

효소적 기법을 이용한 전분노화도 및 소화율이 개선된 쫄면 레시피의 개발

조희수 · 최태호 · 심재훈

한림대학교 식품영양학과, 한국영양연구소

Development of a *Jjolmyeon* Recipe with Delayed Starch Retrogradation and Improved Digestibility

Hee-Su Cho, Tae-Ho Choi, and Jae-Hoon Shim

Department of Food Science and Nutrition, and the Korean Institute of Nutrition, Hallym University

ABSTRACT Wheat-based foods, such as *jjolmyeon*, are often associated with indigestion and a decline in quality due to retrogradation during refrigeration. To address these issues, we developed a *jjolmyeon* recipe incorporating Novamyl®, a maltogenic amylase, in the dough. This addition helps retard the retrogradation process while simultaneously improving digestibility. Texture profile analysis demonstrated that *jjolmyeon* dough containing 0.1% Novamyl® exhibited a reduction in hardness, gumminess, and chewiness by 11%, 32%, and 32%, respectively, compared to the control group. Similarly, *jjolmyeon* made from the 0.1% Novamyl®-treated dough showed a reduction in hardness, gumminess, and chewiness by 11%, 23%, and 18%, respectively. Differential scanning calorimetry analysis revealed that the inclusion of 0.1% Novamyl® in *jjolmyeon* reduced retrogradation by 7% relative to the control group. Furthermore, measurement of digestibility indicated a 79% improvement in digestibility of *jjolmyeon* containing 0.1% Novamyl® compared to the control group.

Keywords: *jjolmyeon*, retrogradation, digestion, maltogenic amylase, noodle recipe development

서 론

밀은 세계적으로 가장 널리 소비되는 주요 곡물 중 하나이며, 국내에서도 식생활의 서구화와 간편식 소비 증가로 인해 밀 소비가 꾸준히 증가하고 있다(Xia 등, 2021). 이러한 소비 증가와 함께 면류 산업도 지속적으로 성장하고 있으나, 밀가루 기반 식품의 섭취는 일부 소비자들에게 글루텐 민감성 또는 불내증으로 인한 소화 문제를 야기할 수 있다(De Punder와 Pruimboom, 2013). 이는 개인의 건강과 삶의 질에 부정적인 영향을 미칠 수 있어, 이러한 문제를 해결하기 위한 연구와 기술 개발이 요구된다.

쫄면은 국내 유래의 대표적인 압출면으로, 냉면보다 굵고 탄력이 있으며 노란색을 띠는 면류로 분류된다(Lee와 Youn, 2017). 그러나 쫄면과 같은 밀가루 기반 식품은 저장 중 전분의 노화(retrogradation)로 인해 물리적 특성과 소화 효율이 저하되는 문제가 발생한다(Scott와 Awika, 2023). 전분의 노화는 저장 과정에서 전분 분자가 재결정화되며 경도가 증가하고 소화 효소의 접근성이 감소하는 현상으로, 면류

품질 유지와 저장성 향상을 위한 주요 과제로 인식되고 있다(Dong 등, 2020; Goesaert 등, 2009; Yu 등, 2009).

이러한 문제를 해결하기 위한 방법으로 효소를 활용한 접근법이 떠오르고 있으며, 특히 α -amylase(EC 3.2.1.1) 계열은 제빵 등의 과정에서 반죽 내 전분을 부분적으로 가수분해하여 노화 과정을 늦추는 데 중요한 역할을 한다고 보고되었다(Fan 등, 2023; Li 등, 2016). 특히 maltogenic amylase(Novamyl®)는 전분을 가수분해함으로써 식품의 물성을 유지하고, 저장 중 품질을 보존하는 데 유리한 특성을 가지며, 여러 연구에서 이 효소가 다양한 종류의 전분질 식품의 품질 향상에 기여할 수 있음을 입증하였다(Obadi와 Xu, 2021; Zhai 등, 2022).

밀을 주요 탄수화물 공급원으로 하는 서구 식생활과는 달리 국내 전통 전분질 식품에 대한 품질 개선의 연구는 현재까지 다소 부족한 상황이며, 이에 본 연구는 상용화된 maltogenic amylase의 일종인 Novamyl®을 쫄면 반죽에 첨가하여 저장 중에 발생하는 전분의 노화를 지연시키고 소화 효율을 개선함으로써, 쫄면의 물리적 품질과 기능성을 향상시키

Received 7 February 2025; Revised 17 February 2025; Accepted 17 February 2025

Corresponding author: Jae-Hoon Shim, Department of Food Science and Nutrition, Hallym University, Hallymdaehak-gil 1, Chuncheon, Gangwon 24252, Korea, E-mail: jhshim@hallym.ac.kr

© 2025 The Korean Society of Food Science and Nutrition.

This is an 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.

기 위한 최적의 조건을 제안하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

본 연구에 사용된 주재료는 CJ제일제당의 백설 중력 밀가루와 요리용 소금이며, 감자전분은 노브랜드, 강황분말은 Joanna에서 구매하였다. 실험에 필요한 효소인 maltogenic amylase(Novamyl® L)와 α -amylase는 Novozymes에서 구입하여 사용하였다.

쫄면의 반죽 제조 방법

표준 반죽은 밀가루 46.06%, 감자전분 20.73%, 꽃소금 0.02%, 강황분말 0.02%, 그리고 물 33.17%를 혼합하여 제조하였다. 반죽기(CBM-H1000, Cuchen)를 사용하여 밀가루와 감자전분을 일차적으로 혼합한 후, 80°C의 물에 꽃소금과 강황분말을 녹인 용액을 첨가하였다. 첨가된 혼합물은 18분 동안 균일하게 반죽하였다.

쫄면의 제조 방법

표준 반죽을 활용하여 쫄면을 제조하였다. 쫄면은 쫄면기(SutaKing, MC-N186, Buwon Electronics Co., Ltd.)를 사용하여 반죽을 성형하였으며, 끓는 물에서 2분 30초 동안 삶은 후 얼음물에서 40초간 냉각하여 완성하였다. 또한, Novamyl®을 0.002%, 0.01%, 0.02%, 0.1%(w/w)로 첨가한 쫄면도 표준 쫄면 제조 방법과 동일한 방법으로 제조하였다.

쫄면 반죽 및 쫄면의 물성 분석

쫄면 반죽의 물성 특성은 TX-700 texture analyzer(Lamy Rheology)를 사용하여 측정하였다. 실험 조건은 Table 1에 제시되어 있으며, 쫄면 반죽은 지름 39 mm, 두께 3.5 mm의 원형으로 준비한 후 경도, 점착성, 씹힘성을 각 시료당 10회씩 측정하였다. 분석은 500-N 로드 셀이 장착된 테스트와 직경 50 mm의 flat probe를 사용하여 1 mm/s의 속도로 진입 깊이 50%에서 수행하였다. 조리된 쫄면의 물성 특성 또한 동일한 TX-700 texture analyzer를 사용하여 측정하였다. 조리된 쫄면은 2가닥씩 12 cm 길이로 준비한 후 각 시료당 10회씩 경도, 점착성, 씹힘성을 측정하였다. 이 분석은 500-N 로드 셀이 장착된 테스트와 3 points

bend fixture probe를 사용하여 3 mm/s의 속도로 진입 깊이 50%에서 수행하였다.

쫄면의 소화율 측정

소화율 측정을 위해 50 mL 용기에 증류수 40 mL를 첨가한 후 항온교반기(HB-500 Minidizer, UVP)를 이용해 40°C에서 5분간 예열하였다. 조리된 쫄면 2 g을 항온교반기에 있는 용기에 넣은 후 일반적인 α -amylase를 1 μ L 첨가한 뒤 vortexing 하였다. 이후 0, 20, 40, 60분 간격으로 상등액 600 mL를 채취(sampling)하였다. 쫄면의 소화율 측정은 dinitrosalicylic acid(DNS)에 의한 비색법을 변형하여 사용하였다(Kim 등, 2021). DNS법은 DNS 시약과 상등액을 1:1로 혼합한 뒤, 끓는 물에서 5분간 가열 처리하고 얼음에서 5분간 냉각하였다. 냉각된 시료는 원심분리기(5415R, Eppendorf)를 사용해 1,500×g, 4°C에서 1분간 원심분리하였다. 상등액은 575 nm 파장에서 분광 광도계(Optizen POP, Mecasys Co., Ltd.)로 측정하였다. Blank는 DNS 600 μ L와 증류수 600 μ L를 혼합하여 동일한 방식으로 처리하였다.

쫄면의 수분함량 분석

쫄면의 수분함량 분석은 Chong과 Park(2003)의 방법을 기반으로 수행하였다. 조리된 쫄면은 0, 3, 5일 동안 4°C에서 냉장 보관한 후, 저장 기간별로 시료 3 g씩 140°C에서 가열하여 수분 함량을 분석하였다. 분석은 수분함량 측정기(OHAUS MB25 Basic Moisture Analyzers)를 이용해 수행하였다.

쫄면의 노화도 분석

쫄면의 노화도 분석은 Lee 등(2023)의 방법에 따라 본 실험에 적합하게 수정하여 진행하였다. 조리된 쫄면은 0, 3, 5일 동안 4°C에서 냉장 보관한 후, 각 시료 1 g씩 differential scanning calorimetry(DSC) 팬에 넣은 후 밀봉하였다. 이후 Netzsch DSC 214 Polyma(Netzsch-Gerätebau GmdB)를 사용하여 각 시료를 3~5회 반복 측정하였다. DSC 분석은 시료를 4°C에서 100°C까지 10°C/min의 속도로 가열되었으며, 엔탈피 값은 40°C에서 80°C 사이의 흡열 피크를 기반으로 계산하였다.

통계 처리

모든 실험의 경우 3회 반복 측정 후 평균과 표준편차로 결과를 제시하였다. 통계적 유의성은 SPSS statistics 21 program(IBM)을 사용하여 $P < 0.05$ 수준에서 판단하였으며, 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 통해 분석하였다.

결과 및 고찰

쫄면 반죽 및 쫄면의 물성 변화

Table 1. Texture profile analysis conditions for *jjolmyeon* dough and *jjolmyeon* evaluation

Parameter	<i>Jjolmyeon</i> dough	<i>Jjolmyeon</i>
Speed	1 mm/s	3 mm/s
Speed for return	1 mm/s	3 mm/s
Sample detection	0.05 N	0.05 N
Distance	50%	50%
Probe type	50 mm flat	3 points band fixture

Novamyl® 첨가량을 달리하여 제조한 쫄면 반죽과 쫄면의 경도, 점착성, 씹힘성 측정 결과는 각각 Fig. 1과 Fig. 2에 제시되었다. 0.1% Novamyl®을 첨가한 쫄면 반죽은 대조군에 비해 경도가 1.12배, 점착성이 1.47배, 씹힘성이 1.47배 감소하여, 모든 지표에서 가장 낮은 값을 나타내며 부드러운 물성을 보였다. 동일한 첨가량으로 제조한 쫄면 역시 대조군에 비해 경도는 1.12배, 점착성은 1.30배, 씹힘성은 1.22배 감소하였다. 특히 씹힘성에서는 대조군과 유의적인 차이가 없어 물성이 잘 유지됨을 확인하였다($P>0.05$). 이러한 결과는 Yoon 등(2015)이 보고한 maltogenic amylase의 물성 개선 효과와 유사하며, 당시 연구에서는 maltogenic amylase가 식빵의 물성을 부드럽게 하여 품질을 향상시키는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구 결과는 Novamyl®이 쫄면 반죽 및 쫄면의 물성을 효과적으로 개선할 수 있음을 시사한다.

쫄면의 소화율 변화

쫄면의 소화율을 *in vitro* 환경에서 확인하기 위하여 제조한 쫄면을 α -amylase와 반응하는 동안 생성되는 환원당을 DNS법으로 정량하였고 측정된 값의 3회 반복 측정 평균값으로 Fig. 3에 제시되었다. 0.1% Novamyl®을 첨가한 쫄면은 대조군에 비해 소화율이 1.79배 높았다. 이는 반죽에 첨가한 Novamyl®이 가공 동안 반응하여 쫄면의 전분을 부분적으로 미리 가수분해 함으로써 이후 α -amylase와의 반응

을 용이하게 한 것으로 판단된다. Liu 등(2023)의 연구에서도 maltogenic amylase가 endo-type의 action pattern을 바탕으로 전분을 가수분해하여 최종적으로 maltose를 생성한다고 보고하였으며, 이러한 효소의 작용이 전분 구조를 가수분해하여 소화율을 증가시킨 것으로 설명된다. 따라서 밀가루 기반 음식을 섭취 후 소화불량을 경험하는 소비자에게 Novamyl®을 첨가한 쫄면은 소화 개선에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

쫄면의 수분함량 변화

쫄면의 수분 함량 측정 결과는 Fig. 4에 제시되었다. 0.1% Novamyl®을 첨가한 쫄면은 다른 시료들에 비해 수분 함량이 더 잘 유지되는 경향을 보였다. 일반적으로 냉장 보관 중 수분 함량의 감소는 저장성 및 물성에 부정적인 영향을 미친다(Li 등, 2018). 본 연구 결과는 Novamyl®을 0.1% 첨가함으로써 쫄면의 수분 함량이 보다 효과적으로 유지되며, 결과적으로 저장성과 물성을 개선할 수 있음을 시사한다.

쫄면의 노화도 변화

쫄면의 노화도 측정 결과는 Fig. 5에 나타나 있으며, DSC를 사용하여 분석되었다. 연구 결과, 0.1% Novamyl®을 첨가한 쫄면의 노화도는 대조군에 비해 7% 감소하였다. 이는 Novamyl®이 maltogenic amylase의 역할을 통해 전분의 재결정화 과정을 지연시켜 노화를 억제한 것으로 판단된다.

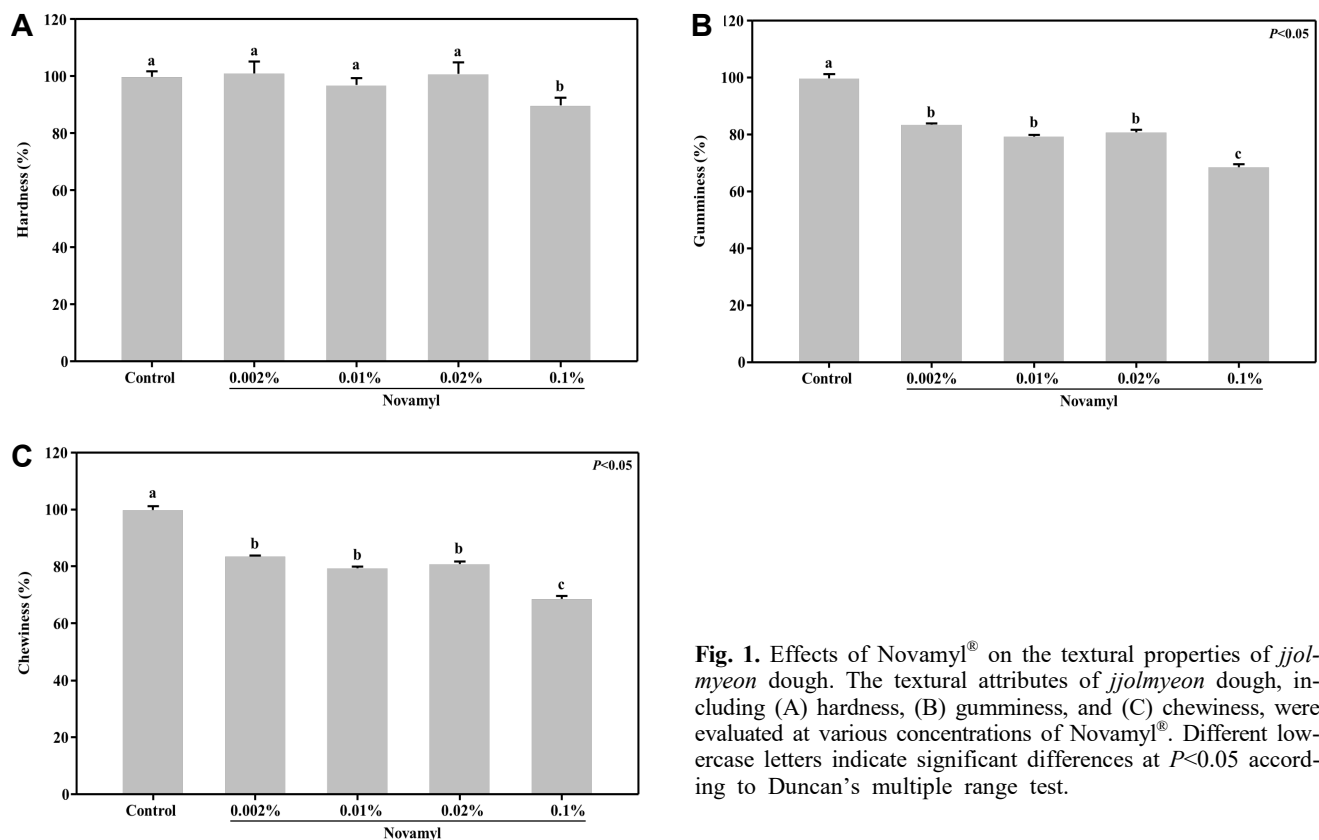


Fig. 1. Effects of Novamyl® on the textural properties of *jjolmyeon* dough. The textural attributes of *jjolmyeon* dough, including (A) hardness, (B) gumminess, and (C) chewiness, were evaluated at various concentrations of Novamyl®. Different lowercase letters indicate significant differences at $P<0.05$ according to Duncan's multiple range test.

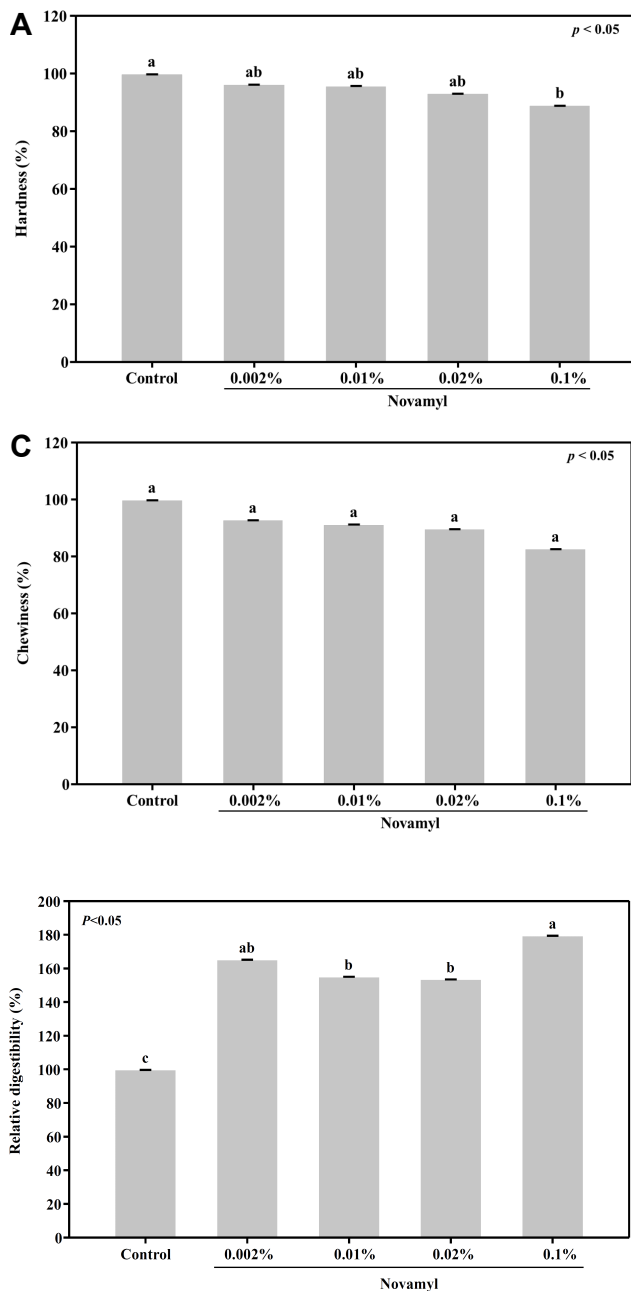


Fig. 3. Effects of Novamyl® on the relative digestibility of *jjolmyeon*. The relative digestibility (%) of *jjolmyeon* was assessed at varying concentrations of Novamyl®. Different lowercase letters indicate significant differences at $P < 0.05$ according to Duncan's multiple range test.

Woo 등(2020)은 maltogenic amylase가 빵의 노화를 지연시키는 데 효과적임을 보고하였으며, 이는 효소가 전분의 재결정화 과정을 억제하여 텍스처와 저장성을 개선한 결과로 해석되었다. 이러한 선행 연구와 본 연구의 결과는 maltogenic amylase가 쫄면의 노화를 지연시키는 데 효과적임을 뒷받침한다. 따라서 Novamyl® 첨가는 쫄면 제품의 노화 지연과 함께 소비자에게 더욱 우수한 품질의 쫄면을 제공할 수 있는 실질적인 방법으로 활용될 수 있다.

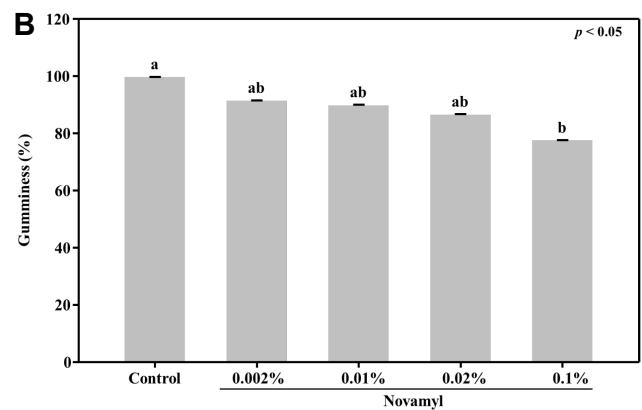


Fig. 2. Effects of Novamyl® on the textural properties of *jjolmyeon*. The textural attributes of *jjolmyeon*, including (A) hardness, (B) gumminess, and (C) chewiness, were evaluated at various concentrations of Novamyl®. Different lowercase letters indicate significant differences at $P < 0.05$ according to Duncan's multiple range test.

Fig. 4. Effects of Novamyl® on the moisture content of *jjolmyeon*. The moisture content of *jjolmyeon* was evaluated across different concentrations of Novamyl® treatment.

요 약

쫄면과 같은 밀가루 기반 식품은 저장 기간 동안 물성 변화로 인해 품질 저하와 소화의 어려움을 겪는 문제가 있다. 본 연구에서는 maltogenic amylase인 Novamyl®을 첨가하여 이러한 문제를 개선하고자 하였다. 연구 결과, Novamyl®을 첨가한 쫄면 반죽과 쫄면은 대조군에 비해 더욱 부드러운 물성을 나타냈다. 특히, 0.1% Novamyl®을 첨가하여 제조한

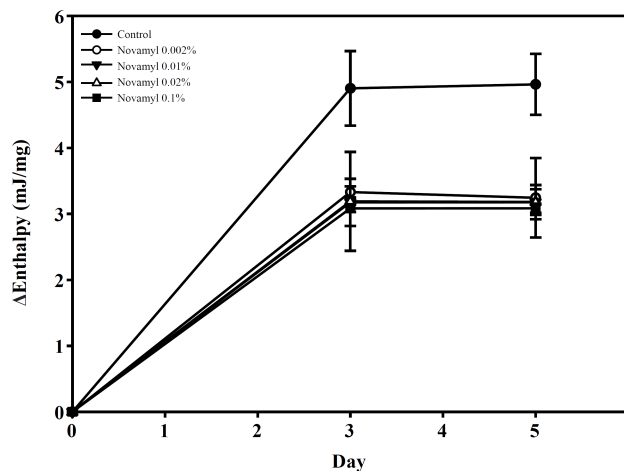


Fig. 5. Effects of Novamyl® on the retrogradation enthalpy (Δ Enthalpy) of *jjolmyeon*. The retrogradation enthalpy of *jjolmyeon* was evaluated over time with different concentrations of Novamyl® treatment.

졸면의 소화율은 대조군에 비해 79% 증가하여 소화가 용이함을 확인하였다. 또한, 4°C에서 0, 3, 5일 동안 냉장 보관 시, Novamyl® 0.1% 첨가 시료는 다른 시료들에 비해 수분 함량이 더 잘 유지되는 경향을 보였고, 노화도가 7% 감소하였다. 본 연구는 Novamyl®을 첨가한 졸면이 소화율 개선뿐만 아니라, 저장 중 물성 유지 및 저장성 증대에도 효과적임을 시사한다.

감사의 글

이 논문은 교육부의 지원을 받아 한국연구재단(NRF)을 통해 진행된 기초과학연구프로그램에 의해 수행되었습니다(지원 번호: RS-2021-NR060133 및 RS-2021-NR058223).

REFERENCES

- Chong HS, Park CS. Quality of noodle added powder of *Opuntia ficus-indica* var. Saboten. Korean J Food Preserv. 2003. 10: 200-205.
- De Punder K, Pruimboom L. The dietary intake of wheat and other cereal grains and their role in inflammation. Nutrients. 2013. 5:771-787.
- Dong R, Niu Q, Zhang K, et al. The effect of retrogradation time and ambient relative humidity on the quality of extruded oat noodles. Food Sci Nutr. 2020. 8:2940-2949.
- Fan C, Li X, Wang Y, et al. Effects of maltogenic α -amylase

- on physicochemical properties and edible quality of rice cake. Food Res Int. 2023. 172:113111. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113111>
- Goesaert H, Slade L, Levine H, et al. Amylases and bread firming—an integrated view. J Cereal Sci. 2009. 50:345-352.
- Kim HJ, Park HY, Kim MY, et al. Physicochemical characteristics of brown rice porridge added with colored rice cultivars. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2021. 50:279-284.
- Lee EH, Jeong HM, Kim EA, et al. Development of fermented rice water to improve the quality of *garaetteok*, a traditional Korean rice cake. Foods. 2023. 12:642. <https://doi.org/10.3390/foods12030642>
- Lee YJ, Youn AR. Formation and change of Incheon local food. Journal of Foodservice Management Society of Korea. 2017. 20(3):171-188.
- Li L, Wang N, Ma S, et al. Relationship of moisture status and quality characteristics of fresh wet noodles prepared from different grade wheat flours from flour milling streams. J Chem. 2018. Article ID 7464297. <https://doi.org/10.1155/2018/7464297>
- Li W, Li C, Gu Z, et al. Relationship between structure and retrogradation properties of corn starch treated with 1,4- α -glucan branching enzyme. Food Hydrocolloids. 2016. 52:868-875.
- Liu P, Ma L, Duan W, et al. Maltogenic amylase: Its structure, molecular modification, and effects on starch and starch-based products. Carbohydr Polym. 2023. 319:121183. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2023.121183>
- Obadi M, Xu B. Review on the physicochemical properties, modifications, and applications of starches and its common modified forms used in noodle products. Food Hydrocolloids. 2021. 112:106286. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106286>
- Scott G, Awika JM. Effect of protein-starch interactions on starch retrogradation and implications for food product quality. Compr Rev Food Sci Food Saf. 2023. 22:2081-2111.
- Woo SH, Shin YJ, Jeong HM, et al. Effects of maltogenic amylase from *Lactobacillus plantarum* on retrogradation of bread. J Cereal Sci. 2020. 93:102976. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102976>
- Xia T, Moon Y, Baek N, et al. Comparison of quality of whole wheat flours from foreign and Korean domestic wheat and their whole wheat cookie-making performance. Korean J Food Cook Sci. 2021. 37:229-237.
- Yoon S, Cho N, Lee SJ, et al. Effects of maltogenic amylase on textural properties of dough and quality characteristics of white pan bread. J Korean Soc Food Sci Nutr. 2015. 44:752-760.
- Yu S, Ma Y, Sun DW. Impact of amylose content on starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage. J Cereal Sci. 2009. 50:139-144.
- Zhai Y, Li X, Bai Y, et al. Maltogenic α -amylase hydrolysis of wheat starch granules: Mechanism and relation to starch retrogradation. Food Hydrocolloids. 2022. 124:107256. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.107256>