

교반 및 초음파 처리에 따른 누룽지의 품질 특성 비교

Comparison of quality characteristics of nurungji according to shaking and ultrasonic treatment

정예림¹⁾ • 최일숙^{2),*}

원광대학교 식품영양학과 석사과정¹⁾ • 원광대학교 생활자원개발연구소 소장 및 식품영양학과 교수^{2),*}

Jeong, Ye Rim¹⁾ • Choi, Il Sook^{2),*}

Department of Food and Nutrition, Wonkwang University¹⁾ •

Institute for better living and Department of Food and Nutrition, Wonkwang University²⁾

Abstract

The purpose of this study was to determine physicochemical and antioxidant properties of nurungji between sonication and shaking treatments. The nurungji was prepared by heat-treating 10g of cooked rice at 215°C for 6 min. The nurungji was treated with sonication and shaking at 60°C up to 5 hrs, respectively. Water content of control nurungji was significantly lower than those of nurungji treated by sonication and shaking. There was a significant difference in pH change between sonication and shaking treatments. The reducing sugar content of nurungji decreased rapidly until 1 hr. It, then continuously decreased as treatment time increased. L*, a*, and b* values were the highest in the control. They decreased until 1 hour after treatment. After that, there was no significant change in either sonication or shaking treatment group. The browning intensity was significantly higher in the shaking treatment than in the sonication treatment. Total polyphenol contents were significantly decreased until 3 hours after treatment in both sonication and shaking groups. Antioxidant activities, such as DPPH radical scavenging activity, ABTS radical scavenging activity, Ferric Reducing Antioxidant Power, and reducing power showed similar trends.

Keywords: Nurungji, Sonication and shaking treatment, Physicochemical, Antioxidant characteristics.

I. 서론

최근 소비자들의 인구 구조 변화, 식생활 패턴 변화 등에 의해 1인당 쌀 소비량은 감소하고 있는 추세이다(한국농촌경제연구원, 2020). 이러한 쌀 소비량 감소의 대안책 중 하나로 쌀 가공식품 산업이 대두되고 있고, 쌀 가공식품에 사용되는 쌀의 소비량은 2023년 기준 전년 대비 18.2% 증가하였으며, 쌀 가공식품 시장은 계속적으로 성

장하고 있다(농림축산식품부, 2024; 한국농수산식품유통공사, 2023). 누룽지는 쌀 시리얼, 빵튀기 등과 같이 쌀 가공식품 중 하나로, 가마솥을 이용하여 밥을 지을 때, 솥의 밑바닥에 눌어붙은 밥을 말하며, 높은 온도에 의해 쌀 전분이 분해되어 비효소적 갈변반응이 일어나 특유의 고소한 향미와 식감, 색이 형성된다(한국민족문화대백과사전, 2023). 누룽지는 소화가 잘되고 건강한 식품이라는 인식과 바쁜 현대인들의 간편 식사 대용 또는 간식으로 소비

본 논문은 2019년도 한국생활과학회 연구비 지원을 받아 작성된 것임

* Corresponding author: Choi, Il Sook

Tel: +82-63-850-6657, Fax: +82-63-850-6657

E-mail: choiis@wku.ac.kr

© 2024, Korean Association of Human Ecology. All rights reserved.

되며 소비자 관심도 증가와 함께 시장 규모 또한 증가하고 있다(한국농수산식품유통공사, 2020). 누룽지에 대한 연구는 제조 조건 및 방법에 따른 누룽지의 품질 특성 비교 연구(서용광 외, 1996; 차보숙, 1999; 황은선 외, 2020), 시판 누룽지에 대한 품질 특성 연구(양지원, 최일숙, 2016), 기능성 보유 소재, 새싹보리 분말, 강황 분말, 자색 고구마 분말, 녹색 통곡물, 마 분말, 다시마 분말을 첨가한 누룽지의 품질 특성 연구(김명기, 조석철, 2020; 박주선, 강성태, 2021; 용지은, 강성태, 2022a; 용지은, 강성태, 2022b; 이정애, 2018; 이현석 외, 2009; 정예림, 최일숙, 2023) 등과 같은 다양한 연구들이 있다.

초음파 처리는 유체에서 처리 시, 진공상태의 기포가 빠르게 수축과 팽창을 반복하다 붕괴하여 순간적인 에너지가 발생하는 원리를 적용한 것으로, 비교적 식품의 활성 성분 파괴를 최소화하여 품질을 보존하기 위한 방법 중 하나이며, 식품의 세정, 유화, 숙성, 추출, 분산 등에 이용된다(송경모, 2020; 장귀영 외, 2012; Zhou et al, 2009). 초음파 처리에는 약 20kHz~1MHz 범위의 주파수가 주로 사용된다(송경모, 2020). 초음파 처리를 식품에 적용한 연구는 초음파를 이용한 식품의 세척(오소영 외, 2005; 유광연 외, 2022), 성분 추출(강경명 외, 2012; 박성진 외, 2017), 유화(김정수 외, 2022) 등과 같이 다양한 연구들이 보고되어 있으나, 초음파 처리를 적용한 누룽지의 품질 특성에 관한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 교반 및 초음파 처리한 누룽지의 이화학적 및 항산화 특성을 비롯한 품질 특성 비교 분석을 진행하였고, 이를 통해 교반 및 초음파 처리하였을 때 누룽지의 총 가용성 고형분 및 환원당 함량 등 성분 변화를 확인하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료

본 연구에서는 2021년 5월 31일에 도정한 신동진 쌀(Bobssam, Gwangju, Korea)을 온라인 구매하여 2℃에서 냉장보관(WS-832RF, WooSung Inc., Pyeongtaek, Korea)하며 사용하였고, 누룽지는 누룽지 제조기(BE-5200, BETHEL-COOK Inc., Hwaseong, Korea)를 사용하여 제조하였으며, Shaker(SHO-2D, DAIHAN Scientific Co. Ltd., Wonju, Korea)와 Sonicator(8510R-DTH, Branson Ultrasonics Corp., Gunpo, Korea)을 사용하였다.

2. 누룽지 제조

쌀은 30초씩 총 5회 수세하여 쌀과 물 비율을 1:1.2로 하여 전기밥솥(HRC-NMI0601, Cuchen Co., Ltd., Gangnam, Korea)에서 밥을 제조하였고, 누룽지 제조기(BE-5200, BETHEL-COOK Inc., Hwaseong, Korea)를 사용하여 밥 10 g을 약 214±2℃에서 6분간 가열해 1차 누룽지를 제조하였다. 누룽지 3 g과 증류수 27 g을 상온(22.5±3.5℃)에서 0, 1, 3, 5시간 동안 각각 교반 처리와 초음파 처리를 하였고, 일정한 형태로 성형하여 60℃의 열풍 건조기(OF-22GW, JEIO TECH Co. Ltd., Daejeon, Korea)에서 6시간 동안 건조하여 2차 누룽지를 제조하였다(그림 1). 2차 누룽지의 건조 온도 및 건조 시간은 예비 실험을 통해 설정하였다. 2차 누룽지는 분쇄기(SFM-700SS, Hanil Electric Co. Ltd., Bucheon, Korea)와 막자 사발을 사용하여 분쇄한 다음, 500 µm mesh 체를 사용해 균질화하였다. 누룽지 분말 4 g에 증류수를 첨가하여 1시간을 교반(SHO-2D, DAIHAN Scientific Co. Ltd., Wonju, Korea)한 후, 4℃에서 4,000 rpm으로 5분을 원심 분리(Combi 514R, Hanil Science Co., Ltd., Daejeon, Korea)하였으며, 이를 3회 반복하여 누룽지 분말 대비 10% 상등액을 제조하였다.

3. 수분 및 회분 함량, pH 분석

누룽지의 수분 및 회분함량 측정은 AOAC(2000)법에 따라 진행하였고, 수분함량은 상압가열건조법을 이용하여 누룽지 분말 1 g을 105℃의 드라이 오븐(OF-22GW, JEIO TECH Co. Ltd., Daejeon, Korea)에 24시간 동안 건조하여 측정하였으며, 회분함량은 직접 회화법을 이용해 누룽지 분말을 550℃의 회화로(J-FM2, JISICO BLDG, Seoul, Korea)에서 24시간 동안 탄화해 측정하였다. pH 측정은 10% 누룽지 상등액 3mL를 pH 측정기(S220-K, Mettler Toledo International, Inc, Seoul, Korea)로 측정하였다.

4. 가용성 고형분 함량 및 환원당 함량 분석

가용성 고형분 함량은 디지털 전자 당도 측정기(SCM-1000, HM Digital Inc., Seoul, Korea)의 프리즘 위에 10% 누룽지 상등액 200 µL를 분주하여 측정하였다. 환원당 함량은 DNS(3,5-dinitrosalicylic acid)법을 참고하였고,

10% 누룽지 상등액 3 mL에 DNS(3,5-dinitrosalicylic acid) 시약 3 mL를 첨가하여 90℃의 항온수조(WCB-22, DAIHAN Scientific, Wonju, Korea)에 5분간 반응시킨 후, Rochelle salt 1 mL를 혼합하였으며, 540 nm에서 흡광도(UV-1800, Shimadzu Corp, Tokyo, Japan)를 측정하였다. 측정된 흡광도는 Glucose (mg/mL)에 대한 표준곡선을 이용하여 계산하였다.

5. 색도, 갈색도 분석

색도는 페트리 디쉬(35×10mm)에 누룽지 분말을 고르게 채워 색차계(CR-10 Plus, Konica Minolita Holdings, Inc, Tokyo, Japan)로 명도(L^*), 적색도(a^*), 황색도(b^*) 값을 측정하였다. 이때 사용한 백색판의 명도 값은 93.2~93.7, 적색도 값은 -0.6, 황색도 값은 -2.6~5.0이었다. 갈색도는 10% 누룽지 상등액 1 mL를 420nm에서 흡광도(UV-1800, Shimadzu Corp, Tokyo, Japan) 측정을 하였다.

6. 총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량 측정은 Dewanto et al.(2002) 방법을 변형하여 사용하였고, 10% 누룽지 상등액 100 μ L와

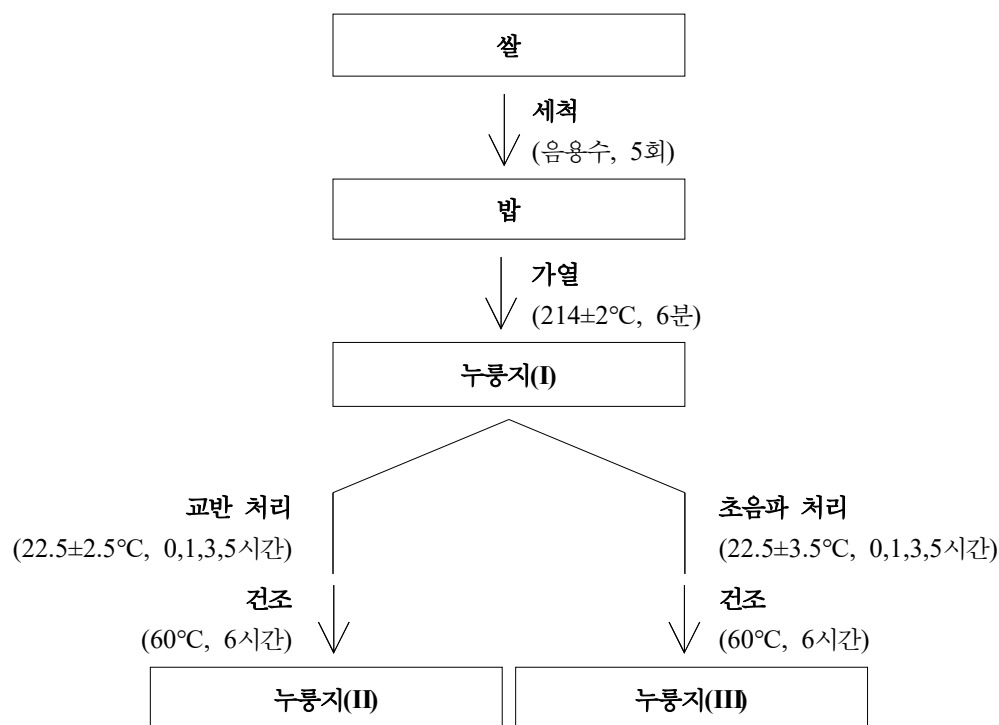
Folin-Ciocalteu's reagent 50 μ L를 혼합하여 3분 반응시켰고, 1mL의 2% Na_2CO_3 를 혼합하여 암실에서 30분간 방치한 후, 750 nm에서 흡광도(UV-1800, Shimadzu Corp, Tokyo, Japan)를 측정하였다. 측정된 흡광도는 Gallic acid (mg/mL)에 대한 표준곡선을 이용하여 함량을 계산하였다.

7. DPPH 라디칼 소거능

DPPH 라디칼 소거능 측정은 Blois(1958)의 방법을 변형하여 사용하였고, 0.2 mM의 DPPH 시약 제조 후, 메틸알코올을 첨가하여 517 nm에서 흡광도 값이 1.0 ± 0.02 가 되도록 하였다, 10% 누룽지 상등액 100 μ L와 DPPH 시약 1 mL를 혼합하여 암실에서 30분간 방치하였고, 517 nm에서 흡광도(UV-1800, Shimadzu Corp, Tokyo, Japan)를 측정하였다. 측정된 흡광도는 blank(증류수)의 흡광도를 이용하여 함량을 계산하였다.

8. ABTS 라디칼 소거능

ABTS(2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) 라디칼 소거능 측정은 Re R et al.(1999) 방법



[그림 1] 누룽지 제조과정

을 변형하여 사용하였고, ABTS⁺(ABTS cation radical)는 7 mM의 ABTS와 2.4 mM의 Potassium persulfate를 1:1 비율로 혼합한 다음, 암실에서 12시간 반응시켰다. 이를 흡광도 값이 0.7이 되도록 PBS 용액을 첨가하여 시약을 제조하였다. 10% 누룽지 상등액 100 μ L와 ABTS⁺ 용액 1 mL를 혼합하여 암실에서 30분간 방치한 다음, 735 nm에서 흡광도(UV-1800, Shimadzu Corp, Tokyo, Japan)를 측정하였다. 측정된 흡광도는 Trolox (mg/mL)에 대한 표준곡선을 이용하여 함량을 계산하였다.

9. 환원력

환원력 측정은 Oyaizu(1986)의 방법을 참고하여 측정하였고, 0.2 M의 sodium phosphate buffer는 pH 측정기(S220-K. Mettler Toledo International, Inc, Seoul, Korea)로 측정하였을 때 pH 6.6이 되도록 제조하였고, 이를 10% 누룽지 상등액 100 μ L에 300 μ L 혼합하였으며, 1% potassium ferricyanide를 300 μ L 첨가해 50℃의 항온수조(WCB-22, DAIHAN Scientific, Wonju, Korea)에서 20분간 반응시켰다. 10% Trichloroacetic acid(TCA) 300 μ L, 0.1% Ferric chloride 100 μ L를 첨가하고, 700 nm에서 흡광도(UV-1800, Shimadzu Corp, Tokyo, Japan)를 측정하였다. 측정된 흡광도는 Trolox (mg/mL)에 대한 표준곡선으로부터 함량을 계산하였다.

10. 통계처리

본 실험에서는 모든 시료 측정을 4회 반복하였고, 측정 결과는 평균±편차로 나타내었고, SPSS Statistics(ver. 20.0, IBM, Armonk, NY, USA)를 이용하였다. 분산분석(ANOVA)을 이용하여 유의수준 $p = 0.05$ 에서 시료 간의 차이를 나타내었고, 평균치 간의 유의적 차이는 Duncan's multiple range test를 이용하여 검증하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 수분 및 회분함량, pH

처리 방법 및 시간에 따른 누룽지의 수분 및 회분함량, pH 결과는 <표 1>과 같다. 누룽지의 교반(shaking) 시 수분함량은 1.97~3.76% 범위이었고, 초음파(sonication) 처리 시 수분함량은 1.76~4.24% 범위로 나타났으며, 처리 시간이 증가함에 따라 수분함량 또한 유의적으로 증가하는 경향이 나타났다($p < 0.05$). 그러나 처리 방법에 따른 누룽지의 수분함량은 크게 차이가 나타나지 않았다. 시판 누룽지 5종의 수분함량을 비교한 양지원, 최일숙(2016)의 결과 1.45~11.40% 범위와 유사한 경향을 나타냈다. 가열시간에 따른 누룽지의 특성에 대해 보고한 황은선 외

<표 1> 처리방법 및 시간에 따른 누룽지의 수분함량, 회분함량, pH

	Time (hr)	Shaking	Sonication
수분함량(%)	0	1.97±0.16 ^{aC1)}	1.76±0.15 ^{aC}
	1	2.87±0.32 ^{aB}	3.05±0.09 ^{aB}
	3	3.58±0.18 ^{bA}	4.94±0.65 ^{aA}
	5	3.76±0.23 ^{aA}	4.24±0.74 ^{aA}
회분함량(%)	0	0.28±0.01 ^{aA}	0.29±0.07 ^{aA}
	1	0.23±0.03 ^{aBC}	0.26±0.07 ^{aA}
	3	0.21±0.02 ^{aC}	0.15±0.02 ^{bB}
	5	0.24±0.01 ^{aB}	0.15±0.04 ^{bB}
pH	0	6.75±0.03 ^{aA}	6.64±0.03 ^{bA}
	1	6.53±0.01 ^{aB}	6.37±0.03 ^{bC}
	3	6.51±0.04 ^{aBC}	6.43±0.01 ^{bB}
	5	6.47±0.02 ^{aC}	6.42±0.02 ^{bB}

¹⁾ Different superscript letters in the each column(^{A-C}) and each row(^{a-b}) indicate significantly different ($p < 0.05$).

(2020)의 결과와 비교하여 2~8분 가열한 누룽지의 수분 함량과 유사한 값을 나타냈다. 누룽지의 회분함량은 비교군에서 0.28~0.29% 범위이었으며, 교반 및 초음파의 처리 시간이 증가함에 따라 회분함량은 유의적으로 감소하는 경향을 보여 수분함량과 반대되는 결과가 나타났다($p<0.05$). 처리 방법에 따른 누룽지의 회분함량은 처리 시간 3시간 이후부터 교반 처리한 시료군에서 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 누룽지의 pH는 비교군에서 6.64~6.75 범위로 나타났으나, 교반 및 초음파처리 시간이 증가함에 따라 pH가 감소하는 경향이 나타났고, 처리 방법에 따른 누룽지의 pH는 교반 처리한 시료군에서 유의적으로 높은 측정치가 나타났다($p<0.05$). 황은선 외(2020)의 가열시간에 따른 누룽지의 pH는 6.14~6.43으로 보고하였고, 본 연구 결과와 유사하였다.

2. 총 가용성 고형분 함량 및 환원당 함량

누룽지의 총 가용성 고형분 함량 및 환원당 함량 결과는 <표 2>와 같다. 처리 방법 및 시간에 따른 누룽지의 총 가용성 고형분 함량은 비교군에서 1.03~1.08 °Brix 범위이었고, 처리 방법 및 시간에 따른 총 가용성 고형분의 유의적 차이는 나타나지 않았다. 처리 방법 및 시간에 따른 누룽지의 환원당 함량은 비교군에서 3.42~3.45 G.E. mg/g 범위이었으나, 교반 및 초음파의 처리 시간이 증가함에 따라 환원당 함량은 유의적으로 감소하는 경향이 나타났다($p<0.05$). 처리 방법에 따른 1시간과 3시간에서 교반 처리한 누룽지의 환원당 함량은 초음파 처리한 누룽지보다 유의적 낮게 나타났으나, 5시간 처리에서는 교반 및 초음파

처리 간 유의적 차이가 나타나지 않았다($p<0.05$). 이러한 결과는 생감자와 비교하여 열탕 처리 시간이 증가할수록 감자의 환원당이 감소한다고 보고한 남경아, 노원섭(1992)의 결과와 유사하며, 이는 생감자를 열탕 처리함으로써 갈변에 영향을 주는 polyphenol oxidase가 불활성화되기 때문으로 보고되어 있다(박은배 외, 1991).

3. 색도 및 갈색도

누룽지의 처리 방법 및 시간에 따른 색도 및 갈색도 결과는 [그림 2]와 같다. 누룽지의 명도(L^*)는 비교군에서 56.15~56.53의 범위로 유의적으로 가장 높게 나타났으며, 처리 시간이 증가할수록 명도는 감소하는 것으로 나타났으나, 유의적 차이는 나타나지 않았다. 처리 방법에 따른 누룽지의 명도 또한 유의적 차이가 나타나지 않았다. 적색도(a^*)와 황색도(b^*)도 처리시간이 증가함에 따라 적색도와 황색도 모두 감소하는 경향이 나타났고, 처리 방법에 따른 누룽지의 적색도와 황색도는 초음파 처리군에서 높게 나타났으나, 유의적 차이는 나타나지 않았다. 다시마(정예림, 최일숙, 2023), 자색 고구마(용지은, 강성태, 2022b)와 같은 부산물을 첨가한 누룽지와 유사한 명도 값이 나타났으며, 2~5분 가열한 누룽지의 색도와 유사하였다(황은선 외, 2020). 또한 초음파 처리 시간이 증가할수록 아쿠아파바의 명도, 적색도, 황색도가 감소한다고 보고한 김정수 외(2022)의 결과와 유사하였다. 처리 방법 및 시간에 따른 누룽지의 갈색도는 비교군에 비해 처리시간이 증가함에 따라 갈색도 또한 유의적으로 증가하는 경향이 나타났고($p<0.05$), 처리 방법에 따른 누룽지의 갈색도

<표 2> 처리방법 및 시간에 따른 누룽지의 총 가용성 고형분 및 환원당 함량

	Time (hr)	Shaking	Sonication
총 가용성 고형분 함량(°Brix)	0	1.03±0.10 ^{aAB1)}	1.08±0.05 ^{aA}
	1	0.95±0.06 ^{bB}	1.08±0.05 ^{aA}
	3	1.08±0.05 ^{aA}	0.98±0.10 ^{aB}
	5	1.08±0.05 ^{aA}	1.03±0.05 ^{aAB}
환원당 함량(G.E. mg/g)	0	3.45±0.03 ^{aA}	3.42±0.09 ^{aA}
	1	2.22±0.08 ^{bB}	2.64±0.03 ^{aB}
	3	2.06±0.04 ^{bC}	2.29±0.11 ^{aC}
	5	2.06±0.03 ^{aC}	2.03±0.06 ^{aD}

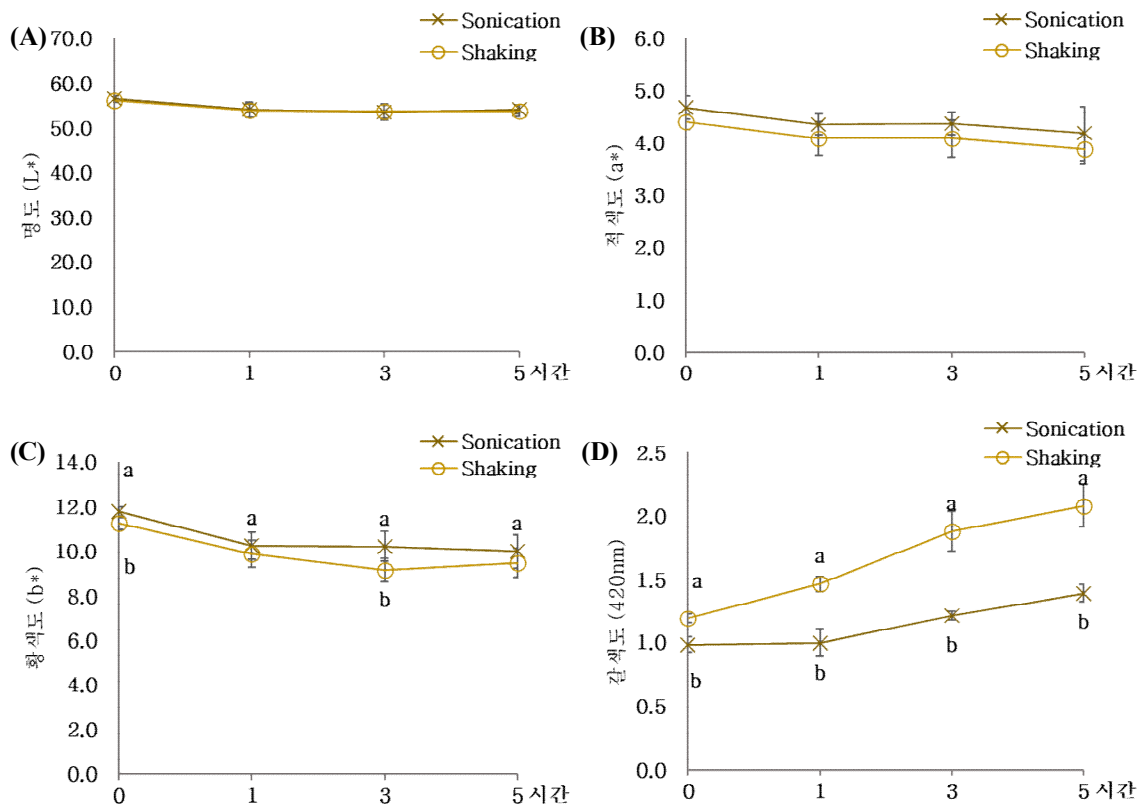
¹⁾ Defferent superscript letters in the each column(^{A-C}) and each row(^{a-b}) indicate significantly different ($p<0.05$).

는 교반 처리군에서 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 정예림, 최일숙(2023)은 다시마 첨가 누룽지의 갈색도를 2.28~2.48 범위로 보고하였으며, 이는 3~5시간 처리군의 갈색도와 유사하였다. 이주영 외(2023)는 무처리군 가바쌀과 비교하여 초음파 단독 처리군의 적색도 및 황색도가 유의적으로 낮다고 보고하였고, 정사무엘 외(2019) 또한 열수처리와 비교하여 초음파 처리한 계육의 적색도 및 황색도가 보다 낮게 측정되었다고 보고하였다.

4. 항산화 특성

누룽지의 항산화 성분인 총폴리페놀 함량과 항산화 활성의 결과는 [그림 3]과 같다. 처리 방법 및 시간에 따른 누룽지의 총 폴리페놀 함량은 1.69~2.33 G.A. mg/g 범위이었으며, 처리 시간이 증가함에 따라 총 폴리페놀 함량은 유의적으로 감소하는 경향이 나타났고, 처리 방법에 따른 누룽지의 총 폴리페놀 함량은 초음파 처리군에서 유의적으로 높게 측정되었다($p<0.05$). 이는 누룽지를 정제수와

함께 초음파 또는 교반 처리하는 과정에서 누룽지 내 수용성 폴리페놀 성분이 용출되었기 때문으로 사료된다(임소리 외, 2018). 처리 방법 및 시간에 따른 누룽지의 DPPH 라디칼 소거능은 11.56~29.72% 범위로 처리 시간이 증가함에 따라 DPPH 라디칼 소거능은 유의적으로 감소하여 총 폴리페놀 함량 결과와 유사하게 나타났다($p<0.05$). 처리 방법에 따른 누룽지의 DPPH 라디칼 소거능은 각각 1시간 교반 및 초음파 처리 시 13.72%, 18.09% 3시간 처리 시 11.56%, 13.16%이었으므로 초음파 처리군에서 유의적으로 높게 측정되었으나, 5시간 처리 시 처리 방법에 따른 유의적 차이는 나타나지 않았다($p<0.05$). 처리 방법 및 시간에 따른 누룽지의 ABTS 라디칼 소거능은 2.10~3.58 T.E. mM 범위로 처리 시간이 증가함에 따라 ABTS 라디칼 소거능은 유의적으로 감소하는 경향이 나타났고($p<0.05$), 처리 방법에 따른 누룽지의 ABTS 라디칼 소거능은 초음파 처리군에서 유의적으로 높게 측정되었다($p<0.05$). 처리 방법 및 시간에 따른 누룽지의 환원력은 2.12~4.21 T.E. mM 범위로 처리시간이 증가함에 따라 환원력은 감소하는 경



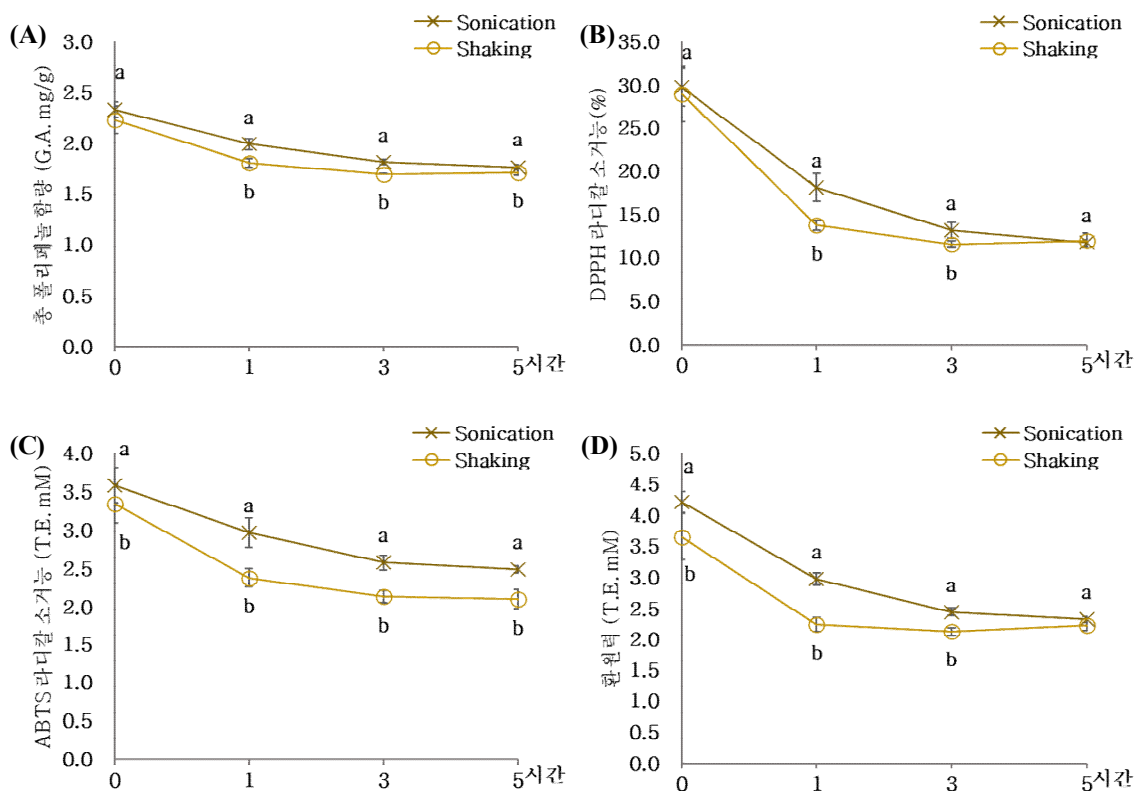
[그림 2] 처리방법 및 시간에 따른 누룽지의 색도, 갈색도; (A) 명도, (B) 적색도, (C) 황색도, (D) 갈색도
abMeans with different superscripts in the hour are significantly different at the $p<0.05$.

향이 나타났고, 처리 방법에 따른 누룽지의 환원력은 초음파 처리군에서 유의적으로 높게 측정되었으나, 5시간 처리한 경우 처리 방법에 따른 유의적 차이가 나타나지 않았다($p < 0.05$). 본 연구 결과에 의하면 누룽지를 교반 및 초음파 처리함으로써 항산화 성분과 활성이 감소하는 것으로 나타났고, 박성진 외(2017)와 강경명 외(2012)는 교반 또는 초음파를 이용한 아가위나무 열매, 개두릅 추출물의 항산화 성분 또는 활성이 높게 나타났다고 보고하였다. 본 연구에서는 교반 및 초음파 처리한 후 누룽지를 정제수와 분리하여 건조해 사용하였다. 따라서 본 연구의 항산화 결과는 누룽지를 초음파 처리하는 과정 중 수용성 항산화 성분이 정제수로 용출되어 처리 시간이 증가할수록 DPPH 라디칼 소거능이 감소하는 것으로 사료된다.

IV. 결론 및 요약

본 연구는 교반 및 초음파 처리한 누룽지의 이화학적 및

항산화 특성을 비롯한 품질특성을 비교 분석하고자 하였다. 누룽지의 교반 및 초음파를 처리함으로써 누룽지의 수분 함량은 처리 시간이 증가할수록 유의적으로 증가한 반면, 회분함량은 처리 시간이 증가할수록 감소하는 경향이 나타났다. 누룽지의 pH는 또한 처리 시간이 증가할수록 감소하는 경향이 나타났다. 환원당 함량은 비교군 누룽지에 비하여 처리 시간이 증가할수록 유의적 감소를 나타냈으며, 교반 처리의 경우 1시간과 3시간 처리에서 초음파 처리군에 비해 유의적으로 낮았으나, 5시간 처리에서는 유의적 차이가 나타나지 않았다. 누룽지의 명도, 적색도, 황색도를 비롯한 색도는 처리 시간이 증가함에 따라 유의적 감소를 나타낸 반면, 교반 및 초음파에 따른 유의적 변화는 나타나지 않았다. 갈색도는 처리 시간이 증가할수록 갈색도 또한 유의적으로 증가하였으며, 초음파 처리보다 교반 처리에서 유의적 증가를 나타냈다. 누룽지의 총 폴리페놀 함량 및 항산화 활성은 처리 시간이 증가할수록 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다. 처리 방법에 따라서는 교반 처리한 경우, 누룽지의 pH, 갈색도 등의 이화학적 특성



[그림 3] 처리방법 및 시간에 따른 누룽지의 항산화 성분 및 활성;

(A) 총 폴리페놀 함량, (B) DPPH 라디칼 소거능, (C) ABTS 라디칼 소거능, (D) 환원력
abMeans with different superscripts in the hour are significantly different at the $p < 0.05$.

이 유의적으로 높게 나타났고, 초음파 처리한 경우, 누룽지의 환원당 함량, 총 폴리페놀 함량, DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능 등의 이화학적 및 항산화 특성이 높게 나타났다. 본 연구 결과에 의하면, 누룽지의 처리 시간이 증가할수록 수분함량, 갈색도는 증가하는 반면, 회분함량, pH, 색도, 총 폴리페놀 함량, DPPH 라디칼 소거능, ABTS 라디칼 소거능 등의 품질 특성이 감소하는 것으로 나타났고, 교반 처리와 비교하여 초음파 처리에서 항산화 성분 및 항산화 활성의 감소율이 낮게 나타났다. 이를 통해 교반 처리 보다는 초음파 처리와 함께 처리 시간의 단축이 항산화 특성의 품질특성에 효과적이라고 사료된다. 또한 소비자 기호도 분석을 통하여 소비자 기호에 충족할 수 있는 연구가 필요하리라 사료된다.

REFERENCES

- 강경명, 노홍균, 박창수, 윤광섭, ... 이신호(2012). 추출 방법이 개두릅 추출물의 항산화 활성에 미치는 영향. *한국식품영양과학회지*, 41(12), 1686-1692.
- 김명기, 조석철(2020). 다양한 소재가 첨가된 누룽지의 이화학적 특성 분석. *융합정보논문지*, 10(2), 102-108.
- 김정수, 김지윤, 정세울, 김민현, ... 문광덕(2022). 초음파 처리 시간을 달리한 병아리콩 아쿠아파바를 사용하여 제조한 식물성 마늘 마요네즈의 품질 특성. *한국식품저장유통학회지*, 29(3), 381-394.
- 남경아, 노원섭(1992). 감자의 전처리 방법에 따른 환원당 함량과 potato chip의 색상. *한국응용생명화학회지*, 35(6), 437-442.
- 농림축산식품부(2024). 쌀 소비량 소폭 감소, 다양한 쌀 소비 정책 발굴 <https://www.mafra.go.kr/bbs/home/792/569290/artclView.do> 에서 인출.
- 박성진, 권성필, 나영아(2017). 초음파추출 공정을 이용한 아가위나무 열매의 항산화 활성 증진. *한국식품영양과학회지*, 46(7), 891-895.
- 박주선, 강성태(2021). 새싹보리 분말을 첨가한 누룽지의 품질특성. *산업식품공학회지*, 25(1), 1-7.
- 서용광, 박영희, 오영준(1996). 취반조건에 따른 복원력이 빠른 누룽지 개발에 관한 연구. *한국영양식량학회지*, 25(1), 58-62.
- 송경모(2020). 초음파를 활용한 식품 살균 기술의 연구 현황. *식품과학과 산업*, 53(5), 277-283.
- 양지원, 최일숙(2016). 국내 시판 누룽지의 물리화학적 특성 및 항산화 성질 연구. *한국식품조리과학회지*, 32(5), 575-584.
- 오소영, 최선태, 김지강, 임채일(2005). 찜채소의 세척방법에 따른 잔류농약 및 미생물 제거 효과. *원예과학기술지*, 23(3), 250-255.
- 용지은, 강성태(2022a). 분말 첨가시기와 함량을 달리하여 제조한 자색고구마 누룽지의 항산화 활성 및 품질특성. *산업식품공학회지*, 26(2), 91-97.
- 용지은, 강성태(2022b). 강황 누룽지의 가열조건이 폴리페놀, 플라보노이드 함량 및 항산화 활성에 미치는 영향. *산업식품공학회지*, 26(4), 228-233.
- 유광연, 황영, 김경미, 조용식, 장현욱(2022). 초음파 및 유기산 처리에 따른 재배유형별 마늘의 저장 중 품질변화. *한국식품과학회지*, 54(1), 80-87.
- 이정애(2018). 녹색 통곡물을 활용한 누룽지의 품질특성. *한국조리학회지*, 24(5), 29-37.
- 이주영, 최은선, 유현희(2023). 효소 및 초음파로 전처리한 가바쌀의 품질특성. *한국생활과학회지*, 32(1), 73-86.
- 이현석, 권기현, 김병삼, 김종훈(2009). 마 분말이 첨가된 즉석 누룽지의 품질특성. *한국식품저장유통학회지*, 16(5), 680-685.
- 임소리, 천용기, 양소정, 한정아(2018). 정도 기반 조리 조건을 달리한 표고버섯의 산화방지 및 영양특성 연구. *한국식품과학회지*, 50(1), 8-13.
- 장귀영, 김현영, 이상훈, 강유리, ... 정현상(2012). 열처리와 추출방법에 따른 몇 가지 약초의 항산화 활성. *한국식품영양과학회지*, 41(7), 914-920.
- 정사무엘, 조정, 이선민, 최윤상(2019). 초음파 처리가 닭 가슴살과 백숙 국물의 품질 특성에 미치는 영향. *한국농업학회지*, 46(3), 539-548.
- 정예림, 최일숙(2023). 다시마 첨가에 따른 잡곡누룽지의 이화학적 및 항산화 특성과 소비자 기호도 평가를 통한 품질 특성 연구. *동아시아생활과학회지*, 33(1), 40-51.
- 차보숙(1999). 쌀가루의 액화와 호화에 의한 누룽지 분말 가공조건 연구. *한국식품영양과학회지*, 15(5), 469-474.
- 한국농수산식품유통공사(2020). 2020 가공식품 세분시장 현황 보고서: 쌀가공식품 <https://www.atfis.or.kr/home/pdf/view.do?path=/board/202112/2021122>

- 1045219055.pdf 에서 인출.
- 한국농수산식품유통공사(2023). 쌀 소비 촉진하고! 환경 보호 실천하고! ‘두 마리 토끼’, https://www.at.or.kr/article/apko362000/view.action?articleId=44154&_gl=1*3p4w2n*ga*MTI0MDc5MDExOC4xNjgyNTAwMDI4*_ga_S4NP85SPHQ*MTY5OTE2NjI0MS4xMC4xLjE2OTkxNjYzNDIuMzAuMC4w 에서 인출.
- 한국농촌경제연구원(2020). 제 12장 쌀 수급 동향과 전망 file:///C:/Users/oiiiri/Downloads/oy2020_12_hwp.pdf 에서 인출.
- 한국민족문화대백과사전(2023). 누룽지, <https://encykorea.aks.ac.kr/Article/E0067930>에서 인출.
- 황은선, 이희경, 문소진(2020). 누룽지 가열시간에 따른 품질 특성, 아크릴아마이드 함량 및 항산화 활성. *한국식품영양과학회지*, 49(6), 601-607.
- AOAC(2020). Official Methods of Analysis. 17th Edition, The Association of Official Analytical Chemists. Gaithersburg, MD, USA.
- Blois M. S.(1958). Antioxidant determination by the use a stable free radical. *J. Nat. 181(4617)*, 1199-1200.
- Dewanto, V., Wu, X., Adom, K. K., & Kiu, R. H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem*, 50(10), 3010-3014.
- Oyaizu, M.(1986). Studies on products of browning reaction: Antioxidant activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *The Jpn. J. Nutr. Diet*, 44(6), 307-315.
- RE, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yan, M., & Rice-Evans, C.(1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *J. Free Radic. Biol. Med*, 26(9-10), 1231-1237.
- Zhou, B., Feng, H., & Lou, Y. (2009). Ultrasound enhanced sanitizer efficacy in reduction of *Escherichia coli* O157:H7 population on spinach leaves. *J Food Sci*, 74(6), 308-313.

Received 09 August 2024;

Accepted 04 September 2024