

고추냉이 추출물을 함유한 막걸리박 단백질 필름 제조 및 응용

이지현 · 이지현 · 양현주 · 송경빈

충남대학교 식품공학과

Preparation of Makgeolli Residue Protein Film Containing Wasabi Extract and Its Application

Ji-Hyeon Lee, Ji-Hyun Lee, Hyunju Yang, and Kyung Bin Song

Department of Food Science and Technology, Chungnam National University

ABSTRACT Makgeolli residue protein (MRP) was extracted from byproduct of makgeolli processing, and MRP films containing various plasticizers were prepared. Among the plasticizers used in this study, MRP film containing glycerol-sorbitol (1:2) showed the most desirable mechanical properties. In addition, MRP films containing wasabi extract (WE) were prepared by incorporating different amounts (0, 0.8, 1.0, and 1.2%) of WE into film-forming solution. Tensile strength, elongation at break, and moisture content of MRP films decreased with addition of WE as compared with the control. However, MRP films containing WE showed antimicrobial activities against *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes*. Application of MRP film containing 1.0% WE to beef packaging decreased populations of *E. coli* O157:H7 and *L. monocytogenes* after storage at 4°C for 8 days by 1.1 and 0.41 log CFU/g, respectively, compared with those of the control. In addition, the peroxide value and 2-thiobarbituric acid reactive substance value decreased by 53 and 56%, respectively, compared to the control. Therefore, these results suggest that MRP film containing WE can be used to improve the quality of beef during storage.

Key words: makgeolli residue, protein film, plasticizer, wasabi extract

서 론

물성 및 가격 경쟁력이 좋은 플라스틱 필름이 보편적인 식품포장재로 사용되고 있으나 환경오염의 원인이 되고 생분해가 어렵다는 단점이 있기에(1) 이러한 문제점을 해결하고자 친환경적인 가식성 필름(edible film)에 관한 연구가 많이 진행되고 있다(2-7). 가식성 필름은 다당류, 단백질, 지방과 같은 원료로 제조되는데(3) 생분해성이기 때문에 분해가 용이하고 환경 친화적이다. 그러나 기존의 플라스틱 필름에 비해 가격 경쟁력과 물리적 성질이 떨어진다는 단점이 있어(2,4,5) 필름의 유연성 및 신장성을 부여하는 적절한 가소제의 첨가가 필요하며, 또한 저렴하고 생분해가 가능한 가식성 필름 소재가 요구된다(6). 일반적으로 가소제의 종류에 따라 필름의 물리적 성질에 있어서 차이가 있기 때문에 적절한 가소제의 선택은 매우 중요하다.

막걸리박은 막걸리나 약주 제조 시 생성되는 부산물로서 전분과 단백질이 그 주성분을 이루고 있다(8). 특히 막걸리박은 단백질을 20% 정도 함유하고 있어서(9) 이로부터 추출

된 막걸리박 단백질(makgeolli residue protein, MRP)은 가격 경쟁력이 있기에 가식성 필름의 적합한 원료가 될 수 있다.

최근 천연물로부터 항균효과가 있는 물질 분리 등 천연 항균제에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다(10,11). 그 중 고추냉이 추출물(wasabi extract, WE)은 천연 항균제 및 항산화제로 특히 glucosinolate 화합물의 일종인 sinigrin으로부터 myrosinase에 의해 가수분해로 생성되는 allyl isothiocyanate가 단백질의 -SH 기와 반응하여 단백질 분자를 불활성화시킴으로써 항균력이 있다고 알려져 있다(12). 또한 WE로 코팅한 필름을 어육 제품에 적용하였을 때 제품의 항균효과를 가졌다고 보고된 바가 있다(13).

따라서 본 연구에서는 막걸리박으로부터 추출한 MRP에 적절한 가소제를 첨가하여 가식성 필름의 물성을 개선하고, 또한 천연 항균제로써 WE를 첨가한 MRP 필름을 쇠고기의 포장에 적용함으로써 그 응용 가능성을 연구하는 데 목적이 있다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용된 막걸리박은 전라북도 전주시 소재 쌀 막걸리 양조장에서 막걸리 제조 후 생산되는 부산물로 제공받

Received 21 October 2014; Accepted 5 January 2015

Corresponding author: Kyung Bin Song, Department of Food Science and Technology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

E-mail: kbsong@cnu.ac.kr, Phone: +82-42-821-6723

았다. Glycerol(GLY), sorbitol(SOR), fructose(FRU), sucrose(SUC)는 Sigma-Aldrich Co.(St. Louis, MO, USA) 제품을 사용하였고, 염화나트륨, 수산화나트륨, 황산암모늄은 Samchun Chemical Co.(Pyeongtaek, Korea) 제품을 사용하였다. 고추냉이 추출물(WE)은 대전에 위치한 대형마트에서, 쇠고기는 대전에 위치한 축산물 도매시장에서 스테이크용 한우 안심 부위를 구입하여 사용하였다.

막걸리박 단백질 추출

막걸리박에서 단백질의 추출은 Han 등(14)의 방법을 변형하여 사용하였다. 막걸리박(500 g)에 0.5 M 염화나트륨을 1:15(w/v) 비율로 혼합하고 30분간 교반 후 1 M의 수산화나트륨으로 pH를 11로 맞추면서 80°C에서 4시간 동안 교반하였다. 교반 후 원심분리기를 이용하여 10,000×g에서 30분간 원심분리 하여 상층액을 cheese cloth를 이용하여 여과한 후, 여과된 용액을 70% 황산암모늄을 첨가하여 4°C에서 교반하였다. 1시간 동안 교반한 후 10,000×g에서 30분간 원심분리 하여 얻어진 침전물을 투석을 이용하여 염을 제거한 후 동결건조 하였다.

SDS-PAGE

SDS-PAGE(sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis)는 Laemmli(15)의 방법으로 실시하였다. 사용된 분리 겔은 15%를 사용하였고, 시료 주입량은 8 mL이었고 20 mA에서 전기영동 하였으며, Coomassie Brilliant Blue로 염색한 후 methanol-acetic acid 용액으로 탈색시켰다.

필름 형성 용액 및 필름의 제조

본 연구에서는 기존의 식품 단백질 필름 연구(16)를 참고하여 필름 제조를 위한 최적 단백질 함량을 5%로 설정하였다. MRP 5 g을 100 mL 증류수에 첨가한 후 70°C에서 30분간 증탕 처리하였다. 가소제로 GLY, SOR, FRU, SUC를 40% 첨가하여 제조한 결과, GLY와 SOR이 가장 좋은 물리적 특성을 나타내어 GLY와 SOR의 혼합 비율로 1:0, 1:1, 1:2, 2:1, 0:1로 첨가하였고, 또한 다양한 양의 고추냉이 추출물(0.8, 1.0, 1.2%)을 첨가하였다. 제조된 필름 형성 용액을 cheese cloth를 이용하여 거른 후 Teflon 코팅한 유리판(24×30 cm)에 균일하게 필름 용액(80 mL)을 부어 실온에서 24시간 건조하여 필름을 제조하였다.

인장 강도 및 신장률

필름의 인장강도(tensile strength, TS)와 신장률(elongation at break, E)은 ASTM Standard Method D882-91에 따라 Instron Universal Testing Machine(Model 4484, Instron Co., Canton, MA, USA)을 사용하여 측정하였다. 측정 전 2.54×10 cm의 크기로 절단한 필름은 상대습도가 50%로 조절된 25°C의 항온항습기(DS 150SG, Daewon

Science Co., Bucheon, Korea)에서 48시간 저장하여 수분 함량을 조절한 뒤 초기 grip 간의 거리는 5 cm, cross head의 속도는 50 cm/min 조건에서 측정하였다. 필름의 인장강도는 필름을 잡아 늘일 때 필름이 절단될 때까지 작용한 힘을 필름의 초기 단면적으로 나누어 계산하였고, 필름의 신장률은 필름이 절단될 때까지 움직인 grip 간의 거리를 초기 grip 간의 거리에 대한 백분율로 나타내었다. 필름의 인장강도 및 신장률은 시료당 5번 반복 측정하였다.

필름의 물리적 특성

필름의 투습도(water vapor permeability, WVP)는 Hong 등(17)의 방법으로 polymethylacrylate cup을 사용하여 측정하였다. 상대습도가 50%로 조절된 25°C의 항온항습기에 보관하고 필름 층을 통한 cup의 수분 이동에 따른 cup의 무게 감소를 매 시간 측정하였다. 필름의 수분 함량(moisture content, MC)은 2×2 cm로 절단한 MRP 필름을 105°C 오븐(DDO-102, Daeil Engineering Co., Busan, Korea)에서 48시간 동안 건조한 후 무게 감소량을 측정하여 백분율로 나타내었다. 필름의 수분용해도(water solubility, WS)는 2×2 cm의 MRP 필름 시료와 20 mL의 증류수를 이용하여 Song 등(16)의 방법에 따라 측정하였다.

균주 배양

Escherichia coli O157:H7(NCTC 12079)과 *Listeria monocytogenes*(ATCC 19111)를 tryptic soy broth(Difco Laboratories, Detroit, MI, USA)에 각각 접종하여 37°C, 24시간 배양하고 2,000×g에서 15분간 원심분리 하여 얻어진 균을 멸균된 0.1% peptone water를 사용하여 적정 농도로 희석한 후 사용하였다.

필름의 항균성 측정

7~8 log CFU/g의 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*를 sorbitol MacConkey(Difco Laboratories), Difco Ox-ford medium(Difco Laboratories) plate에 각각 0.1 mL씩 분주하였다. 균이 접종된 배지에 MRP 필름을 직경이 10 mm 되도록 자른 뒤 부착시켜 4°C에서 1시간 동안 방치시켰다. *E. coli* O157:H7은 37°C에서 24시간, *L. monocytogenes*는 37°C에서 48시간 배양하여 생긴 inhibition zone의 직경을 측정하였으며, 시료당 3 반복 실험하였다.

병원균 접종 및 포장

쇠고기 안심 부위를 2.5×4 cm로 자르고 배양된 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes* 용액 1 mL를 쇠고기의 표면에 접종시킨 후 30분간 건조시켰다. 쇠고기의 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*의 초기 균은 각각 6.26과 5.36 log CFU/g이었다. 접종된 쇠고기를 MRP-WE 필름으로 쇠고기 표면과 직접 닿도록 포장하여 4°C에서 8일 동안 저장하였고, 가식성 필름에 대한 대조구로는 이전의 다른

단백질 필름 포장 관련 선행연구 결과(7,16-18)를 참고하여 일반적인 polyethylene terephthalate(PET) 포장과 향균물질을 함유하지 않는 단백질 필름 포장과의 큰 차이가 없기 때문에 PET로 포장한 시료를 사용하였다.

미생물 수 측정

E. coli O157:H7과 *L. monocytogenes*로 접종한 쇠고기를 10 g 채취하여 멸균 처리한 0.1% peptone water 90 mL와 멸균 bag에 넣고 3분 동안 stomacher(MIX 2, AES Laboratoire, Combourg, France)를 사용하여 처리한 후, 희석하여 각각의 선택배지에 분주하였다. 시료들의 미생물 수 측정과 관련하여 *E. coli* O157:H7은 sorbitol MacConkey(Difco Laboratories)에 37°C에서 24시간, *L. monocytogenes*는 Oxford medium base(Difco Laboratories)에 37°C에서 48시간 배양한 후 colony 수를 계수하였다.

유지 산화 측정

저장 중 쇠고기의 지방 산화 정도를 측정하기 위해 peroxide value(POV)와 2-thiobarbituric acid reactive substance(TBARS) 값을 측정하였다. POV는 de Abreu 등(19)의 방법에 따라 실시하였고, 시료 1 kg 중의 meq peroxides로 나타내어 표시하였다. TBARS는 Vyncke(20)의 방법에 의해 시료 1 kg 중의 malonaldehyde(MDA)의 양을 mg으로 나타내어 표시하였다.

통계 분석

실험 결과는 SAS(Statistical Analysis System program, version 8.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 프로그램을 사용하여 $P < 0.05$ 수준에서 분산분석과 Duncan's multiple range test를 실시하였고, 모든 실험 결과는 평균±표준편차로 나타냈다.

결과 및 고찰

막걸리박 단백질의 SDS-PAGE profile 및 MRP 필름의 물성

추출된 MRP의 SDS-PAGE profile 결과(Fig. 1) 10~25 kDa에서 band를 보였는데, 그중에서 18 kDa band가 주요 단백질로 나타났다. Wen과 Luthe(21)의 연구에 따르면 추출한 쌀 단백질의 경우 주로 21, 29 kDa으로 구성되어 있다고 하여 본 연구 결과와 다소 차이를 보이는데, 그 이유는 본 연구에서 사용한 시료가 막걸리 제조 후 생산되는 부산물로부터 추출하였기에 발효 과정 중 변화를 가졌다고 판단된다.

단백질 필름의 제조 시 신장성 및 유연성을 높여주기 위하여 가소제를 사용하는데(2), 본 연구에서는 가소제로써 GLY, SOR, FRU, SUC를 첨가하여 MRP 필름을 제조하였다. GLY를 첨가하였을 경우 TS와 E는 2.07 MPa, 29.4%로 E가 가장 높은 반면에, SOR, SUC, FRU를 첨가한 필름은 TS와 E가 5.47~6.55 MPa, 1.17~3.32%의 범위를 나타내어 부

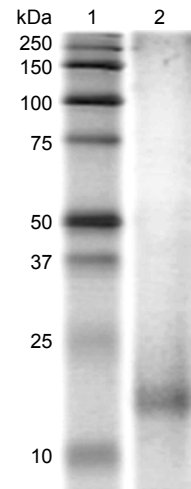


Fig. 1. SDS-PAGE profile of makgeolli residue protein. 1, molecular weight marker proteins; 2, makgeolli residue protein.

스러짐이 심하였다. Shaw 등(22)의 보고에서 GLY를 첨가한 whey protein 필름은 유연성이 좋아 높은 E를 가졌다는 결과와 Thomazine 등(23)의 GLY와 SOR을 첨가한 gelatin 필름의 경우 GLY의 비율이 증가할수록 E가 높아졌다는 결과는 본 연구 결과와 일치한다. Cuq 등(24)에 따르면 작은 분자량을 가진 GLY와 SOR은 큰 분자량을 가진 가소제보다 polymer matrix에 더 잘 혼합되기 때문에 필름의 유연성을 더 향상시켜 준다고 보고한 바 있다. Jang 등(25)의 연구에서도 SOR을 첨가한 홍조류 필름이 SUC를 첨가한 필름보다 TS와 E가 높았다는 결과는 가소제의 분자량에 따라 필름 형성 능력이 달라진다는 것을 시사한다. 따라서 본 연구에서는 최적 가소제를 얻기 위하여 E가 가장 높은 GLY와 TS가 가장 높은 SOR을 다양한 비율로 혼합하여 MRP 필름을 제조함으로써 가소제에 따른 필름 형성 능력을 비교하였다(Table 1). 그 결과 SOR 비율이 증가하면 필름의 TS가 증가하는 반면에 GLY 비율이 증가하면 E가 증가하는 경향을 보였고, 또한 GLY와 SOR을 단일로 첨가하였을 때보다 물성이 개선되었다. SOR의 비율이 증가할수록 TS가 3.30 MPa에서 5.76 MPa로 42% 증가하였고 SOR보다 GLY 비율이 증가할 경우 E가 다소 증가하는 경향을 보였는데, 이러한 결과는 GLY가 SOR보다 분자량이 작기 때문에 보다 쉽게 단백질 사슬 내에 들어가 단백질 사슬 간에 작용하는 힘을 감소시켰기 때문이라고 판단된다. 따라서 본 연구에서는 GLY : SOR 비율이 1:2일 때 TS가 6.55 MPa, E가 21.44%일 때가 최적 조건임을 보여준다. Laohakunjit와 Noomhorm(26)의 연구 보고에서도 rice starch 필름에 GLY와 SOR을 여러 농도로 첨가하였을 때 GLY 농도가 증가할수록 TS가 낮아지는 결과를 나타내었다.

WVP의 경우 GLY 비율이 증가할수록 높게 나타났고 SOR 비율이 증가할수록 감소하는 결과를 보였다. 특히 GLY와 SOR을 1:2 비율로 혼합한 경우 WVP가 1.94 ng m²sPa로 가장 낮은 WVP를 나타내었는데, Lee 등(27)에

Table 1. Mechanical properties, moisture content, and water solubility of the MRP films containing various amounts of plasticizers

Glycerol : sorbitol ratio	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	WVP (ng m/m ² sPa)	Moisture content (%)	Film solubility (%)
1:0	2.07±0.42 ^{c1)}	29.40±7.62 ^{ab}	1.92±0.02 ^{bc}	10.08±1.57 ^c	52.68±1.58 ^c
1:1	3.30±0.79 ^b	33.27±6.88 ^a	2.25±0.02 ^a	25.66±2.55 ^a	61.20±3.62 ^{ab}
1:2	5.76±0.64 ^a	21.44±1.20 ^b	1.94±0.02 ^{bc}	23.44±0.34 ^a	57.71±4.28 ^b
2:1	3.07±0.18 ^{bc}	23.79±4.89 ^b	2.11±0.02 ^a	22.51±0.17 ^a	59.83±1.03 ^b
0:1	6.55±1.46 ^a	3.32±1.15 ^c	1.86±0.16 ^c	15.23±2.13 ^b	64.86±1.07 ^a

¹⁾Values in a column followed by different letters are significantly different ($P<0.05$).

Table 2. Mechanical properties, moisture content, and water solubility of the MRP films containing various amounts of wasabi extract

Wasabi extract (%)	Tensile strength (MPa)	Elongation (%)	WVP (ng m/m ² s Pa)	Moisture content (%)	Film solubility (%)
0.0	5.76±0.64 ^{a1)}	21.44±1.20 ^a	1.94±0.02 ^a	23.44±0.34 ^a	57.71±4.28 ^a
0.8	3.28±0.02 ^b	14.29±0.54 ^b	1.84±0.14 ^a	12.90±0.85 ^c	58.74±1.27 ^a
1.0	3.48±0.11 ^b	14.28±0.54 ^b	2.02±0.05 ^a	14.10±1.64 ^c	59.43±2.09 ^a
1.2	3.17±0.25 ^b	12.24±0.01 ^c	1.87±0.02 ^a	17.95±3.19 ^b	61.42±1.82 ^a

¹⁾Values in a column followed by different letters are significantly different ($P<0.05$).

의하면 대두박 필름에 GLY 양이 증가할수록 WVP가 증가한다는 결과와 whey protein 필름에 SOR을 첨가한 필름이 GLY를 첨가한 필름보다 WVP가 낮았다는 McHugh와 Krochta(28)의 결과는 본 연구 결과와 일치한다. 이러한 결과는 단백질 분자 사이에 크기가 작은 GLY 분자가 들어가 단백질 분자와 GLY 분자 간의 친수성 결합이 증가하므로 필름의 WVP가 증가된 것으로 판단된다. 그리고 MRP 필름의 MC와 WS는 GLY가 가장 낮았고, GLY와 SOR을 혼합하였을 경우 증가하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 Mali 등(29)의 cassava starch 필름의 MC가 가소제인 GLY의 첨가량을 증가할수록 높았다는 결과와 starch 필름에 GLY와 SOR의 첨가량이 증가할수록 필름의 WS가 증가한 Laohakunjit와 Noomhorm(26)의 결과와 본 연구 결과는 일치한다. 따라서 본 연구 결과 MRP 필름의 모든 물리적 성질을 고려하였을 때 GLY : SOR 비율이 1:2일 때가 최적 가소제 조건이라고 판단된다.

WE 함유 MRP 필름의 물성 및 항균활성

필름 형성 용액 최적 조건(5% MLP, GLY : SOR=1:2)에 다양한 농도의 WE를 첨가하여 MRP 필름을 제조하였다 (Table 2). WE의 첨가량이 0.8, 1.0, 1.2%로 증가함에 따라 WE를 첨가하지 않은 대조군에 비해 TS는 각각 43%, 39%, 44% 감소하였고, E는 33%, 33%, 42% 감소하였다. 본 연구 결과와 유사하게 Lee 등(10)의 보고에서도 녹차 추출물을 첨가한 옥수수 단백질 필름과 대두 단백질 필름의 경우 각각 TS와 E가 18%, 49~65% 감소하는 결과를 보여주었다. 이러한 결과는 단백질 필름에 첨가되는 항균물질인 녹차 추출물이나 WE가 단백질의 cross-linking 정도에 영향을 주어 필름의 TS와 E에 차이를 가져다 준다고 생각된다. 한편 WVP 관련해서는 대조구가 1.94 ng m/m²sPa인 반면에 WE를 0.8, 1.0, 1.2%로 첨가하였을 경우 1.84~2.02 ng m/

m²sPa로 차이를 나타내지 않아 WE의 첨가가 MRP 필름의 WVP에는 큰 영향을 끼치지 않음을 나타낸다. 또한 MRP-WE 필름의 WS도 WE의 농도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였지만 유의적인 차이가 없었다. MRP-WE 필름의 MC는 WE의 양이 증가할수록 감소하는 경향을 보였는데, 이는 Sánchez-González 등(30)의 chitosan 필름에 bergamot 오일의 양이 증가할수록 MC가 감소했다는 결과와 일치한다.

WE를 첨가한 MRP 필름의 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*에 대한 항균활성의 결과는 Table 3과 같다. 항균활성 결과 WE의 첨가량이 증가할수록 미생물을 억제하는 능력이 증가하였다. 1.0% WE를 첨가하였을 경우 대조군에 비하여 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes* 각각 19.56, 19.93 mm의 inhibition zone을 나타내었다. *E. coli* O157:H7은 gram-negative이고 *L. monocytogenes*는 gram-positive를 고려할 때 WE의 항균능력은 크게 차이 나지 않지만 비교적 gram-positive 균에 더 효과적임을 알 수 있었으며, Park 등(31)의 보고에서도 WE는 gram-negative보다 gram-positive에 항균활성이 강하다는 결과를 보여주었다. WE의 항균활성은 WE가 sinigrin과 같은 glucosinolate 화합물의 가수분해로 생성되는 여러 가지의 isothiocya-

Table 3. Antimicrobial properties of the MRP film containing wasabi extract

Wasabi extract (%)	Inhibition zone (mm)	
	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>L. monocytogenes</i>
0.0	0	0
0.8	17.44±0.44 ^{c1)}	17.56±0.47 ^c
1.0	19.56±0.21 ^b	19.93±0.22 ^b
1.2	20.74±0.77 ^a	21.51±1.09 ^a

¹⁾Values in a column followed by different letters are significantly different ($P<0.05$).

Table 4. Change in the populations of *E. coli* O157:H7 inoculated on beef steak during storage at 4°C (unit: log CFU/g)

Packaging	Storage time (day)				
	0	2	4	6	8
PET (control)	6.26±0.18 ^{Ab1)2)}	6.29±0.08 ^{Ab}	6.34±0.07 ^{Ab}	6.41±0.09 ^{Ab}	6.91±0.12 ^{Aa}
MRP-WE	6.26±0.18 ^{Aa}	5.59±0.12 ^{Bbc}	5.36±0.23 ^{Bc}	5.56±0.13 ^{Bbc}	5.81±0.05 ^{Bb}

¹⁾Values in a column followed by different capital letters (A,B) are significantly different ($P<0.05$).

²⁾Values in a row followed by different small letters (a-c) are significantly different ($P<0.05$).

Table 5. Change in the populations of *L. monocytogenes* inoculated on beef steak during storage at 4°C (unit: log CFU/g)

Packaging	Storage time (day)				
	0	2	4	6	8
PET (control)	5.36±0.10 ^{Ac1)2)}	5.40±0.12 ^{Ac}	5.51±0.09 ^{Abc}	5.64±0.04 ^{Ab}	6.06±0.15 ^{Aa}
MRP-WE	5.36±0.10 ^{Ab}	4.88±0.09 ^{Bc}	5.01±0.08 ^{Bc}	5.29±0.02 ^{Bb}	5.65±0.07 ^{Ba}

¹⁾Values in a column followed by different capital letters (A,B) are significantly different ($P<0.05$).

²⁾Values in a row followed by different small letters (a-c) are significantly different ($P<0.05$).

nate 화합물들을 함유하고 있기 때문이라고 생각된다. 따라서 본 연구에서는 MRP-WE 필름의 물리적 성질과 항균활성을 바탕으로 WE 최적 농도를 1.0%라고 판단하여 쇠고기 포장에 적용하였다.

쇠고기의 저장 중 미생물 수 측정

MRP-WE 가식성 필름으로 포장한 쇠고기의 저장 중 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*의 변화는 Table 4 및 5와 같다. 쇠고기에 접종된 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*의 초기 균수는 각각 6.26, 5.36 log CFU/g이었다. MRP-WE 필름으로 포장한 쇠고기는 PET 포장의 대조군에 비해 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*의 증식을 상대적으로 억제함을 확인하였다. 또한 쇠고기의 저장기간이 증가함에 따라 전체적으로 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*는 증가하였는데, 저장 8일차 대조군과 MRP-WE 필름으로 포장한 쇠고기의 *E. coli* O157:H7은 각각 6.91과 5.81 log CFU/g으로 MRP-WE 필름으로 포장한 쇠고기가 대조군에 비해 1.1 log CFU/g의 감소를 보였고, *L. monocytogenes*도 각각 6.06과 5.65 log CFU/g으로 MRP-WE 필름으로 포장한 쇠고기가 대조군에 비해 0.41 log CFU/g 차이가 있음을 확인하였다. 이러한 결과는 MRP-WE 필름이 쇠고기의 저장 중 WE가 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*의 성장 억제에 영향을 끼치는 것을 보여준다. 고추냉이에서 추출된 6-methylsulphonylhexyl isothiocyanate가 *E. coli* O157:H7에 대한 성장 저해 작용을 한다는 Ono 등(32)의 연구 결과와 자몽 종자 추출물을 첨가한 해바라기씨박 단백질 필름으로 포장한 훈제오리에서의 *L. monocytogenes*를 12일 저장 후 1.11 log CFU/g 감소했다는 Song 등(7)의 연구 결과는 본 연구 결과와 유사함을 보여준다.

쇠고기의 저장 중 지방 산화 측정

쇠고기의 저장 중 POV와 TBARS 값은 유지의 산화 정도를 나타내는데, MRP-WE 필름으로 포장된 쇠고기의 저장

중 변화는 Fig. 2와 3에 나타내었다. 저장기간이 증가함에 따라 대조군의 POV와 TBARS 값은 전반적으로 증가하였는데, MRP-WE 필름으로 포장한 쇠고기의 POV와 TBARS 값이 PET 포장의 대조군에 비해 유의적으로 낮았다. 쇠고기의 POV 값은 저장 8일차에서는 감소하는 경향을 보였는데, 이것은 산화가 진행됨에 따라 1차 산화생성물인 과산화물이 최고치에 도달한 후 2차 산화물로 분해되기 때문에 감소되었다고 판단된다. 또한 저장기간이 증가함에 따라 TBARS

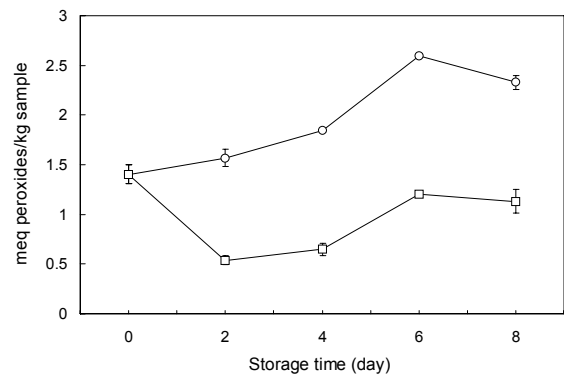


Fig. 2. Change in POV of beef steak during storage at 4°C. ○, PET (control); □, MRP-WE. Bars represent standard deviation.

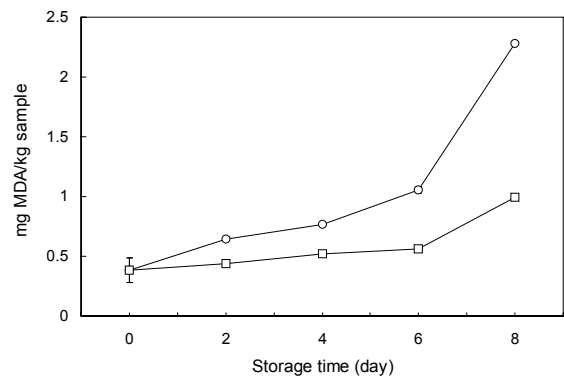


Fig. 3. Change in TBARS value of beef steak during storage at 4°C. ○, PET (control); □, MRP-WE. Bars represent standard deviation.

값은 전반적으로 증가하였는데, 특히 저장 8일차에는 급격히 TBARS 값이 증가하였다. 이러한 결과는 peroxide가 2차 지방산물인 malonaldehydes로 다시 분해되어 나타난 현상으로 판단된다. 저장 8일 경과 후 MRP-WE 필름으로 포장한 쇠고기는 대조군에 비해 POV 값이 53% 감소하였고, TBARS 값은 대조군이 2.28 mg MDA/kg, MRP-WE 필름은 0.99 mg MDA/kg으로 56% 감소하였다. Jung 등 (11)의 WE가 첨가된 plastic 필름으로 포장한 돼지고기의 TBARS 값이 대조군에 비해 55% 감소한다는 결과는 본 연구 결과와 유사하다. 이러한 연구 결과를 통해 WE는 항산화 효과를 가지며, 본 연구에서 WE를 포함한 MRP 필름 포장은 쇠고기의 저장 중 POV와 TBARS 값의 증가를 지연시켜 줌을 시사한다. 따라서 WE를 첨가한 MRP 가식성 필름으로 포장한 쇠고기는 저장 중 지방 산화를 지연시키는 데 효과적이라고 판단된다.

요 약

막걸리 제조 부산물인 막걸리박으로부터 추출된 단백질에 다양한 가소제를 첨가하여 막걸리박 단백질(MRP) 필름을 제조하였고, 또한 여러 농도(0, 0.8, 1.0, 1.2%)의 고추냉이 추출물(WE)을 첨가한 MRP 필름을 제조하였다. 사용된 가소제 중 MRP 필름의 물리적 성질을 고려하였을 때 glycerol과 sorbitol을 1:2 비율로 첨가한 경우가 최적 조건이었다. 그리고 WE의 농도가 증가함에 따라 MRP 필름의 인장강도, 신장률, 수분 함량은 감소하였고, MRP 필름의 투습도와 수분용해도는 WE의 농도에 영향을 받지 않았다. 1.0% WE가 함유된 MRP 필름은 *Escherichia coli* O157:H7과 *Listeria monocytogenes*에 대해 항균성을 나타내었고, 이를 쇠고기 포장에 적용하였을 때 저장 8일차에서 대조군에 비해 *E. coli* O157:H7과 *L. monocytogenes*가 1.1과 0.41 log CFU/g 각각 감소하였다. 또한 저장 중 지방 산화 측정 실험 결과, 1.0% WE가 함유된 MRP 필름으로 포장한 쇠고기는 대조군에 비해 POV 값은 53%, TBARS 값은 56% 감소하였다. 따라서 본 연구 결과 막걸리박에서 추출된 막걸리박 단백질에 1.0% WE를 첨가하여 제조한 가식성 필름은 쇠고기의 저장 중 미생물 억제와 지방 산패 지연에 있어서 효과적 인 포장 방법이라고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 충남대학교 CNU 학술연구비에 의해 지원된 것으로 감사를 드립니다.

REFERENCES

- Jia D, Fang Y, Yao K. 2009. Water vapor barrier and mechanical properties of konjac glucomannan-chitosan-soy protein isolate edible films. *Food Bioprod Process* 87: 7-10.
- Song HY, Jo WS, Song NB, Song KB. 2012. Preparation of defatted grape seed meal protein composite films. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 1274-1280.
- Shin YJ, Song HY, Jo WS, Lee MJ, Song KB. 2013. Physical properties of a barley protein/nano-clay composite film containing grapefruit seed extract and antimicrobial benefits for packaging of *Agaricus bisporus*. *Int J Food Sci Technol* 48: 1736-1743.
- Cho SY, Park JW, Rhee C. 1998. Edible films from protein concentrates of rice wine meal. *Korean J Food Sci Technol* 30: 1097-1106.
- Yang HJ, Noh BS, Kim JH, Min SC. 2011. Effects of a carbohydrase mixture, ultrasound, and irradiation treatments on the physical properties of defatted mustard meal-based edible films. *Korean J Food Sci Technol* 43: 30-38.
- Lim GO, Hong YH, Song KB. 2009. Effect of various plasticizers and ferulic acid on the physical properties of *Gelidium corneum* film. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 727-731.
- Song NB, Song HY, Jo WS, Song KB. 2013. Physical properties of a composite film containing sunflower seed meal protein and its application in packaging smoked duck meat. *J Food Eng* 116: 789-795.
- Seo GU, Choi SY, Kim TW, Ryu SG, Park JH, Lee SC. 2013. Functional activities of makgeolli by-products as cosmetic materials. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 505-511.
- Kim SW, Choi HJ, Han BK, Yoo SS, Kim CN, Kim BY, Baik MY. 2011. Derivatization of rice wine meal using commercial proteases and characterization of its hydrolysates. *Korean J Food Sci Technol* 43: 729-734.
- Lee SH, Lee MS, Park SK, Bae DH, Ha SD, Song KB. 2004. Physical properties of protein films containing green tea extract and its antioxidant effect on fish paste products. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 1063-1067.
- Jung DC, Lee SY, Yoon JH, Hong KP, Kang YS, Park SR, Park SK, Ha SD, Kim GH, Bae DH. 2009. Inhibition of pork and fish oxidation by a novel plastic film coated with horseradish extract. *LWT-Food Sci Technol* 42: 856-861.
- Kim YS, Kyung KH, Kim YS. 2000. Inhibition of soy sauce film yeasts by allyl isothiocyanate and horse-radish powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 13: 263-268.
- Ha JH, Lee YS, Heo SK, Bae DH, Park SK, Ha SD. 2008. Combined effects of antibacterial film and storage temperature on shelf-life and microbiological safety of pork meat. *J Food Hyg Safety* 23: 227-232.
- Han YJ, Lee WJ, Shin JC, Kim YJ, Kim SS. 2010. Rice protein composite films from lodged rice. *Korean J Food Sci Technol* 42: 559-564.
- Laemmli UK. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature* 227: 680-685.
- Song NB, Lee JH, Mijan MA, Song KB. 2014. Development of a chicken feather protein film containing clove oil and its application in smoked salmon packaging. *LWT-Food Sci Technol* 57: 453-460.
- Hong YH, Lim GO, Song KB. 2009. Physical properties of *Gelidium corneum*-gelatin blend films containing grapefruit seed extract or green tea extract and its application in the packaging of pork loins. *J Food Sci* 74: C6-C10.
- Jang SA, Shin YJ, Song KB. 2010. Effect of rapeseed protein-gelatin film containing grapefruit seed extract on 'Mae-hyang' strawberry quality. *Food Sci Technol Int* 46: 620-625.
- de Abreu DAP, Losada PP, Maroto J, Cruz JM. 2010. Evaluation of the effectiveness of a new active packaging film containing natural antioxidants (from barley husks) that re-

- tard lipid damage in frozen Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Food Res Int* 43: 1277-1282.
20. Vyncke W. 1970. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. *Eur J Lipid Sci Tech* 72: 1084-1087.
 21. Wen TN, Luthe DS. 1985. Biochemical characterization of rice glutelin. *Plant Physiol* 78: 172-177.
 22. Shaw NB, Monahan EJ, O'Riordan ED, O'Sullivan M. 2002. Physical properties of WPI films plasticized with glycerol, xylitol, or sorbitol. *J Food Sci* 67: 164-167.
 23. Thomazine M, Carvalho RA, Sobral PJA. 2005. Physical properties of gelatin films by blends of glycerol and sorbitol. *J Food Sci* 70: E172-E176.
 24. Cuq B, Gontard N, Cuq JL, Guilbert S. 1997. Select functional properties of fish myofibrillar protein-based films as affected by hydrophilic plasticizers. *J Agric Food Chem* 45: 622-626.
 25. Jang SA, Shin YJ, Seo YB, Song KB. 2011. Effects of various plasticizers and nanoclays on the mechanical properties of red algae film. *J Food Sci* 76: N30-N34.
 26. Laohakunjit N, Nookhorm A. 2004. Effect of plasticizers on mechanical and barrier properties of rice starch film. *Starch* 56: 348-356.
 27. Lee HN, Paek HJ, Min SC. 2011. Defatted soybean meal-based edible film development. *J Food Eng* 15: 305-310.
 28. McHugh TH, Krochta JM. 1994. Sorbitol-vs glycerol-plasticized whey protein edible films: integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. *J Agric Food Chem* 42: 841-845.
 29. Mali S, Sakanaka LS, Yamashita F, Grossmann MVE. 2005. Water sorption and mechanical properties of cassava starch films and their relation to plasticizing effect. *Carbohydr Polym* 60: 283-289.
 30. Sánchez-González L, Cháfer M, Chiralt A, González-Martínez C. 2010. Physical properties of edible chitosan films containing bergamot essential oil and their inhibitory action on *Penicillium italicum*. *Carbohydr Polym* 82: 277-283.
 31. Park YY, Cho MS, Park S, Lee YD, Jeong BR, Chung JB. 2006. Sinigrin contents in different tissues of wasabi and antimicrobial activity of their water extracts. *Kor J Hort Sci Technol* 24: 480-487.
 32. Ono H, Tesaki S, Tanabe S, Watanabe M. 1998. 6-Methylsulphinyhexyl isothiocyanate and its homologues as food-originated compounds with antibacterial activity against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Biosci Biotech Biochem* 62: 363-365.