

강력분을 이용한 다단압출 생면 스파게티 개발

박 지 현[†]

중앙대학교 식품영양학과 강사

Development of Fresh Spaghetti Using Bread Flour by Multi-Step Extruder Method

Ji-Hyun Park[†]

Part-Time Instructor, Department of Food and Nutrition, Chung-Ang University, Anseong 17546, Republic of Korea

ABSTRACT

In this study, a comparative evaluation of multi-step extruded spaghetti prepared with bread flour, traditional spaghetti, and commercial spaghetti was carried out. Multi-step extruded wheat flour spaghetti (MWS) showed the highest pH value at 6.54 which was significantly higher than that of the conventional pasta-making spaghetti (CPS) and commercial semolina spaghetti (CSS) ($p < 0.05$). This could be due to the influence of cold soda, a minor ingredient. The water activity of CPS, 0.77 ± 0.02 , was significantly lower than those of MWS and CSS. Chromaticity showed significantly different results in MWS than in the CPS and CSS. This was influenced by a gardenia yellow color added to MWS. The changes in the volume and weight after cooking were the largest in CPS, followed by CSS and MWS. The change in the volume and weight of MWS was significantly different ($p < 0.05$). In addition, an analysis of cooking characteristics revealed that MWS (152.00%) and CSS (148.00%) had significantly higher water absorption and significantly lower turbidity values. Texture measurement showed that the hardness and springiness were similar, and the gumminess of MWS and CSS were 14.05 and 13.74, respectively, which were significantly lower than CPS (16.46) ($p < 0.05$). There was no significant difference between MWS and CSS in terms of flavors, taste, and overall acceptability. The appearance of MWS evoked a lower sensual preference compared to the CSS and hence, further research on the minor ingredients and additives of multi-stage extruded spaghetti is necessary. When subjected to scanning electron microscopy (SEM), CPS showed wide pores and poor homogeneity, and MWS and CSS showed denser and more homogeneous honeycomb microstructures. In conclusion, spaghetti prepared by multi-step extrusion can be a replacement for semolina spaghetti.

Key words: pasta, fresh spaghetti, multi-step extruder, cooking properties, sensory evaluation

서 론

스파게티는 조리적 편리성과 기호성으로 인해 전세계적으로 알려진 이탈리아의 전통 음식이다(Rafiq A 등 2017). 영양학적 특성으로 낮은 혈당 지수(GI) 때문에 많은 연구자들이 관심을 갖는 탄수화물 공급원이기도 하다(Brennan CS 등 2004). 경제수준의 향상과 생활양식의 변화와 함께 소비자들의 기호도 고급화되어 식생활의 변화를 가져와 파스타의 형태도 건면 중심 소비에서 생면 중심 소비로 바뀌고 있다(Kim JS 등 2008). 전통적인 파스타 제품은 주로 듀럼밀을 이용한 세몰리나로 생산되는 제품이며 이는 뛰어난 텍스처, 좋은 색상, 조리 특성이 뛰어나며 이런 점은 소비자의 선택에 중요한 역할을 한다(Chillo S 등 2010, El-Sohaimy SA 등

2020). 듀럼밀 단백질을 기반으로 만들어지는 파스타는 혼합 및 압출 과정에서 최적의 반죽뿐만 아니라 우수한 매트릭스 네트워크를 형성할 수 있는 점탄성을 가지는 것이 특징이다(Mariotti M 등 2011).

우리나라 및 아시아에서 소비되는 파스타의 대부분은 일반 밀에 비해 가격 단가가 높고 수입에 의존해야 하는 듀럼밀로 만들어진(Carter CA & Ferguson SM 2020). 이에 듀럼밀 세몰리나를 대신하여 일반 밀가루로 파스타를 만든다면 수입 의존도를 줄일 수 있으며, 또한 우리밀 이용 가능성을 높혀 관련 산업을 촉진할 수 있을 것으로 생각된다. 하지만 일반 밀가루로 대체한 파스타는 일반적으로 파스타 구조 특성에 영향을 주는 글루텐 함량이 적고 단백질 효율이 낮게 나타나는 문제점이 있으며(Sapirstein HD 등 2007) 파스타의 밀단백질 관련 선행연구에서는 주로 듀럼밀 세몰리나를 대체할 고단백 및 적절한 구조를 가진 밀가루를 이용한 파스

[†] Corresponding author : Ji-Hyun Park, Tel: +82-31-670-3270, Fax: +82-31-670-3273, E-mail: cook2022@cau.ac.kr

타 제품 제조에 초점을 맞춘 연구가 대부분이었다(Gallegos-Infante JA 등 2010; Kowalczewski P 등 2015; Kim SK 등 2016). 예를 들어 듀럼밀을 부분적으로 메밀(buckwheat)로 대체하여 유사한 조리 저항성, 점착성 및 조리 손실을 등을 연구하거나(Chillo S 등 2010), 혼합 메밀(buckwheat)과 다양한 종의 옥수수 가루(corn flour, maize flour)를 사용하여 단백질과 섬유질 함량이 높은 파스타를 연구하기도 하였다(Arcangelis ED 등 2020). 또는 생리적으로 기능성이 우수한 식품인 붉은 고추 착즙액, 자색고구마 추출물, 큰느타리버섯 분말을 첨가한 파스타의 품질 특성을 분석한 연구가 보고되고 있다(Kim JS & Lee JO 2008; Kim SH 등 2016; Kim JY & Yoo SS 2018). 그러나 일반밀로 파스타를 만들 경우 듀럼밀 세몰리나 파스타의 글루텐 함량보다 낮기 때문에 야기되는 텍스처 및 품질 특성의 연구는 미흡한 상태이다.

본 연구에서는 파스타 생산에서 듀럼밀을 대체하여 일반밀을 이용하였을 때 발생하는 재료의 영향을 줄이기 위해 글루텐 함량이 적은 곡류의 국수를 제조하는 방법인 다단압출 방법(multi-step extrusion)을 이용하여 생면 스파게티를 제조하였다. 본 연구에서 이용한 다단압출 기계는 현미, 보리와 같은 점탄성이 떨어지는 곡류를 이용하여 여러 형태의 면류를 제조하게 하는 장치이다(Kim HJ & Lee JO 2008). 이를 이용하여 강력분을 이용한 생면 스파게티를 개발하였으며, 시판 스파게티(건면), 전통적인 파스타 기계를 이용하여 제조한 스파게티(생면)의 조리 전후 품질 특성을 비교 연구하여 스파게티 건면의 물성을 가진 스파게티 생면을 개발하고자 하였으며 세몰리나 스파게티의 대체 가능성을 확인하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에서 사용된 강력분(CJ cheiljedang, Yangsan, Korea), 세몰리나(Divella S.P.A., Rutigliano, Bari, Italy), 시판 스파게티(Dececco, Fara San Martino, Italy), 옥수수전분(CJ cheiljedang, Gyeonggi-do, Korea), 변성전분(Hyunjin Greenmeal, Seoul, Korea), 글루텐(Hyunjin Greenmeal, Seoul, Korea), 흰자분말(Hyunjin Greenmeal, Seoul, Korea), 노른자분말(Hyunjin Greenmeal, Seoul, Korea), 치자황색소(NATURALS, Hwaseong-si, Korea), 냉소다(Mido, Paju, Korea) 소금(Hanju, Ulsan, Korea)은 시중 마트와 온라인몰에서 구입하여 사용하였다.

2. 스파게티 제조

전통적인 스파게티(conventional pasta-making spaghetti;

CPS)는 반죽기(Kitchen Aid, Model KPRA, St. Joseph, MI, USA)를 이용하여 파스타 반죽(총 100 g: 세몰리나 67.98 g, 물 26.71 g, 소금 2.23 g, 흰자분말 2.00 g, 노른자분말 1.08 g)을 만든 후 파스타 기계(Imperia, Ambrogio di Torino, Italy)에 반죽을 통과하여 2.0 mm 굵기의 스파게티를 제조하였다(Gallegos-Infante JA 등 2010). 다단압출방법을 이용한 생면스�파게티(multi-step extruded wheat flour spaghetti, MWS)의 배합비율은 선행연구를 통하여 다음과 같이 결정하였다(총 100 g : 밀가루 53.18 g, 물 26.71 g, 옥수수전분 7.42 g, 변성전분 5.00 g, 글루텐 2.23 g, 소금 2.23 g, 흰자분말 2.00 g, 노른자분말 1.08 g, 치자황색소 0.08 g, 냉소다 0.07 g). 생면 스파게티는 배합비에 따라 혼합기(Yonhma, Daegu, Korea)에서 반죽하여 다단압출기(Borim ENG, Busan, Korea)를 이용하여 제조된 CPS와 MWS는 시판 건조 스파게티(commercial semolina spaghetti; CSS)와 비교하여 실험하였다.

3. pH와 수분활성

pH는 최적 조리 시간(optimum cooking time; OCT)까지 조리한 시료 15 g을 취하여 증류수 100 mL와 혼합하여 진탕기(Lab Companion Model SI-600R, Jeio Tech Inc., Seoul)로 120 rpm에서 30분간 진탕한 다음 pH meter(pHi 510 pH meter, Beckman Coulter Inc., CA, USA)로 측정하였다. 수분 활성도는 20 mL의 증류수에 최적 조리 시간(optimum cooking time, OCT)까지 조리한 시료 10 g을 첨가하여 3분 동안 균질화한 후 수분활성측정기(Novasina, Novasina Ltd, Switzerland)를 사용하여 측정하였다.

4. 색도

조리 전 시료를 2.0 cm × 2.0 cm로 자른 후 색차계(UltraScan PRO, HunterLab, Virginia, USA)로 측정하였으며 각각의 색도는 L*(lightness), a*(redness), and b*(yellowness) 값으로 나타내었다. 이 때 사용된 표준 백판의 값은 L*=94.42, a*=-0.81, b*=1.66이었다.

5. 조리 특성

1) 스파게티의 최적 조리시간(Optimum Cooking Time; OCT)

AACC 16-50 방법(AACC, 2000)에 따라 스파게티 50 g을 끓는 물 500 mL에 삶아 30초마다 건져내어 2개의 유리판 사이에 끼워 넣고 단면을 관찰하였으며 스파게티 중앙의 흰색 심이 보이지 않을 때까지 조리하여 최적의 조리시간을 결정하였다.

2) 무게와 부피 변화

스파게티의 최적 조리 시간(optimum cooking time, OCT) 까지 조리한 시료를 메스실린더에 넣은 후 부피를 측정하였다. 비조리상태는 CPS와 MWS는 제조 직후, CSS는 시료 그대로의 무게를 uncooked weight로 사용하였다.

Weight increase=

Cooked spaghetti weight - Uncooked spaghetti weight

Volume increase=

Cooked spaghetti volume - Uncooked spaghetti volume

3) 수분흡수율

최적 조리 시간(OCT)으로 조리된 스파게티(cooked spaghetti)는 Kim SH 등(2016)의 방법에 따라 수분흡수율을 측정하였다. 비조리상태는 CPS와 MWS는 제조 직후, CSS는 시료 그대로의 무게를 Uncooked weight로 사용하였다.

Water absorption

$$= \frac{\text{Cooked spaghetti weight} - \text{Uncooked spaghetti weight}}{\text{Uncooked spaghetti weight}}$$

4) 탁도

최적 조리 시간(OCT)으로 조리된 스파게티의 조리수를 Min AY 등(2015)의 방법으로 spectrophotometer(BioTek Instruments, Winooski, VT, USA)를 사용하여 675 nm에서 흡광도를 측정하였다.

6. 텍스처 측정

최적 조리 시간(OCT)으로 조리된 스파게티는 5 cm 길이로 잘라 Texture Analyzer(TAHDi/500, TAHD Co., SMS, UK)를 이용하여 텍스처를 측정하였다. TPA(texture profile analysis)의 방법으로 경도(hardness), 탄력성(springiness), 점성(gumminess)을 측정하였다. 측정 조건은 슬라인더 프루브(P/35, Stable Micro System, Surrey, UK)를 이용하였으며 pretest speed: 2 mm/s, test speed: 1 mm/s, and post speed test speed: 5 mm/s; trigger force: 10 g; strain: 75%, holding time: 2 s auto의 조건으로 측정하였다.

7. 관능검사

관능검사는 중앙대학교 식품영양학과 학생 및 대학원생 70명의 패널을 대상으로 스파게티 기호도 평가를 위하여 7점 척도법을 실시하였다. 평가항목은 외관(appearance), 향

미(flavors), 맛(taste), 경도(hardness), 쫄깃함(chewiness), 탄력성(springiness) 및 전반적인 기호도(overall acceptability)이며 매우 좋다: 7점, 보통이다: 4점, 매우 싫다: 1점으로 나타내었다.

8. 주사전자현미경(Scanning Electron Microscopy; SEM)

최적 조리 시간(OCT)으로 조리된 스파게티의 단면구조는 주사전자현미경(SEM, Hitachi-S-3400N, Hitachi Ltd., Tokyo, Japan)을 이용하여 관찰하였다. 최적 조리 시간(OCT)으로 조리된 스파게티는 급속 동결 건조하였다. 동결건조 시료는 표본 홀더에 스카치테이프를 이용하여 양쪽을 고정시켜 붙이고, 전도성을 띄는 금입자로 코팅하였다. 각각의 스파게티는 5 kV의 가속 전압에서 관찰하였으며 SEM 이미지는 1,000배 배율로 스캔하였다.

9. 통계분석

실험결과는 3회 반복하여 나온 값을 평균±표준편차로 표기하였으며, SAS version 8.0 for Windows(SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 일원 분산 분석(ANOVA)을 한 뒤 Duncan's multiple range test로 사후검정을 실시하였다. 실험 결과값 사이의 유의적인 차이는 $p < 0.05$ 수준에서 검증하였다.

결과 및 고찰

1. pH, 수분 활성 및 색도

pH와 수분활성 분석 결과는 Table 1과 같다. pH는 MWS (multi-step extruded wheat flour spaghetti)가 6.54에서 가장 높은 pH 값을 나타내며 CPS(conventional pasta-making spaghetti)와 CSS(commercial semolina spaghetti) 시료보다 유의적으로 높은 값을 나타내었다($p < 0.05$). 이는 MWS 제조에서 이용되는 냉소다의 영향으로 CO_2 와 같은 가스가 생성되어 이로 인해 결과적으로 pH 값이 상승되었다고 사료된다. 수분 활성도는 CPS가 0.77 ± 0.02 로 MWS, CSS에 비해 유의적으로 낮은 수치를 나타내었다. 이는 CPS가 MWS, CSS 시료와 비교하였을 때 상대적으로 밀가루 함량이 높으며 밀가루가 수분활성도가 낮기 때문에 다른 첨가물이 함유되어있는 MWS, CSS보다 수분 활성도가 상대적으로 낮게 측정된 것으로 판단된다(Marynin AMA 등 2021; Moreira R 등 2010). MWS 및 CSS의 수분 활성도는 각각 $0.95 \pm 0.01 \sim 0.96 \pm 0.00$ 으로 나타났으며 이는 pH 5.2~7.0, 수분 활성 범위가 0.916~0.973로 나타난 Schebor CSC & Chirife JCJ(2000)의 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

Table 1. pH, water activity and color of conventional pasta-making spaghetti, multi-step extruded wheat flour spaghetti and commercial semolina spaghetti

	pH	Water activity (Aw)	Color		
			L*	a*	b*
CPS ¹⁾	5.97±0.04 ^{2)b3)}	0.77±0.02 ^b	79.06±0.40 ^c	4.77±0.24 ^a	45.15±1.14 ^a
MWS	6.54±0.01 ^a	0.95±0.01 ^a	87.04±0.93 ^a	-0.75±0.03 ^c	13.63±1.64 ^c
CSS	5.91±0.02 ^c	0.96±0.00 ^a	80.02±0.15 ^b	2.41±0.22 ^b	28.52±0.55 ^b
F-value	114.32 ^{***}	45.24 ^{***}	154.22 ^{***}	98.67 ^{***}	102.66 ^{***}

¹⁾ CPS: conventional pasta-making spaghetti, MWS: multi-step extruded wheat flour spaghetti, CSS: commercial semolina spaghetti.

²⁾ Mean±S.D. *** $p < 0.001$.

³⁾ Means marked with the different letter in the same column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

색도 측정 결과는 Table 1과 같으며 세 가지 시료가 유의적으로 차이를 보였다($p < 0.001$). 특히 MWS의 L*은 87.04로 다른 CPS와 CSS보다 유의적으로 높은 결과를 나타내었다. 또한 MWS의 a*(-0.75)와 b*(13.63)값은 CPS와 CSS에 비해 유의적으로 낮은 수치를 나타내었으며 이는 주로 첨가물인 강력분과 치자황색소가 색도의 a*, b*값의 연관이 있다고 사료된다. 다른 연구 결과에 따르면 다양한 채소 껍데기를 첨가하면 파스타 색도가 달라지며(Rekha MN 등 2013), 채소 가루를 첨가한 건조 파스타는 회분 함량이 높아져 L*값이 감소하는 결과를 보이기도 하였다(Petitot M 등 2010).

2. 조리 특성

조리 특성은 Table 2와 같다. 조리 후 부피와 무게 변화는 CPS가 가장 많았으며 CSS, MWS의 순서를 보였다. MWS의 부피, 무게 변화는 유의적으로 가장 적었으며 이는 다단압출기의 특징으로 과정 중 열처리가 이루어지기 때문에 조리 후 부피, 무게의 변화가 적은 것으로 사료된다.

수분 흡수율은 조리 시 파스타 성분이 흡수하는 수분의

지표이며 전분의 젤라틴화 및 단백질의 수화에 중요한 영양을 주는 요소이다. 또한 탁도는 스파게티에서 고형물이 물로 이동하는 정도를 확인할 수 있는 요소이다(Jeon KH 등 2014). CPS의 수분 흡수율은 가장 낮았고 탁도가 가장 높았는데, 이는 CPS의 제조 과정이 끓는 물에서 내부 조직을 유지할 수 있는 비교적 조밀한 구조를 가질 수 없는데 원인이 있을 것으로 생각된다. MWS(152.00%) 및 CSS(148.00%)는 유의적으로 수분흡수율은 높고 유의적으로 낮은 탁도값을 나타내었다. 이는 조리 중 높은 수분흡수율과 낮은 탁도의 상관관계를 나타내며 스파게티 조리 시간 동안 적은 침출을 나타내는 결과와 유사하다(Aravind N 등 2012). Marti(Marti A 등 2010)의 쌀가루 제조 특성 연구에서도 고온에서 압출 과정을 통해 친수성 거대분자 구조를 형성할 수 있으며 이는 높은 수분 흡수율과 낮은 조리 손실을 나타내었으며 이는 MWS의 조리 특성과 유사한 결과라 할 수 있겠다.

3. 텍스처 측정

텍스처는 스파게티의 품질 특성 평가에 매우 중요한 지표

Table 2. Cooking properties of conventional pasta-making spaghetti, multi-step extruded wheat flour spaghetti and commercial semolina spaghetti

	Volume increase (mL)	Weight increase (g)	Water absorption (%)	Turbidity (O.D.) (O.D at 675 nm)
CPS ¹⁾	83.33±1.53 ^{2)a3)}	37.35±1.54 ^a	128.33±4.97 ^b	0.63±0.08 ^a
MWS	61.00±1.00 ^c	22.23±1.45 ^b	152.00±4.00 ^a	0.20±0.03 ^b
CSS	73.55±0.58 ^b	35.30±1.49 ^a	148.00±4.00 ^a	0.16±0.02 ^b
F-value	68.50 ^{***}	9.35 ^{**}	7.53 ^{**}	5.88 ^{**}

¹⁾ CPS: conventional pasta-making spaghetti, MWS: multi-step extruded wheat flour spaghetti, CSS: commercial semolina spaghetti.

²⁾ Mean±S.D. ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

³⁾ Means marked with the different letter in the same column are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

중 하나이다(Antognelli C 1980). Table 3과 같이 세 가지 스파게티의 텍스처는 경도(hardness)와 탄력성(springiness)에서 유의적 차이가 없었다($p<0.05$). 이는 다단압출기를 이용하여 강력분으로 제조한 스파게티의 경도(hardness)와 탄력성(springiness)이 전통적인 방식의 세몰리나 스파게티(CPS)와 시판 세몰리나 스파게티(CSS)의 텍스처에 유사하게 도달하였다는 것을 확인할 수 있었다. 점성(gumminess)은 CPS가 16.46으로 유의적으로 높았으며 MWS와 CSS의 각각 14.05와 13.74를 나타내었다($p<0.05$). MWS와 CSS의 점성(gumminess)이 차이가 없는 것으로 나타났으며 이는 시판 스파게티의 물성을 가진 스파게티 생면을 개발하는데 도달한 것으로 보인다. 점성(gumminess)은 조리 손실과 연관 지어 설명할 수 있으며 양의 상관 관계를 나타낸다는 연구결과가 있다(El-Sohaimy SA 등 2020). 본 연구에서 측정된 조리 특성 중 탁도는 조리 손실을 측정할 수 있는 요소 중 하나이며, CPS의 탁도가 0.63으로 유의적으로 높게 나타났고, 이는 CPS의 점성(gumminess)이 높게 평가된 것을 뒷받침해줄 수 있는 결과라고 사료된다.

4. 관능검사

관능검사 결과는 Table 4와 같다. MWS와 CSS는 향미(flavors), 맛(taste), 전반적인 기호도(overall acceptability) 항목에서 유의적인 차이를 보이지 않았다. MWS의 외관(appearance)은 CSS에 비해 관능적인 기호도가 낮는데 이는 강력분과 치자 황색 등으로 구성된 스파게티의 외관이 기호도에 영향을 주었으며, 이는 앞의 색도 결과와 마찬가지로 첨가된 재료의 영향을 받았다고 설명할 수 있겠다. 다른 연구에서도 부재료를 첨가한 여러 가지 파스타들의 관능검사 항목 중 외관의 선호도가 떨어지는 결과와 유사하였다(Howard BM 등 2011; Lawal OM 등 2021; Simonato B 등 2021). 경도(hardness)와 탄력성(springiness)은 CSS, MWS, CPS 순서로 평가되었으며 MWS의 경도(hardness)는 4.7, 탄력성(springiness)은 4.40으로 보통 이상의 평가를 얻었다. 씹힘성(chewiness)은 MWS가 다른 스파게티보다 우위에 있었다($p<0.05$). 이 결과는 새로운 제조 방법인 다단압출이 강력분으로 스파게티를 제조하였을 시 소비자 수용성 측면에서 시판 스파게티와 유사한 결과를 나타내며 향후 대체 상품으로의 가능성

Table 3. Texture profiles of conventional pasta-making spaghetti, multi-step extruded wheat flour spaghetti and commercial semolina spaghetti

	Hardness (N)	Springiness	Gumminess
CPS ¹⁾	26.31±2.50 ²⁾	0.94±0.09	16.46±1.69 ^{a3)}
MWS	28.43±0.22	0.97±0.05	14.05±0.51 ^b
CSS	28.74±0.41	0.99±0.01	13.74±0.48 ^b
<i>F</i> -value	1.98 ^{NS4)}	0.72 ^{NS}	8.63 ^{**}

¹⁾ CPS: conventional pasta-making spaghetti, MWS: multi-step extruded wheat flour spaghetti, CSS: commercial semolina spaghetti.

²⁾ Mean±S.D. ** $p<0.01$.

³⁾ Means marked with the different letter in the same column are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

⁴⁾ NS: not significant.

Table 4. Sensory evaluation of conventional pasta-making spaghetti, multi-step extruded wheat flour spaghetti and commercial semolina spaghetti

	Appearance	Flavour	Taste	Hardness	Chewiness	Springiness	Overall acceptability
CPS ¹⁾	2.60±0.99 ^{2)c3)}	3.80±1.15 ^b	4.73±1.10 ^a	3.90±1.30 ^b	3.67±1.29 ^b	3.87±1.46 ^b	3.47±1.06 ^b
MWS	4.60±1.18 ^b	4.80±1.47 ^a	4.53±1.68 ^a	4.70±1.23 ^{ab}	4.93±1.44 ^a	4.40±1.59 ^{ab}	4.73±1.49 ^a
CSS	6.00±0.85 ^a	5.33±1.05 ^a	4.40±1.30 ^a	5.50±1.30 ^a	4.73±1.71 ^{ab}	5.07±1.28 ^a	5.40±1.50 ^a
<i>F</i> -value	10.31 ^{***}	4.88 ^{**}	1.68 ^{NS4)}	4.27 ^{**}	3.57 ^{**}	4.51 ^{**}	6.58 ^{**}

¹⁾ CPS: conventional pasta-making spaghetti, MWS: multi-step extruded wheat flour spaghetti, CSS: commercial semolina spaghetti.

²⁾ Mean±S.D. * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$.

³⁾ Means marked with the different letter in the same column are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

⁴⁾ NS: not significant.

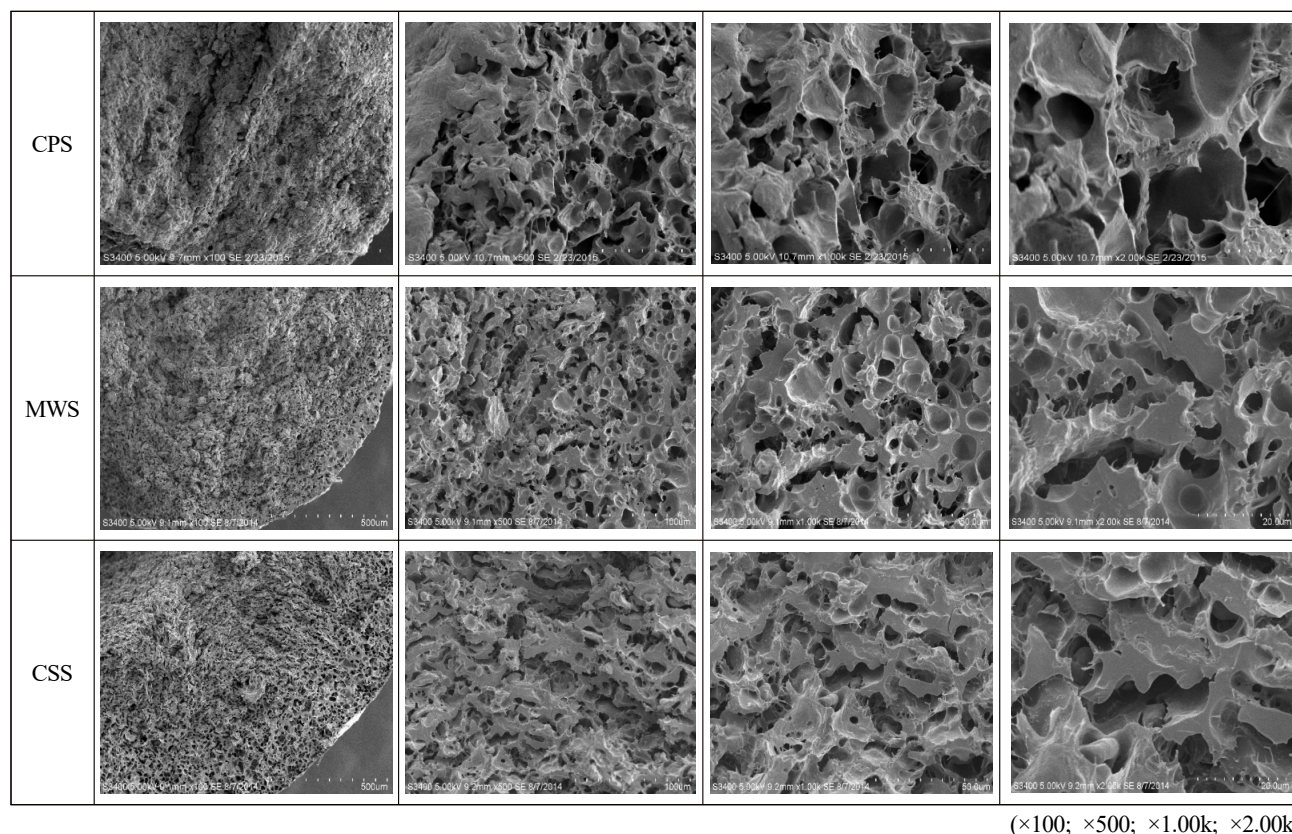
을 확인할 수 있었다.

5. SEM(Scanning Electron Microscopy)

세 가지 스파게티에 대한 4배율의 주사 전자 현미경(SEM)은 Fig. 1과 같다. 모든 시료의 연속적인 글루텐 단백질 네트워크를 보여주고 있다. 하지만 CPS의 경우 첫 번째 배율 사진을 제외하고 배율이 높아지면서 기공이 넓고 균질성이 떨어지는 것을 볼 수 있었다. MWS, CSS 시료의 경우 스파게티 별집 모양의 미세구조가 더 촘촘하고 균질한 것을 확인할 수 있었다. CPS는 다른 시료에 비해 기공이 불규칙적이고 크게 형성되어 있는 것을 볼 수 있으며 이는 전분 및 기타 구성 성분을 더 쉽게 침출될 수 있는 구조를 가지게 되고, 조리 특성에서 수분 흡수율이 가장 낮았고, 높은 탁도를 나타내는 것과 인과 관계가 있다는 것을 확인하였다. MWS의 별집 네트워크와 작은 구멍의 조합들은 CSS와 유사하게 관찰되었다. 이는 다단계 압출 공정으로 스파게티의 조밀한 구조와 유사한 형태로 제조 가능하다는 것을 확인하였고, 압출하는 과정의 조건이 적절할 경우 사전 조리 구조를 얻을 수 있다는 연구 결과와 유사하다(Wójtowicz A & Mościcki L 2009).

요약 및 결론

본 연구에서는 다단계 압출 방법을 이용하여 생면 스파게티를 개발하였으며 이를 전통방식의 스파게티, 시판 스파게티와 품질 특성을 비교 연구하였다. pH는 다단계 압출 스파게티(MWS)가 6.54에서 가장 높은 pH 값을 나타내며 CPS와 CSS 시료보다 유의적으로 높은 수치를 나타냈으며($p<0.05$). 이는 부재료 냉소다의 영향으로 생각된다. 수분 활성도는 CPS가 0.77 ± 0.02 로 MWS, CSS에 비해 유의적으로 낮은 수치를 나타내었다. MWS의 색도는 L^* 은 87.04로 다른 CPS와 CSS 시료보다 유의적으로 높은 결과를 나타내었으며 $a^*(-0.75)$ 와 $b^*(13.63)$ 값도 다른 스파게티와 다른 결과를 나타내었으며 MWS에 첨가한 강력분과 치자황색의 영향이었다. 조리 후 부피와 무게 변화는 CPS가 가장 많았으며 CSS, MWS의 순서를 보였다. MWS의 부피, 무게 변화는 유의적으로 가장 적었다($p<0.05$). 또한 조리 특성에서 MWS(152.00%) 및 CSS(148.00%)는 유의적으로 수분흡수율은 높고 유의적으로 낮은 탁도값을 나타내었다. 텍스처 측정 결과 경도(hardness)와 탄력성(springiness)은 유의적인 차이가 없는 것



($\times 100$; $\times 500$; $\times 1.00k$; $\times 2.00k$)

Fig. 1. Microstructure of conventional pasta-making spaghetti (CPS), multi-step extruded wheat flour spaghetti (MWS) and commercial semolina spaghetti (CSS) in diverse amplification times.

으로 보였으며, MWS와 CSS의 검성(gumminess)은 각각 14.05와 13.74로 유의적으로 CPS(16.46)보다 낮았다($p<0.05$). MWS와 CSS는 향미(flavors), 맛(taste), 전반적인 기호도(overall acceptability) 항목에서 유의적으로 차이를 보이지 않았다. MWS의 외관(appearance)은 CSS 샘플에 비해 관능적인 기호도가 낮았으며 이는 차후 다단압출 스파게티의 부재료와 첨가물에 대한 연구가 필요하다고 생각된다. 주사 전자 현미경(SEM) 결과 CPS는 기공이 넓고 균질성이 떨어지는 것을 볼 수 있었으며 MWS, CSS는 별집 모양의 미세구조가 더 촘촘하고 균질한 것을 확인할 수 있었다. 결론적으로 본 연구는 일반 밀가루인 강력분을 이용하여 다단 압출기술로 스파게티를 제조할 경우 기존의 스파게티를 대체할 수 있는 가능성을 보여주었다.

REFERENCES

- AACC (2000) AACC International Approved Methods of Analysis. 10th ed. American Association of Cereal Chemist, St. Paul, MN, USA.
- Antognelli C (1980) The manufacture and applications of pasta as a food and as a food ingredient: A review. *Intl J Food Sci Technol* 15: 125-145.
- Aravind N, Sissons M, Egan N, Fellows CM, Blazek J, Gilbert EP (2012) Effect of β -glucan on technological, sensory, and structural properties of durum wheat pasta. *Cereal Chem* 89(2): 84-93.
- Arcangelis ED, Cuomo F, Trivisonno MC, Marconi, E, Messina MC (2020) Gelatinization and pasta making conditions for buckwheat gluten-free pasta. *J Cereal Science* 95: 103073.
- Brennan CS, Kuri V, Tudorica CM (2004) Inulin-enriched pasta: Effects on textural properties and starch degradation. *Food Chem* 86(2): 189-193.
- Carter CA, Ferguson SM (2020) State trading deregulation and prairie durum wheat production. *Can J Agric Econ* 68(1): 107-116.
- Chillo S, Civica V, Iannetti M, Mastromatteo M, Suriano N, Del Nobile MA (2010) Influence of repeated extrusions on some properties of non-conventional spaghetti. *J Food Engineering* 100(2): 329-335.
- El-Sohaimy SA, Brennan M, Darwish AMG, Brennan C (2020) Physicochemical, texture and sensorial evaluation of pasta enriched with chickpea flour and protein isolate. *Ann Agric Sci* 65(1): 28-34.
- Gallegos-Infante JA, Bello-Perez LA, Rocha-Guzman NER, Gonzalez-Laredo RF, Avila-Ontiveros M (2010) Effect of the addition of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour on the *in vitro* digestibility of starch and undigestible carbohydrates in spaghetti. *J Food Sci* 75(5): H151- H156.
- Howard BM, Hung YC, McWatters K (2011) Analysis of ingredient functionality and formulation optimization of pasta supplemented with peanut flour. *J Food Sci* 76(1): E40-E47.
- Jeon KH, Hwang YS, Kim YB, Kim EM, Park JD, Choi JY (2014) Effects of ground, concentrated, and powdered beef on the quality of noodle products. *Korean J Food Sci Anim Resour* 34(6): 784-791.
- Kim HJ, Lee JO (2008) Device and method for manufacturing a large variety of grain noodles products. KIPO 1020080020640.
- Kim JS, Hong JS (2008) Quality characteristics of fresh pasta noodle added with red hot pepper juice. *Korean J Food Cookery Sci* 24(6): 882-890.
- Kim JY, Yoo SS (2018) Biological activities of fresh pasta noodle added with purple sweet potato concentrate. *Culin Sci Hosp Res* 24(5): 100-110.
- Kim SH, Lee JW, Heo YN, Moon BK (2016) Effect of *Pleurotus eryngii* mushroom β -glucan on quality characteristics of common wheat pasta. *J Food Sci* 81(4): C835-C840.
- Kowalczewski P, Lewandowicz G, Makowska A, Knoll I, Błaszczak W, Białas, W, Kubiak P (2015) Pasta fortified with potato juice: Structure, quality, and consumer acceptance. *J Food Sci* 80(6): S1377-S1382.
- Lawal OM, Sanni O, Oluwamukomi M, Fogliano V, Linnemann AR (2021) The addition of fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis*) leaf powder improves the techno-functional properties of cassava pasta. *Food Structure* 30: 100241.
- Mariotti M, Iametti S, Cappa C, Rasmussen P, Lucisano M (2011) Characterisation of gluten-free pasta through conventional and innovative methods: Evaluation of the uncooked products. *J Cereal Sci* 53(3): 319-327.
- Marti A, Seetharaman K, Pagani MA (2010) Rice-based pasta: A comparison between conventional pasta-making and extrusion-cooking. *J Cereal Sci* 52(3): 404-409.
- Marynin AMA, Pasichny VPV, Litvynchuk SLS, Khomichak LKL, Kuznietsova IKI, Vysotska SVS (2021) Influence of water activity on the properties of wheat flour. *Ukrainian Food J* 10(2): 375-386.

- Min AY, Son AY, Kim HJ, Shin SK, Kim MR (2015) Quality characteristics and antioxidant activities of noodles added with *Rehmanniae radix* Preparata powder. J Korean Soc Food Sci Nutr 44(3): 386-392.
- Moreira R, Chenlo F, Torres MD, Prieto DM (2010) Water adsorption and desorption isotherms of chestnut and wheat flours. Ind Crops Prod 32(3): 252-257.
- Petitot M, Boyer L, Minier C, Micard V (2010) Fortification of pasta with split pea and faba bean flours: Pasta processing and quality evaluation. Food Res Int 43(2): 634-641.
- Rafiq A, Sharma S, Singh B (2017) *In vitro* starch digestibility, degree of gelatinization and functional properties of twin screw prepared cereal-legume pasta. J Cereal Sci 74: 279-287.
- Rekha MN, Chauhan AS, Prabhasankar P, Ramteke RS, Rao GV (2013) Influence of vegetable purees on quality attributes of pastas made from bread wheat (*T. aestivum*). CyTA - J Food 11(2): 142-149.
- Sapirstein HD, David P, Preston KR, Dexter JE (2007) Durum wheat breadmaking quality: Effects of gluten strength, protein composition, semolina particle size and fermentation time. J Cereal Sci 45(2): 150-161.
- Schebor CSC, Chirife JCJ (2000) Survey of water activity and pH values in fresh pasta packed under modified atmosphere. J Food Prot 63(7): 965-969.
- Simonato B, Tolve R, Rainero G, Rizzi C, Segà D, Rocchetti G, Lucini L, Giuberti G (2021) Technological, nutritional, and sensory properties of durum wheat fresh pasta fortified with *Moringa oleifera* L. leaf powder. J Sci Food Agric 101: 1920-1925.
- Wójtowicz A, Mościcki L (2009) Influence of extrusion-cooking parameters on some quality aspects of precooked pasta-like products. J Food Sci 74(5): E226-E233.

Date Received	Sep. 27, 2022
Date Revised	Oct. 24, 2022
Date Accepted	Oct. 24, 2022