발효제에 따른 쌀 품종별 증편 품질 특성 비교

심은영 · 김홍식 · 박혜영 · 최혜선

국립식량과학원 수확후이용과

Comparison of the Quality Characteristics of Jeungpyun (Fermented Rice Cake) Based on the Rice Varieties and Fermentation Starters

Eun-Yeong Sim, Hong-Sik Kim, Hye-Young Park, and Hye-Sun Choi

Crop Post-harvest Technology Division, National Institute of Crop Science, RDA

ABSTRACT This study was carried out to compare the quality characteristics of Jeungpyun made from five rice varieties (Seolgaeng, Shingil, Misiru, Hangaru, and Samkwang) and two fermentation starters (Makgeolli and yeast). The physicochemical properties of the rice varieties, 1,000 seed weight, quality of appearance, total starch, and amylose content, and the pasting properties by rapid visco analyzer were evaluated. The yield, height, color, texture profile analysis, and aroma profile of the Jeungpyun were analyzed. The 1,000 seed weight of 'Hangaru' rice and yield of 'Hangaru' Jeungpyun, respectively, were observed to be the highest. The shape of the Jeungpyun varied according to the fermentation starter used. The upper part of the Jeungpyun made using Makgeolli rose more than the lower part. Using yeast resulted in the opposite effect. These variations could be caused by the differences in the molecular weight and composition of the batter after fermentation. 'Shingil' Jeungpyun, which included 26% amylose content, showed the highest hardness and the lowest cohesiveness regardless of the fermentation starter type used. 'Seolgaeng' Jeungpyun using Makgeolli showed the highest swelling power, the lowest hardness, and the smoothest sponge texture. 'Misiru', 'Seolgaeng', and 'Hangaru' Jeungpyun showed higher springiness than that of Jeungpyun made using other rice varieties. The volatile aroma profile analysis, was conducted for Jeungpyun based on the two fermentation starter groups, 'Makgeolli' and 'yeast'. Jeungpyun made with Makgeolli contained more diverse volatile compounds than Jeungpyun made with yeast. 'Seolgaeng' Jeungpyun included a larger variety of aromatic compounds compared to others. 'Hangaru' Jeungpyun fermented using Makgeolli was classified as the same group as 'Seolgaeng' by hierarchical clustering analysis. These results are expected to be useful for selecting rice varieties for making fermented rice cake (Jeungpyun) that can be a bread substitute in the food market.

Key words: Jeungpyun, aroma profile, Makgeolli, yeast, fermented rice cake

서 론

증편은 우리나라 떡 중 유일한 발효떡으로 기정떡, 기주떡, 술떡, 중병, 기지떡, 잔편 등의 이름으로도 불리는 전통 쌀 가공식품으로, 예로부터 습식 제분한 쌀가루에 탁주를 넣어 일정 시간 발효시킨 후 틀에 담아 고명을 올려 찌 내어 제조하였다. 발효 중 생성된 유기산과 당에 의해 새콤달콤한 맛이 나고 해면상 조직과 망상구조로 독특한 점탄성의 식감을 가지며, 수분함량이 높아 촉촉하다. 또한, 발효과정으로 pH가 감소하여 잡균 번식이 억제돼 저장성이 우수하고, 질감이 부드러우며 다른 떡에 비해 노화가 느리다는 장점이

있다. 증편에 관한 연구로는 생이스트, 젖산균, 라이스 사워도우, 복분자, 빵잎가루, 콩물 등의 부재료첨가에 따른 특성 연구와 발효시간에 따른 증편 물성 변화 연구 등이 있다 (Choi와 Seo, 2012; Park과 Suh, 1997; Yoon, 2005; Na 등, 1997). 증편의 주재료인 쌀의 수분 처리는 관행적으로 물에 불려(습식방식) 사용하였는데 이는 공정상 번거롭다. 반면, 건식 제분한 쌀가루는 비교적 생산 공정이 간단하며 미세하고 균일한 입자크기를 나타내기 때문에 증편 제조와 같은 식품 가공에 활용도가 높다는 장점이 있다. 쌀가루 관련 증편 선행연구로는 건식쌀가루 이용 막편 품질 특성, 제분 방법에 따른 증편 노화도 특성 연구 및 건식제분 쌀가루

Received 13 September 2021; Revised 21 October 2021; Accepted 21 October 2021

Corresponding author: Eun-Yeong Sim, Department of Central Area Crop, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, 54, Seoho-ro, Gwonseon-gu, Suwon-si, Gyeonggi 16613, Korea, E-mail: silvery1225@korea.kr

Copyright © 2021 by The Korean Society of Food Science and Nutrition. All rights Reserved.

This is Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

를 이용한 증편의 품질 특성 연구가 있다(Jo와 Yoon, 2018; Jeong 등, 2011; Kim 등, 1995; Park 등, 2019). 일반적인 상업 증편은 전통 방식의 발효제인 막걸리나 누룩보다는 대부분 건조 효모나 베이킹파우더를 사용하여 단시간 동안 발효하여 제조하는 실정이나 관행 방법과 상업용 제조 방법에 따른 증편 품질 비교 관련 연구는 부족한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 국립식량과학원에서 육성한 5개의 원료 쌀 품종(설갱, 신길, 미시루, 한가루, 삼광)으로 제조한 쌀가루와 2가지의 발효제(막걸리, 효모)로 증편을 제조하여 품질 특성을 평가하였다. 시험재료 중 ‘설갱’ 쌀 품종은 발효 주류 및 제빵 용도로 적성 연구(Oh 등, 2011; Oh 등, 2018)가 수행되었고, ‘한가루’ 쌀 품종은 가루용 쌀로 육성되어(Won 등, 2019), 맥주 등의 가공 특성에 대한 연구(Kim, 2017; Lee, 2017)가 진행되었다. 본 연구에서는 5품종의 쌀가루 활용 증편의 품질 특성 검정을 통한 최적 품종 선발 및 관련 이화학 특성을 제시하고자 하였고, 발효제(막걸리, 효모)에 따른 증편의 품질 특성 비교를 통해 식품 공업에서의 활용도를 제고하고자 하였다. 쌀에는 글루텐 형성 단백질이 없어 쌀만을 사용하여 쌀 빵을 제조하는 것은 불가능하지만, 증편의 경우 발효 과정을 거치면서 생성된 CO₂ 가스가 단백질과 당질의 결합에 포집되어 다공성의 조직을 갖게 되므로 빵과 유사한 조직감을 가지게 된다(Kim 등, 1995). 이에 따라 본 연구 결과가 글루텐 프리 원료인 쌀 빵 이용과 관련한 국내외 수요 증가에 대한 기초자료로서 활용도가 높을 것으로 기대된다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에 사용된 쌀은 2019년 국립식량과학원 중부작물부(수원)에서 생산되었고, 5품종(설갱, 삼광, 미시루, 한가루, 삼광)을 재료로 사용하였다. 기류식 제분기(ACM-185, Hankook Powder System Co., Ltd., Seoul, Korea)를 이용하여 쌀가루로 제조하였으며, 제분된 쌀가루는 4°C에서 보관하며 실험에 사용하였다. 발효제는 막걸리(Seoul Takjuma Association, Seoul, Korea)와 인스턴트 드라이이스트(Lesaffre Yeast Corporation, Milwaukee, WI, USA)를 각각 사용하였고, 설탕(CJ Co., Ltd., Seoul, Korea)과 소금(Sempio Co., Ltd., Sinan, Korea)을 증편 재료로 사용하였다.

쌀의 외관, 천립중, 장폭비 및 조단백질 함량

완전립으로 정선한 쌀을 페트리 디쉬에 담아 외관을 관찰하였고, 1,000개 쌀알 무게(천립중)는 완전립 중 천 개 쌀알

의 중량을 측정하였다. 쌀의 길이, 너비 및 높이는 캘리퍼스를 이용하여 측정하였으며, 장폭비(길이/너비)를 계산하였다. 조단백질 함량은 킬달분해장치(2020 Digester, FOSS Tecator, Hillerod, Denmark)와 킬달증류장치(Kjeltec™ 2300, FOSS Tecator)를 사용하여 Micro-Kjeldahl법으로 분석하였다.

호화점도 특성

쌀가루의 아밀로그래프 특성은 Rapid visco analyzer(RVA-4, Newport Scientific, Warriewood, NSW, Australia)를 이용하여 Sim 등(2015)의 방법에 따라 분석하였다. 쌀가루 3 g에 25 mL 증류수로 현탁액을 만들어 960 rpm으로 섞고 160 rpm의 plastic paddle 조건에서 50°C부터 호화를 시작하여 95°C까지 상승시킨 후 50°C로 다시 냉각시키면서 점도를 측정하였다.

총 전분 함량 및 아밀로스 분석

총 전분 함량은 Megazyme kit(Megazyme, Wicklow, Ireland)을 이용하여 AOAC 방법(2005)으로 분석하였다. 쌀가루 100 mg에 80% ethanol 0.2 mL 및 α-amylase 0.1 mL와 2.9 mL의 sodium acetate buffer(100 mM, pH 5.2)를 가하여 100°C에서 호화시킨 후 0.1 mL의 amyloglucosidase를 넣고 50°C에서 반응시킨다. 원심분리한 상등액 1 mL를 증류수로 10 mL로 정용 후 다시 유리시험관에 0.1 mL를 넣고 GOPOD 3 mL를 가하여 50°C에서 20분간 반응시킨 후 분광광도계(UV Spectrophotometer 1601)를 이용하여 510 nm에서 흡광도를 측정하였다. 아밀로스 함량은 Juliano(1985)의 비색정량법에 따라 분석하였는데, 쌀가루 100 mg에 95% ethanol과 1 N sodium hydroxide를 가하고, 100°C에서 호화시킨 후 냉각하였다. 이 호화액에 1 N acetic acid와 2% I₂-KI 용액을 첨가하여 정색반응을 시킨 다음, 분광광도계(UV Spectrophotometer 1601)를 이용하여 620 nm에서 흡광도를 측정하였다.

증편 제조 방법

건식 쌀가루로 제조한 증편의 배합비 및 제조 방법은 Table 1 및 Fig. 1과 같다. 건식제분 방식으로 제조한 쌀가루 100 g에 물 72 g, 설탕 15 g, 소금 1.5 g 및 막걸리 40 g을 넣고 잘 혼합한 후 37°C, 70% 상대습도 조건의 발효기에서 4시간 동안 발효 후 가스 빼기를 한 후 1시간 동안 추가 발효시켰다. 효모 증편 제조를 위해 물 양을 110 g으로 조정하였고, 막걸리 대신 효모를 2 g 가하였으며 나머지 재료는 막걸리 이용 증편 재료와 동량을 가하여 1시간 동안

Table 1. Formulas for Jeungpyun made from five rices and two fermentation starters

(g)

		Rice flour	Water	Makgeolli	Yeast	Sugar	Salt
Fermentation starter	Makgeolli	100	40	72		15	1.5
	Yeast	100	110		2	15	1.5

Fig. 1. Flow chart for Jeungpyun made from five rices and two fermentation starters.

발효시켰다. 막걸리 및 효모를 첨가하여 발효시킨 증편 반죽을 50 g씩 틀에 부은 후 예열한 냄비에 넣어 초기 20분 동안은 약불, 이후 10분 동안은 강불로 가열하였다. 그 후 불을 끈 다음 잔열로 5분 동안 뜸을 들여 증편을 완성하였다.

증편의 외관, 높이, 수율, 수분함량

증편의 외관은 제조한 증편을 24시간 동안 냉장실에 방치한 후 단면을 잘라 측정하였다. 증편 용기에 닿은 부분을 증편의 아랫부분 높이로 용기 벽면에서 떨어져 위로 볼록하게 부푼 부분을 윗부분 높이로 하여 캘리퍼스(530-122, Mitutoyo, Nagano, Japan)를 이용하여 측정하였고, 아래와 윗부분 높이를 합한 값을 전체 높이로 계산하였다. 수율은 반죽 무게 대비 완성 증편의 무게비의 백분율로 계산하였고, 증편의 수분함량은 105°C dry oven에서 3시간 동안 상압건조법으로 측정하였다.

색도 측정

명도(lightness, L), 적색도(redness, a), 황색도(yellowness, b)는 색차계(CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)를 사용하였고, 색도 측정에 사용된 표준백판은 L값 98.82, a값 -0.1, b값 -0.39였다. 쌀은 용기에 넣어 측정하였고, 증편은 반듯하게 수직 절단 후 단면을 측정하였다.

물성 측정

증편의 조직감은 물성측정기(TA XT Plus, Stable Micro System, London, UK)를 사용하여 pre-test speed 2.0 mm/s, test and post-test speed 1.0 mm/s, strain 70%, trigger force 5.0 g, probe diameter 10 cm(SMS P/100)의 조건으로 측정하였다. 3회 반복 측정하였고, 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness)의 결과값을 확인하

였다.

Solid phase microextraction(SPME)에 의한 휘발성 향기성분 분석

향기성분은 증편의 분말시료 3 g에 NaCl 3 g과 4 µL의 1,2,3-trichloropropane(Internal standard)을 SPME amber vial에 넣고 vortexing 후 SPME를 이용하여 향기성분을 분석하였다. 분석기기는 Thermo Scientific 사(Waltham, MA, USA)의 GC-MS/MS(SPME)를 사용하였으며 triple quadrupole mass spectrometer는 TSQ 8000, gas chromatograph는 Trace 1310, column은 Agilent Technologies 사(Santa Clara, CA, USA)의 DB-Wax(60 m×0.25 mm, 0.50 µm), carrier gas는 He, fiber는 PDMS/DVB(polydimethyl siloxane/divinyl benzene) 65 µm를 사용하였다. 각 화합물의 잠정적 동정은 표준품과의 retention index를 비교 및 NIST(The National Institute of Standards and Technology) standard MS library database(search 2.0 software)로 검색하였고, 동정된 휘발성 화합물의 정량은 내부표준물질을 이용하여 상대적 함량으로 계산한 후 쌀 품종과 발효제 및 향기성분별 군집분석 결과를 heat map으로 나타내었다.

통계처리

본 연구의 모든 실험결과는 3회 이상 반복하여 평균으로 나타내었으며 SPSS software package(SPSS Inc., Chicago, IL, USA) version 12.0을 이용하여 통계처리 하였고 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 통하여 $P < 0.05$ 수준에서 유의성 있는 그룹 간의 차이를 검정하였다. 휘발성 향기성분 결과값은 R software package(R foundation, Vienna, Austria) version 4.1.1을 이용하여 쌀 품종과 발효제 및 향기성분별 군집분석 결과를 나타내었다.

Table 2. Photograph of five rices after selection, 1,000 seed weight, seed length/width ratio, and crude protein contents

	Rice variety				
	Seolgaeng	Shingil	Misiru	Hangaru	Samkwang
Photograph
1,000 seeds weight (g)	20.24	18.51	29.62	30.44	18.55
Seed length /width ratio	1.79	2.17	1.78	1.78	1.87
Crude protein (%)	5.5	6.3	5.9	6.2	5.9

결과 및 고찰

쌀의 외관, 천립중, 장폭비 및 조단백질 함량 측정

쌀의 외관은 Table 2와 같았고, 크기와 모양 등의 형태는 품종에 따라 다른 것으로 조사되었다. 밥용인 ‘삼광’ 쌀에 비해 4개 가공용 품종들은 불투명한 색상을 나타내었는데, 이는 유전적, 환경적 영향으로 전분 구조, 내부 치밀도 차이 등으로 인한 것으로서 이로 인해 제분 특성이 달라질 수 있을 것으로 생각되었다. 쌀의 장폭비 측정 결과, 설갱(1.79), 신길(2.17), 미시루(1.78), 한가루(1.78), 삼광(1.87)의 값을 나타내어 미시루와 한가루는 장폭비가 서로 유사하였고, 삼광은 설갱과 폭은 유사하였으나 길이는 더 길고 높이가 더 낮았으며, 신길은 통일형으로 조사 품종 중 장폭비가 가장 큰 것으로 조사되었다. 설갱, 한가루 등은 조직구조상 제분 적성이 우수하여 발효에 유리할 것으로 생각되었고, 신길은 물리적 형태로 인해 제분 특성이 좋을 것으로 예상하였다. 쌀알 1,000개의 무게(g)는 설갱(20.24), 신길(18.51),

미시루(29.62), 한가루(30.44), 삼광(18.55)으로 조사되어 5품종 중 한가루와 미시루가 높은 값을 나타내었고, 이와 같은 원료 쌀의 기본 특성이 증편의 품질에 영향을 줄 수 있을 것으로 생각되었다.

총 전분, 아밀로스 함량 분석

품종별 쌀의 총 전분과 아밀로스 함량 분석 결과는 Fig. 2와 같다. 쌀의 이화학 성분 중 대부분을 차지하는 전분의 함량은 5개 품종 중 삼광과 한가루가 각각 84.48, 83.53%로 미시루(81.40%), 신길(80.84%) 및 설갱(80.78%)에 비해 통계적으로 유의하게 높았다. 이러한 전분은 효모나 막걸리에 의해 발효되어 생성된 발효 산물이 증편을 구성하게 되며 맛과 향에도 영향을 주게 된다. 미생물에 의해 생성되는 당 함량과 반죽의 CO₂ 생성량과의 관련성 연구 결과(Jeong 등, 2011)에 따라 전분 함량이 높을수록 증편의 기공과 물성에 영향을 줄 수 있을 것이라 생각되었으나, 본 연구에서 사용한 5가지 시험재료의 전분 함량의 차이가 증편 기공과 물성

Fig. 2. Amylose (gray) and total starch (black) contents of five rices. ¹⁾Values with different letters in the same color bar are significantly different ($P < 0.05$).

에 유의미한 영향을 주는 수준이 아니거나 첨가물량과 아밀로스 함량 등의 요인이 기공과 물성에 더 큰 영향을 준 것으로 분석되었다. 구체적으로 전분을 구성하고 있는 아밀로스와 아밀로펙틴의 비율 및 아밀로펙틴의 조성비는 증편의 특성에 영향을 주게 되는데, 5가지 쌀의 아밀로스 함량은 신길(26.35%), 미시루(22.11%), 한가루(21.08%), 삼광(19.93%)=설갱(19.81%)의 순서로 높았다. Choi와 Kang(1994)의 연구에서는 아밀로스 함량이 높은 쌀로 제조할수록 증편의 스펀지감에 대한 기호도가 높다고 하였고, 시간이 지남에 따라 빨리 굳어진다고 하였는데, 본 연구에서는 아밀로스 함량이 가장 높은 ‘신길’ 쌀의 치반점도(setback)가 가장 높아 노화가 가장 빠를 것으로 예상되었고, ‘신길’ 증편의 경도가 가장 높고 응집성이 가장 낮으며 탄성도 낮아(Table 6) 입안에서의 부스러짐이 커서 스펀지감에 대한 기호도는 가장 낮은 것으로 분석되었다(data not shown). 다만, ‘신길’ 품종의 경우 높은 경도로 인해 증편의 모양을 잘 유지하는 특성을 나타내었다(Fig. 3). 아밀로스 함량과 쌀 빵의 부품성에 대한 선행연구가 많이 진행되었고 연구 결과는 다양하

였다. 아밀로스 함량이 빵 품질에 영향을 준다는 연구(Aoki 등, 2010; Takahashi 등, 2009)와 고아밀로스 품종이 빵의 부피를 증가시킨다는 결과(Yoza 등, 2008) 및 아밀로스 함량과 빵 부피는 관련이 없다는 연구(Nagai 등, 2018)까지 결과가 일치되지 않는 경향이었는데, 본 연구에서는 아밀로스 함량이 19%로 일반 밥용 ‘삼광’과 함유량이 동일한 ‘설갱’의 부품성이 5개 품종 중 가장 높은 것으로 분석되는 등 상관분석 결과 아밀로스 함량과 증편의 높이는 관련이 없는 것으로 분석되었다. 다만, 증편의 단면적과 총 부피가 달라질 수 있을 것으로 예상되는바, 관련 내용들의 추가시험이 필요할 것으로 생각되었다.

신속점도계를 이용한 호화점도(RVA) 분석

호화는 전분의 아밀로스와 아밀로펙틴의 비율, 전분 구조, 전분 입자의 팽윤력 및 단백질과 지방 함량 등의 영향을 받는다. 5개(설갱, 신길, 미시루, 한가루, 삼광) 쌀 품종의 호화 특성 분석 결과는 Table 3과 같다. 물에 잘 분산시킨 쌀가루를 가열하면 전분 입자는 물을 흡수하여 팽윤하고 부피가

Fig. 3. Photograph of the Jeungpyun made from five rices, in order from top to bottom are Seolgaeng, Shingil, Misiru, Hangaru, and Samkwang, and two fermentation starters, in order left to right, Makgeolli and yeast.

Table 3. Pasting properties of five rices by rapid visco analyzer

Rice variety	Viscosity (RVU)					Peak time (min)	Pasting temperature (°C)
	Peak	Trough	Breakdown	Final	Setback		
Seolgaeng	154.00±0.87 ^{d1)}	92.19±0.79 ^d	61.81±0.54 ^d	182.94±0.64 ^d	28.94±0.39 ^b	6.38±0.04 ^a	67.53±0.41 ^c
Shingil	64.33±0.29 ^e	39.89±0.17 ^e	24.44±0.13 ^e	102.78±0.46 ^e	38.44±0.24 ^a	5.80±0.00 ^c	87.03±0.06 ^a
Misiru	194.83±0.36 ^b	125.06±2.38 ^b	69.78±2.04 ^b	215.25±2.77 ^b	20.42±2.46 ^c	6.29±0.03 ^b	68.88±0.03 ^b
Hangaru	202.14±0.57 ^a	136.86±1.42 ^a	65.28±1.86 ^c	228.44±0.75 ^a	26.31±0.87 ^b	6.36±0.04 ^{ab}	69.17±0.46 ^b
Samgwang	192.78±0.59 ^c	117.50±2.14 ^c	75.28±2.02 ^a	202.94±2.64 ^c	10.17±2.50 ^d	6.29±0.04 ^b	68.90±0.05 ^b

¹⁾Results are expressed as mean±SD. Values with different letters in the same column are significantly different ($P<0.05$).

증가하고 궁극적으로 용출물로 인해 점성이 증가하게 된다. 호화액의 점도 변화는 호화과정 중 용출된 아밀로스, 전분 입자, 팽윤된 입자로부터 용출된 직선상의 고분자에 의해 기인하는 것으로 판단하였다. 5개 쌀의 호화점도 측정 결과, 최고점도는 한가루가 202.14 RVU로 가장 높았고 미시루, 삼광, 설갱 순서를 나타내었으며, 신길은 64.33 RVU로 가장 낮았다. 최저점도도 한가루가 136.86 RVU로 가장 높았고, 신길은 39.89 RVU로 가장 낮았다. 강하점도는 호화 중의 열, 전단에 대한 저항을 나타내는 값으로 아밀로스 함량과 부의 상관관계가 있다고 알려져 있는데, 아밀로스 함량이 26.35%로 5개 품종 중 가장 높은 '신길'이 24.44 RVU로 가장 낮았고, 19.93%로 가장 낮은 '삼광'이 75.28 RVU로 가장 높았다(Fig. 2). 설갱은 아밀로스 함량이 삼광과 유사한 19.81%이지만 강하점도가 61.81 RVU로 통계적으로 낮은 것으로 분석되어 '삼광'과 아밀로스 함량은 유사하지만, 호화에 있어 '삼광'에 비해 열과 전단에 대한 저항이 더 큰 것으로 판단되었다. 최종점도는 최고, 최저점도와 마찬가지로 한가루> 미시루> 삼광> 설갱> 신길 순이었다. 노화 경향을 나타내는 치반점도(setback)는 삼광이 10.17 RVU로 가장 낮아 5개 품종 중 노화가 가장 느릴 것으로 생각되었고, 신길은 38.44 RVU로 가장 높아 노화가 가장 빠를 것으로 판단되었다. 이는 아밀로스 함량이 높을수록 전분 분자들의 재결합 속도가 빨라 점도가 상대적으로 더 빨리 증가한다는 선행연구와도 일치하는 결과였다(Juliano, 1985). 즉, 쌀가루의 호화점도는 아밀로스 함량이 높을수록 최고, 최저, 최종 및 강하점도가 낮고 치반점도가 높은 것으로 알려져 있는

데, '신길' 품종 분석 결과와도 일치하였다. 호화개시 온도는 신길은 87.03°C로 가장 높았고 설갱은 67.53°C로 가장 낮았으며, 나머지 품종들은 68.88~69.17°C 범위로 통계적으로 차이가 없었다. Peak time은 신길은 5.8분으로 가장 낮았고 설갱이 6.38분으로 가장 높았다.

증편의 외관, 높이, 수율, 수분함량 측정 결과

증편의 외관은 Fig. 3과 같다. 모든 시료가 위로 불록하게 솟아오른 머핀 형태를 나타내었고 품종과 발효제에 따라 불록함의 정도가 달랐다. 효모를 사용한 경우 막걸리에 비해 증편의 아랫부분이 더 많이 부풀었고, 막걸리 사용한 경우에는 효모에 비해 윗부분이 더 많이 부풀었다. 이는 막걸리와 효모의 발효력, 발효 시간 및 발효 산물의 차이에 의한 것으로 판단되었는데, 상대적으로 저분자의 발효 산물들이 많은 막걸리 이용 증편의 경우, 윗부분이 더 높고 불록하게 부풀어 올라 효모 증편에 비해 팽창력이 우수하였다. 반면 효모를 발효제로 사용한 경우, 효모 증편의 발효 시간 단축(막걸리 증편 대비 1/5 수준) 등으로 상대적으로 저분자 발효 산물의 양이 적어 가열시간 동안 상대적으로 용기면의 아랫부분에 닿는 면적이 더 컸고, 위로 부푸는 양과 유지할 수 있는 힘이 적은 것으로 판단되었다. 증편의 전체 높이 측정 결과, 모든 발효제에서 '설갱' 증편의 높이가 5개 품종 중 가장 높았고 '삼광'은 가장 낮았다(Table 4). 효모로 제조한 증편 중 '신길' 또한 '설갱'과 통계적으로 차이가 없는 수준으로 잘 부풀었는데, 이는 일반적으로 아밀로스 함량이 높고 호화점도가 낮으며 호화가 잘 되지 않는 원료일수록 가공 후의

Table 4. Height and yield of Jeungpyun made from five rices and two starters

Fermentation starter	Rice variety	Height (mm)			Yield (%)
		Upper	Lower	Total	
Makgeolli	Seolgaeng	19.6±0.4 ^{a1)}	18.8±0.5	38.4±0.8 ^a	95.4 ^d
	Shingil	17.5±0.8 ^b	18.9±0.6	36.3±0.6 ^b	96.9 ^c
	Misiru	17.2±1.0 ^b	18.7±0.9	35.9±0.2 ^b	97.4 ^b
	Hangaru	17.1±0.8 ^b	18.8±0.9	35.9±0.4 ^b	98.4 ^a
	Samkwang	14.7±1.2 ^c	18.1±0.7	32.9±0.7 ^c	96.5 ^c
Yeast	Seolgaeng	15.8±1.0 ^a	19.2±1.1 ^b	34.9±0.5 ^a	97.4 ^{ab}
	Shingil	15.2±0.6 ^a	20.2±1.0 ^a	35.4±1.0 ^a	96.8 ^b
	Misiru	14.3±0.7 ^b	20.4±0.6 ^a	34.8±0.8 ^{ab}	96.0 ^c
	Hangaru	15.2±0.8 ^a	20.3±0.9 ^a	35.5±0.7 ^a	97.8 ^a
	Samgwang	13.7±0.6 ^b	20.3±0.6 ^a	34.1±0.5 ^b	97.0 ^{ab}

¹⁾Results are expressed as mean±SD. Values with different letters in the same column are significantly different ($P<0.05$).

외관 특성이 나쁜 것으로 조사된 것과는 다르게 ‘신길’ 증편은 발효 공정을 통해 분해된 고아밀로스 전분의 특성들이 형태 유지에 긍정적인 영향을 준 것으로 생각되었다. 또한, 삼광과 설갱은 아밀로스 함량이 거의 유사한 수준이지만 증편의 외관 특성이 다른 것으로 조사되어 증편 외관 품질에는 아밀로스 함량보다는 내부 입자 구조 등의 영향이 더 큰 것으로 판단되었고 관련하여서는 추가 연구가 필요할 것으로 생각되었다. Choi와 Kang(1994)은 단백질 함량이 높은 품종으로 제조할수록 증편의 부피가 더 큰 경향이있다고 하였는데, 본 연구의 쌀 시료 단백질 함량은 신길(6.3%)> 한가루(6.2%)> 삼광, 미시루(5.9%)> 설갱(5.5%) 순으로(Table 2) 품종별 증편의 높이를 측정한 결과(Table 4), ‘설갱’이 ‘삼광’보다 높이가 더 높았던 결과는 일치하지 않았고, 상관분석 결과 상관성이 없는 것으로 분석되었다(data not shown). 이는 단백질 함량뿐만 아니라 다른 이화학 성분, 내부 구조, 발효제와의 상호 반응성 등이 발효에 영향을 주었기 때문으로 판단되었다. 증편의 수율은 투입 반죽물의 무게 대비 산출 증편 무게비의 백분율로서 발효제와 관계없이 ‘한가루’로 제조한 증편의 수율이 가장 높은 것으로 조사되었고, 증편의 수분함량은 50~52%의 범위로 측정되었다(data not shown). 발효제에 관계없이 증편 제조에 첨가한 물 양이 증가할수록 기공이 많아지고, 일정수준까지는 증편의 높이가 다소 증가하였다(data not shown).

증편의 색도

증편의 색도 측정 결과는 Table 5와 같다. 5개 쌀 품종의 발효제에 따른 제조 증편의 색도 측정 결과, 막걸리로 제조한 증편의 백색도는 81.70(미시루)~78.00(설갱)의 범위를 나타내어 효모로 제조한 증편의 82.59(미시루)~78.67(설갱) 범위와 유사한 경향이었다(신길 제외). 막걸리로 제조한 증편의 적색도와 황색도는 각각 -0.10(설갱)~-0.59(미시루),

12.96(설갱)~11.39(삼광)의 범위를 나타내었고, 효모로 제조한 증편의 적색도와 황색도는 각각 0.07(설갱)~-0.64(신길), 15.03(설갱)~11.76(삼광)의 범위를 나타내었다. 발효제 종류와 관계없이 ‘설갱’으로 제조한 증편의 백색도가 5품종 중 가장 낮았고 적색도 및 황색도가 가장 높았다. 원료 쌀에 비해 증편에서는 백색도, 적색도, 황색도가 대체로 감소하였고(삼광 백색도만 증가), 증편에서는 발효 및 가열 등의 공정으로 인해 쌀이 고유하게 지니고 있던 원료 품종별 특성 차이가 감소하는 것으로 조사되었다. ‘삼광’ 증편의 백색도가 쌀(76.21) 대비 증가한 결과와는 반대로 ‘설갱’ 증편의 경우 쌀(84.42) 대비 현저히 감소하였는데, 이는 ‘삼광’과 ‘설갱’ 쌀에서는 내부 치밀도, 구조 등에 의한 백색도의 차이가 있었으나 발효 과정 동안 효모나 막걸리의 미생물에 의하여 전분 입자 분해 등으로 생성된 발효 반죽과 최종 증편의 백색도가 품종 간의 차이를 나타내지 않는 수준인 것으로 판단되었다.

증편의 물성 측정 결과

증편은 다른 떡과는 달리 발효 후 반죽의 망상구조로 스핀지 조직감과 같은 특유 식감을 나타내어 기호도가 높다. 이에 따라 증편 품질에 있어 물성은 매우 중요한 평가항목이며, 본 연구의 증편 물성 측정 결과는 Table 6과 같다. 발효제에 따른 증편의 물성 비교 시, 막걸리로 제조한 증편이 효모 제조 증편보다 경도, 탄력성, 응집성, 씹힘성이 더 높았다(설갱 경도 제외). 물성은 원료 쌀의 아밀로스 함량, 반죽물 제조 시 첨가 수분함량, 첨가 발효제 종류 및 발효 산물의 차이 등으로부터 기인할 수 있을 것으로 판단하였다. 증편의 경도는 형태를 변형하게 하는 힘으로 발효제와 관계없이 아밀로스 함량이 가장 높은 ‘신길’이 가장 높았다. 한편, 막걸리 제조 증편에서 ‘설갱’의 경도가 10,337.7 g로 가장 낮아 씹었을 때 가장 부드럽고 말랑한 식감을 나타낼 것으로 예상하

Table 5. Hunter's color value of Jeungpyun made from five rices and two fermentation starter

	Fermentation starter	Rice variety	Hunter's color value		
			L*	a*	b*
Jeunpyun	Makgeolli	Seolgaeng	78.00±0.08 ^{c1)}	-0.10±0.05 ^a	12.96±0.14 ^a
		Shingil	81.26±0.16 ^a	-0.46±0.00 ^b	11.50±0.04 ^d
		Misiru	81.70±0.11 ^a	-0.59±0.02 ^d	12.20±0.04 ^c
		Hangaru	78.05±0.07 ^c	-0.52±0.02 ^c	12.49±0.04 ^b
		Samkwang	79.10±0.73 ^b	-0.52±0.02 ^c	11.39±0.18 ^d
	Yeast	Seolgaeng	78.67±0.85 ^d	0.07±0.04 ^a	15.03±1.02 ^a
		Shingil	80.58±0.12 ^b	-0.64±0.02 ^c	11.92±0.19 ^c
		Misiru	82.59±0.05 ^a	-0.63±0.01 ^c	12.78±0.01 ^b
		Hangaru	79.41±0.02 ^c	-0.57±0.03 ^b	11.76±0.13 ^c
		Samkwang	79.45±0.23 ^c	-0.53±0.03 ^b	11.76±0.13 ^c
Rice		Seolgaeng	84.42±0.38 ^a	0.23±0.11 ^d	14.66±0.49 ^b
		Shingil	83.35±0.29 ^b	0.35±0.02 ^c	12.69±0.05 ^d
		Misiru	82.20±0.34 ^c	0.85±0.07 ^b	13.68±0.16 ^c
		Hangaru	80.77±0.37 ^d	0.95±0.10 ^a	14.68±0.33 ^b
		Samkwang	76.21±0.37 ^e	0.29±0.05 ^{cd}	15.10±0.18 ^a

¹⁾Results are expressed as mean±SD. Values with different letters in the same column are significantly different ($P<0.05$).

Table 6. Texture profile analysis of Jeungpyun made from five rices and two fermentation starter

Fermentation starter	Rice variety	Hardness (g)	Adhesiveness (g·s)	Springiness	Cohesiveness	Chewiness
Makgeolli	Seolgaeng	10,337.7±825.0 ^{e1)}	-1,644.9±229.9 ^a	0.86±0.01 ^a	0.52±0.00 ^b	4,614.6±300.5 ^c
	Shingil	23,114.0±964.8 ^a	-2,993.1±213.8 ^d	0.56±0.02 ^c	0.47±0.01 ^d	6,080.1±340.3 ^b
	Misiru	16,258.8±480.3 ^c	-2,559.5±52.6 ^c	0.89±0.01 ^a	0.52±0.01 ^b	7,431.7±327.7 ^a
	Hangaru	13,171.7±700.0 ^d	-3,605.3±263.3 ^c	0.74±0.10 ^b	0.50±0.00 ^c	4,899.1±449.8 ^c
	Samgwang	19,653.6±231.7 ^b	-2,110.5±240.7 ^b	0.54±0.03 ^c	0.53±0.01 ^a	5,655.5±422.0 ^b
Yeast	Seolgaeng	13,154.6±805.4 ^b	-2,888.6±311.0	0.44±0.10 ^c	0.46±0.03 ^{bc}	2,686.0±788.6 ^c
	Shingil	18,270.0±2,677.1 ^a	-2,642.2±317.4	0.48±0.07 ^{bc}	0.44±0.02 ^c	3,824.6±662.6 ^a
	Misiru	13,021.5±1,322.1 ^b	-2,827.9±231.7	0.58±0.08 ^a	0.49±0.01 ^a	3,690.5±455.3 ^{ab}
	Hangaru	12,013.8±1,467.0 ^b	-3,301.4±483.3	0.56±0.07 ^{ab}	0.48±0.03 ^{ab}	3,205.8±521.7 ^{abc}
	Samgwang	13,719.6±1,272.9 ^b	-3,287.5±1168.4	0.46±0.08 ^{bc}	0.48±0.50 ^{ab}	3,024.9±471.9 ^{bc}

¹⁾Results are expressed as mean±SD. Values with different letters in the same column are significantly different ($P<0.05$).

였다. 막걸리 증편 기준, 부착성(g·s)은 한가루(-3,605.3), 신길(-2,993.1), 미시루(-2,559.5), 삼광(-2,110.5) 및 설갱(-1,644.9)의 순서를 나타내어 한가루와 설갱 증편이 각각 부착성이 가장 높고 가장 낮음을 확인하였다. 탄력성은 설갱, 미시루가 각각 0.86 및 0.89로 한가루(0.74), 신길(0.56), 삼광(0.54)에 비해 탄력성이 높았고, 효모 증편에서는 미시루, 한가루가 다른 품종에 비해 높은 것으로 분석되었다. 증편 내부 결합의 정도를 나타내는 지표로서 응집성은 ‘신길’이 쌀 품종 중 가장 낮은 값(막걸리: 0.47, 효모: 0.44)을 나타내어 증편 내부 구조가 가장 약한 것을 확인하였고, 이와 같은 특성은 저장성과 관련하여 품질 저하를 유발할 수 있을 것이라 판단되었다. 씹힘성은 고체 식품을 삼킬 때까지 씹는데 필요한 에너지로 미시루로 제조한 증편에서 가장 높았고, 설갱의 씹힘성이 가장 낮은 것으로 분석되었다.

증편 향기성분의 군집분석 결과

쌀 품종별 발효제에 따른 제조 증편에서 검출된 휘발성 향기성분의 특성(odor description) 및 군집분석 결과는 Fig. 4와 같다. 증편의 휘발성 향기성분은 산, 알코올, 알데하이드, 에스터, 케톤류 등으로 구성되어 총 38종이 검출되었다. ‘효모’ 증편은 주요 향기성분이 약 17종, ‘막걸리’ 증편은 약 21종 이상으로 ‘막걸리’ 증편의 향이 효모 증편에 비해 다양성 측면에서 풍부하였고, 질적으로도 우수한 향을 많이 포함하는 것으로 분석되었다. 군집분석 결과, 막걸리와 효모 사용에 따른 두 개의 군집이 명확히 구분되었는데, 이는 각 발효제 차이로부터 반죽 특성과 최종 증편의 휘발성 향기성분이 달라진 것으로 판단하였다. 알코올 유래의 달콤하고 고소하며 향긋한 향기는 ‘막걸리’ 증편에 많았고, 신향, 풀향, 꽃향 등은 ‘효모’ 증편에 많았다. ‘효모’ 증편은 ‘막걸리’ 증편보다 isobutyric acid, butanoic acid, valeric acid의 함량이 높았는데, 이와 같은 물질들은 불쾌한 냄새와 특 소는 맛을 내는 것으로 알려져 있으며 ‘삼광’ 증편은 다른 품종에 비해 이 성분들이 높았다. 막걸리 ‘삼광’ 증편은 2,2,4-trimethyl-1,3-pentanediol diisobutyrate와 2,2,4-trimethyl-3-hydroxypentyl isobutyrate, benzaldehyde 등

의 함량이 다른 쌀에 비하여 높았다. 막걸리 ‘설갱’ 증편은 alcohol, alcohol 유래 물질, 1-hexanol, (Z)-2-heptenal 등의 향기성분이 다른 품종들에 비해 높은 것으로 분석되었다. 결론적으로 증편의 휘발성 향기성분은 발효제에 따라 차이를 나타내었고, 휘발성 향기성분의 양적, 질적 측면에서 ‘막걸리’로 제조한 증편이 ‘효모’로 제조한 증편보다 우수하였다. 5개 쌀 품종 중에서는 ‘설갱’ 품종의 다양성이 풍부하였으며, 막걸리 이용 ‘한가루’ 증편도 ‘설갱’과 같은 군집으로 분류되어 유사한 향기 특성을 나타내므로 우수한 증편용 쌀로서의 이용 가능성을 확인하였다. 이는 설갱이 한가루의 모본(mother)으로 유전적 유사성이 발효 및 가공 특성에도 영향을 준 것으로 생각되었다. 식미 기호도는 ‘효모’ 증편보다 ‘막걸리’ 증편에서 높았고, 쌀 품종 중에서는 ‘설갱’이 가장 우수한 것으로 평가되었는데(data not shown), 이는 기계적 측정 결과와도 일치하는 것으로 확인되었다.

요 약

막걸리는 누룩을 이용하여 발효한 술로서 기타 대사산물들까지 포함하고 있어 막걸리 발효 증편은 효모 이용 증편과는 다른 특성을 나타내었다. 효모를 이용하는 경우 단시간에 발효가 진행되는 장점이 있으나, 막걸리에 비해 맛과 풍미가 저하되고 발효 시간이 늘어날수록 이취, 이미 발생이 증가하였다. 증편 외관 형태는 발효제 및 발효 시간 차이로 인해 ‘막걸리’ 증편은 상방으로 향하는 힘이 하방으로 향하는 힘보다 더 커서 윗부분이 더 부푸는 형태를 보였고, ‘효모’ 증편의 경우 반대로 아랫부분이 더 높게 오르고 윗부분은 막걸리만큼 부풀지 못하는 특성을 나타냈으며 이는 발효산물의 분자량 및 조성 등의 차이에 의한 것으로 판단하였다. 증편의 수율이 가장 높은 ‘한가루’ 품종은 쌀의 1,000립 중(무게)도 5품종 중 가장 높았다. 증편의 색도는 원료 쌀 대비 백색도, 적색도 및 황색도 모두 감소하는 경향이었다. 아밀로스 함량이 가장 높은 ‘신길’은 증편 물성 중 경도가 가장 높았고, 응집성이 가장 낮았다. ‘설갱’은 부품성이 가장 우수하고 경도가 가장 낮아 조사 품종 중 가장 폭신하고 부드러운 질감

Fig. 4. Hierarchical clustering heatmaps of aroma properties of Jeungpyun made with two fermentation starters (Makgeolli, yeast) on five rice. ¹⁾Compounds of the aroma on Jeungpyun. ²⁾Odor description by The Flavor and Extract Manufacturers Association of the United States and The Good Scent Company Information System. ³⁾Variety: Seolgaeng, Shingil, Misiru, Hangaru, and Samkwang. ⁴⁾NF: Not found.

을 나타내었다. 미시루, 설갱, 한가루를 재료로 한 ‘막걸리’ 증편은 탄력성이 우수하였고 미시루는 씹힘성이 가장 높았다. 증편의 향기성분 결과 발효제에 따른 군집분석으로 ‘막걸리’ 증편의 향기성분이 ‘효모’ 증편보다 양적, 질적으로 우수한 것으로 분석되었고, ‘막걸리’ 증편 중 ‘설갱’과 ‘한가루’ 품종이 같은 군집으로 분류되어 향이 다양하고 풍부하였으며, 이는 식미 평가와도 일치하였다(data not shown). 결과적으로 발효제에 따라 증편의 외관 특성, 향기성분, 맛(식미), 물성 등의 품질 특성 차이를 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호 PJ01415102)의 지원에 의해 이루어졌습니다. 증편 제조 실험에 기여한 수확 후이용과 김예린 선생님께 감사드립니다.

REFERENCES

- AOAC. Starch (total) in cereal products. Amyloglucosidase-amylyase method. Association of Official Agricultural Chemists, Washington, DC, USA. 2005. 996.11
- Aoki N, Umemoto T, Suzuki Y. Properties of bread made using wheat gluten and rice flour from high-yielding cultivars. Nippon Shokuhin Kagaku Kagaku Kaishi. 2010. 57:107-113.
- Choi JJ, Seo BH. A study on quality characteristics of *Jeungpyeon* with added *Rubus coreanus* Miquel. J East Asian Soc Diet Life. 2012. 22:52-61.
- Choi YH, Kang MY. Studies on processing adaptability of rice varieties for preparation of Jeung pyun. J East Asian Soc Diet Life. 1994. 4:67-74.
- Jeong SY, Park MJ, Lee SY. Physicochemical properties of *Jeung-pyeon* dough containing with different amounts of brown rice. Korean J Food Cook Sci. 2011. 27:9-17.
- Jo YJ, Yoon HH. A study on quality characteristics of *Makpyeon* made of dry milled rice powder according to soaking time.

- Culi Sci & Hos Res. 2018. 24(3):35-46.
- Juliano BO. Polysaccharide, proteins, and lipids. In: Rice: Chemistry and Technology. 2nd ed. AACC, St. Paul, MN, USA. 1985. p 443-452.
- Kim HJ, Park JY, Lee SK, Park HY, Cho D, Choi HS, et al. Quality characteristics of rice cultivars suitable for rice beer. Korean J Crop Sci. 2017. 62:113-117.
- Kim YI, Kum JS, Kim KS. Effect of different milling methods of rice flour on quality characteristics of Jeungpyun. Korean J Soc Food Sci. 1995. 11:213-219.
- Lee SK, Park JY, Park HY, Choi HS, Cho D, Oh SK, et al. Evaluation of quality characteristics of beer by addition of rice rate. Korean J Food Preserv. 2017. 24:758-763.
- Na HN, Yoon S, Park HW, Oh HS. Effect of soy milk and sugar addition to Jeungpyun on physicochemical property of Jeungpyun batters and property of Jeungpyun. Korean J Soc Food Sci. 1997. 13:484-491.
- Nagai T, Kai N, Tanoue Y, Suzuki N. Characteristics of rice flour breads using yeast isolated from pear red bartlett fruits. J Agric Sci. 2018. 10:16-29.
- Oh HA, Kim MY, Lee YJ, Song MS, Lee CK, Lee YR, et al. Quality characteristics of rice bread with different cultivars and milling methods. Korean J Food Sci Technol. 2018. 50: 492-498.
- Oh SK, Kim DJ, Ryu SJ, Chun A, Yoon MR, Choi IS, et al. Quality characteristics of Korean traditional wine using *Seol-gaengbyeon* for brewing rice. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2011. 40:1189-1194.
- Park JW, Park GH, Choi SY, Kim MY, Lee YJ, Lee CK, et al. Quality characteristics of *Jeungpyun* based on variety, milling method and fermentation time. Korean J Food Sci Technol. 2019. 51:127-132.
- Park YS, Suh CS. Changes in physical properties of Jeungpyun during fermentation. Korean J Soc Food Sci. 1997. 13:396-401.
- Sim EY, Chung SK, Cho JH, Woo KS, Park HY, Kim HJ, et al. Physicochemical properties of high-amylose rice varieties. Food Eng Prog. 2015. 19:392-398.
- Takahashi M, Homma N, Morohashi K, Nakamura K, Suzuki Y. Effect of rice cultivar characteristics on the rice flour bread quality. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaaishi. 2009. 56: 394-402.
- Won YJ, Ahn EK, Jeong EG, Chang JK, Lee JH, Jung KH, et al. An opaque endosperm rice cultivar, 'Hangaru', suitable for exclusive dry-milling rice flour production. Korean J Breed Sci. 2019. 51:134-139.
- Yoon SJ. Characteristics of quality in Jeung-pyun with different amount of raw yeast. Korean J Food Cook Sci. 2005. 21:399-405.
- Yoza K, Okabe M, Shima J. Present state of issues rice powder utilization: Rice bread. Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi. 2008. 55:444-454.