prasert et al., 2009; Rewthong et al., 2011).

5. 초고압의 조직감 개선 기대효과

초고압은 100-900 MPa(1000-9000 기압)의 압력을 이용하는데 매체로 물이나 오일을 이용해 압력을 순간적으로 균일하게 전달시키는 파스칼의 원리에 근거한 비가열 처리의 가공방법이다. 연구 개발된 초기에는 기존의 가열처리에 비해 조직감 및 풍미 저하가 덜 일어나는 식품의 마일드한 살균 기술로 사용되었다. 기존의 열처리가 단백질의 변성 및 응집, 전분의 호화, 효소의 불활성화, 살균 등에 영향을 미치는 반면, 초고압은 열처리의 장점을 대체로 유지하면서 마이얄 반응, 비타민 등과 같은 영양성분의 파괴 및 맛, 향, 색상 등과 관련된 관능품질의 손상과 같은 열처리에서 유발되는 화학적 변화를 최소화할 수 있다는 큰 장점이 있다(박지용, 2009). 최근에는 열처리를 대체할 수 있는 기술 외에 특정 효소의 활성화 및 불활성화, 식품 발효의 조절, 조직감 제어, 기능성 및 유효 성분의 추출율 향상, 성분생체 고분자의 변성 등 다양한 분야에서 초고압을 활용한 연구개발이 진행되고 있으며, 일부 상업화 기술로 제품 생산에 적용되고 있다(Song et al., 2007).

초고압을 이용한 식품의 조직감 개선 연구 사례로는 고압 처리를 통해 찹쌀 전분의 점도를 감소시켜 곡류 가공품의 가공적성을 향상시키려는 시도가 있었다(Lee, 2011). 관련 연구 내용을 좀 더 구체적으로 살펴보면 pH 3~10 조건에서 찹쌀 전분을 고압 처리하게 되면 쌀 전분의 구조와 활성의 변화 기작이 발생하여 고유 점도가 감소하는 특성을 나타낸다. 또한 호화 온도와 엔탈피도 함께 감소하는 것으로 밝혀졌다. 또한 초고압 처리를 통해 현미밥의 조직감이 개선되고 γ-aminobutyric acid (GABA) 함량이 증가하였다는 연구사례(Kwon et al., 2007)가 있었다. 신경 및 혈압 안정화, 장기(신장, 간장, 췌장) 기능 활성화 효과를 나타내는 GABA 생성이 66% 증가하였는데, 이는 glutamic acid dehydrogenase효소의 활성 증가에 기인한 것으로 나타났다.

초고압 처리를 하게 되면 팽화미 제조 적성이 떨어지는 찹쌀 백미 및 멥쌀 현미의 단점을 극복할 수 있을 것으로 사료되어 초고압을 통해 쌀 특성의 변경을 유도하여 건조 쌀의 품질 향상을 도모하는 초고압 전처리 기술에 대한 연구를 수행하였다.

6. 초고압의 살균 효과

여러 종류의 쌀 품종은 무균밥, 레토르트밥, 건조밥, 냉동밥 등의 다양한 가공밥과 면류 식품의 핵심원료로 사용되고 있으며, 쌀의 건강 이미지로 인하여 쌀 베이스 가공식품은 글로벌 아이템으로도 최근 각광 받고 있어 수요가 국내외적으로 점차 확대되고 있는 실정이다.

그러나 쌀에는 토양에서 기인하는 내열성이 높은 *Bacillus* 계통의 포자 형성 미생물이 다량 존재하고 있으며, 보관 및 유통 중에 곰팡이, 효모, 병원성균 등의 다양한 균에 오염될 수 있는 여지가 많아 살균 공정의 적용이 필요하다. 여러 살균 방법 중 가열 살균법이 내열성 균 등 다양한 제어에는 효과적인데 구체적인 공정 조건은 121.1℃와 2 Kgf/cm^2 이상의 고온과 고압 수증기로 표면을 수초 ~ 수십 초간 단시간 가열한다. 그러나 가열살균 방법은 열에 의한 품질 손상이 불가피하여 적용에 많은 제한이 따른다(Lee et al., 2012).

그 밖의 방법으로 알코올, 유기산, 계면활성제, 박테리오신, 칼슘 제제 등 다양한 천연항균제를 첨가한 용액에 쌀을 침지하여 감균 및 살균하는 방법이 있으나, 이러한 방법의 미생물 제어 효과는 비교적 낮으며, 천연항균제에 기인하는 특정 맛에 의해 적용 식품의 맛, 향, 색 등의 관능품질 저하가 초래되어 사용이 쉽지 않다(Lim et al., 2001).

따라서 현재의 살균 방법으로는 쌀에 자생하고 있거나 2차 오염되는 다양한 미생물을 품질 손상 없이 효과적으로 제어하여 유통기한을 연장할 수 없으므로 내열성 포자 형성 미생물을 포함한 쌀의 자생 또는 오염

균을 효과적으로 제어할 수 있는 새로운 살균 방법이 요구된다.

이러한 면을 고려하여 새로운 비가열 살균 방법을 연구문헌 고찰을 통해 검토한 결과, 초고압 기술이 찹쌀 백미와 멥쌀 현미의 물성 변화를 가져올 수 있는 특징 외에 다양한 곡류 가공식품의 주원료의 살균에 활용할 수 있을 것으로 사료되어 관련 연구 사례를 구체적으로 살펴 보았다. 초고압 비가열 살균기술은 압력 전달이 비교적 용이한 과일 음료 및 잼 등의 액상 또는 페이스트상 식품의 살균에 최초 적용되어 향미, 색, 영양 등 화학적 반응에 최소한의 영향을 주면서도 효과적으로 미생물을 감균시키는 효과를 제공한다. 이후 육가공, 수산가공 등의 단백질 베이스의 냉장 유통 제품군의 프리미엄화에 주로 사용되어 왔다. 특히 육가공 분야의 경우 스페인, 프랑스, 미국, 일본에서는 햄, 델리 스타일의 육제품, 조리가열 육제품 등이 상업적으로 시판되고 있다(Kim & Lee, 2007).

최근에는 상온 유통의 여러 조리식품 또는 즉석식품의 유통기한 연장을 위한 새로운 비가열 방법으로 응용할 수 있도록 다양한 기반 연구가 여러 국가의 연구기관에서 진행되고 있다. 살사, 파스타 소스, 샐러드 드레싱 등의 소스류에 대한 비가열 살균 연구와 두부 및 관련 제품, 과일 베이스 스프레드, 즉석밥 등의 다양한 가공식품에 대한 상업화 살균 기술에 대한 연구가 구체적으로 수행되어 현재 일부 업계에서 활용하고 있다(박지용, 2009).

Ⅲ. 연구 1: 팽화미 제조의 공정조건 최적화

1. 서론

국내 쌀 생산량은 해마다 다르지만 약 430만 톤 가량으로 추정되며, 최소시장접근(MMA)에 따른 의무적인 수입량은 41만 톤 이상에 이른다(신말식, 2009). 2014년 1인당 연간 쌀 소비량은 65.1 kg으로 전년보다 2.1 kg 줄어든 것으로 34년 연속 감소세를 보이고 있다(권순자, 2001). 따라서 일정수준의 쌀 소비를 위한 이용성 제고 기술과 수급 안정을 위한 신규 수요 창출이 필요하다.

FTA 등 농업 개방의 본격화에 의해 값싼 수입 쌀의 증가가 농가의 소득 확보를 위협하고 있다. 높은 물가에 외식을 자제하는 분위기가 커지고 싱글족 및 맞벌이 부부가 늘어남에 따라 간편식 소비가 급증하고 있다. 간편하게 집에서 즐길 수 있는 고품질의 가정식사 대용식(HMR: home meal replacement) 식품 요구가 지속적으로 증가할 것으로 보인다. 소득의 증가와 더불어 건강 지향적인 쌀 가공 식품에 관심이 높아지고 쌀 가공식품 산업은 쌀 소비를 확대시키는 유력한 수단이면서 건강에 기여하여 소비자에게 만족을 줄 수 있는 성장 가능성이 있는 분야로 인식된다(금준석, 2008).

HMR 시장은 2000년부터 백화점 식품 매장을 중심으로 활성화되어 2004년에 3천억 원의 매출규모로 확대되는 새로운 푸드 라이프 스타일로 집중되고 있는 사업이다. 데이터 모니터의 조사에 따르면 가정 간편

식 시장은 연평균 5.2%씩 성장하여, 2014년이면 3조 2천 970억 달러(약 3,528조원)의 규모에 이를 것으로 전망된다.

쌀 가공식품은 취반 방법과 조리방식에 따라 여러 가지 밥류와 죽류가 있으며, 주식 외의 가공식품으로는 떡류와 한과류가 있다. 현재까지 우리나라의 밥류 가공 산업은 영세한 도시락 산업이 주도하여 왔으나, 최근 대량 취반 설비의 국산화가 이루어지면서 특히 대기업들이 상온에서 장기 유통이 가능한 무균 포장 밥을 비롯한 가공 밥류를 생산 판매하고 있다(금준석, 2008). 쌀 가공제품의 연구개발 현황을 살펴보면 1986년부터 농촌 진흥청 연구 기관과 한국식품개발연구원을 주축으로 많은 연구가 시작되었으며 새로운 쌀 가공식품들이 개발되었다. 현재까지 개발된 쌀 가공 식품은 쌀 국수, 쌀 냉면, 쌀 라면, 즉석 건조 쌀밥, 즉석 쌀죽 등이 있고 현재 쌀 가공식품으로 생산량의 약 5%가 되는데, 이는 일본의 15% 수준에 비하여 우리나라는 아직 기술개발이나 생산량에 있어서 초보 단계이다(금준석, 2008).

일본의 쌀 연구는 벼의 품종개량이나 재배방법 등의 생산 과정에 대한 연구가 중요시되어 왔으나 최근에는 쌀의 다양한 조리 및 가공 과정에 따른 용도별 적성에 대한 연구가 활발하다. 쌀 가공식품은 쌀밥류, 스낵류 등을 포함하여 다양한 품목을 100여 개의 식품업체에서 제조 판매하고 있으며, 레토르트 쌀밥, 냉동 쌀밥 등 쌀밥류가 전체 쌀 가공식품 생산량의 46% 정도를 차지하고 있어, 이들 간편식 쌀밥류가 쌀 가공식품의 주류를 이루고 있다(이현유, 2009).

국내 연구현황은 원천기술개발보다 제품개발에 치중하여 차별화되지 못한 제품개발로 인해 실용화가 미흡하며, 쌀 가공제품 생산을 위한 생산가공시스템에 관한 연구가 미흡하다(금준석, 2008).

냉동밥의 경우 밥맛에 영향을 주는 찰기 특성이 떨어져 소비자에게 만족감을 주지 못한다. 레토르트 밥 역시 품질 수준이 낮아 시장 진입에 실패하였다. 현재는 무균포장 밥의 품질이 우수하나, 특유의 가공취가 존재하고 수분을 함유하고 있어서 유통기한이 짧다. 냉동 밥, 레토르트 밥, 무균포장 밥은 수분이 약 30% 이상으로, 습식형태의 살균과 세정 등을 통해 미생물에 의한 변패를 억제시키는 공정이 필요하다(이현유, 2009). 이에 반해 개량된 퍼핑 기술을 사용한 팽화미는 수분이 10% 이하로 건조 형태이고, 상온에서 미생물에 의한 변패가 없으며 1년 이상 실온에서 보관해도 품질의 변화가 없다. 2012년부터 팽화미 제조 기술이 국내에 도입되어 국내에서 팽화미를 이용한 간편식 HMR제품이 판매되고 있다. 팽화미의 복원밥 품질은 현재까지 무균 포장밥에 비하여 품질이 부족하며(Rewthong et al., 2011), 경도가 낮고 찰기가 부족하다. 팽화미의 품질을 향상하기 위하여 제조 기술이 앞서있는 일본 업체와의 기술 협력을 통해서 기본적인 제조 공정을 파악할 수 있었고 국내에서 생산하는 쌀 품종별 실험을 진행하여 팽화미에 적합한 쌀 품종을 확인할 수 있었다. 우리가 선정한 쌀 품종은 신동진미이다. 신동진미는 농촌진흥청에서 고품질 품종을 얻기 위해 육성한 벼 품종이고 쌀알의 크기가 일반미 대비 1.5배이다. 완전미율이 높고 단백질 함량이 낮아 윤기가 뛰

어나다. 찰기 특성이 강해 볶음밥용으로 사용된다(김영두 외, 2005). 팽화미 제조를 위해서는 여러 가지 공정단계가 팽화미의 최종 품질에 영향을 미친다.

본 연구는 팽화미 제조의 주요공정 단계와 팽화미 품질과의 관계를 분석하고 팽화미의 품질을 향상하기 위해서 주요공정 조건들을 최적화하는 것이다.

2. 재료 및 방법

(1) 원재료 및 시료 준비

원재료는 자포니카 품종인 신동진미로서 공급처는 한국산업사(논산, 한국)이고 도정일자는 2013년 11월 14일이다. 도정도는 12분도 초기 수분함량은 12~13%이었다. 실험을 시작하기 전에 4℃에 보관하였다. 실험을 위해서 300 kg의 신동진미를 세척한 후 12시간 동안 침지시켰다. 침지수는 쌀 양의 1.5배였고, 침지수 온도는 18±2℃였다. 침지 후 수분 함량은 32.2±0.1%였다. 수분함량은 원적외선 수분 측정기(FD - 610, Kett Electric Laboratory, Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 침지된 쌀은 찜솥(현정엔지니어링, 논산, 한국)에 넣고 100℃에서 40분 간 수증기 가열했다. 1차 증자 후 수분함량은 44.6±0.2%이었다. 가수 후 수분함량은 50.5±0.5%였다. 2차 증자는 20분 간 수증기 가열하였다. 2차 증자 후 수분함량은 58±1%였다. 40℃와 55℃에서 각각 13시간 동안, 70℃에서 12시간 동안 건조하여 수분함량이 7% 이하가 되도록 하였다. 건조한 시료에 스프레이로 가수하고 수분평형을 위해서 24시간 동안 비닐로 봉인하여 최종 수분함량으로 조정하였는데, 최종 수분함량은 40℃에서 6.88%, 8.91%, 10.82%, 55℃에서 6.93%, 9.08%, 11.2% 70℃에서 7.18%, 8.82%, 10.93%였다. 퍼핑 온도는 230℃, 235℃, 240℃였고 퍼핑 시간은 25초로 하여 총 27가지 조건의 팽화미 시료를 제조하였다(Fig. 6, Fig. 7).

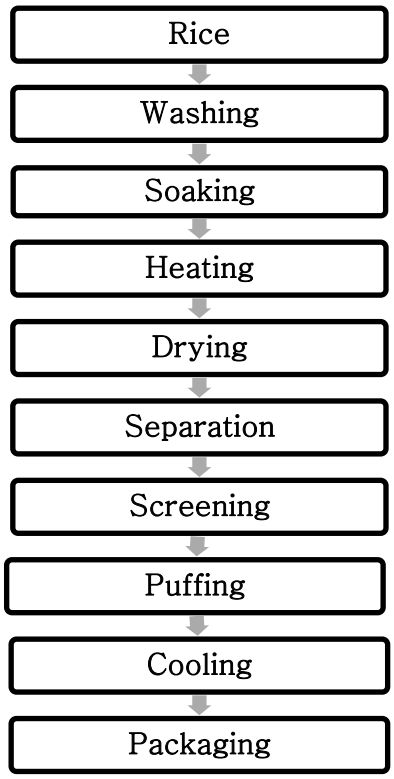
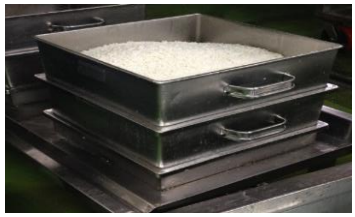


Fig. 6. Sample production process

Soaking rice



1st heating

Adding water

2nd heating

Spreading

Drying

Adding water

Balancing moisture

Puffing

Fig. 7. Production process of puffed rice

(2) 실험 설계

RSM은 건조온도, 수분함량, 퍼핑 온도의 3요인과 3수준으로 하여 3^3 요인 실험(factorial design)을 수행하였다(Table 3). 예비실험의 결과를 바탕으로 팽화미 품질에 영향을 미치는 공정단계와 공정단계에서 팽화미 제조가 가능한 범위를 선정하였다. 공정단계에서 스팀 가열 후 건조온도, 퍼핑전 수분함량, 퍼핑 온도를 선정하였고, 건조온도는 40℃, 55℃, 70℃, 퍼핑전 수분함량 수준은 7%, 9%, 11%, 퍼핑 온도 수준은 230℃, 235℃, 240℃이었다(Table 4). 각각의 실험 조건을 코드화 하였다(Table 5). 팽화미의 크기, 파쇄미 비율, 밀도, 복원율, 색도, SEM을 측정하였고, 팽화미로 복원밥을 만들어 텍스쳐를 측정하고 관능 검사를 하였다.

Table 3. Independent variables and their coded and actual values used in a 3^3 factorial design

Independent variables	Unit	Code	Level		
			- 1	0	+1
Drying temperature	℃	X_1	40	55	70
Moisture content	%	X_2	7	9	11
Puffing temperature	℃	X_3	230	235	240

Table 4. Factors and levels for the production of puffed rice

Process	Conditions
Rice	Shindongjin
Soaking time	12 hr(18℃)
1st heating	Heating time: 40 min
	Adding water
2nd heating	Heating time: 20 min
Drying temperature	40, 55, 70℃
Water content after drying	7, 9, 11%
Puffing temperature	230, 235, 240℃

Table 5. 27 test conditions of independent variables and their coded and actual values used in a 3^3 factorial design

No.	Drying temp.(℃)		Moisture content(%)		Puffing temp.(℃)	
	Code value	Real value	Code value	Real value	Code value	Real value
1	−1	40	−1	7	−1	230
2	−1	40	−1	7	0	235
3	−1	40	−1	7	+1	240
4	−1	40	0	9	−1	230
5	−1	40	0	9	0	235
6	−1	40	0	9	+1	240
7	−1	40	+1	11	−1	230
8	−1	40	+1	11	0	235
9	−1	40	+1	11	+1	240
10	0	55	−1	7	−1	230
11	0	55	−1	7	0	235
12	0	55	−1	7	+1	240
13	0	55	0	9	−1	230
14	0	55	0	9	0	235
15	0	55	0	9	+1	240
16	0	55	+1	11	−1	230
17	0	55	+1	11	0	235
18	0	55	+1	11	+1	240
19	+1	70	−1	7	−1	230
20	+1	70	−1	7	0	235
21	+1	70	−1	7	+1	240
22	+1	70	0	9	−1	230
23	+1	70	0	9	0	235
24	+1	70	0	9	+1	240
25	+1	70	+1	11	−1	230
26	+1	70	+1	11	0	235
27	+1	70	+1	11	+1	240

(3) 크기 측정

크기 측정은 Venier calipers(Mitutoyo, Tokyo, Japan)를 이용하여 팽화미의 길이(가로, 세로)와 두께를 측정하였다. 팽화미 전체에서 쌀알을 임의로 취하여 10회 반복 측정 후 평균을 구하였다.

(4) 파쇄미 비율 측정

파쇄미 비율 측정은 55℃, 수분 9%, 235℃ 조건(코드 0 0 0)의 시료를 사용하여 mesh를 이용하였다. 팽화미(코드 0 0 0) 전체에서 80 g을 임의로 취하여 5 mesh(4.04 mm)로 체질한 후 체 위에 남은 쌀의 무게를 측정하였다. 5 mesh를 통과한 쌀을 6 mesh(3.35 mm)로 체질하여 체 위에 남은 쌀의 무게를 측정했다. 6 mesh를 통과한 쌀을 12 mesh (1.52 mm)와 18 mesh(0.98 mm)를 이용하여 위의 방법과 동일하게 실시하였다. 전체 무게에 대해 각 mesh를 통과하지 못한 쌀의 g 수로 %를 구하였다.

(5) 팽화미 밀도 측정

6 mesh 체 위에 남은 크기가 균일한 팽화미를 100 mL 실린더에 투입하고 균일하게 하여 내부의 빈 공간의 부피 차이가 나지 않게 하였으며 촘촘하게 채우기 위해서 25~30회 가볍게 두드렸다. 팽화미 밀도는 다음의 공식을 이용하였다.

팽화미 밀도= 팽화미 무게(g)/팽화미 부피(mL)

(6) 복원율 측정

복원율은 팽화미 10 g에 물 100 mL을 투입하고 전자레인지(700W, 삼성전자, 한국)에 6분 간 가열한 후 5분 동안 여분의 물을 빼내고 무게를 측정하였다. 복원율은 전자레인지에 가열하기 전과 후의 무게로 계산하였다.

복원율= 쿠킹 후의 팽화미 무게(g)/쿠킹 전의 팽화미 무게(g)

(7) 색도 측정

색상은 미놀타 색상측정기(model CR300, Minolta Co., Osaka, Japan)로 측정하였다. 색상은 L*(명도), a*(적색도), b*(황색도) 값으로 측정하였다. 모든 실험은 3반복 측정하였으며, 이때 사용한 표준 백판의 L 값은 93.57, a값은 0.06, b값은 0.24였다.

(8) 텍스처 측정

팽화미 70 g에 140 mL의 뜨거운 물을 투입하고 전자레인지로 3분 동안 가열하였다. 팽화미 조직감의 변화를 분석기(model M08-373, Brookfield Engineering Laboratories, Inc., Middleboro, MA, USA)로 분석하였다. 10 g 복원밥을 원형용기에 넣어 원형으로 만들어 사용 하였는데, 원형의 복원밥에 막대 형태의 탐침을 아래로 60% 압력으로 1.7 mm/s로 움직여 경도(hardness), 점착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 탄성(gumminess), 씹힘성

(chewiness)을 측정하였다.

(9) 관능 검사

관능검사는 관능검사에 대한 이해도가 높고 경험이 있는 10명의 훈련된 패널을 선정하여 수행하였다. 70 g의 팽화미에 140 mL의 물을 가하여 전자레인지를 이용하여 3분 간 조리하였다. 균일한 시료를 이용하기 위하여 조리 후 가장자리 1 cm를 제외한 중심부의 복원된 밥을 이용하였다. 밥알이 부서지지 않게 골고루 섞은 후 30 g을 취하여 흰색 개인용 사기 용기에 담고 뚜껑을 덮은 후 개인 검사대에 제시하였다. 각 시료에는 난수표를 이용하여 무작위로 추출한 세자리 숫자를 기입하였다. 순서는 항상 무작위로 정하였고 검사요원에게 입을 가실 수 있는 물과 시료를 평가하는데 필요한 숟가락을 함께 제공하였다.

관능특성은 향미, 외관, 맛, 텍스쳐, 유사성 순서로 평가하였다. 훈련과정을 통하여 쌀밥과 관련된 묘사용어에 관한 정의를 이해시켰고 선정된 표준물질을 기준으로 시료간 구별 능력을 훈련시켰다. 연구원이 3번의 훈련을 마친 후에 복원밥의 향미, 외관, 맛, 텍스쳐, 유사성을 검사하였다. 평가자는 각 샘플을 1점부터 9점까지 평가하였다(1=매우 약하다, 9=매우 강하다).

(10) 통계 분석

실험 데이터를 바탕으로 아래 식과 같은 2차 다항식 모델 식

(empirical second order polynomial model)을 이용하여 다중 회귀 분석(multiple regression analysis)을 실시하였다.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^{3} \beta_i X_i + \sum_{i=1}^{3} \beta_{ii} X_i^{\,2} + \sum_{i=1}^{2} \sum_{j=i+1}^{3} \beta_{ij} X_i X_j + e$$

여기서 Y 값은 응답변수(response variable), B_0, B_i, B_{ii}, B_{ij}는 각각 절편 변수(intercept variable), 선형(linear), 2차(quadratic), 상호작용(interaction terms)에 대한 각각의 선형 회귀계수(regression coefficient)이며, x_i와 x_j는 독립변수 (independent variables)이다. 다중 회귀 분석은 미니탭(minitab, Minitab Inc., Pennsylvania, USA)을 사용하여 실시하였다. 분석시료의 여러 품질 인자에 영향을 주는 독립변수(건조온도, 수분함량, 퍼핑 온도)에 대한 선형, 2차, 상호작용 효과도 동일한 미니탭 통계 패키지를 사용하여 분석하였다. 이어 미니탭을 이용한 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)도 수행하여 독립 및 반응변수에 대한 상호 작용을 체계적으로 분석하였다.

모든 실험은 5회 반복을 하였으며, 실험 데이터에 대해서는 미니탭 통계 package program으로 분산분석(analysis of variance)을 실시하였고, 시료간의 유의적 차이 검증을 위하여 Duncan다중 범위 검증을 이용하여 비교하였다($P<0.05$).

(11) SEM 측정

전처리 SEM 측정용 plate에 팽화미를 고정시킨 뒤, SEM 측정에 적

합하도록 백금(Pt)으로 coating했다. 단면의 경우 날카로운 면도날을 이용하여 절단한 후, 위의 과정과 동일하게 전처리하였다. 측정은 SEM (JSM 6335F, Jeol Co., Tokyo, Japan)으로 하였고, 높은 가속 전압으로 인해 시료의 표면이 손상이 없도록 5~10 keV의 가속전압으로 측정하였으며, 측정 배율은 20부터 최대 5000이었다.

3. 결과 및 고찰

(1) 크기와 파쇄미 비율

팽화미 품질에 있어서 팽화미 크기가 중요한 요소 중 하나이다. 크기가 적합해야 팽화미로 복원된 밥이 갓 지은 밥의 외관과 식감과 비교하여 유사하게 나타난다. 쌀의 가로, 세로, 두께가 각각 3.03 cm, 5.78 cm, 2.02 cm였는데, 팽화 후 부피가 약 1.5배 증가하여 3.62 cm, 8.37 cm, 2.93 cm로 되었다. 퍼핑 후의 가로 길이는 퍼핑 전 쌀의 건조온도와 수분함량의 영향을 받아 유의적인 차이가 발생하였으며($P<0.05$), 건조 온도가 낮을수록 길이가 증가하였다($P<0.001$). 팽화미 제조 공정에서 낱알 분리가 안 되어 밥알들이 서로 달라붙고, 깨지고, 고온으로 인한 탄화물이 발생할 수 있다. 팽화미로 사용하기에 부적합한 비율이 19.78%였다. 부적합 내용으로 낱알 분리가 안 된 비율이 7.09%, 크기가 작거나 깨진 비율이 12.26%, 완전히 깨진 비율이 0.36%, 이물혼입이 0.07%이었다(Table 6). 파쇄미 비율이 높은 이유는 신동진미가 찰기 특성이 있어서 건조 후 낱알 분리가 잘 안 되고, 퍼핑 시 건조 쌀이 공기 이송으로 인하여 시료에 충격이 가해지기 때문으로 보인다. 일본에서는 밥알의 낱알 분리가 잘 되도록 하기 위해 쌀 침지시 유화제를 사용하여 쌀 표면의 점성을 줄여 낱알 분리를 유도하는 방법을 사용하고 있으며, 국내에서도 유사한 유화제 사용 연구 사례가 있다(이태헌 등, 1991). 그리고 갓 지은 밥을 건조 전에 뭉치는 현상을 줄여 주기 위해서 물에 씻어주는 방법도 연구되었다(Rewthong et al., 2011).

Table 6. Size classification of puffed rice

Size	Shape after puffing	Puffed rice(%)	
Rice remained on 5 mesh	Stick together	7.09	
Rice remained on 6 mesh	Good shape	80.21	
Rice remained on 12 mesh	Broken shape	12.26	
Rice remained on 18 mesh	Little size	0.36	
	Burned material	0.07	

(2) 팽화미 밀도

RSM 분석 결과, 밀도가 가장 높은 조건은 건조온도 70℃, 수분함량 7%, 퍼핑 온도 230℃였다(Table 7). 밀도와 같은 물리적 특성의 변수는 퍼핑 전 쌀의 건조온도와 퍼핑 온도에 의하여 유의미하게 영향을 받았고 R^2는 0.789였다(Table 8). 건조온도는 높을수록, 퍼핑 온도는 낮을수록 밀도가 높아졌으며, 건조온도와 수분함량의 이차효과에 의해서 유의미하게 영향을 받아($P<0.01$), 건조온도는 높을수록 수분함량이 낮을수록 밀도가 높아졌다(Fig. 8). 밀도가 증가하는 원인은 팽화미의 내부의 기공이 불균일하게 형성되거나 기공이 생기지 않아서 때문이라고 생각한다.

소비자들은 쫄깃한 식감을 좋아하여서 밀도가 높아야 품질이 좋은 것으로 판단하지만, 팽화미에서는 밀도가 높으면 기공이 균일하지 않거나 생기지 않아서 질긴 식감으로 변하여 식미에 좋지 않은 영향을 주었다(Fig. 8). 팽화미 밀도는 복원율과 음의 상관관계를 갖는다고 알려져 있다(Pasert & Suwannaporn, 2009).

Table 7. Optimum processing conditions of variables (RSM)

Responses	Drying temp. (℃)	Moisture (%)	Puffing temp. (℃)
Similarity	40	11	233
Color intensity	70	11	234
Rehydration ratio	40	7.3	240
Puffed rice density	70	7.0	230
Lightness	70	10.4	230

Table 8. Regression coefficients of polynomial functions and coefficients of determination (R^2).

Coefficient	Similarity	Color intensity	Rehydration ratio	Density	Lightness
β_0	2.8811	2.8667	2.8785	41.6550	80.7126
β_1	−0.1067	−0.0183	−0.1006***	1.7580***	−0.3778***
β_2	0.3411***	−5906***	0.0189	0.4240	1.0050***
β_3	−0.0644	0.2522**	0.0611*	−1.0930**	−0.2928**
β_{12}	0.0917	−0.1367	0.0733*	−1.2930**	0.3033*
β_{13}	−0.0083	−0.0458	−0.0358	−0.2870	0.0417
β_{23}	−0.0542	−0.1683	−0.0083	0.0920	−0.0592
β_{11}	0.1200	0.0683	00828	−1.7490	0.4656
β_{22}	0.0933	0.1017	−0.0389	0.6730	−0.6294
β_{33}	−0.1233	0.1400	−0.0022	−0.5790	−0.1861
R^2	0.6230	0.8520	0.6877	0.789	0.9249
Sig Lack-of-fit	0.3127	0.2902	0.1016	1.397	0.3615

* Significant at 5% level, ** Significant at 1% level, *** Significant at 0.1% level

β_1 = Drying temperature(℃), β_2 = Moisture content (%), β_3 = Puffing temperature (℃)

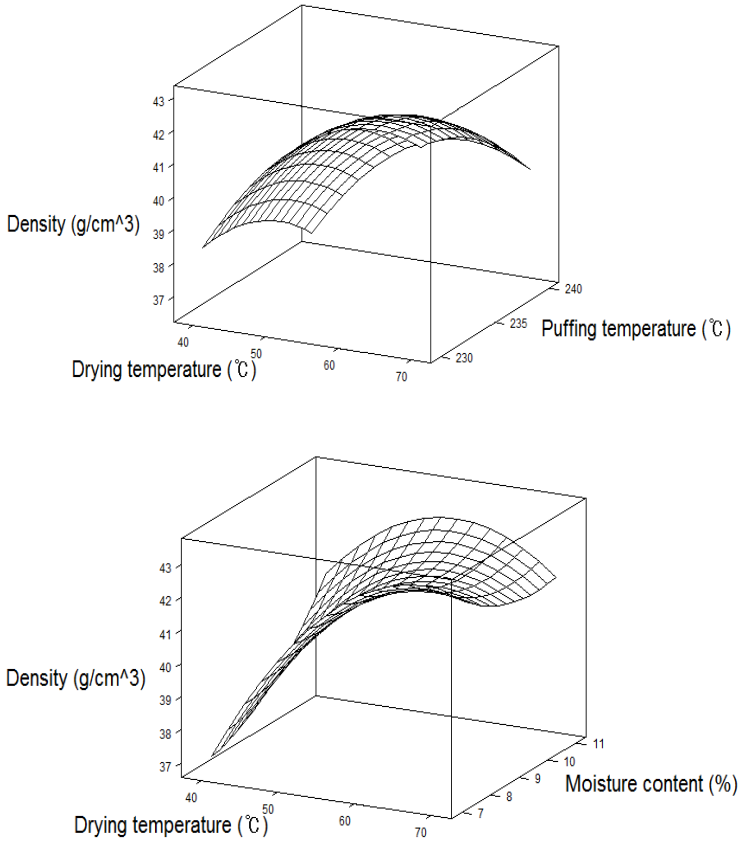
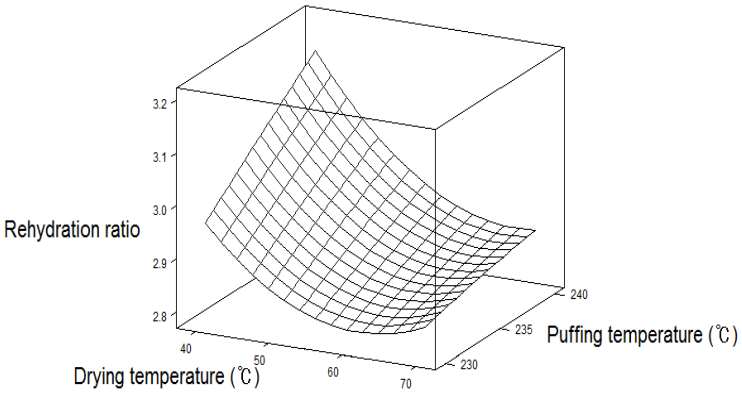


Fig. 8. Contour plot of density of rehydrated puffed rice as a function of puffed rice processing conditions

(3) 복원율

팽화미의 중요한 품질 속성 중에서 색상과 복원율 관점에서 보면 소비자는 흰 색상과 빠른 복원율을 선호한다(Pakorn et al., 2007). 팽화미 제조 공정에서 색상이 희고 부드러운 식감을 가지면서 적당한 경도와 찰기가 있고, 복원력이 빠른 제품의 구현이 일반적인 최적화 기준이다. 복원율은 건조온도와 퍼핑 온도에 따른 주효과와 건조온도와 수분함량의 이차효과에 의하여 유의미하게 영향을 받았고($P<0.05$), R^2는 0.688였다. 건조온도가 감소하고 퍼핑 온도가 증가할수록 복원율이 증가하는 경향을 보였다(Fig. 9). RSM 분석 결과 복원율이 가장 빠른 조건은 건조온도 40℃, 수분함량 7.3%, 퍼핑 온도 240℃였으며 (Table 7), 복원율이 빠른 것은 물을 빠르게 흡수하지만 밥알이 쉽게 부서지고 흐트러져서 식감에 부정적인 영향을 주기 때문에 복원율이 빠르다고 식미치가 좋은 것은 아니었다. 그리고 고시히까리와 신동진은 다른 품종과 비교하여 수분 흡수시간이 약간 늦었다(김영두, 2005). 수분 함유량이 적으면 질기고 복원율이 낮아졌다(Prasert et al., 2009).



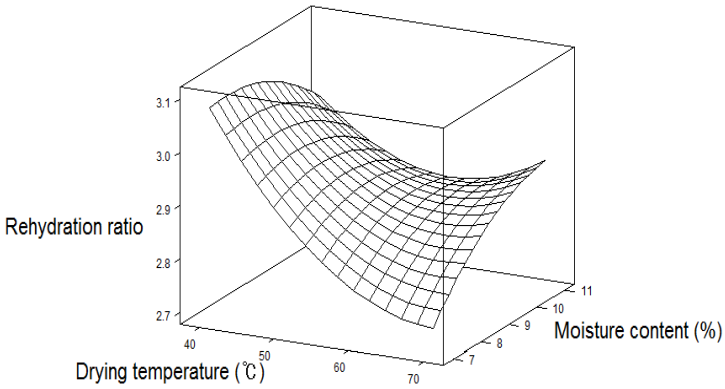


Fig. 9. Contour plot of rehydration ratio of rehydrated puffed rice as a function of puffed rice processing conditions

(4) 색도

팽화미를 복원한 밥은 퍼핑 전 쌀의 수분함량이 높을수록 명도가 높았다. 수분함량 10%~11%인 건조 쌀로 제조한 팽화미로 만든 복원밥의 명도가 기준에 적합하였다(Fig. 10). 명도는 건조온도, 수분함량, 퍼핑 온도의 주효과에 의하여 유의미하게 영향을 받았고(P<0.01), R^2는 0.925였다. 명도 RSM 분석 결과 명도가 가장 높은 조건은 건조온도 69.8℃, 수분함량 10.4%, 퍼핑 온도 230℃였다(Table 7). 무균 포장밥의 식미에 미치는 상관분석을 실시한 이전 연구에서도 명도와 수분함량 등이 식미와 정의 상관을 보인다고 보고하였다(천아름 등, 2007).

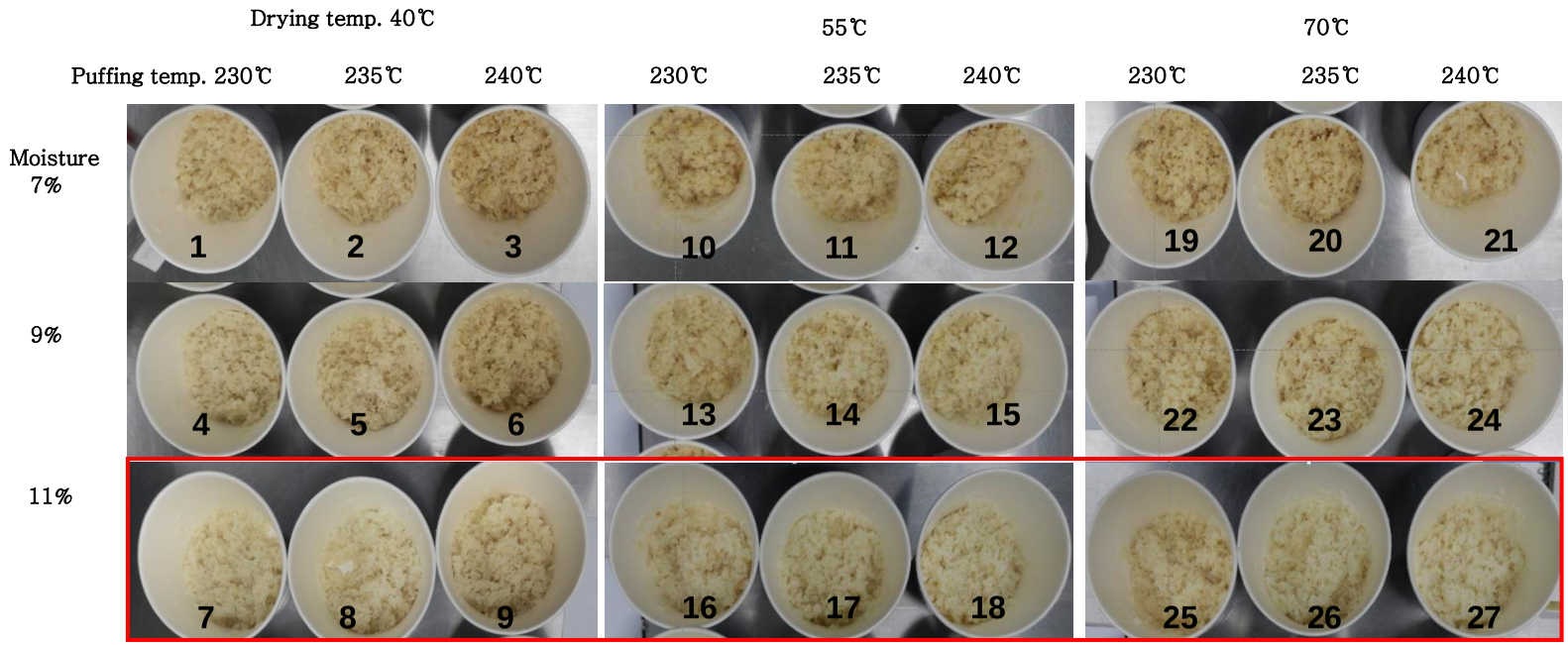


Fig. 10. Picture of rehydrated rice as a function of puffed rice processing conditions

(5) 텍스처

팽화미를 복원한 밥의 텍스쳐에서는 응집성 이외에 유의적인 차가 발생하지 않았다($P>0.05$). 그에 반해 열풍 또는 동결 건조된 건조 쌀을 복원한 밥의 식감은 갓 지은 밥의 조직감과 비교하였을 때 유의적인 변화가 발생하여 경도와 점도가 낮아진다고 보고한 바 있다(Rewthong et al., 2011). 응집성은 건조온도와 퍼핑 온도의 주효과에 의해 영향을 받는 것으로 나타났으며, 특히 건조온도에 의한 영향력이 큰 편으로 ($P<0.001$) 건조온도가 낮아질수록, 퍼핑 온도가 높아질수록 응집성이 더 크게 나타났다(Fig. 11). 응집성 RSM 분석 결과, 응집성이 높은 조건은 건조온도 40℃, 수분함량 11%, 퍼핑 온도 240℃이었다(Table 7). 예비실험에서 신동진미는 일미보다 경도가 높고 점성과 경도의 비율이 높게 나타났다. 이전 연구에서 수분함량이 증가함에 따라서 경도는 감소한다는 연구결과가 있었다(Prasert et al., 2009).

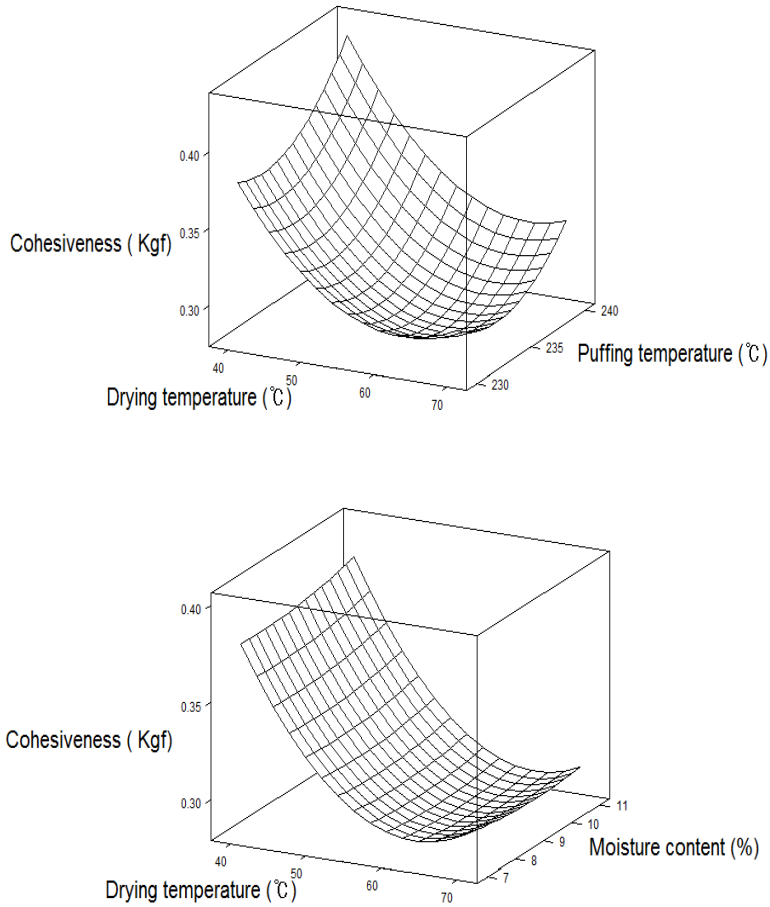


Fig. 11. Contour plot of cohesiveness of rehydrated rice as a function of puffed rice processing conditions

(6) 관능 검사

구수한 향은 수분함량이 높고 퍼핑 온도가 낮을수록 낮은 것으로 나타났다(P<0.01). 이취는 밥 고유의 향, 윤기, 밥알의 크기, 경도, 촉촉한 정도, 부착성, 질긴 정도, 선호도와 음의 상관관계였고(P<0.05), 오래 묵은 맛과는 양의 상관관계이었다(P<0.01).

건조온도와 수분함량이 높을수록 윤기가 강해지는데(P<0.01), 윤기는 밥 고유의 향, 밥알의 크기, 단맛, 촉촉한 정도, 그리고 선호도와 양의 상관관계를 가지며(P<0.05), 이취, 색의 강도, 오래 묵은 맛, 이에 끼는 정도와는 음의 상관관계이었다(P <0.01).

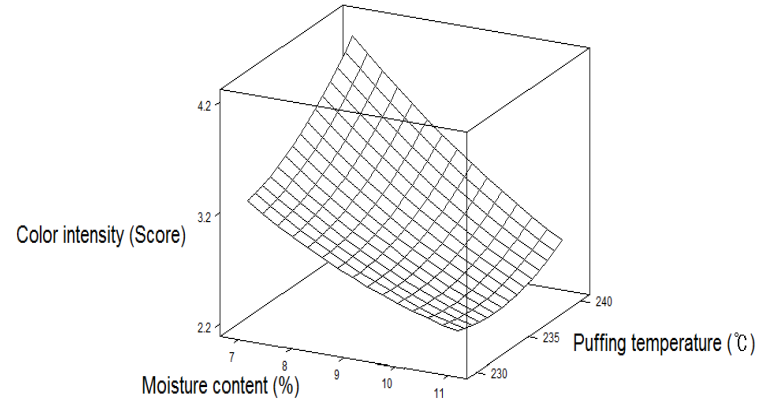
밥알의 크기는 밥 고유의 향, 윤기, 단맛, 경도, 촉촉한 정도, 그리고 선호도와 양의 상관관계였고(P<0.01). 건조온도가 낮을수록 단맛이 높아지는데(P<0.05), 단맛은 구수한 향, 밥 고유의 향, 윤기, 밥알의 크기, 부착성, 선호도와 양의 상관관계를 가지고(P<0.05), 색의 강도, 오래 묵은 맛과는 음의 상관관계이었다.

수분함량이 높을수록 오래 묵은 맛이 약하고 경도와 부착성이 낮았다(P<0.01). 그리고 질긴 정도와 이에 끼는 정도는 수분함량이 높을수록 낮았다(P<0.01). 선호도는 수분함량, 밥 고유의 향, 윤기, 밥알의 크기, 단맛, 촉촉한 정도와 양의 상관관계를 갖는 것으로 나타났다(P<0.01).

색의 강도는 갓 지은 흰밥의 흰색을 소비자들이 선호하여 흰밥의 색과 가까운 정도로 검사하였다. 색의 강도가 낮을수록 흰밥의 색과 가깝다. 수분함량이 높고 퍼핑 온도가 낮을수록 흰밥의 색과 가까웠다(P<0.01)

(Fig. 12). 색의 강도는 윤기, 단맛, 촉촉한 정도, 선호도와 음의 상관관계였고($P<0.05$), 구수한 향, 밥 고유의 향, 경도, 부착성, 질긴 정도, 이에 끼는 정도와는 양의 상관관계이었다($P<0.05$). 색의 강도는 건조온도보다 퍼핑 온도에 의해서 영향을 더 받았는데, 이는 전분과 아미노산 사이에 일어나는 마일야드 반응에 따른 것으로 보인다. 전분이 덱스트린으로 분해되고 쌀에 존재하는 라이신과 같은 아미노산과 반응하여 갈색 색소(멜라노이딘)를 생성하여 L값이 감소한 것으로 보인다. 색의 강도에 대한 RSM 최적화 조건은 건조온도 70℃, 수분 함량 11%, 퍼핑 온도 234.4℃이었다(Table 7).

유사성은 표준시료와의 가까운 정도로 판정하였는데, 식품매장에서 가장 많이 판매되는 무균 포장밥을 표준시료로 사용하였다. 유사성은 수분함량에 의하여 가장 큰 영향을 받았는데, 수분함량이 증가할수록 유사성이 높아지는 경향을 보였다(Fig. 13). 유사성의 RSM 최적화 조건은 건조온도 40℃, 수분 함량 11%, 퍼핑 온도 232.7℃이었다(Table 7). 표준시료와의 유사성이 소비자의 전반적 만족도를 설명할 수 있으므로, 가장 좋은 팽화미 품질의 최적화 조건은 유사성이 높은 조건이라 할 수 있다.



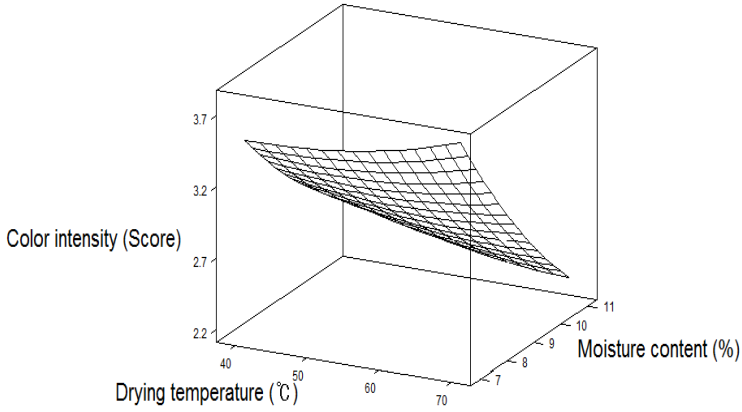
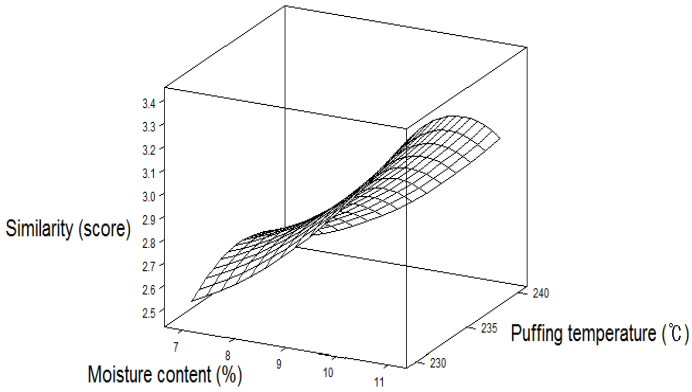


Fig. 12. Contour plot of color intensity of rehydrated rice as a function of puffed rice processing conditions



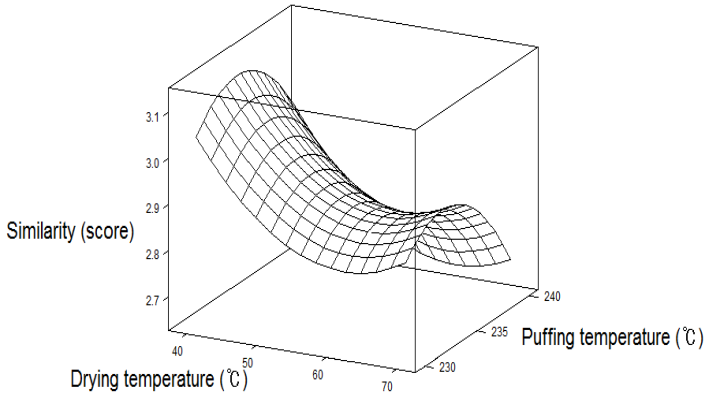
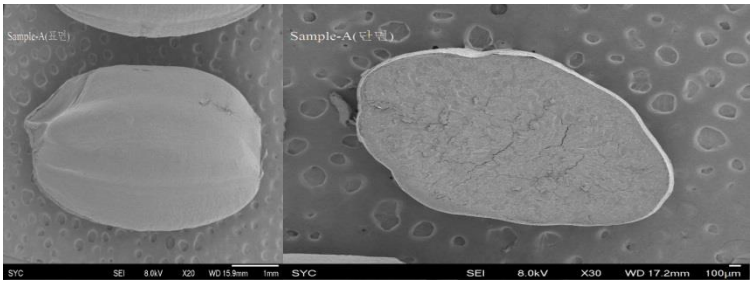


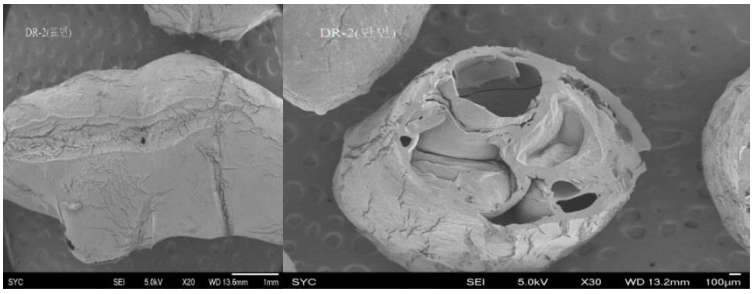
Fig. 13. Contour plot of similarity of rehydrated rice as a function of puffed rice processing conditions

(7) SEM

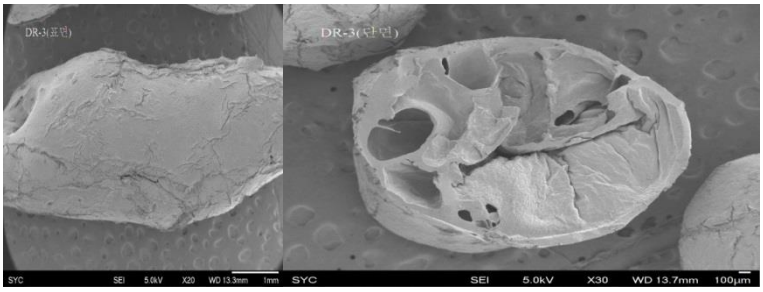
팽화미 단면과 표면의 SEM 사진을 육안으로 관찰한 결과, 퍼핑 전과 퍼핑 후 수분함량에 의하여 팽화미 내부 단면의 공극률이 영향을 받았음을 알 수 있었다. 퍼핑 전에는 팽화미 단면에 기공이 없었고, 퍼핑 후 기공이 생겼다. 수분함량 7%와 9%인 건조 쌀로 제조한 팽화미 단면의 공극률은 차이가 없었다. 수분함량 11%인 건조 쌀로 제조한 팽화미 단면의 공극률이 7%와 9%인 건조 쌀보다 더 크게 생겼다(Fig. 14).



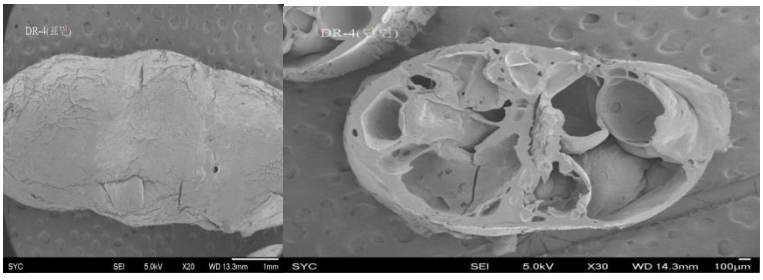
(a) before puffing



(b) 7% moisture



(c) 9% moisture



(d) 11% moisture

Fig. 14. SEM of the puffed rice prepared with rice with different moisture contents

4. 결론

팽화미의 제조 공정에 있어서 퍼핑 전 쌀의 건조온도와 수분함량, 퍼핑 온도가 팽화미의 크기, 밀도, 복원율, 색도, 텍스쳐, 관능검사에 유의적으로 영향을 주었다. 건조온도가 낮을수록 길이가 증가하고 복원율, 명도, 표준시료와의 유사성이 높아졌다. 수분함량이 높을수록 명도, 유사성, 팽화미 단면 공극률이 높았고(SEM), 수분함량이 낮을수록 색의 강도는 낮아지고 밀도는 증가하였다. 퍼핑 온도가 낮을수록 밀도, 명도, 유사성이 높고, 퍼핑 온도가 높을수록 복원율과 색의 강도는 높았다. 팽화미 제조공정의 최적화 조건은 건조온도 40℃, 수분함량 11%, 퍼핑 온도 232.7℃이었다.

본 연구 결과를 통하여 기존 팽화미의 질긴 식감을 개선하였고 복원시간을 단축하였으며, 소비자의 전반적인 만족도가 높은 팽화미를 제조할 수 있었다.

Ⅳ. 연구 2: 초고압 전처리한 쌀로 조리한 밥의 특성

1. 서론

초고압 처리는 100 MPa 이상의 압력을 순간적으로 균일하게 식품에 전달시키는 가공처리법으로, 열변성이 심한 식품을 살균할 때 주로 이용하는 전처리 방법이다(박지용, 2009). 기존 살균에 사용하는 열 처리 가공방식은 단백질의 변성 및 응집, 전분의 호화, 효소의 불활성화 등 다양한 변화를 일으킨다. 초고압 처리법은 살균 목적을 달성하면서 영양성분의 파괴 및 관능품질의 손상 등과 같은 열처리 가공 중 발생할 수 있는 부정적인 변화들을 최소화할 수 있다는 장점이 있다(박지용, 2009).

최근 조직감 제어, 특정 효소의 활성화 및 불활성화, 식품 발효의 조절, 기능성 및 유효 성분의 추출율 향상, 생체고분자 변성 등을 목적으로 초고압 처리에 관한 연구가 진행되고 있으며, 이미 제품 생산에 적용되는 추세이다(Koo et al., 2007). 특히 식품의 조직감 개선을 목적으로 초고압을 이용한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 쌀 전분의 구조 및 활성 기작의 변화를 유도하여 고유 점도, 전분의 호화 온도, 엔탈피의 감소 등을 확인한 다양한 연구들이 보고되었다(Lee, 2011; Cheon et al., 1997; Shigematsu et al., 2010). 현미에 300 MPa의 압력으로 2분 간 처리해서 현미밥의 조직감을 개선하고, GAD(glutamic acid

dehydrogenase) 활성화로 γ-aminobutyric acid (GABA) 함량 증가를 유도한 연구도 보고되었다(Kwon et al., 2007).

쌀에는 토양에서 기인하는 내열성이 높은 *Bacilus* 계통의 포자 형성 미생물이 다량 존재하고 있으며, 보관 및 유통 중에 곰팡이, 효모, 병원성 세균 등 다양한 균에 오염될 수 있어서 살균 공정의 적용이 필요하다. 기존에 주로 쓰이던 살균 방식인 열처리 가공방식은 쌀의 품질을 손상시키지 않으면서 균을 효과적으로 제어하기 어렵기 때문에 균의 생육 및 오염을 효과적으로 제어할 수 있는 새로운 살균 방법이 필요하다(Kwon et al., 2007). 초고압 비가열 살균기술은 압력 전달이 비교적 용이한 과일 음료 및 잼 등과 같은 액상 또는 페이스트상 식품의 살균에 최초로 적용되었고, 향미, 색, 영양 등에 최소한의 영향을 미침과 동시에 유해 미생물을 감소시키는 효과를 제공하였다(박지용, 2009; Lee, 2011). 이후 육가공품, 수산가공품 등과 같은 단백질 기반의 냉장 유통 제품들의 프리미엄화에 주로 사용되어 왔으며, 스페인, 프랑스, 미국, 일본 등에서 초고압 비가열 살균기술이 도입된 햄, 델리 스타일의 육제품, 조리가열 육제품 등이 시판되고 있다(Kim & Lee, 2007). 국내에서는 살사, 파스타 소스, 샐러드 드레싱 등의 소스류에 대한 비가열 살균 연구와 두부 및 관련 제품, 과일 베이스 스프레드, 즉석 밥 등 다양한 가공식품에 대한 살균 기술 상업화에 대한 연구가 수행되었으며 일부 적용되고 있다(Cho et al., 2011a).

팽화미 제조에 있어서 찹쌀 백미는 찰기가 높고 멥쌀 현미는 경도가 단단하여 팽화미 제조 적성이 떨어지므로 현재 멥쌀 백미를 주로 이용 하고 있다. 본 연구에서는 초고압 전처리로 찹쌀 백미와 멥쌀 현미의 조직의 변화를 유도하여 이를 확인하고 이를 통해 가공적성을 개선함과 동시에 비가열 조건에서 세균 저감화에 미치는 영향을 확인하였다.

2. 재료 및 방법

(1) 원재료 및 시료 준비

2013년 11월에 도정한 12분도 동진찰벼인 찹쌀 백미와 신동진미(한국 산업사, 논산)인 멥쌀 현미를 구입하고 4℃에서 보관하면서 시료로 사용하였다.

(2) 초고압 처리

찹쌀 백미와 멥쌀 현미에 대한 초고압 처리는 Fig. 15의 순서로 실시하였다. 세척한 쌀을 25℃에서 1시간 침지하고 탈수한 후 200 g씩 진공포장했다. 포장한 시료를 Avure Quintus 35 L high pressure press (Avure Technologies AB, Vasteras, Sweden)를 이용하여 초고압 처리를 하였다. 시료의 조직 변화를 확인하기 위하여 시료를 500 MPa, 세균 저감 효과를 확인하기 위하여 시료를 600 MPa의 압력 조건으로 각각 5분 간 처리하였다. 목표 압력에 도달하는데(come-up time)은 2분 30초 내외가 소요되었다.

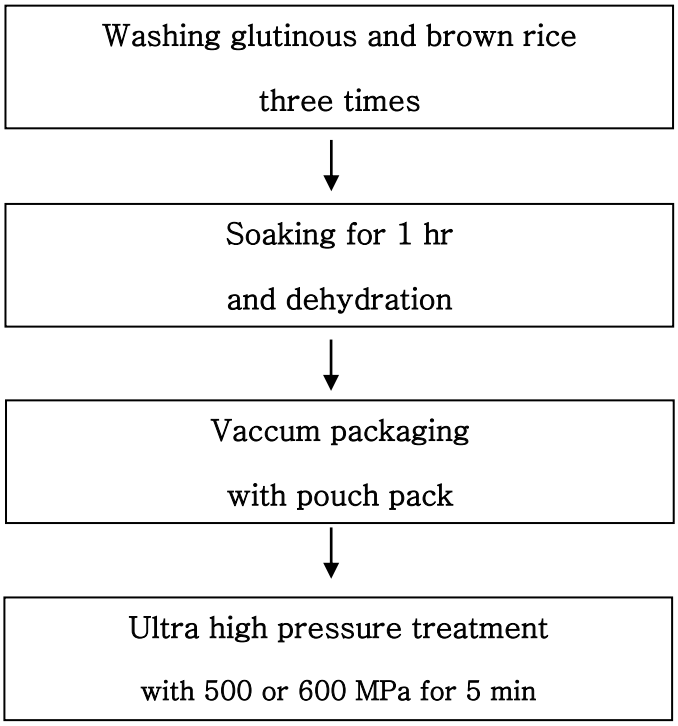


Fig. 15. Flow chart of ultra-high pressure treatment.

(3) 조직감 측정

초고압 처리한 쌀의 물성 변화를 고찰하기 위해 취반 후 조직감을 사람이 밥을 먹을 때 관능적으로 느끼는 저작감을 수치화하여 나타낼 수 있는 My Boy Tensipresser(Taketomo Electric Co., Tokyo, Japan)를 이용하여 시료의 조직감을 측정하였다. 시료를 취반한 후 10 g씩 무작위로 평량하여 컵에 압축성형하고 2분 간 정치시킨 다음 puncture probe (접촉면적 25mm^2)가 설치된 tensipresser에 장착하여 20 kg의 하중으로 first bite 25%, second bite 90%의 압력으로 10회 반복 측정하였다. 경도(hardness), 찰기(stickiness), 탄력성(springiness), 부착성(adhesiveness)을 측정하여 무처리구와 초고압 처리구를 비교 분석하였다.

(4) 쌀 조직 단면 측정

시료를 stub에 부착하고 백금을 약 10 nm 두께로 도금한 후, field-emission scanning electron microscope(FESEM)(SUPRA 55VP, Carl Zeiss, Wetzlar, Germany)를 이용하여 30 kV의 가속전압에서 초고압 처리한 찹쌀 백미와 멥쌀 현미의 조직을 촬영하였다. FESEM 으로 촬영한 이미지들은 디지털 파일의 형태로 저장하여 분석하였다.

(5) 총균수 측정

시료 10 g을 취하여 멸균팩에 넣은 다음 멸균 증류수 90 g을 투입하여 혼합, 분쇄한 후 총균수를 측정하였다. 총균수는 plate count agar 배

지 15 mL에 37℃에서 48시간 동안 배양한 후 콜로니 계수법으로 측정하였다. 내열성균 분석은 멸균 증류수에 혼합한 분쇄 시료를 100℃에서 20분 간 가열한 후 위와 동일한 방법으로 측정하였다. 쌀의 침지가 세균 생장 억제에 미치는 영향을 확인하기 위하여 침지 전후의 세균수도 확인하였다.

(6) 통계 분석

모든 실험은 5회 이상 반복 수행하였으며, MTB13(Minitab Inc., PA, USA)을 사용하여 통계 처리하였다. 두 실험군 간 유의성 검정은 t-test를 실시하여 평균값을 비교하였고, 3개 이상의 실험군 간의 유의성은 분산분석(ANOVA), Duncan 다중 범위 검증을 이용하여 비교하였다($P<0.05$).

3. 결과 및 고찰

(1) 초고압 처리한 찹쌀 백미와 멥쌀 현미의 취반 후 조직감 변화

초고압 처리 후 찹쌀 백미의 찰기는 152.3 gf/cm^{2}에서 99.0 gf/cm^{2}로 약 40% 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 16). 찹쌀 백미는 밥을 짓고 밥을 건조하여 건조 쌀로 제조한 후 낱알 분리를 하고 퍼핑하여 팽화미를 제조하는데 높은 찰기로 인하여 건조한 후 밥알이 서로 단단히 붙어서 낱알 분리가 안되어서 팽화미 제조가 어려웠다. 초고압 처리한 찹쌀 백미로 팽화미를 제조하게 되면 가공적성이 많이 향상될 것으로 기대한다. 초고압 처리로 인하여 찹쌀 백미에 균열과 작은 돌기들이 많이 생성되었으며 수분이 흡수되어 있는 것을 관찰할 수 있었다. 또한 손으로 만졌을 때 경도가 약화되어 잘 부서졌다.

멥쌀 현미의 팽화미 가공 적성에 있어 중요한 경도 특성은 초고압 처리 후 무처리구에 비해 37% 내외 감소하였다(Fig. 17). 초고압 전처리를 적용하면 높은 압력에 의해 현미의 가공 적성을 개선하는 효과가 있어 활용이 확대될 수 있을 것으로 기대한다. 초고압 처리로 인하여 내부로 수분이 쉽게 스며듦에 따라 손으로 눌렀을 때 쉽게 부서졌다. 멥쌀 현미의 경우 식감이 멥쌀 백미에 비해 떨어져 개선을 위한 시도가 있었지만 대부분 도정 조건과 효소 처리를 통한 방법으로는 개선이 잘 되지 않아 멥쌀에 비해 전반적인 수용도가 떨어지는 제약이 여전히 남아 있다(Kwon et al., 2007).

초고압 가공 처리를 적용하게 되면 아주 높은 압력에 의해 식품 내의

화학적, 물리적 변화가 일어나 전반적인 맛, 조직감, 외관 등 관능품질 특성 변화에도 영향을 주게 되는데 초고압 처리 멥쌀 현미의 경우도 이러한 경우에 해당된다고 할 수 있다. 따라서 초고압 처리 멥쌀 현미의 경우 팽화미를 제조하여 가공밥의 원료로 사용시 가장 큰 단점인 취반 후 단단한 식감의 단점을 극복할 수 있는 효과적인 방법으로 상업적인 활용이 기대된다.

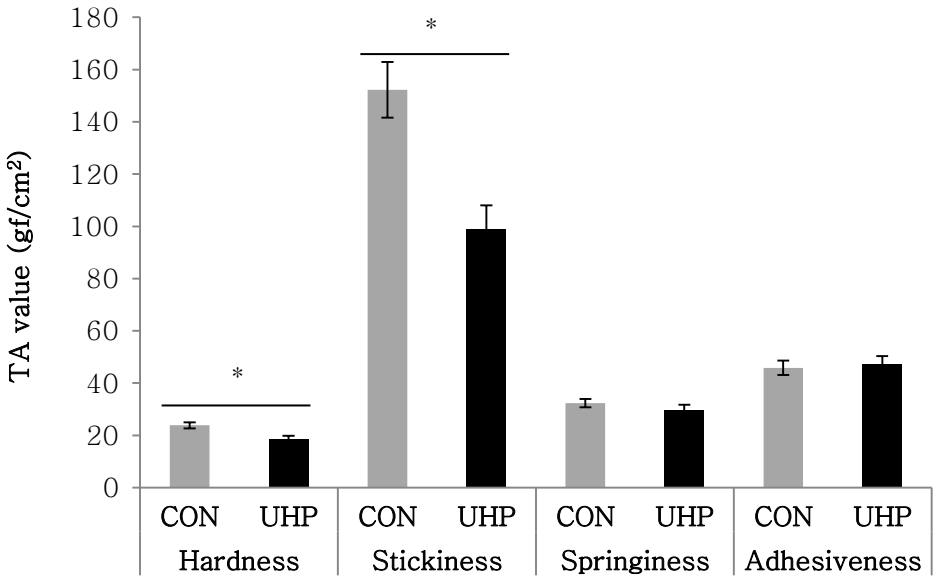


Fig. 16. Textural characteristics of cooked glutinous rice treated with ultra-high pressure (UHP; 500 MPa for 5 min). TA: textural analysis, ST: untreated rice and TEST: treated with UHP. All values were expressed as mean ± standard deviation (n=10).

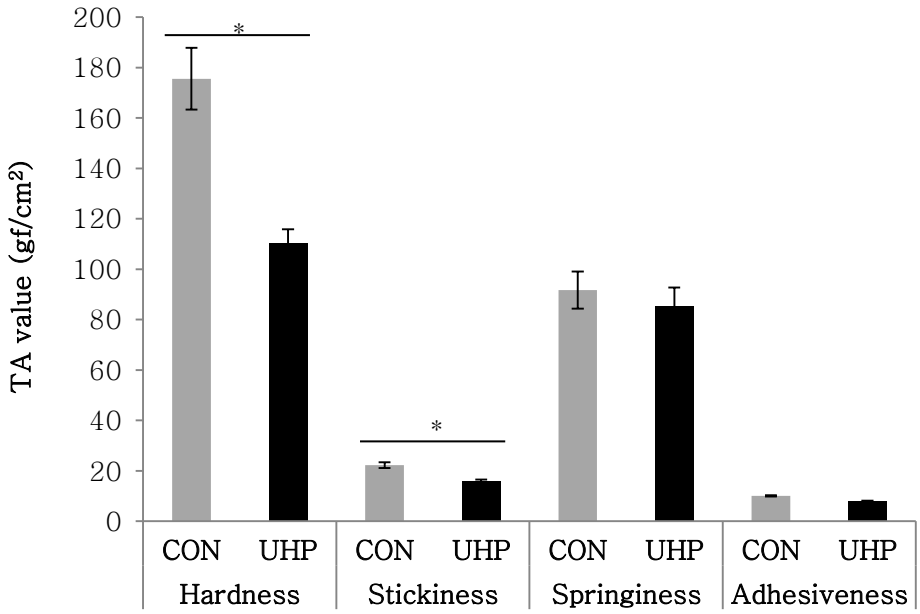


Fig. 17. Textural characteristics of cooked brown rice treated with ultra-high pressure (UHP; 500 MPa for 5 min). TA: textural analysis, ST: untreated rice and TEST: treated with UHP. All values were expressed as mean ± standard deviation (n=10).

(2) 초고압 처리한 쌀의 취반 후 형태 변화

압력을 통해 얻을 수 있는 효과로는 미생물의 불활성화, 단백질 변성, 효소의 활성화 또는 불활성화, gel 형성, 추출 등의 생체고분자의 변형, 천연의 색과 맛의 유지, 밀도, 어는점, 끓는점, 물성의 변화 등을 통한 기능성 부여가 있다. 식품과 생물재료에 대한 초고압 처리의 효과는 100 MPa부터 나타나는데 약 200 MPa에서는 단백질 해리, 세포막의 파괴, 효소반응 속도의 변화 등이 일어나고, 200~300 MPa에서는 효소의 가역적 불활성화가 일어나며, 300~400 MPa에서는 미생물과 바이러스의 사멸이 일어난다. 400~500 MPa에서는 전분이 호화되고 단백질 변성과 침전이 일어나며, 500 MPa 이상에서는 효소가 비가역적으로 불활성화되고 내열성 포자의 사멸 등의 변화가 일어난다. 이러한 효과를 식품에 응용하면 보존성 향상, 미생물의 오염 방지, 물성 개량 등 여러 방면에 이용할 수 있다(박지용, 2009).

본 연구에서도 이러한 초고압 처리시 식품에 작용하는 압력별 특징을 이용하여 쌀의 물성을 개선하고자 하였다. 500 MPa에서 5분 간 처리한 초고압 쌀로 취반한 밥의 두께 변화를 각각 비교, 분석한 결과, 초고압 처리 후 찹쌀 백미는 밥알 두께가 늘어나는 경향을 보였으며, 반대로 초고압 멥쌀 현미 경우에는 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 18), 그러나 통계적으로 유의적인 차이는 없었다.

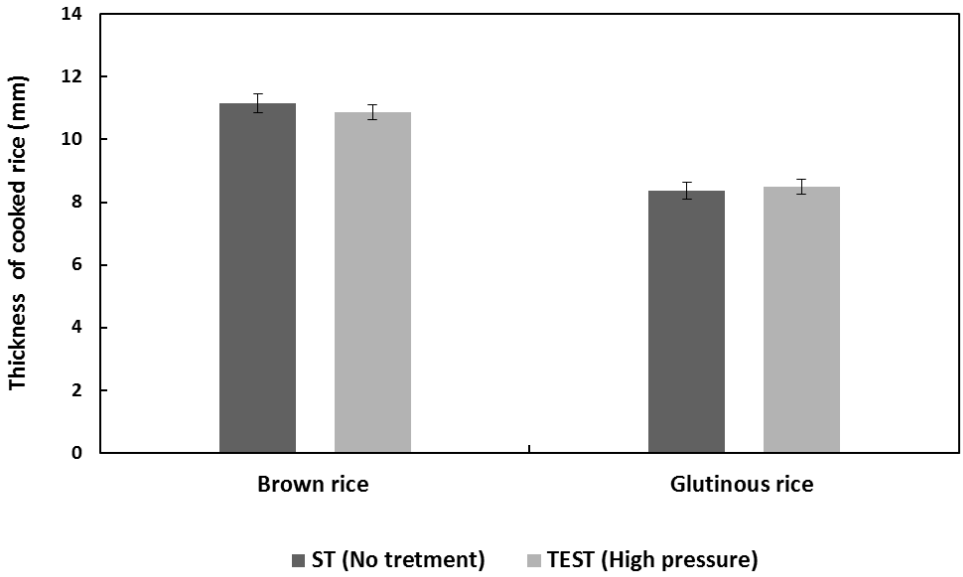


Fig. 18. Relative thickness value of cooked rice treated with ultra-high pressure (UHP; 500 MPa for 5 min). ST: untreated rice and TEST: treated with UHP. All values were expressed as mean ± standard deviation (n=10).

초고압 처리한 찹쌀 백미와 멥쌀 현미의 전체적인 형태 변화를 취반 전후 비교하여 사진으로 나타내었다(Fig. 19). 외관을 관찰한 결과, 찹쌀 백미는 초고압에 의해 약간 길어진 형태를 보였으나 멥쌀 현미는 두께가 소폭 줄어들어 수축한 상태를 보였다. 초고압에 의한 쌀의 단면 변화를 확인하기 위해 FESEM을 이용하여 쌀의 전반적인 단면과 확대한 단면을 관찰한 결과, 초고압 처리시 찹쌀 백미와 멥쌀 현미 모두 쌀 내부의 겉보기 조직에서 균열과 작은 돌기들이 생긴 것을 확인할 수 있었다(Fig. 20, 21). 이러한 변화는 찹쌀 백미와 멥쌀 현미 모두 초고압 처리시 쌀의 내부로 수분이 쉽게 스며듦에 따라, 무처리구에 비해 손으로 만졌을 때 쉽게 부스러지는 특징을 갖게 되는 것으로 추정된다(Shigematsu et al., 2010; Kwon et al., 2007).

S T TEST S T TEST

(A) (B)

Fig. 19. The appearance of glutinous (A) and brown rice (B) with and without ultra-high pressure (UHP). ST: untreated rice and TEST: treated with UHP (500 MPa for 5 min).

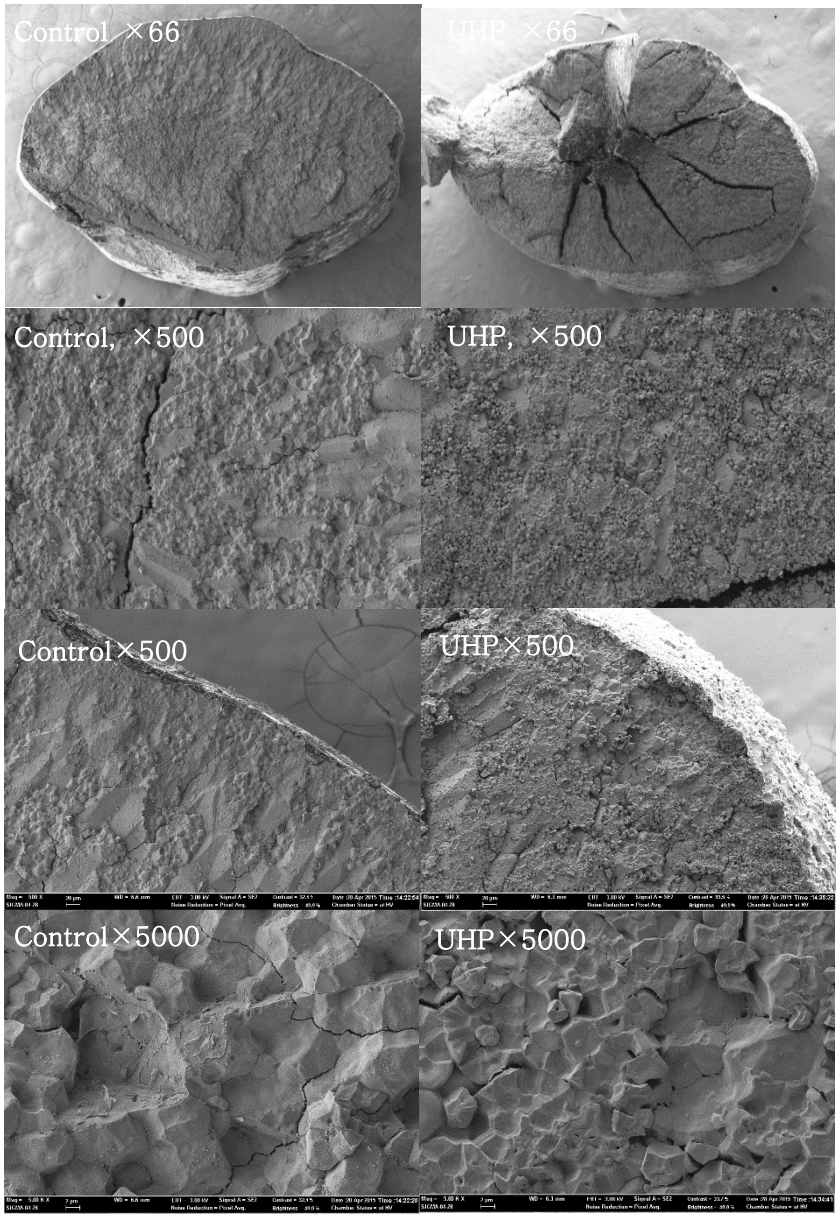


Fig. 20. Field-emission scanning electron micrographs of the cross sections of glutinous rice treated with ultra-high pressure (UHP; 500 MPa for 5 min).

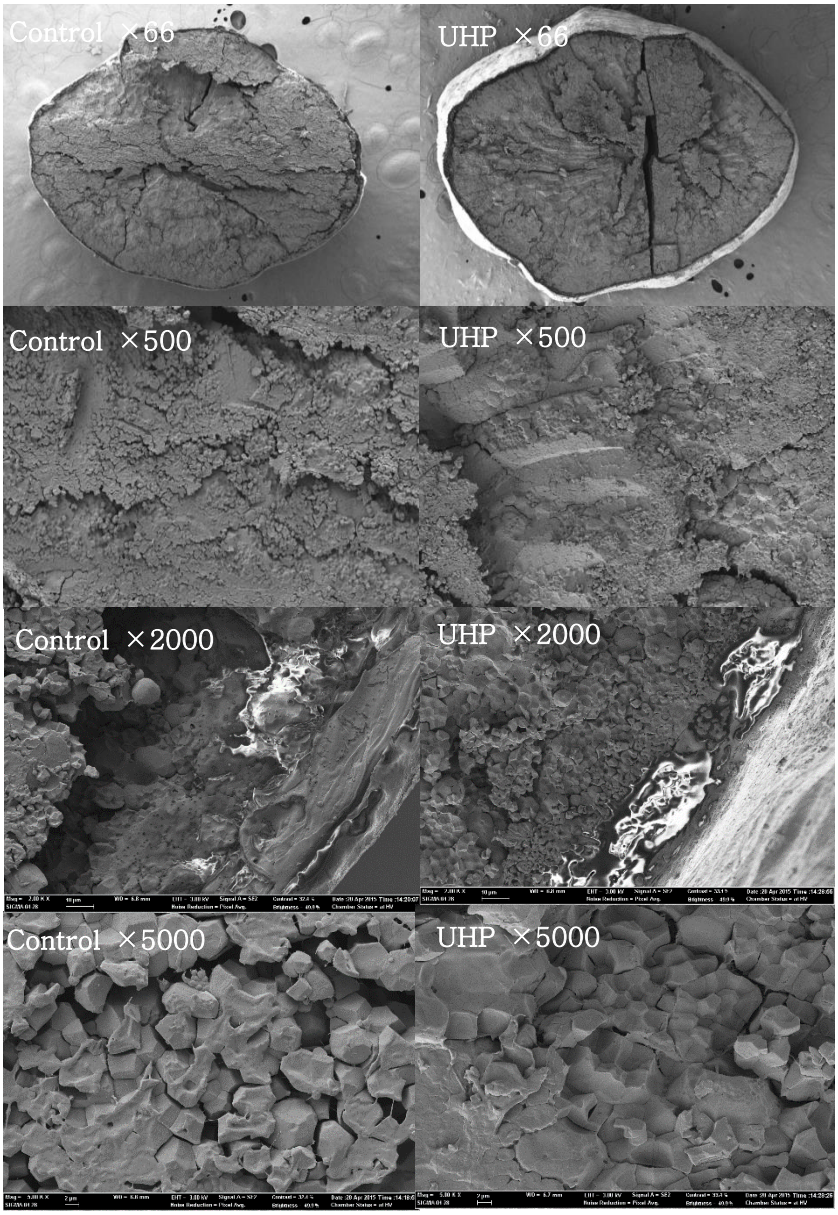


Fig. 21. Field-emission scanning electron micrographs of the cross sections of brown rice treated with ultra-high pressure (UHP; 500 MPa for 5 min).

3) 초고압 처리한 쌀의 미생물 살균 효과

초고압 비가열 살균 공법의 곡물 내 미생물의 사멸 특성을 파악하기 위하여, 내열성 포자 형성균인 *Bacillus* 계통의 미생물을 많이 함유하고 있는 멥쌀 현미를 실험 대상으로 선정하여 실험하였다.

본 연구에서는 초고압 처리를 이용하여 25℃의 상온에서 3~60분 간 200~900 MPa의 압력을 가해 내열성 포자 형성 미생물을 비롯한 효모, 곰팡이, 병원성균을 사멸시키는 것을 목표로 살균방법에 대한 연구를 수행하였다. 진공 포장 멥쌀 현미 시료를 25℃에서 600 MPa로 5분 간 처리하여 초고압 비가열 살균 효과를 살펴본 결과, 생 상태 및 수 침지 후 탈수한 상태에 따라 10^3 ~ 10^4 CFU/g의 감균 효과를 보였다(Fig. 22). 쌀의 상태에 따라 살균 효과는 다소 차이가 발생 하지만, 초고압이 쌀을 비롯한 곡물에서 문제되는 각종 병원성 오염균을 비가열 조건에서 효과적으로 저감화할 수 있는 살균 방법임을 제시해주었다. 쌀 원료를 비가열 조건에서 감균 또는 살균하려고 하는 시도는 자외선 또는 광펄스 조사 등을 통해 시도되었으나, 주로 표면 살균 효과에 그쳐 초고압을 이용한 살균법보다는 여러 면에서 불리하다고 할 수 있다(Chung et al., 2011).

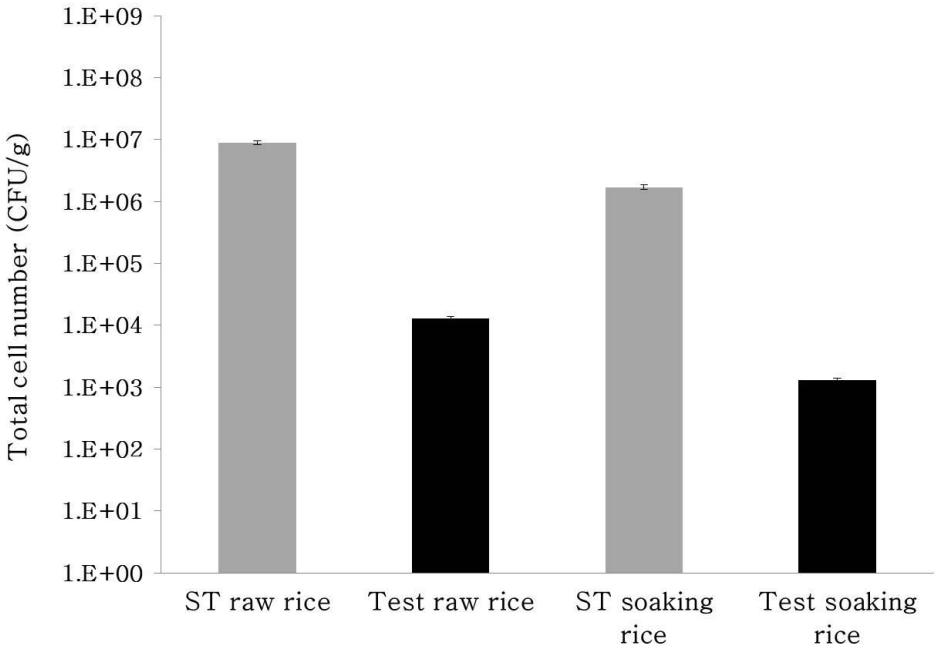


Fig. 22. Total cell counts in brown rice treated with and without ultra-high pressure (UHP). ST: untreated rice and TEST: rice treated with UHP (600 MPa for 5 min).

초고압 비가열 살균시 세포막은 초고압에 의한 미생물 사멸을 좌우하는 핵심 부위이며, 그 밖에도 amino acyl-tRNA와 ribosome 및 mRNA의 결합, 주요 세포내 효소의 불활성화 등이 압력에 민감하게 작용을 받는다(Chung et al., 2011). 초고압 처리로 미생물은 불활성화 되지만 식품의 향미에는 영향을 미치지 않으며, 또한 압력이 골고루 가해지므로 국부적인 변질 가능성이 없어 균일한 상태로 식품을 보존할 수 있다는 큰 장점을 보유하고 있다. 일반적으로 20~25℃에서 400 MPa 이상으로 초고압 처리할 때 미생물의 영양세포는 파괴되지만 포자를 제거하기 위해서는 900 MPa의 고압과 더불어 고온 병합 처리가 요구되는 것으로 알려져 있다. 또한 초고압 처리시 세균 포자의 사멸 효과는 온도에 의하여 크게 좌우되며, 그 외에 pH, 수분활성도, 이온 강도 등에 의해서도 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Lim et al., 2001).

현미에 자생 또는 오염되는 내열성 포자 형성균의 경우 대부분 토양에서 유래되는 *Bacillus* 계통의 미생물로 추정된다. *Bacillus* 속 미생물류는 그람 양성, 포자 형성 간균으로 야채 및 곡류를 주원료로 한 가공식품에 10^2~10^5 CFU/g 내외로 존재하며, 외부의 물리화학적 영향에 대해 큰 저항성을 가지고 있는 단백질로 구성된 코트(coat) 층과 글리 코펩티드 성분으로 이루어진 코텍스(cortex) 층의 영향으로 강한 생존 특성을 가지고 있다. 열 저항성이 매우 강하여 가열 조리 후 실온에서 보관시 포자가 쉽게 발아하여 증식하는 생육 특성을 가진 *Bacillus* 속 미생물의 포자를 효과적으로 살균하기 위하여 전자선 방사(electron beam irradiation), 자외선 조사(ultraviolet radiation) 등의 물리적 방법이나

오존(ozone), 유기산(organic acids), 니신(nisin) 등의 화학적 살균제를 적용한 연구사례가 있으나, 대부분 관능품질 손상 없이 효과적으로 제어하기는 어렵다는 연구 결과가 많다(Lee et al., 2012).

초고압 비가열 처리를 통한 현미 내의 내열성 포자 형성균에 대한 살균 효과를 실험한 결과, 무처리구에 10^3 CFU/g 수준으로 존재하였던 내열성포자 형성균이 600 MPa에서 5분 간 초고압 처리 후에도 그대로 유지돼 살균효과가 없는 것으로 나타났다(Fig. 23). 초고압 비가열 살균에 대한 강력한 내성도 이와 같은 포자의 독특한 층 구조에 의한 것으로 여겨진다. 지금까지 결과를 바탕으로 초고압 비가열 살균 공정을 이용하여 내열성 포자 형성균을 제외하고 쌀 및 쌀 가공식품에 생육하고 있는 미생물을 효과적으로 살균할 수 있음을 확인할 수 있었다.

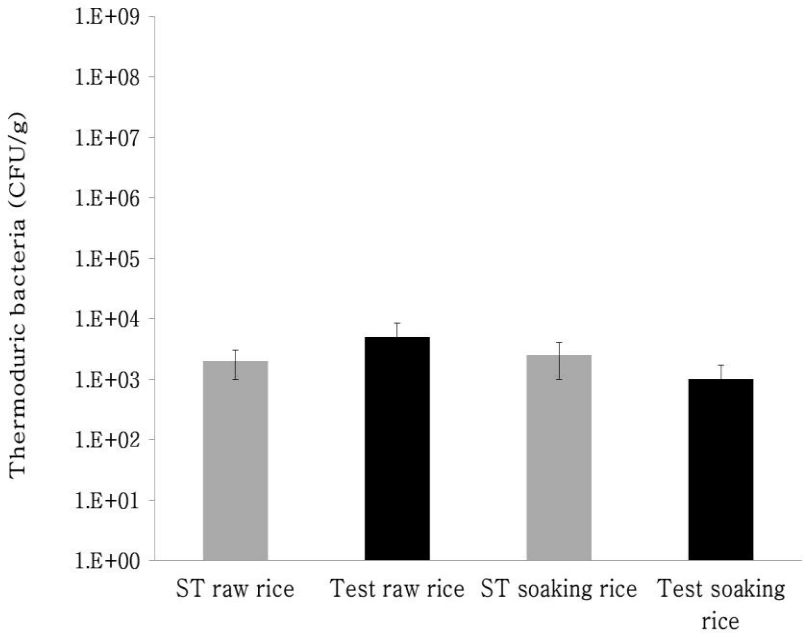


Fig. 23. Thermoduric bacteria counts in the brown rice treated with and without ultra-high pressure (UHP). ST: untreated raw and soaking rice and TEST: treated raw and soaking rice with UHP (600 MPa for 5 min).

4. 결론

초고압 처리를 통한 찹쌀 백미와 멥쌀 현미의 조직 특성의 변화를 확인한 결과, 500 MPa의 압력으로 5분 간 처리한 찹쌀 백미와 멥쌀 현미는 찰기와 경도가 무처리구보다 낮았다. 찹쌀 백미와 멥쌀 현미의 단면 조직을 FESEM으로 확인한 결과, 초고압 처리시 찹쌀 백미와 멥쌀 현미 모두 쌀 내부의 겉보기 조직에서 균열과 작은 돌기들이 많이 생성되었고 기공 안에 수분이 흡수되었다. 손으로 만졌을 때 경도가 약화되어 잘 부서졌다. 초고압 처리가 쌀에 생육하는 미생물의 감소에 미치는 영향을 확인하기 위하여 멥쌀 현미에 600 MPa의 압력으로 5분 간 처리하였을 때, 무처리구보다 10^3 CFU/g 가량의 감균 효과를 보였다. 본 연구 결과를 통하여 초고압 처리는 팽화미 제조의 원료로 사용하기에 부적합한 특성인 높은 찰기를 가진 찹쌀 백미와 딱딱한 식감을 가진 멥쌀 현미를 개선하는데 사용할 수 있으며, 그와 더불어 쌀에 생육하는 미생물들을 감소시킬 수 있는 효과적인 전처리 방법으로 활용할 수 있다고 생각한다.

Ⅴ. 종합 고찰 및 제언

본 팽화미 제조 공정조건 최적화 연구를 통해서 복원밥에 적합한 팽화미 제조 공정조건을 확립할 수 있었다. 팽화미를 복원한 밥의 전반적인 맛 품질은 시장에서 판매하는 가공밥 중에서 가장 판매가 잘 되고 소비자 만족도가 높은 무균 포장밥을 사용하였으며 무균 포장밥과의 유사성 정도로 평가하였다. 팽화미 품질에 가장 크게 영향을 주는 공정조건은 퍼핑 전 쌀의 수분함량으로서, 9% 이하의 수분함량에서는 퍼핑이 잘 되지 않았다. 건조 후의 수분함량이 7%에서 9%일 때는 조직이 질겨져 무균 포장밥과 비교하였을 때 유사성이 낮았고, 수분 함량이 11%일 때는 유사성이 매우 높았다.

퍼핑 전 쌀의 수분함량이 낮으면 퍼핑 시간이 짧아져 로스팅 냄새가 발생하였다. 복원율이 빠르면 밥의 찰기가 떨어지고, 색이 진한 시료는 로스팅 냄새도 강하게 나타났다. RSM 분석 결과, 수분함량이 높고 퍼핑 온도를 낮출 때 팽화미 품질에 좋은 영향을 주는 것으로 나타났다. 가장 좋은 팽화미 품질의 최적화 조건은 유사성이 높은 조건으로, 건조온도 40℃, 수분함량 11%, 퍼핑 온도 232.7℃이었다.

팽화미의 품질 향상을 위한 새로운 전처리 방법으로 초고압 적용 가능성을 검토하였다. 연구결과, 500 MPa에서 5분 간 상업적 초고압 처리를 하면 찹쌀 백미를 팽화미 원료로 활용에 있어서 큰 제약점인 찰기율과 멥쌀 현미의 단단한 조직감이 개선되어 건조한 후 찹쌀 백미의 낱알 분리가 용이하고 멥쌀 현미의 경도가 낮아져서 팽화미 제조가 가능하였다.

초고압 처리시 취반 후의 찰기를 분석한 결과, 찹쌀의 찰기가 40% 정도 감소하였다. 찹쌀의 경우는 초고압에 의해 찹쌀 내부의 겉보기 조직을 관찰하였을 때 균열과 작은 돌기들이 생겨서 찹쌀의 점도 특성이 감소되는 것으로 추정된다.

현미의 팽화미 가공 적성에 있어 중요한 경도 특성은 초고압 처리 후 무처리구에 비해 37% 내외 감소하였다. 초고압 처리시 수분이 쉽게 스며들었고 손으로 만졌을 때 쉽게 부서질 만큼 경도가 약화되었다.

국내에는 알파미, 동결건조미, 레토르트 밥, 냉동밥, 무균포장 밥 등이 있고 팽화미를 이용한 즉석밥류 가공식품은 최근에 출시되었다. 국내 팽화미 제조기술은 아직은 개발단계 수준이다. 반면 일본은 NISSIN의 팽화미를 이용한 컵누들밥이 선풍적인 인기(2011년 10대 히트 상품 중 5위 선정)를 모으고 있다.

국내에서 무균 포장밥이 소비자로부터 선택을 받기까지 10년 이상 걸렸는데, 10년 동안 무균 포장밥의 품질향상을 위해서 벼 품종부터 최종 포장까지 수많은 연구를 통해서 품질이 좋아지고 가격이 낮아지면서 비로소 소비자로부터 인정을 받을 수 있었다. 현재 팽화미를 이용한 가공식품 연구가 초기단계이고 팽화미 복원밥의 품질수준이 소비자의 기대수준에 비하여 낮고 다양한 가공식품으로 개발되지 않았지만 무균 포장밥 개발 및 상품화 사례와 같이 원료와 전처리 및 가공 공정 등에 대한 연구를 지속적으로 진행한다면 일본의 제품 대비 동등 이상의 품질을 확보할 수 있을 것으로 사료된다.

상기 내용을 감안할 때 팽화미 연구는 이제 시작 단계이지만 지속적인 팽화미 품질향상 연구가 향후 필요하며, 이러한 연구 활동을 통해 팽화미의 품질이 향상되어 무균 포장밥 이상으로 소비자의 선택을 받을 수 있다고 기대된다. 또한 국내 팽화미 설비는 자동화 설비가 아니고 수작업으로 생산하므로 파쇄미가 생산되고 제조 공정 중 건조 쌀에 충격이 가해져서 품질이 낮아지는 원인이 되므로, 국내에도 생산 자동화 제조 설비가 필요하다. 쌀이 주식인 한국에서 쌀 가공식품에 대한 연구를 더욱 활성화하여 부가가치를 더 높여야 할 것으로 생각한다.

본 연구 결과를 활용하여 팽화미를 좀 더 부가가치 높은 소재로 개발한다면 열수 또는 전자레인지로 간편하게 복원하는 즉석밥 제품의 품질 향상을 기대할 수 있을 뿐 아니라, 다양한 동결건조 야채, 고기, 한식소스 등을 추가할 경우 보다 소비자가 선호하는 우수한 제품으로의 상품화가 가능할 것으로 기대된다.

Ⅵ. 참고 문헌

곽영민, 윤미라, 손재근, 강미영 (2006). 쌀 완전립과 불안전립의 이화학적 특성 비교. 한국작물학회지. 51(7): 639-644.

고광진 (1993). 반응 표면 분석에 의한 생강분말을 첨가한 쌀 압출 성형물의 이화학적 성질. 한국식품영양학회지. 6(3): 178-188.

국립농산물 품질관리원 시험연구소 (2008). 쌀검사(품위)기준 원색도감.

권순자 (2001). 쌀을 이용한 간편식 개발. 대한지역사회영양학회지. 6(5): 877-987.

금준석 (2001). 쌀 가공식품의 개발 방향. 대한지역사회영양학회지. 6(5): 894-897.

금준석 (2008). 쌀 가공산업의 활성화. 식품산업과 영양. 13(2): 9-14.

김대중, 오세관, 홍하철, 윤미라, 이정희, 최임수, 김연규 (2011) 고미(古米)의 품질변이 특성. 한국작물학회지. 56(4): 342-348.

김명환 (1992). 쌀의 침지조건이 취반후 조직감에 미치는 영향. 한국식품과학회지. 24(5): 511-514.

김영두, 하운구, 송유천, 조준현, 양은인, 이재길 (2005). 쌀의 물리적 특성과 식미와의 상관. 한국작물학회지. 50(S): 24-28.

김창호, 김명희, 오태석 (2009). 양곡관리학. 공주대학교 출판부.

김채은, 강미영, 김미현 (2012). 시판 브랜드 쌀 33종의 품종별 식미 관련 특성 비교. 한국작물학회지. 57(3): 301-309.

김철, 유제혁, 류기형 (2012). 수분함량과 온도에 따른 즉석팽화 쌀

스낵의 물리적 특성. 한국식품영양과학회지. 41(6): 846-852.

김훈 (2008). 쌀의 식미평가시스템. 한국식품개발연구원, 식품기술 (Bulletin of Food Technology). 24(3): 428-438.

노은숙, 안승요 (1989). 밥의 텍스쳐와 쌀 아밀로오스의 분자량 분포에 관한 연구. 한국식품과학회지. 21(4): 486-491.

농림부 (1998). 쌀의 품질등급화를 위한 지표설정 및 비파괴적 품질 측정기 개발. 최종연구보고서.

민봉기 (1998). 쌀의 식미 측정기 기술 개발 동향. 농업생명과학. 5(1): 4-10.

박선진, 박경환, 신말식 (2011). 일반계 및 통일계 다수확 쌀 품종의 취반 특성. 한국식품조리과학회지. 27(6): 735-743.

박지용 (2009), 초고압 살균 가공 기술, Food Industry. 7:9-23.

박찬은, 김윤숙, 박동준, 박기재, 김범근 (2011). 유통중인 쌀의 호화 및 관능적 특성. 한국식품과학회지. 43(4): 401-406.

손종록, 김재현, 이정일, 윤영환, 김제규, 황홍구, 문헌팔 (2002). 쌀의 품질평가 현황과 금후 연구방향. 한국작물학회지. 47(S): 33-54.

송영은, 조승현, 권영립, 최동칠 (2008). 전라북도 브랜드 쌀과 국내 및 수입 유통쌀의 품질 특성 비교. 한국작물학회지. 53(4): 347-352.

송진, 김재현, 김덕수, 이춘기, 윤종탁, 김선림, 서세정 (2008). 아밀로스 함량이 다른 자포니카 벼 품종의 전분 특성. 한국작물학회지. 53(3): 285-291.

송진, 천아름, 김선림, 김덕수, 손종록 (2006). 외관 기호도에 의한 쌀의 색택 및 형태관련 특성. 한국작물학회지. 51(7): 618-623.

신말식 (2009). 쌀 가공식품. 식품과학과 산업 12월호. 2-18.

윤미라, 고희종, 강미영 (2008). 식미에 영향을 미치는 쌀 배유조성 지질성분특성 변이. 한국응용생명화학회. 51(3): 207-211.

윤미라, 김채은, 고희종, 강미영 (2007). 식미에 영향을 미치는 쌀 곡립의 이화학적 특성. 한국작물학회지. 52(1) 45-50.

은종방, Fu-hung Hsieh, 최옥자 (2009). Extrusion 제조조건에 따른 유과바탕의 물리적 품질특성(Ⅰ): 찹쌀가루와 쌀가루 배합에 따른 유과바탕의 제조. 한국식품영양과학회지. 38(12): 1760-1766.

이상효 (2002). 씻어나온 쌀 개발 사례. 식품저장과가공산업 12월호. 1(1).

이승재, 이강권 (2011). 쌀 및 밥의 영양. 식품산업과 영양. 16(1): 17-21.

이영춘, 이동우 (1989). 건조 Instant Rice의 제조방법이 제품의 품질에 미치는영향. 한국식품과학회지. 21(2): 294-299.

이은영, 정진훈, 신해헌, 이정은, 김유진, 조문경, 박신영, 김은미, 조용식, 최윤희 (2012). 제조 방법이 다른 팽화미 분말의 이화학적 특성. 한국식품영양학회지. 25(4): 850-854.

이점식, 원용재, 조준현, 이종희, 박향미, 이정희, 윤미라, 곽지은, 천아름 (2014). 쌀 도정도에 따른 식미의 품종간 차이. 한국작물학회지. 59(1): 47-53.

이주현, 김상숙, 서동순, 김광옥 (2001). 냉장 쌀의 저장 형태 및 기간에 따른 쌀밥의 관능적 특성. 한국식품과학회지. 33(4): 427-436.

이태헌, 박정희, 김동민, 임종환 (1991). 즉석건조쌀밥의 건조 후 밥알 분리 및 품질에 미치는 에멀젼 처리 효과. 한국식품과학회지. 23(5): 593-598.

이현유 (2003). 쌀 가공식품과 밥의 산업화. Bulletin of Food Technology. 23(4): 456-474.

정남진, 박정화, 김기중, 김제귀 (2005). 쌀의 완전미 비율 증가가 식미에 미치는 영향. 한국작물학회지. 50:29-32.

천아름, 송진, 김기종, 김재현, 손종록, 오예진 (2007). 벼 품종에 따른 무균포장밥의 식미 특성 및 품질 변이. 한국작물학회지. 52(4): 439-446.

최옥자, 김용두, 심재한, 노명희, 심기훈 (2012). 품종별 쌀의 이화학적 특성. 한국식품저장유통학회지. 19(4): 532-538.

최옥자, 정희남, 심기훈 (2012). 쌀의 품종별 취반 특성. 한국식품저장유통학회지. 19(1): 81-86.

최용환, 김광호, 최해춘, 황홍구, 김연규, 김기종, 이영태 (2006). 우리나라 자포니카 벼 품종의 식미 관련 미질특성 분석, 한국작물학회지. 51(7): 624-631.

최윤희, 김선림, 정응기, 송진, 김정태, 김재현, 이춘기 (2008). 현미 저온저장이 쌀과 밥의 품질에 미치는 영향. 한국작물학회지. 53(2): 179-186.

하기용, 최윤희, 정진일, 노광일, 고재권, 이재길, 김정곤 (2006). 쌀의 외관, 호화특성 및 물성 차이에 따른 품종별 분류. 한국작물학회지. 51: 21-24.

한귀정, 박희정, 이혜연, 박영희, 조용식 (2008). 우리 쌀의 밥맛 향상을 위한 취반기술 개발 연구 - 제2보 탑라이스 쌀 품종의 취반특성 연구 -. 한국식품조리과학회지. 24(2): 188-197.

한상욱, 조영철, 이재흥 (2006). 벼 저장 형태 및 저장 온도에 따른 쌀 식미치 변화. 한국작물학회지. 51:398-399.

홍원표, 이성갑, 박승남 (2001). 한국과 일본의 자포니카종 쌀에 대한 이화학적 특성의 비교 및 관능품질의 추정에 관한 연구. 한국식품영양학회지. 14(6): 596-604.

황태정, 이원종, 신진철, 김영준, 김석신 (2010). 도복된 쌀의 텍스처, 호화 및 열적 특성. 한국식품과학회지. 42(3): 292-297.

Bhullar NK and Wilhelm G (2013). Nutritional enhancement of rice for human health: the contribution of biotechnology. Biotechnol. Adv. 31(1): 50-57.

Cheon KC, Kim KJ, Ha YC, Baik MY, Chang YI and Chang KS (1997), Effect of high pressure on the crystalline structure of waxy and non-waxy rice starch, Food Eng. Progress. 1(3): 184-191.

Cho HY, Cho EK, Kim BC and Shin HH (2011a). Baby food processing and properties by using high pressure processing.

Korean J. Food Nutr. 24(4): 746-752.

Cho HY, Cho EK, Kim BC and Shin HH (2011b). Development of semi-solid apple baby food using high pressure processing and quality evaluation. Korean J. Food Nutr. 24(4): 777-785.

Heo NK, Kim KD, Choi BG, Kim KH, Min HK and Kwon HJ (2005). Improvement of storaging ability of waxy corn by retort pouch technique. Korean J. Crop Sci. 50: 147-151.

Joshi ND, Debabandya M and Joshi DC (2014). Varietal selection of some indica rice for production of puffed rice. Food Bioprocess Technol. 7(1): 299-305.

Kang HJ, Hwang IK, Kim KS and Choi HC (2006). Comparison of the physicochemical properties and ultrastructure of Japonica and Indica rice grains. J. Agric. Food Chem. 54(13) 4833-4838.

Kim YJ and Lee EJ (2007). Application of hydrostatic pressure techniques on the meat products. Food Sci. Industry. 40(3): 36-40.

Koo SY, Cha KH and Lee DU (2007). Effect of high hydrostatic pressure on foods and biological system. Food Sci. Industry. 40: 23-30.

Kwon SM, Kim CM and Kim YH (2007). Biological characteristics of instant rice treated with high hydrostatic pressure. Food Sci. Industry. 40(3): 31-35.

Lee EY, Jung JH, Shin HH, Lee SH and Pyun YR (2000). Studies on optimum cooking conditions for commercial continuous rice cooker. Korean. J. Food Sci. Technol. 32(1): 90-96.

Lee HJ, Lee IS and Jeong HS (2012). Characteristics of Takju with different varieties of rice and particle size. Korean J. Culinary Res. 18(3):191-205.

Lee HY (2003). The processing industries and industrialization of cooked rice in Korea. Bulletin Food Technol. 23(4):456-474.

Lee JE, Kim YJ, Cho MG, Park SY, Kim EM, Cho YS and Choi YH (2012). Physicochemical properties of extruded rice flour and gelatinization popped rice flour. Korean J. Food & Nutr 25(6): 850-854.

Lee SH (2013). Advanced in food preservation technology using high pressure. Food Sci. Industry. 46(1): 42-48.

Lee SJ (2011). Effect of high hydrostatic pressure on physic chemical properties of waxy rice starch. Korean J. Food Nutr. 24(4): 602-606.

Lim SB, Kim BO, Kim SH, Mok CY and Park YS (2001). Quality change during storage of Kochujang treated with heat and high hydrostatic pressure. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 30(4): 611-616.

Myers RH and Montgomery DC, (2002). Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments, second ed. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Pakorn L, Somkiat P, Adisak N and Somchart SP (2008). Effect of temperature on drying characteristics and quality of cooked rice. LWT 41: 716-723.

Park KH, Lee BS and Kim DS (2011). The effect of the selection attribute of local Jeonju-bibimbop restaurants on customer satisfaction and behavioral intention. Korean J. Culinary Res. 17(3):47-64.

Park SJ, Choi YB, Ko JR, Rha YA and Lee HY (2014). Quality characteristics of citrus fruit by cyclic low pressure drying and high hydrostatic pressure extraction. Korean J. Culinary Res. 20(3):13-21.

Pimentel D and Pimentel M (2003). Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. Am. J. Clin. Nutr 78(3): 660-663.

Prasert W and Prisana S (2009). Optimization of instant jasmine rice process and its physicochemical properties. J. Food Eng. 95(1): 54-61.

Rewthong O, Soponronnarit S, Taechapairoj C, Tungtrakul P and Prachayawarakorn S (2011). Effects of cooking, drying and

pretreatment methods on texture and starch digestibility of instant rice. J. Food Eng. 103(3): 258-264.

Semwal AD, Harma SGK and Arya SS (1996). Flavor degradation in dehydrated convenience foods, changes in carbonyls in quick cooking rice and Bengal Gram. Food Chem. 57: 233-239.

Shierly P and Robert HD (2007). Effect of degree of gelatinisation on the rheology and rehydration kinetics of instant rice produced by freeze drying. I. J. Food Properties 10(3): 445-453.

Shigematsu T, Hayashi M, Nakajima K, Uno Y, Sakano A, Murakami M, Narahara Y, Ueno S and Fujii T (2010). Effect of high hydrostatic pressure on distribution dynamics of free amino acids in water soaked brown rice grain. J. Physics Conference Series. 215: 1-4.

Wang JP, An HZ · Jin, ZY · Xie ZJ, Zhuang HN and Kim JM (2013). Emulsifiers and thickeners on extrusion-cooked instant rice product. J. Food Sci. Technol. 50(4): 655-666.

부 록

팽화미 복원밥 관능검사

검사 일시 : 검사자 :

검사물 : 시료번호 :

시료를 맛 보시기 전 마련된 물로 입가심을 하십시오.

– 향 –

구수한 향

매우 약하다 매우 강하다

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

밥 고유의 향

매우 약하다 매우 강하다

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

이취

매우 약하다 매우 강하다

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

– 외관 –

색의 강도(흰밥의 흰색과 유사한 정도)

매우 유사하다 매우 유사하지 않다

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

윤기

매우 약하다 매우 강하다

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

밥알의 크기

매우 작다 매우 크다

□ □ □ □ □ □ □ □ □

– 맛 –

단맛

매우 약하다 매우 강하다

□ □ □ □ □ □ □ □ □

오래 묵은 맛

매우 약하다 매우 강하다

□ □ □ □ □ □ □ □ □

– 텍스쳐 –

경도 : 밥알을 어금니로 씹을 때 이에 힘이 들어가는 정도

매우 약하다 매우 강하다

□ □ □ □ □ □ □ □ □

촉촉한 정도 : 밥알을 씹을 때 느껴지는 수분의 양

매우 약하다 매우 강하다

□ □ □ □ □ □ □ □ □

부착성 : 밥을 5회 이상 씹었을 때 밥알과 밥알이 붙는 정도

매우 약하다 매우 강하다

□ □ □ □ □ □ □ □ □

질긴 정도 : 밥알을 씹을 때 느껴지는 수분의 양

매우 약하다 매우 강하다

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

이에 끼는 정도

매우 약하다 매우 강하다

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

– 유사성(무균 포장밥과 비교)–

매우 유사하지 않다 매우 유사하다.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

Abstract

Optimization of Processing Conditions for Production of Puffed Rice and the Effects of Ultra High Pressure Pretreatment of Rice on the Characteristics of the Cooked Rice

Heesoon Cheon
Department Food and Nutrition
The Graduate School
Seoul National University

Nowadays, life style has made convenient food products. Puffed rice is one of them and requires only 3 to 5 min of rehydration to prepare for serving. Puffed rice is becoming popular in Korea. However, puffed rice still has problems of long rehydration and inferior quality compared to commercial aseptic packaged rice. The objective of this study was to optimize processing conditions for the production of puffed rice product by analyzing the sensory and texture qualities, physical properties, and SEM.

Similarity, color intensity, density, rehydration ratio, and lightness of the puffed rice were significantly and variously affected by drying temperature of the cooked rice, moisture content of the dried rice, and puffing temperatures. They were used as responses due to their high R^2 values (0.623, 0.852, 0.789, 0.688, and 0.925, respectively) and lack-of-fit. It was found that the similarity was positively correlated with moisture content (P<0.001). Rehydration ratio had a negative correlation with density. Lightness and similarity of the puffed rice increased as the moisture content of the dried rice increased. When similarity was compared to commercial aseptic packaged rice, RSM and contour analysis revealed that the optimum processing conditions of puffed rice with the highest similarity score were at 40℃ of drying temperature, 11.0% moisture content and 232.7℃ of puffing temperature.

Brown and glutinous rices were difficult to be made for puffed rice because of the hardness of brown rice and stickiness of glutinous rice. Ultra high pressure (UHP) was studied as a new pretreatment method for the raw rice to enhance the quality of puffed rice. Condition of commercial processing at 500 MPa for 5 min was expected to lessen hardness of brown rice and stickiness of glutinous rice. Hardness of the cooked brown rice and stickiness of the cooked glutinous rice pretreated with 500 MPa for 5 min

were significantly attenuated compared to the control rice ($P<0.05$). After the UHP treatment, the cross section surfaces of the glutinous and brown rices were cracked and had no air space when cross sections of the rices were observed using SEM. These results indicate that UHP could be an excellent method to pretreat glutinous and brown rice for improving the textural properties of their cooked forms.

Key words: puffed rice, drying temperature, moisture content, puffing temperature, RSM, ultra high pressure, brown rice, glutinous rice, stickiness