

돈피 젤라틴을 이용한 생분해성 용기의 물성과 미생물학적 안정성 및 생분해능 분석

이솔희 · 정창환 · 오유미 · 김학연*

공주대학교 동물자원학과

Analysis of Quality Properties, Microbial Stability, and Biodegradability of Biodegradable Containers Made of Pork Skin Gelatin

Sol-Hee Lee, Chang-Hwan Jeong, Yu-Mi Oh, and Hack-Youn Kim*

Department of Animal Resources Science, Kongju University, Chungnam 32439, Korea

Abstract

This study analyzed the quality, microbial stability, and biodegradability of biodegradable containers manufactured using gelatin. Gelatin was extracted from beef, pork, and chicken skin. As a result of the gelatin experiment, the dried yield of pork gelatin was significantly higher than other treatments. It had the highest molecular weight in the SDS-PAGE, so it was selected as the primary material for this study. After mixing pork gelatin powder with water 1:3 (Pork Gelatin, PG), 20% eggshell, 10% walnut powder (Pork gelatin and Walnut 10%; PG-W1), and 20% (Pork gelatin and Walnut 20%; PG-W2) were mixed to prepare two treatments. As a result of the cross-sectional area, PG-W1 showed fewer pores than PG-W2. PG-W1 showed significantly higher hardness than PG-W2. On the other hand, the compressive strength of PG-W2 was significantly higher. There is no expression in bacteria and *E. coli* during this period. PG-W1 showed high antibacterial ability compared to PG-W2. In addition, biodegradability also showed excellent results, based on this data. It is judged that more stable biodegradable containers can be developed.

Key words: biodegradable container, biodegradability, microbiology, pork gelatin, quality

서 론

한국 농식품 유통공사에 따르면 국내 Home Meal Replacement (HMR) 시장은 2011년 8,000억 원에서 2019년 4조 원에 육박할 만큼 증가한 추세이다(Food Information Statistics System, 2021). 또한 유행성 바이러스로 인해 집에서 식사하는 비중이 늘어나면서 HMR 제품 포장재인 플라스틱의 사용률이 계속해서 증가하고 있다. 이에 따라 우리나라 하루 기준 플라스틱 사용률은 2019년에 비하여 2020년에 약 15.6% 증가한 것으로 파악되고 있다(Ministry of Environment, 2020). 플라스틱 사용량의 증가로 인해 환경 문제가 심각해지면서, 국내 뿐만 아니라 전 세계적으로 친환경 용기의 사용의 중요성의 대두됨에 따라 지속적인 개발이 이루어지고 있는 추세이다.

친환경 포장재에는 생분해, 바이오매스, 재활용이 가능한

제품 등이 해당되며, 이중 생분해성이란 어떠한 물질이 토양에 매립되었을 때 물질을 구성하고 있는 미립자가 미생물에 의해 분해되는 것을 말한다(Sintim & Flury, 2017). 생분해성 용기는 주로 생물체로부터 추출되는 분자 물질들을 이용하여 제조되기 때문에 난분해성 용기에 비해 분해가 쉽지만, 저장 기간이 짧다는 단점이 있다(Davis & Song, 2006). 따라서 국내의 생분해성 용기의 개발 수준에 따라 용기의 이용 기간의 규제와 미생물학적 안정성이 뒷받침되어야 한다고 판단된다.

Yang & Park (2012)의 연구 결과에 따르면, 식품의 소비 가치에는 생태주의, 집단주의, 건강의 가치에 영향을 받으며, 윤리적 소비주의와 식품 안전 주의가 큰 변수로 작용한다고 하였다. 친환경 용기는 식품의 관리와 보존뿐만 아니라 저독성, 재활용, 생분해의 요인에 크게 작용하며, 이러한 소비자의 심리를 반영하여 친환경 및 생분해 용기의 연구가 이루어지고 있다(Jo, 2014). 국내에서는 밤을 이용하여 제조한 생분해성 용기, 낙엽을 이용하여 만든 친환경 용기, 알긴산 나트륨을 이용한 친환경 용기 코팅제 등으로 주로 식물성 부산물들을 기반으로 개발되고 있다(Han, 2018; Han, 2021; Kang, 2021).

*Corresponding author: Hack-Youn Kim, Department of Animal Resource, Kongju National University, Yesan, Chungnam 32439, Korea
Tel: +82-41-330-1041; Fax: +82-41-330-1249
E-mail: kimhy@kongju.ac.kr
Received October 18, 2021; revised October 3, 2021; accepted October 5, 2021

식물성 부산물로 생분해성 용기를 제조할 때는 형태 유지에 어려움으로 인해 화학적인 가공 처리가 필요하다. 콜라겐은 동물의 가죽이나 힘줄, 연골과 같은 동물성 부산물에서 추출된다(Nur Hanani et al., 2012). 콜라겐을 산과 알칼리로 팽윤한 후 가열과정을 거쳐 젤라틴을 형성하는데, 이때 단백질이 겔화되면서 분자 내 아미노기, 카르복실기 등에 의해 높은 접착력(tackiness)을 띤다(Oh et al., 2008). 젤라틴은 겔화 작용이 끝나면 강도가 증진되고 접착성이 떨어져 형태를 유지하기 쉽다. 이와 같은 성질을 여러 분야에서 겔화제, 접착제, 약용 캡슐 등으로 이용되고 있다(Lee et al., 2010).

따라서 식물성 부산물로만 이루어졌던 생분해성 용기의 개발의 범주에서 동물성 부산물의 이용을 확대하고 생분해성 용기에 첨가하여 부가가치를 증진시킬 수 있을 것으로 판단된다. 이에 따라 젤라틴을 이용한 생분해성 용기를 제작하여 품질특성, 미생물 안정성, 및 생분해능을 분석하고자 한다.

재료 및 방법

젤라틴 분말 제조

젤라틴의 제조에는 지역 마트(Yesan, Chungnam, Korea)에서 구매한 돈피(Pork Gelatin, PG), 우피(Beef Gelatin, BG), 닭발(Chicken Gelatin, CG)을 이용하였다. 재료는 과도한 지방을 제거하고 세척하였으며, 세척한 재료에 10 (v/w)배의 0.1 N HCl을 첨가하여 24시간 동안 팽윤하였다. 팽윤이 끝난 재료들은 흐르는 물에 넣고 pH가 5.5에 도달할 때까지 중화하였다. 이후 재료들을 진공 포장하여 80°C의 chamber (10.10 ESI/SK, Alto Shaam, Menomonee Falls, WI, USA)에서 2시간 동안 젤라틴을 추출하였다. 추출된 젤라틴은 105°C로 맞춰진 상압건조기(C-F03, Vision Scientific, Daejeon, Korea)에서 열풍 건조하여 젤라틴 분말을 제조하였다.

건조수율

젤라틴의 건조수율은 추출된 젤라틴을 105°C로 맞춰진 상압건조기(C-F03, Vision Scientific, Daejeon, Korea)에서 건조하기 전후의 무게를 측정하여 아래와 같은 방정식을 사용하여 측정하였다.

$$\text{건조수율(\%)} = \frac{\text{가열 후 젤라틴(g)}}{\text{가열 전 젤라틴(g)}} \times 100$$

전기 영동(Sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis, SDS-PAGE)

추출된 젤라틴과 3 mM phosphate buffer를 1:4로 균질한 후 상등액을 취하여 bradford 시약을 이용하여 단백질 정

량을 실시하였다. 단백질 정량은 abumin을 standard로 이용하였으며, 이후 표준곡선의 식에 따라 계산된 값에 따라 단백질 정량을 거쳐 3 mM phosphate buffer, 5×sample buffer와 혼합하여 제조하였다. 전기영동 시료를 제작한 후에, 12% separating gel과 4% stacking gel을 실험에 이용하였으며, 시료를 각 well에 넣어 준 후 1시간 20분 동안 120 V로 전기를 흘려주며 진행하였다. 이후 gel을 coomassie blue를 사용하여 20분 동안 염색한 후 destaining solution을 이용하여 탈색 후 스캔하여 확인하였다.

생분해성 용기 제조

생분해성 용기의 제조에 이용한 돈피 젤라틴과 난각 분말, 호두 껍질 분말은 각각 Gelatines weishardt (Graulhet, France), 가농바이오(Incheon, Korea), the witch (Seoul, Korea)에서 구입하였으며, 180 mesh의 입자 크기를 이용하였다. 돈피 젤라틴과 증류수의 비율은 1:3으로 100°C water bath (JSWB-30T, JSR, Gongju, Korea)를 이용하여 젤라틴 분말이 액상화 될 때까지 가열하여 이용하였다. 액상 젤라틴에 공극재로 난각 20%를 첨가하였으며, 이후 호두 껍질 분말을 각 10% (Pork gelatin and Walnut 10%; PG-W1), 20% (Pork gelatin and Walnut 20%; PG-W2)를 첨가하여 생분해성 용기를 제조하였다. 용기의 크기는 각 실험 조건에 따라 상이하게 제조하였으며, 특수한 경우를 제외하고는 지름 5 cm × 높이 0.5 mm로 성형하여 건조하였다. 건조과정은 dry oven (C-F03, Vision Scientific, Daejeon, Korea)을 이용하여 진행하였으며, 30°C에서 24시간, 40°C에서 16시간, 121°C에서 16시간 단계별로 건조하여 제조하였다. 건조를 마친 용기에 알긴산 나트륨 1% 희석액을 분무한 후, 젯산 칼륨 1% 희석액을 분무하여 생분해성 용기의 방수 코팅제로 이용하였다. 방수 코팅은 dry oven을 이용하여 30°C에서 24시간 건조하여 생분해성 용기(Fig. 2d, e)를 제조하였다.

단면적 사진(cross-section)

코팅되지 않은 용기를 1×1 크기로 잘라서 deep freezer (Thermo, fisher scientific, USA)에서 냉각시킨 후, 실험에 이용하였다. 냉각된 용기는 -25°C로 세팅된 Microtome (CM3050S, LEICA, Germany)을 이용하여 18 μm로 절편하여 시료를 제조하였다. 이후 조직의 단면도를 저자에게 문의하여 어떠한 현미경을 사용하였는지 명시할 필요가 있습니다. 예)광학 현미경, SEM, confocal microscopy 등을 이용하여 관찰하였다.

물성(texture profile analysis)

물성은 건조되지 않은 용기를 각 면이 1 cm를 갖는 정육면체로 잘라서 이용하였으며, texture analyzer (TA 1, Lloyd, Largo, FL, USA)로 측정하였다. 분석조건은 pre-test

speed 2.0 mm/s, post-test speed 5.0 mm/s, maximum load 2 kg, head speed 2.0 mm/s, distance 17.0 mm, force 5 g, 10 cm cylinder probe로 설정하였다. 측정된 경도(hardness, kg), 탄력성(springiness)과 응집성(cohesiveness)을 산출하였다.

압축강도(compressive strength)

압축강도는 코팅되지 않은 용기를 가로×세로×높이를 1.0×3.0×0.1 cm로 커팅한 뒤, 물성 측정기(TA1, Lloyd, Largo, FL, USA)를 이용하여 측정하였다. 분석조건은 head speed 1.0 mm/s, distance 2.0 mm, force 5.6 N으로 설정하였고, 측정치는 MPa로 나타내었다.

미생물 안정성

미생물 실험은 제조한 당일부터 16일까지 3일 간격을 상온에 방치하여 실험을 진행하였다. 기간별 미생물 수를 측정하기 위하여 방수제가 처리된 샘플은 시료와 BPW를 1:2로 계량한 후 stomacher (WH4000-2751-9, 3M Korea, Seoul, Korea)를 이용하여 균질하였다. 이후 여과된 여액 1 mL를 10배씩 희석하여 실험에 이용하였다. 미생물 생육 측정에서 일반 세균수는 Tryptic Soy Agar (TSA)를 이용하였으며, *Escherichia coli*는 *E. coli*/Coliform Count Plate (*E. coli*/Coliform Count Plates, 3M Petrifilm, Seoul, Korea)를 이용하여 측정하였다. 이후 37°C에서 24시간 배양하였다. 이후 수집된 미생물의 균수와 희석배율을 계산하여 Log CFU/g로 나타내었다.

항균력

항균력 실험에는 *E. Coli*를 계대 배양하여 이용하였으며, *E. coli* 균을 g 당 10^3 colony form unit (CFU)가 되도록 한 후, 제조된 용기 10 g에 0.1 mL씩 분주하여 2일 후에 접종 균의 성장 변화를 측정하였다. 저장 기간 이후 시료에 10배의 buffered peptone water를 넣어 균질한 후, 희석 배율에 맞게 희석하여 실험에 이용하였다. 대장균 측정엔 *E. coli*/Coliform Count Plate에 0.1 mL씩 분주, 도말하여 37°C incubator에서 24시간 동안 배양하여 미생물의 성장 변화를 측정하였다.

생분해능 분석

정원의 표층에서 흙을 채취하여 36 L 플라스틱 트레이에 약 20 cm 두께로 담은 후에, 자연환경 조성을 위해 작물을 심은 후 실험에 사용하였다. 생분해 용기는 평균 10 g으로 통일하여 이용하였으며, 작물의 뿌리가 닿지 않는 위치에 지상으로부터 10 cm에 위치하게 한 후 1, 2, 3, 4 주 동안 매주 꺼내어 무게를 확인하였다. 수분을 유지하기 위해 물을 4일에 한 번 뿌려주었으며, 분해된 시료는 잔류 흙을 증류수로 부드럽게 세척하고 일정한 중량이 될 때까지

37°C에서 건조시켜 무게를 측정하여 수치로 나타내었다. 측정된 건조율을 기반으로 예상 곡선을 계산하여 100% 분해되는 주차를 설정하였다.

통계 분석

실험의 결과는 최소한 3회 이상의 반복 실험을 실시하여 평가되었다. 이후 통계처리 프로그램 SAS (version 9.4 for window, SAS Institute, Cary, NC, USA)를 이용하여 결과를 평균값과 표준편차로 나타내었으며, ANOVA, Duncan's multiple range test로 각각의 특성에 대해 유의적인 차이($p < 0.05$)가 있는지를 검증하였다.

결과 및 고찰

젤라틴 수율, SDS-PAGE

Table 1은 돈피(Pork gelatin; PG), 우피(Beef gelatin; BG), 닭피(Chicken gelatin; CG) 젤라틴 건조수율을 나타낸 표이다. PG가 다른 처리구들에 비해 유의적으로 높은 건조수율을 나타내었으며($p < 0.05$), BG와 CG끼리는 차이를 보이지 않았다. 젤라틴은 높은 수준의 가교 결합을 통해 이루어져 있으며, 축종에 따라서 산, 알칼리 처리나 온도의 정도에 따라서 추출 정도가 다르다고 보고되고 있다(Foegeding et al., 1996). 또한 용기 제작에 이용되기 위하여 작은 분자량을 가진 젤라틴이 폴리머로써 적합하며(Li et al., 2019), 산성 용액으로 팽윤 하였을 시에, 알칼리성 용액으로 팽윤하였을 때보다 더 작은 단백질 분자량을 가진다고 보고된 바 있다(Kang et al., 1992). 따라서 본 연구에서는 산처리와 80°C에서 가열을 하였는데, 이 조건이 돈피 젤라틴을 추출에 유리한 가공 방법이었다고 판단된다.

이를 확인 하기 위한 PG, BG, CG의 SDS-PAGE 실험 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 다른 처리구에서는 보이지 않지만, PG에서는 약 150 kDa의 단백질이 선명하게 나타났는데, 이는 콜라겐으로부터 열에 의해 유도된 β -chain라고 보고된 바 있다(Kittiphattanabawon et al., 2016). 일반적으로 가수분해가 일어난 젤라틴은 3 kDa보다 작거나 50 kDa보다 큰 분자량은 가지며, 300 kDa 이상의 분자량은 콜라겐이라고 보고된다(Khiari et al., 2014). 또한 PG에서는 약 55 kDa에서 약한 띠를 나타내었으며, 이는 Astuti et al. (2020)의 연구에 의하면 이 단백질 분자는 젤라틴

Table 1. Dry yield of pork skin, beef skin and chicken skin gelatin

Trait	Pork gelatin	Beef gelatin	Chicken gelatin
Dry yield (%)	15.21±1.39 ^a	2.26±0.71 ^b	3.15±0.77 ^b

Mean±SD.

^{a-b}Mean in the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

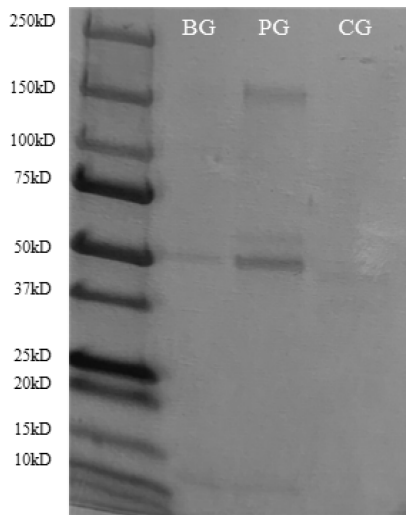


Fig. 1. SDS-PAGE of pork skin, beef skin and chicken feet skin gelatin. BG; Beef gelatin, PG; Pork gelatin, CG; Chicken gelatin.

중 돼지에서 주로 발견되며 소 젤라틴에서는 발견되지 않는다고 발표했다. 모든 처리구에서 50 kDa 크기의 단백질을 갖는 것으로 나타났으며, PG에서 가장 진하게 나타났다. Piluso et al. (2011)은 콜라겐을 가수분해 했을 때 반응 시간, 온도에 관계없이 모든 젤라틴에서 나타나는 분해 물질이라고 보고하였다. 따라서 본 연구 결과 50 kDa 분자량이 가장 진하게 나타난 돈피 젤라틴을 본 연구의 주재

료로 하여 생분해성 용기 개발에 이용하였다.

단면적, 물성

돈피 젤라틴, 난각, 호두 껍질 분말을 혼합하여 만든 생분해성 용기의 단면적은 Fig. 2에 나타내었으며, 1:3 비율로 희석된 돈피 젤라틴 (a)과 난각에 호두 껍질 분말 10% (PG-W1)과 호두 껍질 분말 20% (PG-W2)를 각각 (b), (c)로 표기하였다. 같은 두께(18 μ m)로 자른 단면을 현미경으로 보았을 때 (b)가 (c)에 비해 가시적으로 더 적은 공극을 나타내었다. 반면에 (c)는 (b)에 비해 지름이 큰 공극을 가지는 것을 확인하였다. 이는 가열 과정을 거친 젤라틴이 cross linking site를 형성하였을 때(Gilsenan & Ross-Murphy, 2000), 가교 사이에 결합될 수 있는 분말의 양을 초과하여, 이러한 현상이 발생 되었다고 판단된다. 본 연구에서 공극재로 이용된 난각과 호두 껍질 분말을 첨가하여 공극을 최소화하는 과정에서 호두 껍질 분말의 양이 증가할수록 같은 분말끼리의 흡착력이 강해 이와 같은 결과를 나타내었다고 사료된다.

건조과정을 거치지 않은 PG-W1과 PG-W2의 물성 결과는 Table 2에 나타내었다. 경도는 호두 껍질 분말을 10% 넣은 용기가 유의적으로 높은 결과를 나타내었으며($p < 0.05$), 이는 현미경으로 확인한 단면적과 밀접한 관계가 있는 것으로 보인다. 공극의 개수가 적은 PG-W1이 더 높은 경도 값을 나타내었으며, 이는 PG-W2에 비해 더 견고하기 때문이라고 판단된다. 이는 두 처리구의 용기의 젤라틴

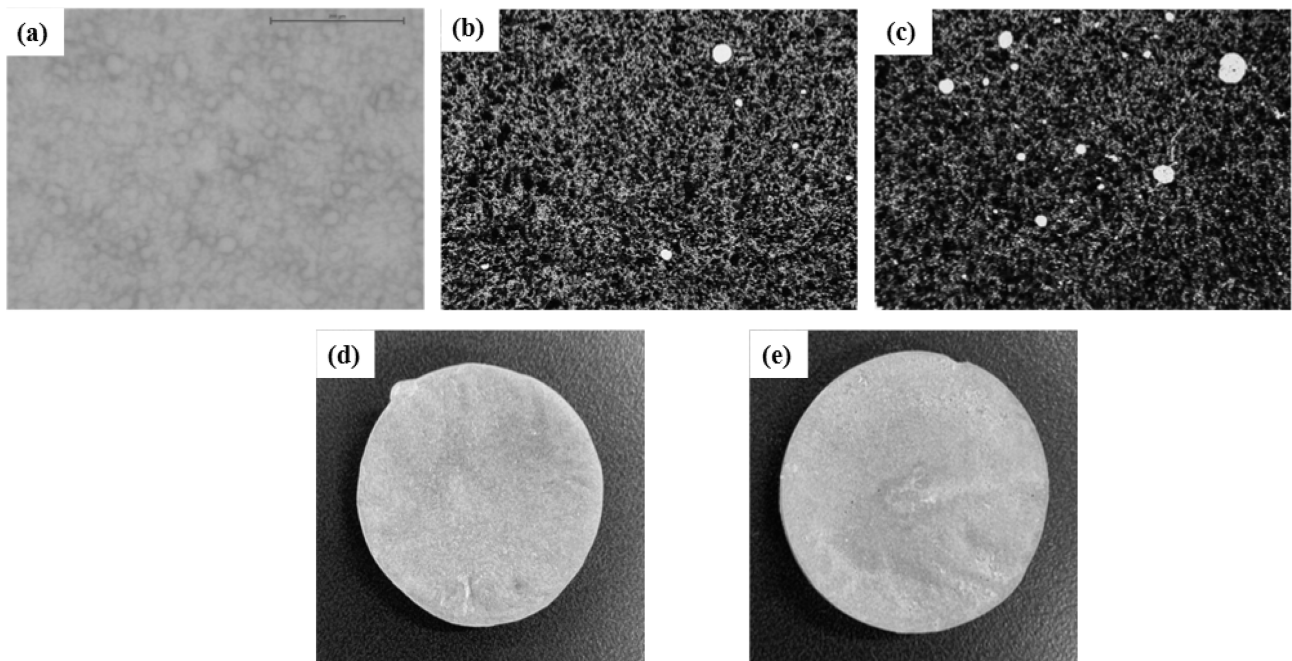


Fig. 2. Cross-sectional area of biodegradable container made with mixing pork skin gelatin, eggshell, and walnut powder. (a): 4 times dilution of gelatin, (b): 4 times dilution of pork skin gelatin, 20% egg shell, 10% walnut mixture; (c): 4 times dilution of pork skin gelatin, 20% eggshell, 20% walnut mixture; (d): container made of pork gelatin and walnut 10%, (e): container made of pork gelatin and walnut 20%.

Table 2. TPA (texture profile analysis) and CS (compressive strength) of a container made of pork skin gelatin, eggshell, and walnut powder

Trait	PG-W1	PG-W2
Hardness (kg)	8.61±0.84 ^a	6.16±0.61 ^b
Spinginess	0.65±0.15 ^b	0.79±0.06 ^a
Cohesiveness	0.71±0.06 ^b	0.92±0.04 ^a
CS (MPa)	92.18±2.55 ^b	127.29±1.56 ^a

Mean±SD.

^{a-b}Mean in the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

PG-W1; container made of pork gelatin and walnut 10%, PG-W2; container made of pork gelatin and walnut 20%.

함량의 차이라고 판단되며, Marfil et al. (2011)은 젤라틴과 전분 겔의 혼합물에서 젤라틴의 양이 증가할수록 높은 경도를 보인다고 보고하여 이와 유사한 결과를 보였다. 반면에 탄력성과 응집성은 PG-W2가 PG-W1에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 탄력성은 물질이 다시 본래 상태로 돌아오는 능력을 판단하는 지표이며, 응집성은 물질이 본래의 상태를 유지하려는 능력을 판단하는 지표이다 (Harris, 1990). 따라서 본 연구 결과는 용기가 누르는 힘을 받았을 때 공극이 찌그러졌다가 다시 원상 복귀하는 과정에서 높은 값을 나타내었다고 생각된다. 이를 바탕으로 건조과정을 거친 용기와 비교하여, 호두 껍질 분말 함량을 결정하는 것이 중요하다고 판단된다.

압축강도

Table 2는 건조과정을 거친 PG-W1과 PG-W2의 압축강도의 측정 결과를 나타낸 표이다. 압축강도는 PG-W1은 92.18 MPa, PG-W2는 127.29 MPa로 호두 껍질 분말을 20% 넣은 처리구가 10%를 넣은 처리구에 비해 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 젤라틴은 열가역성인 특징을 가지고 있기 때문에, 그 자체로도 강도가 높지만, 열과 물에 취약하다는 단점을 가지고 있다(Zhensheng et al., 2005). 따라서 공극제나 가교제를 첨가하여 이를 해결하는 것이 중요하다. Kim et al. (2011)의 젤라틴에 가교제(cross linking agent)를 첨가하였을 때, 그 비율이 증가함에 따라서 압축강도가 높아졌다고 보고하여 본 연구결과와 유사하였다. Shubhra et al. (2011)은 순수 젤라틴의 인장강도가

12.4 MPa를 나타내며, 이에 실크섬유를 첨가하였을 때 44.5 MPa로 결합력을 높일 수 있다고 보고하였다. 따라서 젤라틴은 나선형의 구조에 공유 가교를 일으킬 수 있는 물질을 추가적으로 첨가하여 열가역성의 반응을 낮추어줄 수 있다고 사료된다.

미생물 안정성

돈피 젤라틴, 난각, 호두 껍질 분말을 혼합한 생분해성 용기의 general bacteria, *E. coli* 측정 결과는 Table 3에 나타내었다. general bacteria과 *E. coli* 실험 결과 모든 일차에서 general bacteria 및 *E. coli*이 검출되지 않았으며, 이에 따라 생분해성 용기의 유통과정에의 예측 미생물에 대한 위험은 낮을 것으로 판단된다. 생분해성 용기는 동식물로부터 추출되어 제조되기 때문에 미생물로의 위험이 다른 합성 용기에 비해서 높을 것으로 생각된다(Jin & Zhang, 2008). 따라서 생분해성 용기의 예측 미생물을 분석하여, 제조공정에서부터, 유통, 보관, 소비에 이르기까지의 일련의 과정에서 발생하는 병원성 미생물을 파악하는 것이 중요하다. 미생물은 수분활성도에 의해 받는 영향이 크다고 알려져 있으나, 본 연구에서 생분해성 용기 제조 시 완전히 수분을 건조하여 제조하였기 때문에 수분에 관한 위험 요소는 제거되었다고 판단된다(Yoon, 2010). 식품의약품안전처의 기구 및 용기포장 공전에는 현재 생분해성 재료를 사용하여 만든 용기의 미생물적 기준은 정해져 있지 않다. 하지만 생분해성 용기를 이용하여 식품을 보관하였을 때의 미생물을 분석한 연구 결과가 보고된 바 있다(Ahn & Shin, 2000; Lim et al., 2010). 따라서 본 연구에서도 식품을 보관하는 과정 중 미생물 분석이 더 필요한 것으로 사료된다.

항균력

Table 4는 코팅 과정을 거친 PG-W1과 PG-W2의 항균 능력을 나타낸 표이다. 초기 *E. coli*수를 8.11 log CFU/g로 맞추어 실험에 이용하였다. 2일이 경과한 용기의 *E. coli* 수는 PG-W1가 5.12 log CFU/g, PG-W2가 35.01 log CFU/g로 나타났다. 호두 껍질 분말 10%가 유의적으로 높은 값을 보였으며, 이는 같은 무게 대비 항산화능이 있는 젤라틴의 함량이 높기 때문이라고 판단된다. 감소율로 또

Table 3. Microbial population load of a biodegradable containers coated with sodium alginate and potassium lactate

Traits		1 day	4 day	7 day	9 day	13 day	16 day
TBC (Log CFU/kg)	PG-W1	non-detection	non-detection	non-detection	non-detection	non-detection	non-detection
	PG-W2	non-detection	non-detection	non-detection	non-detection	non-detection	non-detection
<i>E. coli</i> (Log CFU/kg)	PG-W1	non-detection	non-detection	non-detection	non-detection	non-detection	non-detection
	PG-W2	non-detection	non-detection	non-detection	non-detection	non-detection	non-detection

TBC; Total bacteria.

PG-W1; container made of pork gelatin and walnut 10%, PG-W2; container made of pork gelatin and walnut 20%.

Table 4. Growth inhibition ability of against *E. coli* O157:H7 in biodegradable containers coated with sodium alginate and potassium lactate

Traits		PG-W1	PG-W2
<i>E. coli</i> O157:H7 (Log CFU/kg)	Early <i>E. coli</i>	8.11±0.17	
	2 day	5.12±0.74 ^a	2.84±0.34 ^b
	Decrease rate (%)	63.14±9.08	35.01±4.16

Mean±SD.

^{a-b}Mean in the same row with different letters are significantly different ($p < 0.05$).

PG-W1; container made of pork gelatin and walnut 10%, PG-W2; container made of pork gelatin and walnut 20%.

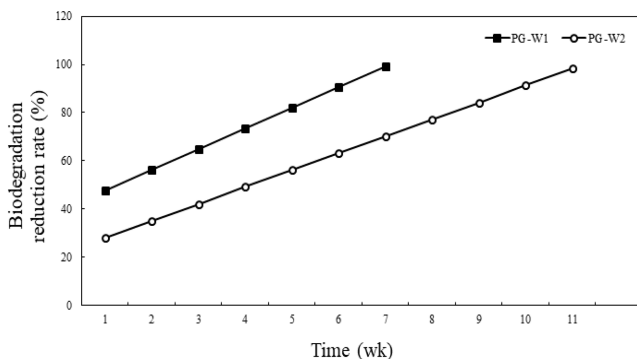


Fig. 3. Biodegradation prediction curve of biodegradable container made with mixing pork skin gelatin, eggshell, and walnut powder. PG-W1; container made of pork gelatin and walnut 10%, PG-W2; container made of pork gelatin and walnut 20%.

한 PG-W1이 63%, PG-W2가 35%로 나타났다. Kim et al. (2013)은 50 mg/mL의 농도의 젤라틴에서 DPPH 자유 라디칼 소거능이 60%이며, 비타민 C에 비해서는 낮지만 높은 항산화능을 가지고 있다고 보고하였다. Jeong et al. (2004)은 질경이를 아세트산에서 추출한 추출물이 60% 정도의 DPPH 자유 라디칼 소거능을 보일 때, 13-18 mm 정도의 높은 항균력을 띤다고 하였다. 따라서 젤라틴 자체의 항균력이 우수하여, 식품을 보관할 때 자랄 수 있는 병원성 미생물을 억제할 수 있을 것으로 판단된다.

생분해능

건조 및 코팅 과정을 거친 생분해 용기의 생분해능 결과는 4주 동안 측정된 무게 감소율을 기준으로 예측 곡선을 그려 나타내었다. 연구 결과 PG-W1은 약 7주 가량 완전 분해되며, PG-W2는 11주 가량 완전 분해된다는 것을 예측할 수 있었다. 환경부에 따르면 플라스틱 병과 일회용 비닐 봉투의 경우 분해되는데 500년 이상, 우유 팩은 5년, 나무젓가락은 20년정도로 오랜 시간이 걸린다고 보고하였다(Ministry of Environment, 2019). You et al. (2015)은 국내외 바이오 플라스틱의 사용이 더딘 이유 중 하나를 고가의 생분해성 용기의 소재라고 분석하였다. 본 연구에서

이용된 소재들은 버려지는 부산물이기 때문에 이를 보완할 수 있을 것으로 판단된다. 이에 따라 생분해 용기를 제조하여 이용한다면, 환경 문제 해결과 부산물의 부가가치에 도움이 될 것으로 판단된다.

요 약

본 연구는 생분해성 용기 개발의 연구성이 대두됨에 따라 동물성 재료로 제조한 생분해성 용기의 개발의 목적에 있다. 연구 결과 돈피, 우피, 닭피에 있어서 돈피가 우수한 수율과 단백질 분자량을 가진 것으로 나타났다. 이에 돈피를 이용하여 생분해 용기를 개발하였으며, 단면적 확인 결과 호두 껍질 분말 10%를 첨가한 처리구에서 적은 공극을 보였으며, 호두 껍질 분말 20%를 첨가한 처리구에서 공극의 크기가 큰 것을 확인할 수 있었다. 물성 연구 결과 호두 껍질 분말 10% 처리구가 더 높은 경도를 나타내었으며, 호두 껍질 분말 20% 처리구가 더 높은 탄력성을 나타내었다. 압축강도는 호두 껍질 분말 20% 처리구가 더 높은 값을 나타내었다. General bacteria, *E. coli* 연구 결과 모든 일자에서 불검출되어 미생물로부터의 안정성은 더 장기간으로 실험해볼 필요가 있을 것으로 보인다. 또한 높은 평균 능력과 생분해능의 결과를 보여 저장 기간의 안정성이 높은 용기의 개발과 환경의 영향을 최소화 할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 돈피 젤라틴에 난각과 호두 껍질 분말을 넣어 제조한 생분해성 용기의 개발의 기초 데이터로 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

감사의 글

논문은 2021년도 정부 재원(과학기술정보통신부 여대학원생 공학 연구팀제 지원사업)으로 과학기술정보통신부와 한국 여성 과학 기술인지원센터의 지원을 받아 연구되었습니다(WISET-2021-159호).

본 연구는 농촌진흥청의 지역농산물 활용 신선 간편식 개발 및 기반기술 개발(PJ0152812020)의 지원을 받아 수행된 연구 결과이며 이에 감사드립니다.

References

- Ahn YS, Shin DH. 2000. Studies on oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) packed in various environmental friendly trays. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 29: 85-92.
- Astuti1 AI, Soejoedono RD, Saepudin E, Assaat LD, Ivandini TA. 2020. Polyclonal antibodies production from porcine gelatin and its preliminary study for immunosensor applications. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. Philadelphia, PA, USA.* pp. 012007.
- Davis G, Song JH. 2006. Biodegradable packaging based on raw materials from crops and their impact on waste management. *Ind. crop. prod.* 23: 147-161.

- Foegeding EA, Lanier TC, Hultin HO. 1996. Food chemistry: Characteristics of edible muscle tissue. Fennema OR. 3rd ed. Marcel Dekker, New York, NY, USA, pp 879-942.
- Food Information Statistics System. Research report. Available from: <https://www.krei.re.kr/krei/researchReportView.do?key=67&pageType=010101&biblioid=527858>. Accessed Aug. 25, 2021.
- Gilsenan PM, Ross-Murphy SB. 2000. Rheological characterisation of gelatins from mammalian and marine sources. Food Hydrocoll. 14: 191-195.
- Han AR. 2018. Manufacturing method for environment-friendly material using fallen leaves and fallen leaves paper and fallen leaves container using same. Korea Patent NO. 10-2018-0067170.
- Han JM. 2021. Eco friendly bowl made by agar, sodium alginate and calcium lactate. Korea Patent NO. 10-2021-0029958.
- Harris P. 1990. Gellan Gum. In: Food gels. Sanderson GR. ed. Elsevier Science Publishing Co., Inc., NY, USA. pp 201-232.
- Jeong CH, Bae YI, Shim KH, Choi JS. 2004. DPPH radical scavenging effect and antimicrobial activity of plantain (*Piantago asiatica* L.) extracts. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 33: 1601-1605.
- Jin T, Zhang H. 2008. Biodegradable polylactic acid polymer with nisin for use in antimicrobial food packaging. J. Food Sci. 73: M127-M134.
- Jo HY. 2014. A study on the sustainability of eco-friendly food package. Master thesis, Hanyang Univ., Seoul, Korea.
- Kang HS. 2021. Manufacturing method of eatable eco-friendly vessel made of chestnut and vessel using the same. Korea Patent NO. 10-2021-0001044.
- Kang TJ, Jeon YJ, Kim SK, Song DJ. 1992. Investigation of pretreatment method for gelatin preparation from flounder skin. J. Fish. Aquat. Sci. 25: 93-102.
- Khiari Z, Ndagijimana M, Betti M. 2014. Low molecular weight bioactive peptides derived from the enzymatic hydrolysis of collagen after isoelectric solubilization/precipitation process of turkey by-products. Poult. Sci. 93: 2347-2362.
- Kim DW, Park K, Ha G, Jung JR, Chang O, Ham JS, Jeong SG, Park BY, Song J, Jang A. 2013. Anti-oxidative and neuroprotective activities of pig skin gelatin hydrolysates. Korean J. Food Sci. An. 33: 258-267.
- Kim HL, Hong MS, Kim SJ, Jo HS, Yoo IS, Lee DW, Khang GS. 2011. Preparation and characterization of silk fibroin/gelatin hybrid scaffolds. Polym. 35: 378-384.
- Kittiphattanabawon P, Benjakul S, Sinthusamran S, Kishimura H. 2016. Gelatin from clown featherback skin: Extraction conditions. LWT Food Sci. Technol. 66: 186-192.
- Lee YJ, Lim DH, Kim HJ. 2010. Eco-friendly adhesives in the packaging industry. J. Adhes. Interface. 11: 126-135.
- Li XX, Jin KH, Cho UR. 2019. Synthesis and analysis of bio-based polyurethanes with different polyester polyols. Polymer. 43: 595-601.
- Lim GO, Jang SA, Kim JY, Kim HJ, Song KB. 2010. Use of a gelatin film containing grapefruit seed extract in the packaging of strawberries. Korean J. Food Preserv. 17: 196-201.
- Marfil PHM, Anhê, ACBM, Telis VRN. 2012. Texture and microstructure of gelatin/corn starch-based gummy confections. Food Biophys. 7: 236-243.
- Ministry of Environment. Research report. Available from: <http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?pagerOffset=0&maxPageItems=10&maxIndexPages=10&searchKey=title&searchValue=%EC%97%90%EC%BD%94%EB%9D%BC%EC%9D%B4%ED%94%84&menuId=10392&orgCd=&boardId=941680&boardMasterId=713&boardCategoryId=&decorator=>. Accessed Sep. 01, 2021.
- Ministry of Environment. Research report. Available from: <https://library.me.go.kr/#/search/detail/5704878>. Accessed Aug. 25, 2021.
- Nur Hanania ZA, Roos YH, Kerry JP. 2012. Use of beef, pork and fish gelatin sources in the manufacture of films and assessment of their composition and mechanical properties. Food Hydrocoll. 29: 144-151.
- Oh JK, Lim DH, Kim S, Kim HJ. 2008. Environmental friendly adhesives using natural materials. J. Adhes. Interface 9: 34-42.
- Piluso S, Weigel T, Lendlein A, Neffe AT. 2011. Synthesis and characterization of gelatin fragments obtained by controlled degradation. Macromol. Symp. 309: 199-204.
- Shubhra QTH, Alam AKMM, Beg MDH. 2011. Mechanical and degradation characteristics of natural silk fiber reinforced gelatin composites. Mater. Lett. 65: 333-336.
- Sintim HY, Flury M. 2017. Is Biodegradable plastic mulch the solution to agriculture's plastic problem?. Environ. Sci. Technol. 51: 1068-1069.
- Yang IM, Park C. 2012. Factors influencing consumer's attitude and buying behavior on the green products. Asia-Pac. J. Bus. Venturing Entrepreneurship 7: 55-64.
- Yoon YH. 2010. Principal theory and application of predictive microbiology. Food Sci. Ind. 43: 70-74.
- You YS, Oh YS, Hong SH, Choi SW. 2015. International trends in development, commercialization and market of bio-plastics. Clean Technol. 21: 141-152.
- Zhensheng L, Ramay HR, Hauch KD, Xiao D, Zhang M. 2005. Chitosan-alginate hybrid scaffolds for bone tissue engineering. Biomater. 26: 3919-3928.

Author information

- 이솔희: 공주대학교 동물자원학과 대학원생(박사과정)
 정창환: 공주대학교 동물자원학과 대학원생(석사과정)
 오유미: 공주대학교 동물자원학과 대학원생(학부생)
 김학연: 공주대학교 동물자원학과 교수