

무수 옥테닐 호박산 처리 밀 전분을 첨가한 국수의 소화율과 품질 특성

정경아 · 채린 · 이창주*
원광대학교 식품생명공학과

Digestibility and Quality Characteristics of Noodles Added with Octenyl Succinic Anhydride-Modified Wheat Starch

Gyeong A Jeong, Rin Chae, and Chang Joo Lee*

Department of Food Science and Biotechnology, Wonkwang University

Abstract

This study established the optimal conditions of noodles by varying the amount of modified starch treated with octenyl succinic anhydride in wheat starch. It investigated the digestibility and quality characteristics of the produced noodles. The color difference of the noodles added with octenyl-succinic anhydride (OSA)-modified starch increased as the amount of OSA-modified starch added increased but decreased after cooking. The cooking characteristics of noodles added with OSA-modified starch showed increased weight, water absorption, and turbidity but reduced volume. In the extensibility of noodles, the noodles with 10 and 20% OSA-modified starch showed the most similar values to the control. The digestibility of noodles with OSA-modified starch added showed a higher RS content as the amount of OSA-modified starch added increased. However, it is considered that an optimal addition level of 20% of modified starch is suitable for the formation of noodle texture. As a result of this study, it is thought that OSA-modified starch, with its low digestibility, could be utilized not only in noodles but also as a low-calorie food ingredient that can replace wheat flour.

Keywords: OSA, modified starch, resistant starch, noodle

서론

최근 2019년도부터 시작된 COVID-19 pandemic에 의해 원격학습전환, 인원제한 등으로 인한 외부활동 감소, 식사 패턴 및 수면 패턴이 악화되었으며, 이는 놀라운 속도로 체중증가 문제를 일으켰다(Appelhans et al., 2022). 우리나라 성인 인구 비만율은 2015년도 33.2%로 증가한 이후 34% 내외의 비슷한 수준을 유지하였으나, 2020년 이후 38.3%로 급격히 증가하였다(KDCA, 2023). 이에 따라 GI (glucose index)가 낮은 음식, 즉 저소화성, 저칼로리 식품의 중요성이 대두되고 있으며, 이에 대한 관심이 증가하고 있는 추세이다(Mun & Shin, 2002).

전분은 식단에서 칼로리의 50% 이상을 차지하는 탄수화물의 중요한 공급원이나 장에서 빠르게 소화되어 급격한 혈당 증가로 당뇨병 및 성인병과 같은 만성질환을 일으킨다(Wang et al., 2022). 전분은 소화흡수에 따라 RDS

(rapidly digestible starch), SDS (slowly digestible starch), RS (resistant starch)로 구분한다(Englyst et al., 1992). RS (저항전분)는 소장에서 소화되지 않고 칼로리화 되지 않는 전분으로 식이 섬유와 비슷하게 장기적으로 혈당 감소 및 지방 축적을 줄일 수 있다고 보고되었다(Zhang et al., 2017). 또한 Kim & Kim (2015)에 따르면 저항전분은 대사 질환을 억제하고 건강을 증진시키는 생리학적 기능성 식품원료로 인식되고 있다. 이러한 저항전분은 sodium trimetaphosphate (SMTP) (Mun & Shin, 2002), 사과산(Na et al., 2021), 호박산(Abbas et al., 2010), 구연산(Zhang et al., 2023) 등과 같은 화학적 처리에 의해 제조될 수 있다.

무수 옥테닐 호박산(octenyl-succinic anhydride, OSA) 변형 전분은 전분의 단일 결합 hydroxyl groups와 OSA의 carbonyl groups 사이의 에스테르 반응에 의해 생성되며(Lim et al., 2023), 이는 일반 전분보다 더 높은 유화 능력과 안정성을 가진다고 보고 되었다(No & Shin, 2017). OSA를 전분에 처리하여 변형전분을 제조하는 연구가 진행되고 있으며(Sweedman et al., 2013; Lim et al., 2023), 이러한 OSA 전분을 첨가제로 사용하여 스폰지 케이크(Kim & Jang, 2005), 쿠키(Han, 2009), 국수(Kim et al., 2002; Mun & Shin, 2000), 증편(Lee et al., 2012), 빵(Song et al., 2000) 등과 같은 식품에 적용한 연구가 진행되고 있다. 이

*Corresponding author: Chang Joo Lee, Department of Food Science and Biotechnology, Wonkwang University, Iksan, Jeonbuk 54538, Republic of Korea
Tel: 063-850-6825, Fax: 063-850-7308
E-mail: cjlee@wku.ac.kr
Received August 7, 2023; revised August 15, 2023; accepted August 16, 2023

중 면류는 밀가루 소비량의 약 20-50%를 차지하며(Niu et al., 2017), 주로 아시아지역에서 널리 소비되고 있다(Beta & Corke, 2001). 하지만 저항전분이 증가된 OSA를 적용한 면류 연구는 부족한 실정이다. 따라서 이 연구의 목적은 저항전분이 증가된 OSA 전분을 국수에 첨가하여 최적 제조 조건을 확립하고, 제조한 국수의 소화율과 품질 특성을 조사하고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에서 사용된 밀가루는 시중에서 판매되는 중력분(CJ Cheiljedang, Incheon, Korea)을 사용하였다. OSA 전분은 프랑스산 밀 전분(Roquette, France)에 OSA (2-octen-1-ylsuccinic anhydride, 416487, Sigma, USA)를 사용하여 제조하였다. 제조한 OSA 전분을 10% (OSA-10), 20% (OSA-20), 30% (OSA-30), 40% (OSA-40) 수준으로 첨가하여 국수를 제조하였다. Porcine pancreatin (P7545; activity, 8× United States Pharmacopeia [USP]/g; Sigma-Aldrich; St. Louis, MO, USA)과 amyloglucosidase (AMG 300 L; activity, 300 amyloglucosidase activity [AGU]/mL; Novozymes Inc., Bagsvaerd, Denmark)은 조리 후 면의 소화율 측정에 이용되었다.

OSA 전분의 제조

수분함량 10% 이하의 밀 전분(Roquette, France) 25 g에 증류수 71.429 g을 가하여 35%의 전분 slurry를 제조하였다. 제조된 전분 slurry는 35 °C water bath에서 15분간 온도 평형 후 1 M NaOH를 이용해 pH 8.0-9.0 (Thermo Orion Star A215, Tewksbury, MA, USA)으로 조정하였다. 10분뒤 pH의 변화가 없으면 OSA (2-octen-1-ylsuccinic anhydride, 416487, Sigma, USA)를 각 전분 대비 8%의 조건에 맞게 첨가하고 2시간 동안 pH 8.5-9.0로 유지되게 교반 하였다. 반응 종료를 위해 1 M HCl을 사용하여 pH 6.5로 중화하였다. 제조된 OSA 전분 slurry는 원심분리기 (VS-550, Vision Scientific Co., Ltd., Korea)를 사용하여 1500 × g으로 분리하고 증류수로 3회, ethanol으로 1회 세척하였다. 이때, OSA 층이 남아있을 경우 시약 스폰으로 제거하였다. 전분 세척이 완료된 시료는 45 °C 열풍건조기 (C-DF3, Changshin Science, Seoul, Korea)에서 완전 건조 후 분쇄하고 150 mesh 체에 통과시켜 실험에 사용하였다.

국수의 제조

제조된 OSA 전분을 10, 20, 30, 40%로 밀가루에 첨가하여 제조하고, 밀가루 대비 5% salt를 첨가한 배합수를 제조하여 사용하였다(Table 1). 면용 반죽기(KMM020, Kenwood, UK)를 사용하여 실온에서 혼합가루와 배합수를

Table 1. Formulas of noodles with different content of OSA-modified starch

Sample	Ingredients (g)			
	Wheat flour	OSA-starch	Salt	Water
Control	100	-	3.00	37
OSA-10	90	10	3.00	37
OSA-20	80	20	3.00	37
OSA-30	70	30	3.00	37
OSA-40	60	40	3.00	37

넣고 5분간 반죽하였다. 제조된 반죽을 제면기(HSN-2, Hunwoo, Seoul, Korea)를 사용하여 반죽 롤러 간격을 5단 7.5/5.0/4.0/3.3/2.7 mm으로 맞추어 압연하고, 폭 3 mm, 두께 2.4 mm로 절출(slitting)하여 국수를 제조하였다. 대조구(control)는 시판되는 중력 밀가루를 사용하여 제조하였다.

국수의 색도 및 외관 측정

제조된 국수의 색도는 면 절출 전 2.4 mm 두께의 시트를 만들어 색도계(Model CM-5, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 색도는 Hunter 값인 L, a, b 값을 표준 백색판으로 보정한 후 측정하였다. 명암도를 나타내는 L 값(lightness), 적색도를 나타내는 a 값(redness), 황색도를 나타내는 b 값(yellowness)을 측정하고, 색도차(ΔE)는 $\Delta E = \sqrt{L^2 + a^2 + b^2}$ 로 계산하였다. 제조된 생면의 외관 사진은 절출된 상태로 동일한 길이로 가지런히 놓아 관찰하였다.

국수의 조직감 측정

조리 국수의 조직감은 Texture Analyzer™ (TA-XT2, StableMicro System, Godalming, Surrey, UK)를 사용하여 측정하였다. 측정조건은 시료를 TPA (texture profile analysis) 모드로 실린더 프로브(cylinder probe P/35, 35 mm dia, circle)를 사용하여 5회 반복 측정하여 평균값으로 표기하였다. 조리면을 100 °C의 끓는 물에서 14분 동안 삶은 후 흐르는 냉수에 1분간 냉각한 후 체로 건져 실온에서 3분간 방치하여 수분을 제거 후 측정하였다. 국수의 조리시간은 면 내부와 외부 색이 같아지는 시간으로 정하였다. 조리면은 5 cm 길이로 6가닥을 병렬로 plate form에 올려놓고 조리면의 표면으로부터 전체 두께의 70% 변형이 일어나도록 2회 반복 압착하여, 경도(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 부착성(adhesiveness), 검성(gumminess) 및 씹힘성(chewiness)을 측정하였다. 상세한 측정 조건은 Table 2에 나타내었다.

국수의 신장성 측정

조리국수의 신장성은 Texture Analyzer™ (TA-XT2, StableMicro System, Godalming, Surrey, UK)를 사용하여 측정하였다. 측정조건은 시료를 noodle tensile rig를 사용

Table 2. Texture analyzer operating condition for cooked noodles with different OSA-modified starch content

Item	Condition	
Test type	TPA test	Tensile strength test
Measurement type	Two bite compression	Return to start
Sample size	3.0 × 2.5 × 50 mm	3.0 × 2.5 × 300 mm
Probe	35 mm dia, circle	Spaghetti/Noodle tensile rig
Test speed	5.0 mm/sec	2.0 mm/sec
Deformation	70%	120 mm
Trigger force	0.049 N	0.049 N

하여 3회 반복 측정하고 평균값으로 나타내었다. 조리면을 100 °C의 끓는 물에서 14분동안 삶은 후 흐르는 냉수에 1분간 냉각한 후 조리용 체로 건져내어 실온에서 3분간 방치하여 수분을 제거 후 측정하였다. Tensile rig를 장착한 후 면 한 가닥을 위와 아래로 잡아 간격을 20 mm로 하고, 잡아 당겨 끊어지는 힘(N)과 늘어나는 거리(mm)를 측정하였다. 상세한 측정 조건은 Table 2에 나타내었다.

국수의 조리특성 측정

국수의 조리특성은 Kim et al. (1996)의 방법을 변형하여 측정하였다. 조리면의 중량은 생면 25 g을 500 mL의 끓는 증류수에 넣고, 100 °C의 끓는 물에서 14분 동안 삶은 후 흐르는 냉수에 1분간 냉각한 후 조리용 체로 건져내어 실온에서 3분간 방치하여 수분을 제거 후 중량을 측정하였다. 조리면의 조리특성은 조리 전과 후의 중량을 측정하였다. 부피는 중량을 측정한 조리면을 150 mL의 증류수를 채운 250 mL 메스실린더에 담근 후 증가한 부피를 측정하였으며, 조리면의 수분 흡수율은 다음 식에 의해 구하였다.

$$\text{수분흡수율(\%)} = \frac{\text{조리면 중량} - \text{생면 중량}}{\text{생면중량}} \times 100$$

조리면의 용출량

조리국수의 용출량은 생국수 25 g을 500 mL의 끓는 증류수에 넣고, 제조된 면을 14분간 조리하여 삶은 후 국물에 증류수를 보충하여 500 mL로 조절된 다음 흡광광도계(UV-1080, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 사용하여 675 nm에서 탁도를 측정하여 흡광도로 표시하였다.

국수의 소화율 측정

OSA 전분을 첨가한 국수의 소화율 측정은 Englyst et al. (1992)의 방법을 약간 변형한 Shin et al. (2007) 방법으로 실험하였다. 시료는 동결건조기(LP10, Ilshinbiobase, Korea)를 이용하여 동결건조한 뒤 분쇄하여 150 mesh체에 걸러 실험에 사용하였다. Pancreatin 2 g에 증류수 24 mL를 첨가하여 10분간 교반을 한 뒤 원심 분리하여 상등액 20 mL를 채취하여 amyloglucosidase (AMG) 0.4 mL, 증류수 3.6 mL와 혼합하여 효소용액을 제조하였다. 시료 30 mg에

sodium acetate buffer (0.1 M, pH 5.2) 0.75 mL와 효소용액 0.75 mL를 첨가하여 20분과 240분 효소반응 후 반응액을 110 °C heating block에서 10분간 반응정지 시켰다. 상등액의 포도당 함량은 glucose oxidase-peroxidase (GOD-POD) kit (Embiel Co., Gunpo, Korea)으로 측정하였다. RDS는 20분 동안 분해된 전분 함량, SDS는 20분부터 240분 사이의 분해된 전분 함량, RS는 240분 이후 분해된 전분 함량으로 계산하였다.

통계분석

모든 실험의 결과는 3회 반복 측정값으로 mean±SD로 표시하였다. 유의성 검증은 SPSS 23.0 (SPSS Inc., Chicago, IL USA)를 이용하여 ANOVA 분석 후 Duncan's multiple range test를 실시하였다. 각 실험값 사이의 유의적인 차이는 $p < 0.05$ 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

국수의 색도 분석

OSA 전분을 첨가한 국수의 색도는 Table 3에 나타냈다. 조리 전 국수의 명도는 control (81.4)과 비교하면 OSA 전분을 첨가한 시료군에서 높게 나타났으며, 이는 OSA 전분 첨가 함량이 증가할수록 높은 값(84.2, 85.3, 86.2, 87.3)을 나타내었다. Bae et al. (2013) 보고에 따르면 제품에 RS4 형태의 저항 전분을 첨가하였을 때 백색도(명도)가 증가한다는 동일한 연구 결과가 나타났다. 이는 첨가 전분의 색도가 백색이기 때문으로 보이며, 명도가 증가할수록 황색도는 감소하는 경향이 나타났다. 조리 후 색도의 경우 명도가 전반적으로 감소하였지만 control (57.5), OSA-10 (64.7), OSA-20 (55.0), OSA-30 (52.6), OSA-40 (46.2)로 전분 첨가 함량이 증가한 OSA-20부터 유의적으로 감소하는 경향을 나타냈다. Nam et al. (2015)은 밀가루에 함유된 글루텐은 물성 및 구조 형성에 영향을 미치는 인자로 보고하였다. 따라서 밀가루의 함량이 감소할수록 면대 형성에 영향을 미치는 글루텐 성분이 감소하게 되어 조리 중 전분 용출로 인해 명도가 감소한 것으로 보인다. 조리 후 대조군과 가장 유사한 색도를 가진 생면은 OSA-20으로 나타났다. 제조된 생국수의 외관 사진은 Fig. 1에 나타내었다.

Table 3. Hunter's color values of cooked noodles with different content of OSA-modified starch

Sample ¹⁾	Hunter's color value				
	L	a	b	ΔE	
Uncooked noodle sheet	Control	81.4±0.26 ^d	0.22±0.04 ^d	14.6±0.14 ^c	82.7±0.28 ^a
	OSA-10	84.2±0.19 ^b	0.05±0.03 ^c	13.9±0.19 ^d	85.4±0.21 ^b
	OSA-20	85.3±0.12 ^c	-0.05±0.02 ^b	12.6±0.14 ^c	86.2±0.13 ^c
	OSA-30	86.2±0.12 ^d	-0.10±0.03 ^b	11.5±0.26 ^b	86.9±0.12 ^d
	OSA-40	87.3±0.27 ^e	-0.17±0.02 ^a	9.42±0.04 ^a	87.8±0.26 ^e
Cooked noodle sheet	Control	57.5±0.46 ^d	-2.41±0.12 ^b	5.57±0.44 ^c	57.8±0.47 ^d
	OSA-10	64.7±0.20 ^e	-1.64±0.06 ^c	4.47±0.55 ^d	64.8±0.23 ^c
	OSA-20	55.0±0.15 ^c	-2.32±0.09 ^b	-1.23±0.08 ^c	55.0±0.14 ^e
	OSA-30	52.6±0.49 ^b	-2.44±0.05 ^b	-2.11±0.05 ^b	52.7±0.48 ^b
	OSA-40	46.2±0.83 ^a	-2.70±0.08 ^a	-3.82±0.14 ^a	46.4±0.83 ^a

¹⁾The values with different superscripts within a column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

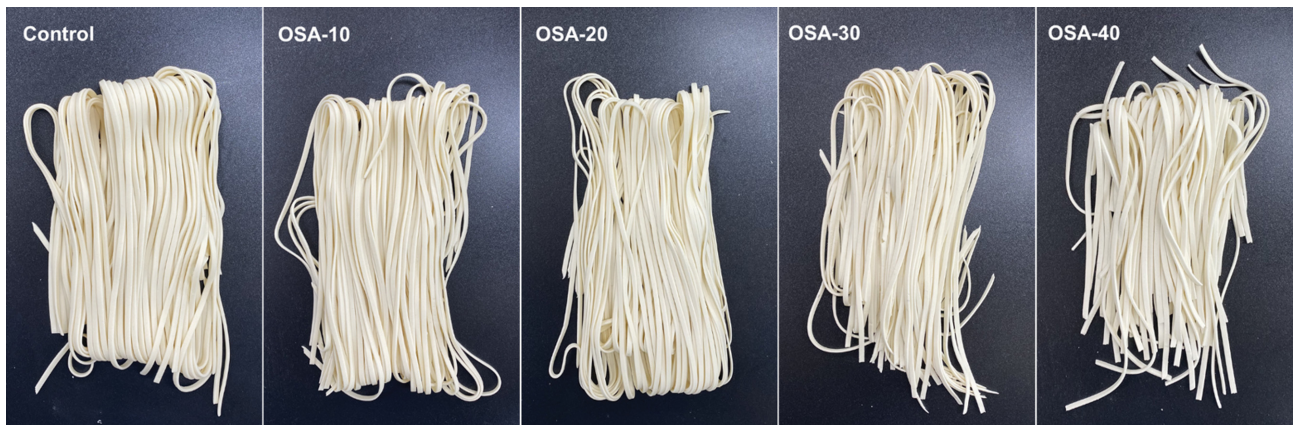


Fig. 1. Appearance of the noodle with different content of OSA-modified starch. Control: 100% wheat flour; OSA-10: flour replacement by 10% OSA-modified starch; OSA-20: flour replacement by 20% OSA-modified starch; OSA-30: flour replacement by 30% OSA-modified starch; OSA-40: flour replacement by 40% OSA-modified starch.

Table 4. Textural profiles of noodles with different levels of OSA-modified starch

Sample ¹⁾	TPA					
	Hardness (N)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness	Adhesiveness (N·s)
Control	41.83±5.643 ^b	0.0180±0.002 ^b	0.0223±0.003 ^b	0.939±0.042 ^b	0.0163±0.003 ^b	-1.248±0.206 ^d
OSA-10	34.43±3.166 ^a	0.0143±0.002 ^a	0.0155±0.002 ^a	0.597±0.071 ^a	0.0085±0.002 ^a	-1.513±0.249 ^d
OSA-20	40.03±2.467 ^{ab}	0.0134±0.001 ^a	0.0177±0.002 ^{ab}	0.702±0.141 ^a	0.0096±0.003 ^a	-2.747±0.484 ^e
OSA-30	42.32±2.305 ^b	0.0135±0.002 ^a	0.0178±0.005 ^{ab}	0.710±0.100 ^a	0.0100±0.003 ^a	-3.354±0.364 ^b
OSA-40	47.84±3.318 ^c	0.0133±0.002 ^a	0.0200±0.003 ^{ab}	0.733±0.164 ^a	0.0090±0.003 ^a	-4.358±0.506 ^a

¹⁾The values with different superscripts within a column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

OSA 전분을 40%까지 첨가하였을 경우 면대는 형성되었으나, OSA-30부터 끊어짐 형상이 나타났다. 시료 OSA-30, OSA-40을 제외하고 면대 형성이 잘 이루어졌음을 확인하였다. 따라서 OSA 전분 최적 첨가량은 20% 이하가 적절한 것으로 보인다.

국수의 조직감 분석

조리 후 국수의 조직감 측정 결과는 Table 4와 같다. Hardness (경도)는 OSA-10 (34.43 N), OSA-20 (34.43 N),

OSA-30 (42.32 N), OSA-40 (46.2 N)로, OSA 전분 함량이 증가할수록 경도도 같이 증가하는 것으로 나타났다. OSA 처리 전분은 다른 전분들과 달리 유화성이 높으며, OSA 처리 농도가 높아질수록 점도가 증가한다는 연구결과에 따라 경도가 증가한 것으로 보인다(No & Shin, 2017). 그러나 adhesiveness (부착성)은 OSA-10 (-1.513 N·s), OSA-20 (-2.747 N·s), OSA-30 (-3.354 N·s), OSA-40 (-4.358 N·s)로 감소하였다.

Springiness (탄력성), cohesiveness (응집성), gumminess

Table 5. Tension profiles of cooked noodles with different content of OSA-modified starch

Sample ¹⁾	Tension	
	Force (N)	Distance (mm)
Control	0.183±0.018 ^{cd}	48.4±3.40 ^b
OSA-10	0.208±0.014 ^d	57.5±1.66 ^{ab}
OSA-20	0.177±0.014 ^c	67.1±8.66 ^a
OSA-30	0.133±0.015 ^b	64.3±6.61 ^a
OSA-40	0.101±0.017 ^a	35.1±8.95 ^c

¹⁾The values with different superscripts within a column are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

(검성), chewiness (씹힘성)은 control (0.0180, 0.0223, 0.939, 0.0163) 대비 OSA 전분 첨가 면에서 springiness (0.0133-0.0143), cohesiveness (0.0155-0.0200), gumminess (0.597-0.733), chewiness (0.0085-0.0100)로 낮은 값을 나타냈다. 탄력성, 응집성, 검성, 씹힘성은 Control과 비교해 유의적 차이가 있으나, OSA 전분 첨가 면에서는 유의적 차이가 나타나지 않았다($p<0.05$). 전분을 첨가한 국수의 조직감은 전분의 종류와 함량에 따라 다양한 차이를 나타낸다고 보고되었다(Lee et al., 2014; Choi & Lee, 2023; Cho et al., 2014). 전분 첨가는 면의 조직감에 영향을 미치며, 밀가루(control)와 동일한 조직감을 부여하기 위해서는 적절한 함량의 전분 첨가가 필요하다. OSA 전분 첨가 국수와 대조군과 유사한 조직감을 가지는 시료는 OSA-10, OSA-20, OSA-30으로 보인다.

국수의 신장성 분석

조리 국수의 신장성 측정결과는 Table 5에 나타났다. Jeong et al. (2019)에 따르면 신장성은 국수의 끊어지는 힘 Force (N)로 나타낸다고 하였다. 대조군(control)의 신장성은 0.183 N으로 나타났다. OSA 전분을 첨가한 시료의 신장성은 OSA-10 (0.208 N), OSA-20 (0.177 N), OSA-30 (0.133 N), OSA-40 (0.101 N)로, OSA 전분을 10% (OSA-10) 첨가한 시료에서 가장 높은 신장성을 나타냈지만 첨가량이 증가할수록 감소하는 경향이 나타났다. Control과 유사한 신장성을 보인 시료는 OSA-20으로 나타났다. Shin et al. (2002)에 따르면 저항전분 20% 첨가한 국수의 신장성은 저항전분의

종류에 따라 다양하였으며, 전분을 첨가하지 않은 국수의 신장성이 가장 높게 나타났다. 따라서 control과 가장 유사한 조직감을 부여하기 위해서는 OSA 전분 10% (OSA-10), 20% (OSA-20)의 전분 첨가가 적절한 것으로 보인다.

국수의 용출량과 조리특성 분석

OSA 전분 첨가 국수의 조리 특성결과는 Table 6에 나타났다. 조리 면의 수분흡수율은 control (144), OSA-10 (148), OSA-20 (162), OSA-30 (192), OSA-40 (216)로, OSA 전분 함량이 증가할수록 수분 흡수율이 높아지는 경향이 나타났다. 이는 OSA 전분이 밀가루에 비해 수분을 많이 보유하는 경향이 있기 때문으로 보인다. OSA 전분 첨가 국수의 무게는 control (61.1) 대비 62.0-79.1로 증가하였으며, 부피는 control (235) 대비 218-227로 감소하였다. Choi and Lee (2023)에 따르면 우동면 제조 시 전분의 증가에 따라 무게 및 부피가 증가하였다고 보고하였으나 본 연구결과 무게는 증가하고 부피는 감소하는 결과가 나타났다. 이는 OSA 전분이 일반 전분에 비해 수분 보수력이 더 많기 때문으로 보인다. 용출량은 조리 시 고형분의 손실(조리 손실)을 뜻하는 것으로, 탁도(turbidity)를 측정하여 나타낼 수 있다(Park & Eun, 2021). 국수의 탁도는 control (0.158), OSA-10 (0.203), OSA-20 (0.221), OSA-30 (0.242), OSA-40 (0.282)로, 조리 중 고형분 손실량은 OSA 전분 첨가량이 증가할수록 같이 증가하였다. 이는 OSA 전분 함량이 증가할수록 면대 형성에 도와주는 글루텐 성분이 부족하여 전분질이 빠져나와 탁도가 증가한 것으로 보인다.

조리 국수의 소화율

조리 국수의 소화율 측정결과는 Table 7과 같다. 인체 내 소화율은 소화속도에 따라 RDS, SDS, RS로 구분되며(Kumar & Prabhasankar, 2015), 그중 SDS와 RS는 인체내 급격한 혈당 상승을 억제하는 기능성 소재이다(Zhang et al., 2017). OSA 전분의 RS 함량은 34.3% 생전분은 5.2%로 OSA 전분의 RS 함량이 생전분에 비해 7배정도 높았다. OSA 전분을 첨가한 조리 면은 첨가량이 증가할수록 OSA-10 (21.9), OSA-20 (25.4), OSA-30 (29.5), OSA-40 (32.2)로 RS 함량이 증가하였다. RS 함량이 증가함에 따라

Table 6. Cooking characteristics of noodles with different content of OSA-modified starch

Sample ¹⁾	Cooked noodle			Cooked water
	Weight (g)	Volume (mL)	Water absorption (%)	Turbidity
Control	61.1±3.18 ^a	235±8.08 ^c	144±12.44 ^a	0.158±0.027 ^a
OSA-10	62.0±4.01 ^a	227±2.65 ^b	148±16.08 ^a	0.203±0.009 ^b
OSA-20	65.6±1.20 ^a	222±2.52 ^{ab}	162±4.84 ^a	0.221±0.005 ^{bc}
OSA-30	73.1±2.34 ^b	220±1.53 ^{ab}	192±9.11 ^b	0.242±0.012 ^c
OSA-40	79.1±3.07 ^c	218±0.58 ^a	216±12.38 ^c	0.282±0.013 ^d

¹⁾The values with different superscripts within a column are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

Table 7. Digestibility of cooked noodles with different content of OSA-modified starch

Sample ¹⁾	RDS (%)	SDS (%)	RS (%)
Control	82.3±1.75 ^c	1.26±0.37 ^a	16.5±1.79 ^a
OSA-10	72.7±2.29 ^b	5.40±2.99 ^b	21.9±1.40 ^b
OSA-20	70.4±1.97 ^b	4.12±1.28 ^{ab}	25.4±0.69 ^c
OSA-30	66.5±0.56 ^a	3.99±0.64 ^{ab}	29.5±0.64 ^d
OSA-40	65.5±2.57 ^a	2.33±2.13 ^{ab}	32.2±0.55 ^e

¹⁾The values with different superscripts within a column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

72.7, 70.4, 66.5, 65.5%로 순차적으로 RDS 함량이 감소하였다. Han (2009)에 따르면 SDS 희분을 증진시킨 변형 전분을 쿠키에 첨가하면 동일한 희분의 소화율이 증가하였다는 보고와 일치하는 결과이다. 따라서 RS 함량이 유의적으로 증가하였기 때문에 면의 당지수(GI) 감소에도 영향을 미칠 것이라 생각된다. RS 함량이 높을수록 기능 소재로는 좋지만 control과 가장 유사한 면의 조직감 및 특성을 비교하였을 때 OSA-20이 가장 적절한 것으로 보인다.

요 약

이 연구는 OSA 밀 전분의 첨가량을 달리한 저칼로리 국수의 최적 조건을 확립하고, 제조한 국수의 소화율 및 품질특성을 조사하였다. OSA 전분을 첨가한 국수의 색도는 첨가량이 증가할수록 밝기가 증가하고 조리 후에는 감소하는 경향을 보였다. 국수의 조리특성의 경우 무게, 수분 흡수율, 탁도가 증가하였으나 부피는 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 면대를 형성하는 글루텐의 함량이 감소하면서 조리시 전분이 용출된 것으로 보인다. OSA 전분을 첨가한 국수의 경도는 첨가량이 증가할수록 높아졌으나 응집성, 검성, 탄력성, 부착성은 control 대비 감소하는 경향을 나타냈으며, OSA-10, OSA-20, OSA-30에서 가장 유사한 조직감을 나타냈다. 국수의 신장성은 OSA 전분이 10, 20% 첨가한 국수에서 control과 가장 유사한 결과를 나타냈다. OSA 전분을 첨가한 국수의 소화율은 OSA 전분 첨가량이 증가할수록 높은 RS 함량을 보였다. 그러나 생국수의 면대 형성을 위한 최적 변성전분 첨가량은 20%가 적절한 것으로 판단된다. 본 연구결과 OSA 전분은 낮은 소화율을 가져 국수 뿐만 아니라 밀가루를 대체할 저칼로리 식품 소재로 이용될 수 있을 것으로 생각된다. 추후 우리 밀가루에 적용하여 저칼로리 우리밀 전분소재가 개발된다면 농가소득증대 및 국제경쟁력 강화에 도움이 될 것이다.

감사의 글

This research was supported by the Cooperative Research Program for Agriculture Science and Technology Department

(Project No. PJ01514903) funded by the Rural Development Administration, Korea.

References

Abbas KA, Khalil, SK, Hussin ASM. 2010. Modified starches and their usages in selected food products: A review study. *J. Agric. Sci.* 2: 90-100.

Appelhans BM, French SA, Martin MA, Lui K, Janssen I. 2022. Attenuated efficacy of pediatric obesity treatment during the COVID-19 pandemic. *Obesity.* 30: 45-49.

Bae CH, Park GH, Kang WW, Park HD. 2013. Quality characteristics of cookies added with RS4 type resistant corn starch. *Korean J. Food Preserv.* 20: 539-545.

Beta T, Corke H. 2001. Noodle quality as related to sorghum starch properties. *Cereal Chem.* 78: 417-420.

Cho YH, Lim ST, Lee YT. 2014. Effects of rice starch addition on quality of instant fried noodles. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 1264-1269.

Choi JJ, Lee SJ. 2023. Effect of dough aging time on the quality of udon wet noodles with added tapioca starch. *Korean J. Food Sci. Technol.* 55: 66-74.

Englyst HN, Kingman SM, Cummings JH. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. *Eur. J. Clin. Nutr.* 46: S33-50.

Han, JA. 2009. Digestive, physical and sensory properties of cookies made of dry-heated OSA-high amylose rice starch. *Korean J. Food Sci. Technol.* 41: 668-672.

Jeong GA, Han SH, Park JY, Shin YL, Lee SJ, Lee CJ. 2019. Quality characteristics of noodles supplemented with rice flour and alkaline reagent. *Korean J. Food Sci. Technol.* 51: 237-242.

KDCA. Korea Disease Control and Prevention Agency. Available from: <https://www.kdca.go.kr/>. Accessed Apr. 13, 2023.

Kim MJ, Jang MS. 2005. Quality characteristics of sponge cakes with addition of corn starch. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 34: 1427-1433.

Kim SK, Kim HR, Bang JB. 1996. Effects of alkaline reagent on the rheological properties of wheat flour and noodle property. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 58-65.

Kim SH, Kim HS. 2015. Impact of reactive extrusion parameters on the resistant contents and pasting properties of starch citrates. *Food Eng. Prog.* 3: 193-200.

Kim U, Yoon J, Kim H. 2002. A study on the noodle quality made from pea starch-wheat composite flour. *Korean J. Food Cook Sci.* 18: 692-697.

Kumar SB, Prabhasankar P. 2015. Chemically modified wheat flours in noodle processing: effect on *in vitro* starch digestibility and glycemic index. *J. Food Meas. Charact.* 9: 575-585.

Lee KJ, Choi BS, Kim HY. 2012. The effect of modified starch (acetylated distarch adipate) on the quality characteristics of Jeungpyun. *Korean J. Community Living Sci.* 23: 233-243.

Lee MK, Shin MJ, Yoon HH. 2014. Effects of starches on the quality characteristics of raw and cooked noodles. *Culin. Sci. Hosp. Res.* 20: 310-321.

Lim XX, Zulkurnain M, Yussof NS, Utra U. 2023. Effects of dry heating, acetylation, and acid pre-treatments on modification of potato starch with octenyl succinic anhydride (OSA). *e-Polymers*

- 23: 20228090.
- Mun SH, Shin MS. 2000. Quality characteristics of noodle with health-functional enzyme resistant starch. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 328-334.
- Mun SH, Shin MS. 2002. The effects of annealing on resistant starch contents of cross-linked maize starches. *Korean J. Food Sci. Technol.* 34: 431-436.
- Na JH, Jeong GA, Park HJ, Lee CJ. 2021. Impact of esterification with malic acid on the structural characteristics and in vitro digestibilities of different starches. *Int. J. Biol. Macromol.* 174: 540-548.
- Nam SW, Kim E, Kim M. 2015. Physicochemical quality of functional gluten-free noodles added with nondigestible maltodextrin. *J. East Asian Soc. Dietary Life.* 25: 681-690.
- Niu M, Hou GG, Kindelspire J, Krishnan P, Zhao S. 2017. Microstructural, textural, and sensory properties of whole-wheat noodle modified by enzymes and emulsifiers. *Food Chem.* 223: 16-24.
- No J, Shin M. 2017. Physicochemical, pasting, and emulsification properties of octenyl succinic anhydride modified waxy rice starch. *Korean J. Food Sci. Technol.* 49: 463-468.
- Park SJ, Eun JB. 2021. Optimization of mixing ratio in preparation of gluten-free rice udon through response surface methodology. *Korean J. Food Sci. Technol.* 53: 739-748.
- Shin MS, Woo KS, Seib PA. 2002. Supplementations of resistant starches to Asian noodles. *Food Sci. Biotechnol.* 11: 365-370.
- Shin SI, Lee CJ, Kim DI, Lee HA, Cheong JJ, Chung KM, Baik MY, Park CS, Kim CH, Moon TW. 2007. Formation, characterization, and glucose response in mice to rice starch with low digestibility produced by citric acid treatment. *J. Cereal Sci.* 45: 24-33.
- Song JY, Lee SK, Shin MS. 2000. Effects of RS-3 type resistant starches on breadmaking and quality of white pan bread. *Korean J. Soc. Food Sci.* 16: 188-194.
- Sweedman MC, Tizzotti MJ, Schäfer C, Gilbert RG. 2013. Structure and physicochemical properties of octenyl succinic anhydride modified starches: A review. *Carbohydr. Polym.* 92: 905-920.
- Wang C, McClements DJ, Jiao A, Wang J, Jin Z, Qiu C. 2022. Resistant starch and its nanoparticles: Recent advances in their green synthesis and application as functional food ingredients and bioactive delivery systems. *Trends Food Sci. Technol.* 119: 90-100.
- Zhang H, Zhou X, He J, Wang T, Luo X, Wang L, Chen Z. 2017. Impact of amylsucrase modification on the structural and physicochemical properties of native and acid-thinned waxy corn starch. *Food Chem.* 220: 413-419.
- Zhang M, Jia H, Wang B, Ma C, He F, Fan Q, Liu W. 2023. A prospective review on the research progress of citric acid modified starch. *Foods* 12: 458.

Author Information

정경아: 원광대학교 식품생명공학과 대학원(박사과정)

채린: 원광대학교 식품생명공학과 대학원(석사과정)

이창주: 원광대학교 식품생명공학과 교수