



Research Article

Physicochemical properties of *mirchal* glutinous rice flour based on soaking time

미르찰 찹쌀가루의 수침기간에 따른 물리화학적 특성

Gi-Un Seong¹, Ju-Won Kang¹, Sumin Cho¹, Youngho Kwon¹, So-Myeong Lee¹, Sais-Beul Lee¹, Jun-Hyeon Cho¹, Dong-Soo Park¹, Malshick Shin², Ji-Yoon Lee^{1*}

성기운¹ · 강주원¹ · 조수민¹ · 권영호¹ · 이소명¹ · 이셋별¹ · 조준현¹ · 박동수¹ · 신말식² · 이지윤^{1*}

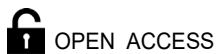
¹Department of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Miryang 50424, Korea

²Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Gwangju 61186, Korea

¹농촌진흥청 국립식량과학원 남부작물부, ²전남대학교 식품영양과학부

Abstract The physicochemical and structural characteristics of high-yield, tongil-type *mirchal* glutinous rice, Milyang 328 (hereafter referred to as *mirchal*), were compared to those of a set of well-characterized glutinous rice varieties i.e., *baegokchal*, *dongjinchal*, and *sinseonchal*. The results revealed that *mirchal* exhibited the highest crude protein content (8.47%), water binding capacity (209.00%), and swelling power (55.82 g/g) under long term soaking. Analysis under identical conditions revealed that *mirchal* rice flour presented the minimum mean and median particle diameters of 50.54 μm and 22.72 μm , respectively, among the tested varieties. Furthermore, the particle diameter and onset temperature (T_o , 57.15 $^{\circ}\text{C}$) under these conditions were significantly lower than those under other conditions. The crystalline fraction of glutinous rice flour exhibited an A-type structure, irrespective of the soaking time. *Mirchal* exhibited the highest breakdown viscosity of 1,416.0 cP under short term soaking. The branch chain length distribution of the amylopectin A chain in the glutinous rice flours was arranged in the following sequence: *baegokchal* (30.82%) > *mirchal* (29.59%) > *dongjinchal* (28.74%) > *sinseonchal* (27.10%). The length distribution of the B1 chain in the glutinous rice flours was arranged in the following sequence: *dongjinchal* (47.85%) > *mirchal* (47.17%) > *baegokchal* (45.83%) > *sinseonchal* (44.47%). Thus, this study revealed that *mirchal* possessed optimal processing characteristics owing to its high swelling power and excellent physicochemical properties, thereby facilitating its application in the synthesis of *yukwa* and food processing materials.

Keywords *mirchal*, glutinous rice, soaking, physicochemical property, structural property



Citation: Seong GU, Kang JW, Cho SM, Kwon YH, Lee SM, Lee SB, Cho JH, Park DS, Shin M, Lee JY. Physicochemical properties of *mirchal* glutinous rice flour based on soaking time. Korean J Food Preserv, 29(1), 21-33 (2022)

Received: September 14, 2021

Revised: October 27, 2021

Accepted: October 29, 2021

***Corresponding author**

Ji-Yoon Lee

Tel: +82-55-350-1164

E-mail: minitia@korea.kr

Copyright © 2022 The Korean Society of Food Preservation. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://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.

1. 서론

찹쌀은 학명이 *Oryza sativa* var. *glutinosa*(*O. glutinosa*)로 glutinous rice, sticky rice, sweet rice 및 waxy rice로도 불리며, 아밀로스 함량이 거의 없고 주로 아밀로펙틴으로 구성

되어 멥쌀보다 부드럽고 끈기가 있다(Lu 등, 2020). 세계 대부분의 국가에서 재배하는 인디카형 찰쌀보다 한국, 일본, 대만 및 중국을 포함하는 동아시아지역에서 선호하는 자포니카형 찰쌀은 아밀로펙틴 함량이 더 높고 끈기가 강한 특성을 갖는다(Ayabe 등, 2009).

우리나라의 대표적인 찰쌀 품종은 1982년 육성된 자포니카형 신선찰 이후 동진찰과 백옥찰이 있으며(Shin 등, 2003; Song 등, 2013), 인절미와 강정을 비롯한 전통식품의 가공 특성이 양호한 것으로 보고되었다(Choi과 Kang, 1999; Kim 등, 2010). 그러나 다양한 가공 특성 우수성에 비해 수량성이 낮고 재배 안정성이 떨어지는 단점 등이 있다. 2019년 수량이 많고 재배 안정성이 높은 통일형 찰벼 미르찰(쌀수량 739 kg/10a)이 육성되어 보급되고 있다.

찰쌀은 주로 가공용으로 사용되어 왔으며, 전통 발효주 제조에서는 낱알 상태의 찰쌀을 몇 시간만 수침하거나 세척만 하여 발효에 사용하고(Lee 등, 2013), 전통 과자인 한과는 낱알 상태의 찰쌀을 며칠 동안 수침한 후 분쇄를 하여 가루를 낸 삭힌 찰쌀가루를 주로 사용하여 제조한다(Kim 등, 2016; Lee과 Oh, 2015). 전통 발효주인 막걸리는 수침 시간에 따라 시간이 짧으면 내부까지 수분이 흡수되지 않고 장시간 수침하면 인(P)이 빠져나와 곰팡이 생육에 좋지 않은 영향을 준다고 보고되었다(Kim 등, 2020). 유과는 물에 장시간 수침한 찰쌀을 제분한 찰쌀가루를 이용하여 제조하기 때문에 수침과정에서 일어나는 변화로 인해 유과의 물리적 품질 특성이 달라진다(Park 등, 2016). 수침기간이 길어지면 찰쌀 세포벽의 파괴로 용해성 물질인 저분자 물질, 단백질, 회분 등이 용출되어 찰쌀가루의 특성이 변화되며(Kim과 Shin, 2007; Lim 등, 1993), 유과의 중요한 특성인 팽창으로 다공성구조와 독특한 조직감을 준다고 보고되었다(Kim 등, 2008). 지금까지 찰쌀과 찰쌀전분에 대한 이화학적 및 리올리지(rheology) 특성, 미세구조 및 아밀로펙틴 구조에 관한 연구가 보고 되었지만(Gong 등, 2020; Lu 등, 2020; Oh 등, 2014; Yang 등, 2016; Zhang 등, 2021), 수량성이 높은 통일형 찰벼의 가공 적성과 연관된 물리화학적 특성에 대한 연구는 미비한 실정이다.

본 연구에서는 최근 가공업체를 중심으로 사용이 확대되고 있는 초다수성 통일형 찰벼인 미르찰(밀양328호)의 이화학적, 호화 및 전분 구조적 특성을 기존 찰벼 품종인 신선

찰, 동진찰 및 백옥찰과 함께 분석하였고, 찰쌀을 이용한 중간 소재로 수침 찰쌀가루와 삭힌 찰쌀가루를 제조하여 특성 차이를 비교하였으며, 이를 통해 찰쌀의 이용 확대 및 새로운 찰벼 품종의 기초자료로서 활용되고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료 및 전분 제조

본 연구에 사용된 초다수성 찰벼인 미르찰(밀양328호)은 국립식량과학원 남부작물부(Department of Southern Area Crop Science, National Institute of Crop Science, Miryang, Korea)에서 생산된 시료를 이용하였으며, 대비 품종인 동진찰은 전남농업기술원(Agricultural Research & Extension Services, Jeollanamdo, Korea), 백옥찰과 신선찰은 경북의 유가농협(Yuga Nonghup, Dalseonggun, Kyungbuk, Korea)에서 분양받아 사용하였다.

생 찰쌀가루는 백미를 분쇄기(Model DA282-2, Daesung Arlon, Paju, Korea)로 분쇄 후 120 mesh체를 통과한 가루를 사용하였다. 수침 찰쌀가루는 백미 찰쌀을 3회 수세하여 상온($18\pm 3^{\circ}\text{C}$)에서 6시간 수침 후 물기를 제거하여 수분함량이 12-14%가 되도록 건조하였다. 건조된 찰쌀은 120 mesh가 내장된 핀밀 제분기(Pin mill, Pyungjin Machinery Co., Seoul, Korea)로 제분하였다(Song 등, 2018). 삭힌 찰쌀가루는 백미 찰쌀을 9일 동안 상온($18\pm 3^{\circ}\text{C}$)에서 수침 후 맑은 물이 나올 때까지 수세하여 수침 찰쌀가루와 같은 방법으로 건조시키고 핀밀제분기로 제분하였다. 제조한 수침 찰쌀가루와 삭힌 찰쌀가루는 저온(4°C)에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다.

쌀 전분은 찰쌀과 삭힌 찰쌀을 이용하여 alkaline steeping method로 각각 분리하였다(Oh와 Shin, 2015). 생 찰쌀 전분은 찰쌀을 수세 후 물에 4시간 담근 후 물기를 버리고 사용하였으며, 삭힌 찰쌀전분은 9일 동안 수침한 찰쌀을 체에 밭쳐 수세 후 사용하였다. 여기에 0.2% sodium hydroxide 용액을 가하여 1시간 방치한 다음, 분쇄기로 2분씩 3회 분쇄 후 100 mesh와 270 mesh체를 차례로 통과시켰다. 통과된 현탁액을 원심분리기(Supra 22K, Hanil Science Industrial Co., Incheon, Korea)를 이용하여 $2,703 \times g$ 로 10분 동안 원심분리 하였다. 잔사에 노란 층이 사라질

때까지 0.2% sodium hydroxide 용액으로 반복적으로 씻은 다음 1 N hydrochloric acid로 중화하여(pH 7.0) 증류수로 씻어 원심분리 하였다. 분리된 전분은 실온에서 건조하였으며, 건조된 전분은 분쇄기를 이용하여 100 mesh 체에 통과시켜 분석용 시료로 사용하였다.

2.2. 찹쌀가루의 일반성분 및 이화학적 특성 측정

찹쌀가루의 일반성분 분석은 공인된 American Association for Clinical Chemistry(AACC)의 방법을 이용하였다(AACC, 2013). 수분함량(Method 44-15.02)은 105±5°C 상압건조방법, 조단백질(Method 46-13.01)은 micro-Kjeldal법, 조지방(Method 30-10.01)은 diethyl ether를 용매로 Soxhlet 방법으로 측정하였다. 조단백질은 Kjeldahl nitrogen analyzer(Kjeltec™ 8200, FOSS Analytical Co. Ltd., Suzhou, China)를 이용하여 분석하였다. 물결합능력(water binding capacity, %)은 Medcalf와 Gilles (1965)의 방법을 이용하여 측정하였다. 찹쌀가루 0.5 g 건량을 50 mL 원심분리관에 넣고 증류수 20 mL와 마그네틱 바(Φ3.2×13 mm)를 넣어 실온에서 1시간 동안 교반하였다. 이 현탁액을 원심분리기(VS-21SMT, Vision Scientific Co., Ltd., Seoul, Korea)를 이용하여 2,730 ×g로 30분 동안 원심분리한 후 상정액을 제거하고 침전된 시료의 무게를 측정하였으며, 아래 식에 대입하여 계산하였다.

$$\text{Water binding capacity (\%)} = \frac{W_{rs} \times 100}{W_s}$$

W_{rs} : weight of residual starch (g)

W_s : weight of sample (g)

용해도(solubility, %)와 팽윤력(swelling power, g/g)은 Schoch(1964)의 방법에 의해 측정하였다. 찹쌀가루 0.25 g 건량을 50 mL 원심분리관에 넣고 증류수 20 mL와 마그네틱 바를 넣어 80°C 항온수조에서 30분 동안 교반 후 얼음물에 바로 냉각하였다. 이 현탁액을 원심분리기를 이용하여 10,950 ×g로 30분 동안 원심분리 하였고, 침전된 시료의 무게와 미리 항량이 된 은박접시에 상정액을 부어 105°C에서 건조한 무게를 측정하였으며, 다음 식에 대입하

여 팽윤력과 용해도를 각각 계산하였다.

$$\text{Solubility (\%)} = \frac{W_{ss} \times 100}{W_s}$$

W_{ss} : weight of soluble starch (g)

W_s : weight of the sample (g)

Swelling power (g/g) =

$$\frac{W_{sp}}{W_s \times (100 - \text{solubility (\%)})} \times 100$$

W_{sp} : weight of sediment paste (g)

W_s : weight of the sample (g)

2.3. 찹쌀가루의 입자분포도 및 주사전자현미경 관찰

찹쌀가루의 입자크기 분포는 laser diffraction particle size analyzers(LS 13 320, Beckman Coulter, CA, USA)를 이용하여 분석하였다. 찹쌀가루의 입자 형태는 scanning electron microscope(SEM, JSM-5400, JOEL, Tokyo, Japan)로 관찰하였다. 시료는 아세톤으로 깨끗이 닦은 등근 stub에 이중테이프를 잘라 붙이고 그 위에 건조된 찹쌀가루를 얇게 부착시켰다. 이를 금/백금으로 도금하여 전도성을 갖게 한 다음 주사전자현미경을 사용하여 가속 전압 15 kV, photo time 85 sec 조건에서 500배의 배율로 관찰하였다.

2.4. 찹쌀가루의 X-선 회절기에 의한 결정형 측정

찹쌀가루의 x-선 회절기에 의한 회절 양상은 x-ray diffractometer(3D High Resolution X-ray Diffractometer, Empyrean, PANalytical Co., Almelo, Netherlands)를 이용하였다. 기기 조건은 target, Cu-K α ; filter, Ni; full-scale range, 3,000 cps; scanning speed, 8°/min; diffraction angle(2 θ), 5-40°; 30 mA; and 40 kV로 설정하였으며 이로부터 결정형과 강도를 분석하였다.

2.5. 찹쌀가루의 열적 특성 측정

찹쌀가루의 열적 특성을 측정하기 위하여 시차주사열량측정기(differential scanning calorimetry, DSC-Q1000, Universal V.3.6C TA Instruments, Olivia Gibson, UK)를

이용하였다. 시료 3.0 mg을 DSC pan에 증류수 6.0 mg을 넣고 밀봉하여 평형을 유지하기 위해 하루 동안 방치한 후 가열 속도는 10°C/min, 가열 온도는 30-130°C로 측정하였다. 가열에 따른 thermogram으로 부터 호화개시온도(T_0), 호화피크온도(T_p), 호화종료온도(T_c), 호화엔탈피 차이(ΔH)를 구하였다.

참쌀가루의 호화특성은 신속 점도측정기(Rapid viscosity analyzer, RVA-TecMaster, Perten Instruments AB, Hagersten, Sweden)를 이용하여 측정하였다. 시료 3 g (수분함량 12% 기준)을 RVA용 알루미늄 용기에 담고 증류수 25 mL를 가하여 0-1분은 50°C, 1-4.7분은 95°C까지 상승, 4.7-7.2분은 95°C를 유지, 7.2-11분은 50°C까지 냉각, 11-13분은 50°C를 유지하면서 점도를 측정하였다. 신속 점도계의 측정치는 호화개시온도(initial pasting temperature), 최고점도(peak viscosity, P), 최저점도(trough viscosity, T), 50°C에서 냉각점도(final viscosity, F)로부터 breakdown (P-T)과 set back(F-T) viscosity를 계산하여 비교하였다.

2.6. 찹쌀전분의 아밀로펙틴 분지사슬 분포 측정

참쌀전분의 분지 사슬길이 분포는 High performance anion exchange chromatograph(HPAEC, Dionex ICS-5000, Dionex Co., Sunnyvale, CA, USA)로 pulsed amperometric detector(PAD)를 사용하여 측정하였다. 시료의 전처리에는 Kim과 Huber(2010)의 방법과 분석조건은 Chaisiricharoenkul 등(2011)의 방법을 변형하여 실험하였다. 찹쌀전분 10 mg을 50 mL 원심분리관에 넣고 증류수 0.2 mL를 혼합한 다음, dimethyl sulfoxide (DMSO) 1.8 mL를 넣어 분산시켰다. 분산된 시료에 마그네틱 바를 넣고, 20분 동안 100°C에서 가열하였다. 실온에서 식힌 후 ethanol 6 mL를 넣고, 얼음수조에 넣어 30분 방치시켰다. 이 액을 25°C에서 2,700 × g로 12분간 원심분리한 후 상정액을 제거하고, 전분을 건조하였다. 건조된 전분에 50 mM sodium acetate 완충용액(pH 3.5) 2 mL와 마그네틱 바를 넣고 교반하면서 100°C에서 20분 동안 가열하였다. 가열한 시료를 꺼내어 각각의 시료에 isoamylase (0.5 U/mL; Megazyme International Ireland Ltd., Wicklow, Ireland)를 가한 다음 37°C incubator에서 20시간 반응시킨 후 끓는 수조에 10분간 담가 isoamylase를

불활성화시켰다. 시료액 200 μL를 cap tube에 150 mM sodium hydroxide 2 mL와 함께 넣어 혼합 후 0.2 μm syringe filter(PVDF, ADVANTEC, CA, USA)로 여과하여 분석에 사용하였다. 여과한 시료는 guard column (3×50 mm)이 있는 Carpac PA-200 column(3×250 mm, Dionex Corporation, Sunnyvale, CA, USA)에 주입하였다. 유속은 0.5 mL/min으로 이동상 A(150 mM sodium hydroxide)와 이동상 B(500 mM sodium acetate)를 함유한 150 mM sodium hydroxide)를 초기 100:0 (v/v)에서 10분에 80:20, 20분에 60:40, 30분에 50:50, 60분에 30:70로 gradient 조건으로 설정하였다.

2.7. 통계처리

본 실험에서 측정된 결과 값은 평균과 표준편차(Mean ± SD)로 나타내었고, Statistical Analysis System(9.4, SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 one-way ANOVA 분석을 실시한 후, Duncan's multiple range test로 찹벼 품종에 따른 차이를 검정하였다($p < 0.05$).

3. 결과 및 고찰

3.1. 찹쌀가루의 일반성분 및 이화학적 특성

찰벼 품종별 수침 기간을 달리한 찹쌀가루의 일반성분(수분, 조단백질, 조지방)과 이화학적 특성(물결합능력, 용해도, 팽윤력)은 Table 1에 나타내었다. 찹쌀가루의 수분 함량은 9.17-12.08% 범위로 나타났고, 조단백질 및 조지방 함량은 수침 기간이 길어짐에 따라 감소하는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 조단백질 함량은 4.64-8.47%의 범위로 미르찰이 생 찹쌀가루일 때 8.47%로 가장 높게 나타났으며 ($p < 0.05$), 수침 기간에 따라 생 찹쌀가루 6.55-8.47%, 수침 찹쌀가루 6.30-7.47%, 삭힌 찹쌀가루 4.64-6.40%의 범위를 보였다. Park 등(2016)의 연구에 따르면 수침 기간이 길어지면 쌀알 내부로 물이 침투해 세포 내부의 단단하게 밀착된 전분입자가 붕괴되기 쉬워지고, 쌀알 내부의 조단백질과 조지방 함량이 감소한다고 보고하였으며, 본 연구의 결과와 유사하였다. 조지방 함량은 생 찹쌀가루일 때 0.34-1.05%의 범위로 수침 과정을 거치면서 수침하였을 때 0.06-0.67%, 삭혔을 때 0.00-0.34%의 범위를 나타냈

Table 1. Contents of moisture, crude protein, crude lipid, water binding capacity, solubility, and swelling power in glutinous rices based on different soaking time

Treatment	Variety	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)	Water binding capacity (%)	Solubility (%)	Swelling power (g/g)
Glutinous rice flour	<i>Mirchal</i>	10.37±0.20 ^{b1)}	8.47±0.20 ^a	0.64±0.09 ^b	145.93±0.30 ^c	24.02±5.51 ^b	16.30±1.72 ^a
	<i>Baegokchal</i>	12.08±0.45 ^a	6.55±0.11 ^d	1.05±0.12 ^a	151.05±2.57 ^b	32.47±2.87 ^a	16.35±6.40 ^a
	<i>Dongjinchal</i>	9.52±0.18 ^c	7.75±0.37 ^b	0.72±0.00 ^b	156.79±2.38 ^a	27.04±4.56 ^{ab}	20.13±0.76 ^a
	<i>Sinseonchal</i>	9.35±0.07 ^c	7.34±0.01 ^c	0.34±0.07 ^c	141.58±0.96 ^d	32.03±1.61 ^a	20.48±0.17 ^a
Soaked glutinous rice flour	<i>Mirchal</i>	9.25±0.29 ^b	7.47±0.17 ^a	0.13±0.06 ^b	148.09±2.14 ^{ab}	33.90±3.43 ^a	22.06±0.88 ^a
	<i>Baegokchal</i>	9.17±0.18 ^b	6.30±0.08 ^c	0.31±0.12 ^b	138.37±0.86 ^c	22.91±1.31 ^b	19.66±0.29 ^c
	<i>Dongjinchal</i>	10.91±0.28 ^a	7.47±0.06 ^a	0.67±0.27 ^a	151.59±6.41 ^a	31.24±3.16 ^a	19.46±0.02 ^c
	<i>Sinseonchal</i>	9.31±0.06 ^b	6.65±0.09 ^b	0.06±0.00 ^b	143.99±0.63 ^{bc}	30.25±6.08 ^a	20.86±0.76 ^b
Long term soaked glutinous rice flour	<i>Mirchal</i>	10.37±0.20 ^b	5.27±0.02 ^b	0.08±0.00 ^c	209.00±3.04 ^a	20.64±0.03 ^a	55.82±1.39 ^a
	<i>Baegokchal</i>	12.08±0.45 ^a	4.78±0.01 ^c	0.22±0.00 ^b	130.69±3.17 ^c	20.12±5.77 ^a	51.60±6.96 ^a
	<i>Dongjinchal</i>	9.52±0.18 ^c	6.40±0.04 ^a	0.34±0.00 ^a	146.63±3.86 ^b	20.28±0.22 ^a	50.24±1.90 ^a
	<i>Sinseonchal</i>	9.35±0.07 ^c	4.64±0.03 ^d	ND ²⁾	130.12±0.03 ^c	20.73±1.51 ^a	48.51±2.84 ^a

¹⁾Mean±SD (n=3) within each column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

²⁾Not detected.

고 생 찹쌀가루일 때의 조지방 함량을 기준으로 수침 처리에 따라 58-70% 정도가 감소되었다. 이는 Lee와 Shin(2009)의 연구 결과 조지방 함량이 63-71% 정도 감소하였다는 결과와 유사하였다. 이처럼 찹쌀의 일반성분은 수침과정으로 인해 쌀 입자 표면에서 성분들이 용출되는 것으로 수침과정의 물 온도가 높을수록 조단백질과 조지방 함량 손실이 빠르며(Chiang과 Yeh, 2002), 이런 변화는 찰벼 품종에 따라 나타나는 뚜렷한 변화로 찹쌀가루의 품질이나 가공 특성에 많은 영향을 줄 것으로 사료된다.

물결합능력은 찹쌀가루에 함유된 전분의 무정형 부분에 수분이 침투하거나, 표면에 흡착된 수분과 비례하며, 쌀가루 입자의 크기나 표면적과의 관계를 예측 할 수 있는 지표로 사용된다(Yoo 등, 2013). 물결합능력은 생 찹쌀가루 141.58-156.79%, 수침 찹쌀가루 138.37-151.59%, 삭힌 찹쌀가루 130.12-209.00%의 범위로 나타났으며, 삭힌 찹쌀가루의 미르찰이 209.00%로 가장 높게 나타났(p<0.05). Park 등(2016)에 따르면 수침 기간이 오래되면 찹쌀가루 세포내의 공간이 감소하거나 전분의 무정형 부분이 감소하여 물결합능력이 낮아진다고 하였으나, 미르찰은 물결합능

력이 우수한 것으로 나타났다. 용해도는 전분 입자 중 수용성 부분이 어느 정도 물에 용출, 용해되는지를 알아보는 것으로 생 찹쌀가루 24.02-32.47%, 수침 찹쌀가루 22.91-33.90%, 삭힌 찹쌀가루 20.12-20.73%의 범위로 장시간 수침 처리함에 따라 용해도는 낮아졌다(p<0.05). 팽윤력은 전분입자가 팽윤하여 파괴되기 전까지 최대 수분을 흡수할 수 있는 능력으로 생 찹쌀가루 16.30-20.48 g/g, 수침 찹쌀가루 19.46-22.06 g/g, 삭힌 찹쌀가루 48.51-55.82 g/g의 범위로 나타났다. 찹쌀가루를 장시간 수침하면 용해도는 감소하고 팽윤력은 증가하는 것으로 나타났으며, 이는 전분 분자의 가교화 반응과 부분적인 치환반응이 동시에 일어남에 따라 전분입자 내의 결합력이 약해진 것으로 사료된다(Yu 등, 2007). 미르찰은 생 찹쌀가루일 때 16.30 g/g으로 찰벼 품종 중에서 팽윤력이 가장 낮게 나타났으나(p<0.05), 삭혔을 때는 55.82 g/g으로 생 찹쌀가루일 때와 비교하면 약 3.4배 증가하였으며, 찰벼 품종 중에서도 가장 높게 나타났다(p<0.05). 팽윤력은 유과 제조 시 중요한 품질 특성으로 삭힌 미르찰의 높은 팽윤력을 보았을 때 미르찰은 유과 제조용 소재로서 가공 적성이 우수할 것으로 사료된다.

3.2. 찹쌀가루의 입자분포도

찰벼 품종별 수침 기간을 달리한 찹쌀가루의 입자분포도는 Table 2에 나타났다. 생 찹쌀가루의 평균 입자크기와 중앙값은 각각 56.93-68.86 μm 및 49.38-70.66 μm 의 범위로 나타났으며, 미르찰은 68.86 μm 및 70.66 μm 로 입자크기가 가장 컸으며 전체적인 분포범위도가 높게 나타났다. 하지만 백옥찰은 56.93 μm 및 49.38 μm 로 가장 작은 입자크기를 나타냈다. 생 찹쌀가루의 외관을 보았을 때 다각형 모양의 입자를 나타내고 있다(Fig. 1). 수침 찹쌀가루의 평균 입자크기 및 중앙값은 각각 71.05-77.94 μm 및 66.35-74.75 μm 의 범위로 모든 찰벼 품종에서 수침하였을 때 생 찹쌀가루일 때 보다 입자크기가 증가하였다. 이는 수침과정에서 배유 조직에 물이 침투해 공간이 넓어졌다가 건조 중에 공간이 형성되어 입자의 크기가 증가하였을 것으로 사료된다(Park 등, 2016). 미르찰은 수침하였을 때 입자크기의 변화가 가장 적은 것으로 나타났으며, 평균 입자크기 및 중앙값이 각각 71.05 μm 및 66.35 μm 로 다른 찹쌀 품종들과 비교하였을 때 가장 작은 값을 나타내었다. 삭힌 찹쌀가루의 평균 입자크기 및 중앙값은 각각 50.54-65.67 μm 및 22.72-66.40 μm 의 범위로 나타났으며, 미르찰의

경우 생 찹쌀가루일 때 중앙값(70.66 μm)과 비교하였을 때 삭힌 찹쌀가루의 중앙값 22.72 μm 는 약 70% 정도 입자크기가 감소하였으며, 찰벼 품종 중에서 입자 크기의 변화가 가장 크게 나타났다. 또한, 동진찰은 중앙값이 66.40 μm 로 미르찰의 중앙값 22.72 μm 와 비교하였을 때 약 3배 정도 입자크기가 크게 나타나 두 품종 간에 큰 차이를 보였다. 모든 찰벼 품종에서 삭힌 찹쌀가루의 외관은 생 찹쌀가루 및 수침 찹쌀가루의 외관과 비교하였을 때 다면체의 표면이 부드러워지고 입자들의 크기가 작아진 것을 확인할 수 있다(Fig. 1).

3.3. 찹쌀가루의 X-선 회절도

찰벼 품종별 수침 기간을 달리한 찹쌀가루의 X-선 회절도는 Fig. 2에 나타내었다. X-선 회절도는 전분의 결정구조를 확인하기 위해 사용되는 방법으로 회절 양상과 피크의 위치로부터 결정형을 3가지로 구분하는데 A형은 곡류, B형은 감자, 바나나 및 고아밀로스 옥수수 전분이며, C형은 두 가지 형태의 전분이 혼합되어 나타나며 두류나 고구마 등에서 나타난다(da Costa Pinto 등, 2021). 본 연구에서는 찰벼 품종 및 수침 기간에 관계없이 회절 각도(2θ)는 15° ,

Table 2. Particle size distribution of glutinous rices based on different soaking time

Treatment	Variety	Particle diameter (μm)				
		Mean	Median	d10 ¹⁾	d50	d90
Glutinous rice flour	<i>Mirchal</i>	68.86	70.66	6.90±0.00 ^{a,d)}	70.66±0.01 ^a	129.02±0.00 ^a
	<i>Baegokchal</i>	56.93	49.38	4.71±0.02 ^d	49.38±0.00 ^d	116.70±0.00 ^d
	<i>Dongjinchal</i>	62.84	62.63	6.20±0.00 ^b	62.63±0.00 ^b	119.70±0.00 ^c
	<i>Sinseonchal</i>	62.10	60.70	5.71±0.00 ^c	60.70±0.01 ^c	119.90±0.00 ^b
Soaked glutinous rice flour	<i>Mirchal</i>	71.05	66.35	8.18±0.00 ^d	66.35±0.00 ^d	138.62±0.03 ^c
	<i>Baegokchal</i>	77.94	72.96	9.87±0.01 ^b	72.96±0.01 ^b	151.00±0.00 ^a
	<i>Dongjinchal</i>	72.14	68.71	9.09±0.00 ^c	68.71±0.01 ^c	138.60±0.01 ^c
	<i>Sinseonchal</i>	74.92	74.75	10.09±0.00 ^a	74.75±0.01 ^a	139.90±0.01 ^b
Long term soaked glutinous rice flour	<i>Mirchal</i>	50.54	22.72	3.49±0.01 ^d	22.72±0.01 ^d	125.40±0.01 ^a
	<i>Baegokchal</i>	56.28	51.96	6.48±0.01 ^b	51.96±0.01 ^c	110.41±0.01 ^d
	<i>Dongjinchal</i>	65.67	66.40	7.52±0.00 ^a	66.40±0.00 ^a	123.10±0.00 ^c
	<i>Sinseonchal</i>	60.26	52.31	4.56±0.00 ^c	52.31±0.00 ^b	123.90±0.01 ^b

¹⁾The portion of particles with diameters smaller than this value is 10%.
The portions of particles with diameters smaller and larger than this value are 50%.
The portion of particles with diameters below this value is 90%.

²⁾Mean±SD (n=3) within each column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

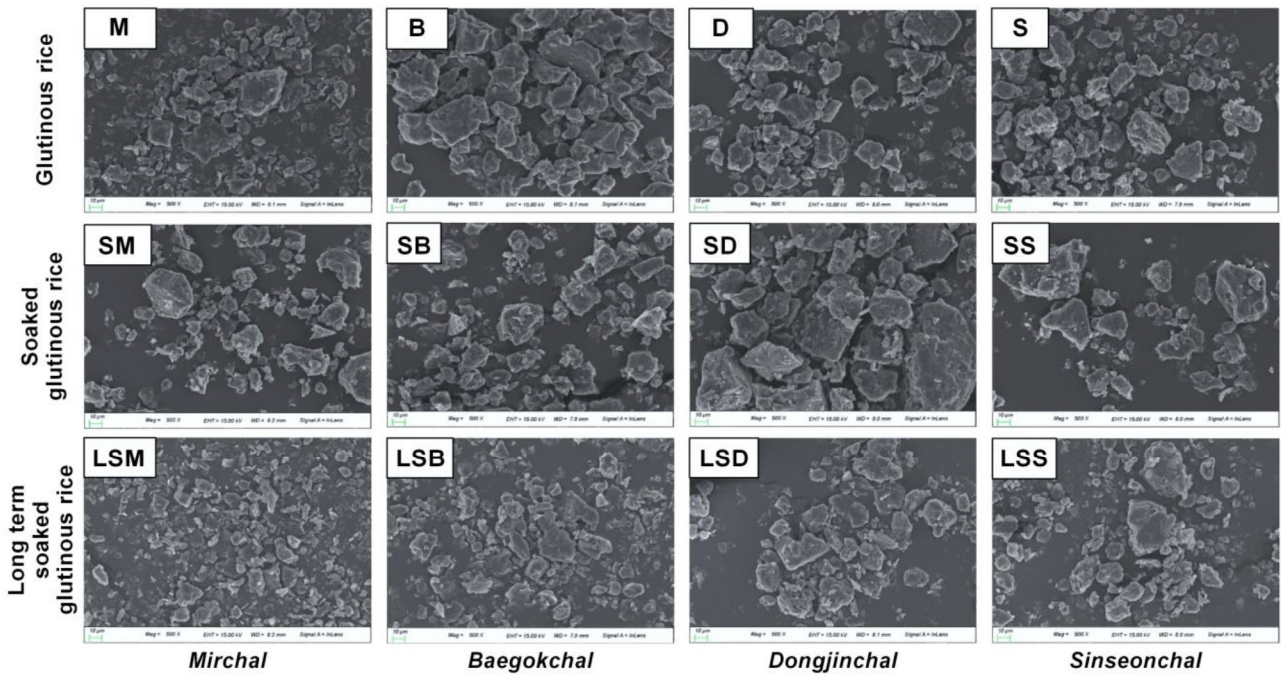


Fig. 1. Morphological properties of glutinous rice flour based on different soaking time. M, *mirchal*; B, *baegokchal*; D, *dongjinchal*; S, *sinseochal*; SM, *mirchal* soaked for 6 h; SB, *baegokchal* soaked for 6 h; SD, *dongjinchal* soaked for 6 h; SS, *sinseochal* soaked for 6 h; LSM, *mirchal* soaked for 9 day; LSB, *baegokchal* soaked for 9 day; LSD, *dongjinchal* soaked for 9 day; LSS, *sinseochal* soaked for 9 day.

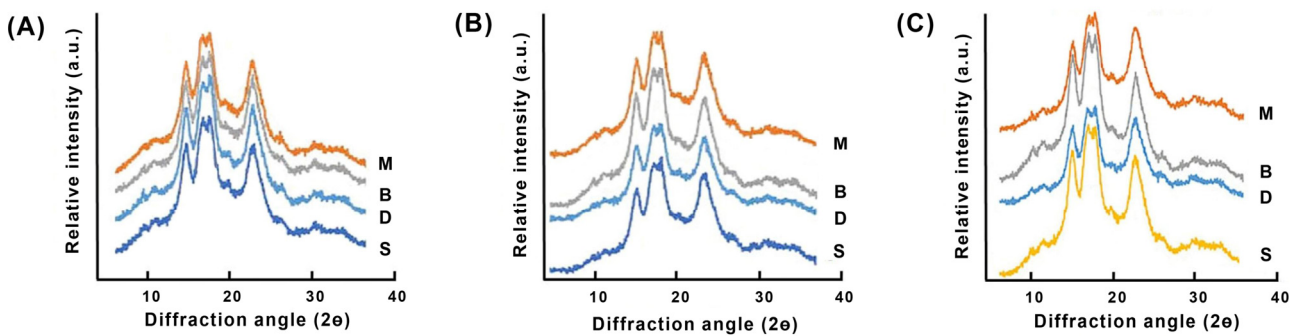


Fig. 2. X-ray diffractograms of glutinous rice flour (A), soaked glutinous rice flour (B), and long term soaked glutinous rice flour (C) based on different soaking time. M, *mirchal*; B, *baegokchal*; D, *dongjinchal*; S, *sinseochal*.

17°, 18° 및 23°에서 피크를 나타내는 A형의 결정을 나타냈다. 모든 찰벼 품종에서 수침 처리로 인한 찰쌀가루 결정형의 구조 변화는 나타나지 않았으나 상대적 결정화도는 수침 기간에 따라 찰벼 품종별로 달라지는 것을 확인할 수 있었으며, Kim 등(2008)의 보고에 의하면 수침 기간이 길어질수록 상대적 결정화도가 감소하였다는 결과와 유사하였다. 미르찰은 다른 품종과 비교하였을 때 상대적 결정화도의 변화가 거의 나타나지 않은 것으로 보이며, 이는 일부

결정구조의 파괴가 다른 대비 품종보다 적게 발생했기 때문으로 사료된다.

3.4. 찰쌀가루의 열적 특성

찰벼 품종별 수침 기간을 달리한 찰쌀가루의 열적 특성은 Table 3에 나타내었다. 찰쌀가루의 호화개시온도(T_o) 57.15-61.67°C, 최대호화온도(T_p) 67.25-69.34°C, 호화종결온도(T_c) 74.34-78.64°C, 호화온도범위(ΔT) 13.49-18.81°C

Table 3. Thermal properties of glutinous rices based on different soaking time

Treatment	Variety	Onset temp. (T _o , °C)	Peak temp. (T _p , °C)	Conclusion temp. (T _c , °C)	ΔT (T _c -T _o , °C)	ΔH (J/g)
Glutinous rice flour	<i>Mirchal</i>	59.87±0.27 ^{c1)}	68.34±0.01 ^b	75.88±0.45 ^a	16.01±0.72 ^a	9.27±0.59 ^b
	<i>Baegokchal</i>	60.83±0.40 ^b	68.26±0.60 ^b	77.62±3.08 ^a	16.79±3.48 ^a	11.66±1.97 ^a
	<i>Dongjinchal</i>	61.67±0.08 ^a	69.34±0.01 ^a	78.28±0.52 ^a	16.62±0.60 ^a	9.20±0.28 ^b
	<i>Sinseonchal</i>	59.51±0.33 ^c	68.42±0.11 ^b	77.70±0.13 ^a	18.19±0.45 ^a	9.42±0.72 ^b
Soaked glutinous rice flour	<i>Mirchal</i>	58.70±0.31 ^c	67.42±0.35 ^b	75.75±0.71 ^b	17.05±1.02 ^b	9.74±0.66 ^a
	<i>Baegokchal</i>	60.77±0.18 ^a	67.50±0.24 ^b	74.69±0.40 ^c	13.92±0.22 ^c	10.05±0.08 ^a
	<i>Dongjinchal</i>	59.64±0.07 ^b	69.09±0.12 ^a	78.08±0.42 ^a	18.44±0.35 ^a	10.25±0.02 ^a
	<i>Sinseonchal</i>	59.39±0.06 ^b	67.25±0.11 ^b	77.69±0.43 ^b	18.30±0.37 ^a	10.46±0.74 ^a
Long term soaked glutinous rice flour	<i>Mirchal</i>	57.15±0.17 ^d	67.83±0.00 ^b	75.45±0.23 ^c	18.30±0.40 ^a	8.93±0.23 ^b
	<i>Baegokchal</i>	60.85±0.08 ^a	67.34±0.23 ^b	74.34±0.12 ^c	13.49±0.04 ^b	10.11±0.47 ^{ab}
	<i>Dongjinchal</i>	59.73±0.07 ^b	68.59±0.12 ^a	78.64±0.62 ^a	18.81±0.69 ^a	11.06±0.78 ^a
	<i>Sinseonchal</i>	58.96±0.37 ^c	67.34±0.23 ^c	76.69±1.10 ^b	17.73±1.46 ^a	10.44±1.27 ^{ab}

¹⁾Mean±SD (n=3) within each column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

및 호화 엔탈피(ΔH) 8.93-11.66 J/g의 범위로 나타났다. 호화개시온도는 모든 찰벼 품종에서 수침 처리를 함에 따라 감소하는 것으로 나타났다. 미르찰은 호화개시온도가 생 찰쌀가루일 때 59.87°C에서 수침하였을 때 58.70°C, 삭혔을 때 57.15°C로 수침 처리를 한 찰벼 품종 중에 가장 낮은 값을 보였다(p<0.05). 호화개시온도 및 최대호화온도는 모든 찰벼 품종에서 수침 기간이 길어짐에 따라 그 값이 낮아졌으며, Lee 등(2004)의 보고에 따르면 수침 처리시 온도를 40°C 및 50°C로 하면 호화개시온도 및 최대호화온도가 더 낮아진다고 하였다. Cho(2007)에 따르면 호화개시온도 및 최대호화온도는 비슷한 경향을 나타내며, 결합에 참여하지 못한 자유수의 함량이 많아져 쌀가루의 조직이 유연한 구조를 갖기 때문이라고 보고하였다. 호화종결온도 및 호화온도범위는 생 찰쌀가루일 때 찰벼 품종 간에 차이를 나타내지 않았으나(p>0.05), 수침 처리를 하였을 때 호화종결온도 및 호화온도범위는 백옥찰이 각각 74.69°C 및 13.92°C로 낮게 나타났고 동진찰은 각각 78.08°C 및 18.44°C로 높게 나타났다(p<0.05). 또한, 삭힌 찰쌀가루의 호화종결온도 및 호화온도범위는 백옥찰이 각각 74.34°C 및 13.49°C로 낮게 나타났고 동진찰은 각각 78.64°C 및 18.81°C로 높게 나타났다(p<0.05). 호화온도범위의 증가는 전분의 입자 구

조가 일부 파괴되었기 때문에 사료된다(No 등, 2017). 호화엔탈피는 생 찰쌀가루일 때 백옥찰이 11.66 J/g으로 가장 높게 나타났으나 동진찰은 9.20 J/g으로 가장 낮게 나타났다. 하지만 미르찰은 수침 처리를 하였을 때 9.74 J/g, 삭혔을 때 8.93 J/g으로 찰벼 품종 중 가장 낮은 값을 나타내었다.

3.5. 찰쌀가루의 신속 점도측정기에 의한 호화 특성

찰벼 품종별 수침 기간을 달리한 찰쌀가루의 호화특성은 Table 4에 나타내었다. 찰쌀은 멥쌀보다 아밀로스 함량이 낮아 호화가 쉽게 이루어지지만, 노화는 더디게 진행된다고 알려져 있다(Zhou 등, 2002). 찰쌀가루의 초기호화(initial pasting)온도 66.85-71.58°C, 최고(peak)점도 1,550.33-2,715.00 cP, 최소(trough)점도 514.33-1,299.00 cP, 최종(final)점도 658.67-1,699.67 cP, 강하(breakdown)점도 744.33-1,583.33 cP 및 치반(setback)점도 144.33-400.67 cP의 범위로 나타났다. 초기호화온도는 모든 찰벼 품종에서 수침 처리를 함에 따라 감소하는 것으로 나타났다. 이는 찰쌀의 경우 수침 기간이 길어짐에 따라 초기호화온도가 낮아졌다는 연구결과와 유사하였다(Kim 등, 1993). 미르찰은 초기호화온도가 생 찰쌀가루일 때 70.98°C에서 수

Table 4. Pasting properties of glutinous rices based on different soaking time

Treatment	Variety	Initial pasting temp. (°C)	Peak vis (P, cP)	Trough vis. (T, cP)	Final vis. (F, cP)	Breakdown vis. (P-T, cP)	Setback vis. (F-T, cP)
Glutinous rice flour	<i>Mirchal</i>	70.98±0.06 ^{ab1)}	2,682.67±8.39 ^a	1,296.00±11.53 ^a	1,588.67±3.51 ^a	1,386.67±4.93 ^a	292.67±8.02 ^a
	<i>Baegokchal</i>	70.77±0.53 ^b	1,879.33±16.80 ^b	620.67±18.77 ^c	807.00±7.81 ^c	1,258.67±35.57 ^b	168.33±21.94 ^d
	<i>Dongjinchal</i>	71.58±0.42 ^a	1,550.33±177.10 ^c	806.00±104.01 ^b	1,011.33±114.20 ^b	744.33±73.10 ^d	205.33±10.21 ^c
	<i>Sinseonchal</i>	70.95±0.05 ^{ab}	1,838.00±18.08 ^b	855.33±34.08 ^b	1,098.00±35.59 ^b	982.67±51.23 ^c	242.67±2.08 ^b
Soaked glutinous rice flour	<i>Mirchal</i>	69.95±0.57 ^b	2,715.00±3.00 ^a	1,299.00±17.69 ^a	1,699.67±9.87 ^a	1,416.00±19.00 ^a	400.67±26.84 ^a
	<i>Baegokchal</i>	70.53±0.41 ^{ab}	2,211.00±13.08 ^c	951.33±2.52 ^d	1,223.00±1.73 ^d	1,259.67±15.31 ^b	271.67±1.53 ^b
	<i>Dongjinchal</i>	71.33±0.45 ^a	2,282.00±37.16 ^b	1,231.00±19.00 ^b	1,501.67±24.19 ^b	1,050.00±30.41 ^d	270.67±8.50 ^b
	<i>Sinseonchal</i>	70.52±0.43 ^{ab}	2,152.67±6.66 ^d	988.00±3.61 ^c	1,164.78±7.77 ^c	1,164.78±7.77 ^c	270.67±1.15 ^b
Long term soaked glutinous rice flour	<i>Mirchal</i>	66.85±0.05 ^c	1,762.00±32.51 ^c	770.67±4.04 ^c	970.67±4.04 ^b	991.33±36.50 ^d	200.00±0.00 ^c
	<i>Baegokchal</i>	69.42±0.03 ^a	1,617.00±14.42 ^d	514.33±5.13 ^d	658.67±6.51 ^c	1,102.67±0.12 ^c	144.33±2.08 ^d
	<i>Dongjinchal</i>	69.42±0.06 ^a	2,422.33±54.05 ^b	903.67±8.74 ^b	1,152.33±1.93 ^a	1,518.33±45.37 ^b	248.67±3.21 ^a
	<i>Sinseonchal</i>	68.88±0.40 ^b	2,507.00±30.20 ^a	923.67±5.51 ^a	1,151.00±11.53 ^a	1,583.33±35.47 ^a	227.33±17.01 ^b

¹⁾Mean±SD (n=3) within each column followed by different letters are significantly different ($p<0.05$).

침하였을 때 69.95°C로 낮아졌으며, 삭혔을 때는 66.85°C로 수침 기간이 길어짐에 따라 찰벼 품종 중에서 가장 낮게 나타났고($p<0.05$), 생 찰쌀가루일 때의 초기호화온도와 비교하였을 때 4.13°C 감소하였다. 하지만 동진찰은 생 찰쌀가루일 때 71.58°C, 수침 처리를 하였을 때 71.33°C, 삭혔을 때 69.42°C로 찰벼 품종 중에서 가장 높게 나타났고($p<0.05$), 생 찰쌀가루일 때의 초기 호화온도와 비교하였을 때 2.16°C 감소하여 그 변화가 적게 나타났다. 따라서 찰벼 품종에 따라 수침 처리 시 초기호화온도 감소 정도가 다른 것으로 사료된다. 미르찰은 생 찰쌀가루일 때 최고점도 2,682.67 cP, 최소점도 1,296.00 cP, 최종점도 1,588.67 cP, 강하점도 1,386.67 cP 및 치반점도 292.67 cP로 나타났으며, 수침하였을 때 최고점도 2,715.00 cP, 최소점도 1,299.00 cP, 최종점도 1,699.67 cP, 강하점도 1,416.00 cP 및 치반점도 400.67 cP로 찰벼 품종 중에서 가장 높게 나타났고($p<0.05$). 하지만 삭혔을 때는 신선찰이 최고점도 2,507.00 cP, 최소점도 923.67 cp, 강하점도 1,583.33 cp로 가장 높게 나타났으며, 최종점도 및 치반점도는 동진찰이 각각 1,152.33 cp 및 248.67 cP로 찰벼 품종 중 가장 높게 나타났고($p<0.05$). 최종점도 및 치반점도는 낮을수록 전분의 노화가 느리게 진행된다고 하며(Sim 등, 2018),

모든 찰벼 품종들은 수침 기간이 증가함에 따라 감소하는 것으로 나타났다. 미르찰의 최종점도와 치반점도는 생 찰쌀가루일 때 각각 1,588.67 cP 및 292.67 cP로 나타났으며, 삭혔을 때 970.67 cP 및 200.00 cP로 감소하는 정도가 찰벼 품종 중에서 가장 많았다. 강하점도는 미르찰이 생 찰쌀가루일 때 1,386.67 cP, 수침하였을 때 1,416.00 cP로 가장 높게 나타났으며, 삭힌 찰쌀가루는 신선찰이 강하점도 1,583.33 cP로 가장 높게 나타났고($p<0.05$). Kim 등 (2010)의 보고에 따르면 강하점도가 높으면 탄성율은 낮아 지지만 팽화율은 증가한다고 하였다.

3.6. 찰쌀전분 아밀로펙틴의 분자구조 특성

찰벼 품종별 찰쌀과 삭힌 찰쌀로부터 분리한 찰쌀전분의 아밀로펙틴 분지사슬 길이 중합 분포도는 Table 5에 나타내었다. 고분자를 이루는 단당류 단위의 수를 중합도(degree of polymerization, DP)라고 하며, 아밀로펙틴 branch chain을 중합도에 따라 A chain(DP 6-12), B1 chain(DP 13-24), B2 chain(DP 25-36) 및 B3+ chain(DP > 37)으로 분류할 수 있다(Hanashiro 등, 1996). 아밀로펙틴 평균 사슬길이는 찰쌀전분 19.93-21.71, 삭힌 찰쌀전분 19.88-20.14의 범위로 나타났으며, 찰쌀전분에서 신선

Table 5. Amylopectin chain length distribution of glutinous rice starches based on different soaking time

Treatment	Variety	Average chain length	Distribution (%)			
			DP ¹⁾ 6-12	DP 13-24	DP 25-36	DP≥37
Glutinous rice flour	<i>Mirchal</i>	19.93±0.06 ^{b2)}	29.59±0.23 ^b	47.17±0.40 ^b	11.83±0.08 ^c	11.41±0.25 ^b
	<i>Baegokchal</i>	19.93±0.01 ^b	30.82±0.15 ^a	45.83±0.14 ^c	11.60±0.06 ^d	11.75±0.04 ^b
	<i>Dongjinchal</i>	20.02±0.16 ^b	28.74±0.53 ^b	47.85±0.13 ^a	12.16±0.12 ^b	11.24±0.29 ^b
	<i>Sinseonchal</i>	21.71±0.40 ^a	27.10±0.81 ^c	44.47±0.27 ^d	12.98±0.10 ^a	15.37±0.55 ^a
Long term soaked glutinous rice flour	<i>Mirchal</i>	20.01±0.05 ^a	29.06±0.17 ^a	47.65±0.12 ^a	11.78±0.01 ^{ab}	11.51±0.06 ^a
	<i>Baegokchal</i>	20.01±0.05 ^a	29.66±0.03 ^a	47.09±0.18 ^a	11.61±0.03 ^b	11.64±0.19 ^a
	<i>Dongjinchal</i>	20.14±0.18 ^a	29.09±0.82 ^a	47.14±0.38 ^a	11.97±0.22 ^a	11.79±0.22 ^a
	<i>Sinseonchal</i>	19.88±0.25 ^a	29.60±0.29 ^a	47.45±0.52 ^a	11.65±0.24 ^{ab}	11.30±0.57 ^a

¹⁾Degree of polymerization.

²⁾Mean±SD (n=3) within each column followed by different letters are significantly different (p<0.05).

찰이 21.71로 가장 길게 나타났다(p<0.05). 분지사슬길이의 분포는 찰쌀전분 및 삭힌 찰쌀전분에서 B1 chain의 비율이 가장 높게 나타났으며, 상대적으로 긴 장쇄 사슬인 B2 chain과 B3+ chain 부분의 비율이 크지 않아 평균사슬길이에 주는 영향은 미미한 것으로 보였다. 찰쌀전분의 비율은 A chain이 27.10-30.82%, B1 chain이 45.83-47.85% 및 B2 chain이 11.83-12.98%를 나타내었다. A chain 범위의 비율은 찰쌀 품종에 따라 백옥찰이 30.82%로 가장 높게 나타났고 미르찰 29.59%, 동진찰 28.74%, 신선찰 27.10%의 순으로 나타났으며, B chain 범위의 비율은 동진찰 47.85%, 미르찰 47.17%, 백옥찰 45.83%, 신선찰 44.47%의 순으로 나타났었다(p<0.05). 삭힌 찰쌀전분은 찰쌀전분과 비교하였을 때 A chain과 B1 chain의 비율이 증가하고 B2 chain의 비율은 감소한것으로 나타났으나(p<0.05), 찰벼 품종에 따른 A chain과 B1 chain의 차이는 나타나지 않았다(p<0.05). 찰쌀 전분은 아밀로펙틴의 짧은 사슬 비율이 높고, 외부 사슬 길이가 짧을수록 노화속도가 지연된다고 하였으며(Singh 등, 2012), 긴 사슬의 아밀로펙틴 비율이 낮을수록 조리 후 부드러운 조직감을 갖는다고 하였다(Zhu 등, 2010).

4. 요약

초다수성 통일형 찰벼 육성계통인 미르찰(밀양328호)의 이화학적, 호화, 열적 및 분자구조적 특성과 가공 적성을 기

존 찰벼 품종인 동진찰, 신선찰 및 백옥찰과 비교하였다. 미르찰의 조단백질 함량은 8.47%로 가장 높게 나타났다(p<0.05). 조단백질 함량은 생 찰쌀가루 6.55-8.47%에서 수침 찰쌀가루 6.30-7.47%, 삭힌 찰쌀가루 4.64-6.40%로 수침 기간이 길어짐에 따라 점차 감소하였다. 수분결합력과 팽윤력은 생 찰쌀가루(141.58-156.79%, 16.30-20.48 g/g)와 수침 찰쌀가루(138.37-151.59%, 19.46-22.06 g/g)간에는 큰 차이가 없었으나 삭힌 찰쌀가루(130.12-209.00%, 48.51-55.82 g/g)에서 높게 나타났으며, 미르찰의 수분결합력과 팽윤력은 각각 209.00%와 55.82 g/g으로 높게 나타났었다(p<0.05). 미르찰의 평균 입자크기 및 중앙값은 삭힌 찰쌀가루가 50.54 μm와 22.72 μm로 생 찰쌀가루(68.86 μm, 70.66 μm)와 수침 찰쌀가루(71.05 μm, 66.35 μm)보다 크기가 감소하였다. x-선 회절도에 따른 찰쌀가루 결정형은 모두 A형을 나타냈으며, 수침 기간에 따른 변화는 없었다. 호화개시온도(T_o)는 수침 기간에 따라 감소하였으며, 미르찰은 생 찰쌀가루일 때 59.87℃에서 수침하였을 때 58.70℃, 삭혔을 때 57.15℃로 낮은 온도를 나타냈다. 호화특성 중 강하점도는 미르찰이 생 찰쌀가루(1,386.67 cP)와 수침 찰쌀가루(1,416.00 cP)일 때 높게 나타났으며, 삭혔을 때는 신선찰(1,583.33 cP)이 가장 높게 나타났었다(p<0.05). 아밀로펙틴 분지사슬 분포의 A chain 비율은 백옥찰(30.82%), 미르찰(29.59%), 동진찰(28.74%), 신선찰(27.10%) 순으로 나타났으며, B1 chain 비율은 동진찰

(47.85%), 미르찰(47.17%), 백옥찰(45.83%), 신선찰(44.47%) 순으로 나타났다($p < 0.05$). 따라서 미르찰은 팽화율이 높고 물리화학적 특성이 우수하여 유과 제조 및 가공용 소재로 우수할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ01427901 2022)의 지원에 의해 이루어진 것이며 이에 감사드립니다.

Conflict of interests

The authors declare no potential conflicts of interest.

Author contributions

Conceptualization: Kang JW, Cho SM. Data curation: Seong GU. Formal analysis: Shin MS. Methodology: Seong GU, Shin MS. Validation: Kwon YH, Lee SM, Lee SB. Writing - original draft: Seong GU. Writing - review & editing: Cho JH, Park DS, Lee JY.

Ethics approval

This article does not require IRB/IACUC approval because there are no human and animal participants.

ORCID

Gi-Un Seong (First author)

<https://orcid.org/0000-0002-8812-9671>

Ju-Won Kang

<https://orcid.org/0000-0001-7651-1307>

Sumin Cho

<https://orcid.org/0000-0002-9063-073X>

Youngho Kwon

<https://orcid.org/0000-0002-1104-985X>

So-Myeong Lee

<https://orcid.org/0000-0001-9636-4260>

Sais-Beul Lee

<https://orcid.org/0000-0001-6628-215X>

Jun-Hyeon Cho

<https://orcid.org/0000-0002-4238-7341>

Dong-Soo Park

<https://orcid.org/0000-0002-3386-5719>

Malshick Shin

<https://orcid.org/0000-0002-4982-0697>

Ji-Yoon Lee (Corresponding author)

<https://orcid.org/0000-0001-6595-9798>

References

- AACC. American Association of Cereal Chemists International. Approved Method of Analysis, 11th ed, AACC International, St. Paul, Mn, USA (2013)
- Ayabe S, Kasai M, Ohishi K, Hatae K. Textural properties and structures of starches from indica and japonica rice with similar amylose content. *Food Sci Technol Res*, 15, 299-306 (2009)
- Chaisiricharoenkul J, Tongta S, Intarapichet KO. Structure and chemical and physicochemical properties of Job's tear (*Coix lacryma-jobi* L.) kernels and flours. *Suranaree J Sci Technol*, 18, 109-122 (2011)
- Chiang PY, Yeh AI. Effect of soaking on wet-milling of rice. *J Cereal Sci*, 35, 85-94 (2002)
- Cho KR. Quality characteristics of *Backsulgi* with germinated brown rice flour. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 20, 185-194 (2007)
- Young HC, Mi YK. Texture and retrogradation characteristics of Injeulmi made by different varieties of waxy rice. *J Kor Soc Food Sci Nutr*, 28, 837-844 (2000)
- da Costa Pinto C, Sanches EA, Pedrosa Silva Clerici MT, Pereira MT, Campelo PH, Michielon de Souza S. X-ray diffraction and rietveld characterization of radiation-induced physicochemical changes in *ariá* (*Goepertia allouia*) C-type starch. *Food Hydrocoll*, 117, 106682 (2021)
- Gong M, Zhou Z, Jin J, Yu Y, Liu S, Han X, Zhong F, Mao J. Effects of soaking on physicochemical properties of four kinds of rice used in Huangjiu brewing. *J Cereal Sci*, 91, 102855

- (2020)
- Hanashiro I, Abe JI, Hizukuri S. A periodic distribution of the chain length of amylopectin as revealed by high-performance anion-exchange chromatography. *Carbohydr Res*, 283, 151-159 (1996)
- Kim HS, Huber KC. Physicochemical properties and amylopectin fine structures of a- and b-type granules of waxy and normal soft wheat starch. *J Cereal Sci*, 51, 256-264 (2010)
- Kim JY, Gwon HM, Kim SY, Yeo SH. Quality characteristics of solid starters manufactured with *Aspergillus oryzae* OF5-20. *Korean J Food Preserv*, 27, 915-924 (2020)
- Kim KM, Lee JH, Kim HR. Quality characteristics of *Gangjung* made of different varieties of waxy rice. *Korean J Food Sci Technol*, 42, 175-182 (2010)
- Kim MH, Park MW, Park YK, Jang MS. Physicochemical properties of rice flours as influenced by soaking time of rice. *Korean J Soc Food Sci*, 9, 210-214 (1993)
- Kim MJ, Lee SJ, Choi YH, Son DH, Chung HJ. Quality and digestibility characteristics of rice cake with germinated brown waxy rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 45, 1310-1315 (2016)
- Kim SW, Kim DS, Kim BY, Baik MY. Physicochemical properties of waxy rice, waxy rice flour and waxy rice starch during steeping. *J Appl Biol Chem*, 51, 277-284 (2008)
- Kim WS, Shin MS. The properties of rice flours prepared by dry- and wet-milling of soaked glutinous and normal grains. *Korean J Food Cookery Sci*, 23, 908-918 (2007)
- Lee MH, Oh MS. Effects of punching and drying process on quality characteristics of *Yukwa* dough and *Yukwa bandegi* during preparation of *Yukwa*. *J East Asian Soc Diet Life*, 25, 1029-1040 (2015)
- Lee SH, Shin MS. Characteristics of preparation of rice manju and rice flour with soaking and different particle sizes. *Korean J Food Cookery Sci*, 25, 427-434 (2009)
- Lee Y, Kim H, Eom T, Kim SH, Choi GP, Kim M, Yu S, Jeong Y. Quality characteristics of Korean traditional rice wine with glutinous rice. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 42, 1829-1836 (2013)
- Lee YT, Yoo MS, Lee B, Park JH, Chang HG. Properties of starch isolated from wet-milled rice after steeping at elevated temperatures for annealing effect. *Korean J Food Sci Technol*, 36, 393-397 (2004)
- Lim YH, Lee HY, Jang MS. Changes of physicochemical properties of soaked glutinous rice during preparation of yukwa. *Korean J Food Sci Technol*, 25, 247-251 (1993)
- Lu X, Xu R, Zhan J, Chen L, Jin Z, Tian Y. Pasting, rheology, and fine structure of starch for waxy rice powder with high-temperature baking. *Int J Biol Macromol*, 146, 620-626 (2020)
- Medcalf DG, Gilles KA. Wheat starches I. Comparison of physicochemical properties. *Cereal Chem*, 42, 558-568 (1965)
- No J, Lee CE, Shin M. Granular morphology and thermal properties of acid-hydrolyzed rice starches with different amylose contents. *Korean J Food Cook Sci*, 33, 307-315 (2017)
- Oh SM, No JH, Shin M. Gelatinization properties and molecular structure of waxy rice starches isolated from Korean japonica and indica cultivars. *Korean J Food Cook Sci*, 30, 716-725 (2014)
- Oh SM, Shin M. Physicochemical properties and molecular structures of Korean waxy rice starches. *Food Sci Biotechnol*, 24, 791-798 (2015)
- Park S, No J, Shin M. Physicochemical and structural characteristics of waxy rice flours and starches during soaking time. *J East Asian Soc Diet Life*, 26, 457-465 (2016)
- Schoch TJ. Swelling power and solubility of granular starches. In: *Methods In Carbohydrate Chemistry IV*, Academic Press, New York, USA, p 106-108 (1964)
- Shin MS, Shin HT, Lee JK, Lee KS, Kim BK, Ko JK,

- Noh TH, Ha KY, Kim YD, Yang BK, Oh YH, Kim CS, Lee SY, Kang HJ, Cho SY. A new lodging tolerant and high-yielding glutinous rice cultivar "Dongjinchalbyeo". *Korean J Breed Sci*, 35, 245-246 (2003)
- Sim EY, Lee JY, Cho JH, Yoon MR, Kwak JE, Kim NG, Jeon YH, Lee CK, Lee JS, Hong HC. Quality characteristics of porridge made from different Korean rice varieties including high yield tongil-type rice. *Korean J Food Preserv*, 25, 651-658 (2018)
- Singh H, Lin JH, Huang WH, Chang YH. Influence of amylopectin structure on rheological and retrogradation properties of waxy rice starches. *J Cereal Sci*, 56, 367-373 (2012)
- Song NJ, Kim JM, Shin M. Effects of amylose content controlled by blended rice flours on the quality characteristics of gluten-free rice cupcake. *Korean J Food Cook Sci*, 34, 96-104 (2018)
- Song YC, Cho JH, Lee JH, Kwak DY, Park NB, Yeo US, Kim CS, Jeon MG, Lee JY, Lee GH, Ha WG, Lee JS, Jung KH, Cho YH, Kang HW. A glutinous rice variety with multiple disease resistance 'Baegokchal'. *Kor J Breed Sci*, 45, 31-37 (2013)
- Yang L, Zhou Y, Wu Y, Meng X, Jiang Y, Zhang H, Wang H. Preparation and physicochemical properties of three types of modified glutinous rice starches. *Carbohydr Polym*, 137, 305-313 (2016)
- Yoo JS, Park HS, Cho YC, Kim BK, Ha KY. Comparison of physicochemical and textural properties of glutinous rice cultivars. *Food Eng Prog*, 17, 212-218 (2013)
- Yu C, Choi HW, Kim CT, Ahn SC, Choi SW, Kim BY, Baik MY. Physicochemical properties of cross-linked waxy rice starches and its application to *Yukwa*. *Korean J Food Sci Technol*, 39, 534-540 (2007)
- Zhang H, Wu F, Xu D, Xu X. Endogenous alpha-amylase explains the different pasting and rheological properties of wet and dry milled glutinous rice flour. *Food Hydrocoll*, 113, 106425 (2021)
- Zhou Z, Robards K, Helliwell S, Blanchard C. Composition and functional properties of rice. *Int J Food Sci Tech*, 37, 849-868 (2002)
- Zhu LJ, Liu QQ, Sang Y, Gu MH, Shi YC. Underlying reasons for waxy rice flours having different pasting properties. *Food Chem*, 120, 94-100 (2010)