

116146
-01

서방형
이산화
염소
겔팩을
이용한
농산물
소포장
용기
제품의
신선도
유지제
개발

최
종
보
고
서

2018

농림축산식품부

보안 과제(), 일반 과제(○) / 공개(○), 비공개()발간등록번호()
농식품 창업·벤처지원 R&D 바우처 시범사업 최종보고서

발간등록번호

11-1543000-002212-01

서방형 이산화염소 겔팩을 이용한 농산물 소포장 용기 제품의 신선도 유지제 개발 최종보고서

2018. 3. .

주관연구기관 / 한국교통대학교

농림축산식품부

제 출 문

농림축산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “서방형 이산화염소 젤팩을 이용한 농산물 소포장 용기 제품의 신선도 유지제 개발”(개발기간 : 2016. 12. 5 ~ 2017. 12. 4)과제의 최종보고서로 제출합니다.

2017. 12. 4.

주관연구기관명 : 한국교통대학교 산학협력단 (대표자) 백 종 배 (인)
협동연구기관명 : (대표자) (인)
참여기관명 : (대표자) 김 홍 길 (인)



주관연구책임자 : 한국교통대학교 이 경 행
협동연구책임자 :
참여기관책임자 :

국가연구개발사업의 관리 등에 관한 규정 제18조에 따라 보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

과제고유번호	116146-01	해 당 단 계 연 구 기 간	2016.12.05. ~2017.12.04.	단 계 구 분	(해당단계)/ (총 단 계)
연구사업명	단 위 사 업	농식품기술개발사업			
	사 업 명				
연구과제명	대 과 제 명	(해당 없음)			
	세부 과제명	서방형 이산화염소 껌팩을 이용한 농산물 소포장 용기 제품의 신선도 유지제 개발			
연구책임자	이경행	해당단계 참 여 연구원 수	총: 7 명 내부: 2 명 외부: 5 명	해당단계 연 구 개 발 비	정부: 90,000천원 민간: 30,000천원 계: 120,000천원
		총 연구기간 참 여 연구원 수	총: 7 명 내부: 2 명 외부: 5 명	총 연구개발비	정부: 90,000천원 민간: 30,000천원 계: 120,000천원
연구기관명 및 소속부서명	한국교통대학교 산학협력단 식품영양학전공			참여기업명	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
<p>최적의 서방형 이산화염소 가스 신선도 유지제 개발을 위하여 최적조건을 확립하였음(산소투과도 5,000 cc/m²/day 내외의 미세천공한 PET/PE 복합필름, 반응물 pH 3.4 내외, 3,000 ~ 5,000 cps). 이 서방형 신선도 유지제의 미생물 사멸효과를 확인하였음. 딸기에의 적용시 저장 중 미생물수를 감소시킬 수 있었으며 부패율도 감소하였음. 온도변화에서는 3 및 5 ppm의 이산화염소 가스 처리군의 변화가 가장 적었으며 기호도 또한 높게 나타났음. 이산화염소 가스처리에 의한 화학성분의 변화는 없었음. 닭가슴육에의 적용시 저장 중 미생물수를 감소시킬 수 있었으며 pH 및 VBN 변화가 대조군보다 적게 일어났음. 색도, 가열감량, 전단력 등의 이화학적 변화는 없었으며 기호도는 10 ppm 처리군이 대조군보다 높은 기호도를 보였음</p>				<p>보고서 면수 102 페이지</p>	

국문 요약문

		코드번호	D-01		
연구의 목적 및 내용	<p>농산, 축산물에 비선택적으로 적용 가능한 소형의 이산화염소 가스 서방형 신선도 유지제 개발</p> <p>-서방형 이산화염소 가스 신선도 유지제의 최적조건 확립, 미생물 살균효과 및 안전성 시험</p> <p>-농산물(딸기)의 이화학적 품질 변화 측정을 통한 이산화염소 겔팩의 최적조건 확립</p> <p>-축산물(닭가슴육)의 이화학적 품질 변화 측정을 통한 이산화염소 겔팩의 최적조건 확립</p>				
연구개발성과	<p>1.서방형 이산화염소 가스 신선도 유지제의 최적조건 확립, 미생물 제어 확인, 및 안전성 시험</p> <p>-이산화염소 가스의 서방출을 위한 최적 필름 선택 결과, 산소투과도는 5,000 cc/m²/day 정도가 되도록 미세천공한 PET/PE 복합필름이 가장 적합하였음</p> <p>-이산화염소 가스 생성 반응물의 최적 pH는 3.4 내외일 때 서방출에 적합하였음</p> <p>-이산화염소 가스 생성을 위한 반응물 점도조절제로는 CMC를 사용하였으며 3,000 ~ 5,000 cps 정도의 점도일 때가 가장 적합하였음</p> <p>-최적조건으로 제조한 이산화염소 가스 겔팩의 독성검사를 측정한 결과, 사망률과 특이한 임상 징후 및 체중변화가 관찰되지 않았음</p> <p>-<i>Staphylococcus aureus</i>, <i>E.coli</i> O157H:7 및 <i>Listeria monocytogeneses</i> 등의 미생물에 살균효과를 볼 수 있었음</p> <p>2. 농산물(딸기)의 이화학적 품질 변화 측정을 통한 이산화염소 겔팩의 최적 조건 확립</p> <p>-딸기에의 3-7 ppm의 이산화염소 가스 겔팩의 활용시 대조군에 비하여 총균수, 효모 및 곰팡이수가 감소하였음</p> <p>-부패율에서는 저장 4일 이후부터 대조군이 이산화염소 가스 처리군보다 빠르게 변화되었음</p> <p>-pH, 산도 및 색도 변화에서는 대조군과 이산화염소 가스 처리군간 거의 차이를 보이지 않았음.</p> <p>-경도에서는 저장하는 동안 대조군이 이산화염소 가스 처리군에 비하여 빠르게 감소하였음. 특히 3 및 5 ppm의 이산화염소 가스 처리군의 경도 변화가 가장 적은 것으로 나타났음</p> <p>-기호도에서는 저장기간 중 대조군과 7 ppm 이산화염소 가스 처리군이 빠르게 변화하였으며 3 및 5 ppm 처리군의 기호도가 높았음.</p> <p>-3-5 ppm의 이산화염소 가스 겔팩을 딸기 용기 내에 2개씩 첨가한 후 저장 중 ascorbic acid, polyphenol, flavonoid 화합물 및 anthocyanin 함량 측정 및 항산화활성을 측정한 결과 이산화염소 가스에 의한 변화는 볼 수 없었음</p> <p>3. 축산물(백색육)의 이화학적 품질변화 측정을 통한 이산화염소 겔팩의 최적 조건 확립</p> <p>-닭가슴육에의 7-15 ppm의 이산화염소 가스 겔팩 처리시 대조군에 비하여 총균수 및 대장균균수가 감소하였음</p> <p>-pH 및 휘발성염기태질소화합물에의 변화에서는 이산화염소 가스 처리군이 대조군보다 적게 변화하였음</p> <p>-색도, 가열감량, 전단력, 유리아미노산, 지방산 조성 등의 이화학적 변화를 측정한 결과, 이산화염소 가스에 의한 변화는 볼 수 없었음</p> <p>-기호도변화에서는 대조군이 가장 빠르게 변화하였으며 이산화염소 가스 겔팩 처리군 중에는 10 ppm 처리군이 가장 높은 기호도를 보였음</p>				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 서방형 선도유지제 개발로 기술개발 경쟁력 확보 ○ 식품 원료의 신선도 유지 및 저장성 증진 ○ 신선도 유지에 따른 수출 증대 및 수입 감소효과 ○ 저장성 증진으로 인한 경제성 증가 				
중심어 (5개 이내)	서방형	이산화염소가스	농산물	유통기한	신선

< SUMMARY >

		코드번호	D-02
Purpose & Contents	<p>Development of small sized freshness preservative using slow-released chlorine dioxide(ClO₂) gas gel packs for agricultural and animal products packaging</p> <ul style="list-style-type: none"> -Establishment of optimum condition, sterilization of microorganisms and toxicity test of the freshness preservative using slow-released chlorine dioxide(ClO₂) gas gel packs -Establishment of optimum condition of chlorine dioxide gel pack by measurement of physicochemical quality change of agricultural products(strawberry) -Establishment of optimum condition of chlorine dioxide gel pack by measurement of physicochemical quality change of meat(chicken breast) 		
Results	<ol style="list-style-type: none"> 1. Establishment of optimum condition, sterilization of microorganisms and toxicity test of the freshness preservative using slow-released chlorine dioxide(ClO₂) gas gel packs <ul style="list-style-type: none"> -As a result of the optimal film selection for ClO₂ gas emission, the PET/PE composite film with the ultimate oxygen permeability of 5,000 cc/m²/day was most suitable. -The optimum pH of the reactants for ClO₂ gas production was around 3.4 -CMC was used as a viscosity modifier of reactant for the production of ClO₂ gas and it was most suitable when the viscosity was 3,000 ~ 5,000 cps. -As a result of the toxicity test of the ClO₂ gas gel pack, the mortality rate, the specific clinical signs and the weight change were not observed -The microbes such as <i>Staphylococcus aureus</i>, <i>E. coli</i> O157H7 and <i>Listeria monocytogenes</i> could be sterilized by ClO₂ gas gel pack 2. Establishment of optimum condition of ClO₂ gel pack by measurement of physicochemical quality change of agricultural products(strawberry) <ul style="list-style-type: none"> -The total number of bacteria, yeast and mold decreased when 3-7 ppm ClO₂ treatments were used in strawberries. -In the decay rate, the control group was changed more rapidly than the ClO₂ gas treatment group after 4 days of storage -The pH, acidity and color value changes showed little difference between the control and ClO₂ treatments. -In the hardness, the control rapidly decreased during storage compared to the ClO₂ treatments. Particularly, 3 and 5 ppm treatments showed the least change in hardness. -In the preference, the control and 7 ppm treatment changed rapidly during storage period. -3 to 5 ppm ClO₂ gas gel packs were added to each strawberry container, and ascorbic acid, polyphenol, flavonoid compounds, anthocyanin contents and antioxidant activity were measured during storage. Changes in quality were not observed with ClO₂ gas 3. Establishment of optimum condition of ClO₂ gel pack by measurement of physicochemical quality change of meat(chicken breast) <ul style="list-style-type: none"> -The total number of bacteria and coliform were reduced compared with the control when 7-15 ppm ClO₂ gas gel pack was applied to chicken breast meat. -Changes in pH and VBN contents of ClO₂ treatment were less than those of the control. -As a result of measuring physicochemical changes such as color, cooking loss, shear force, free amino acid and fatty acid composition, there were no difference due to ClO₂ treatment. -In the preference, the control changed rapidly during the storage period. Among the ClO₂ treatments, 10 ppm showed the highest preference. 		
Expected Contribution	<ul style="list-style-type: none"> ○ Securing technological competitiveness through the development of freshness preservative using slow-released ClO₂ gas gel packs ○ Maintain freshness of foodstuff ○ Increase of exports and decrease of imports by keeping freshness ○ Increase economical efficiency by improving food preservation 		
Keywords	slow-release preparation	chlorine dioxide gas	agricultural product preservation freshness

< CONTENTS >

1. Outlines	7
2. International and Domestic Technology Status	19
3. Methods and Results	25
4. Achievement and Contribution to related fields	97
5. Application of Results	98
6. Information collected from overseas	99
7. Project specific security	99
8. Research equipment Status	99
9. Implementation of safety measures in laboratories	100
10. Representative Research Results	101
11. Miscellaneous Information	101
12. References	102

< 목 차 >

1. 연구개발과제의 개요	7
2. 국내외 기술개발 현황	19
3. 연구수행 내용 및 결과	25
4. 목표달성도 및 관련분야 기여도	97
5. 연구결과의 활용계획	98
6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보	99
7. 연구개발결과의 보안등급	99
8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황	99
9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적	100
10. 연구개발과제의 대표적 연구실적	101
11. 기타사항	101
12. 참고문헌	102

1. 연구개발과제의 개요

코드번호	D-03
------	------

1-1. 연구개발 목적

- 농산, 수산, 축산, 육가공, 식품(신선편이) 등에 비선택적으로 적용 가능한 소형의 이산화염소 가스 서방형 신선도 유지제를 개발하기 위하여 우선 농산물(딸기) 및 축산물(닭가슴육)의 이화학적 및 관능적 품질변화 없이 저장성을 증진시킬 수 있는 이산화염소 가스를 이용한 신선도 유지제를 개발하고자 함

1-2. 연구개발의 필요성

- 현재 신선편이 식품을 포함한 농산 식품은 수확 후 몇 단계의 세척과정을 거쳐 살균 소독을 하고 있음. 1차는 주로 물의 와류와 노즐각도 등을 이용해 먼지, 벌레나 이물질을 제거하고, 2차는 물리화학적 약품이나 천연물질을 이용하여 살균 소독을 하여 미생물을 제거하고 있으며, 3차는 살균수를 분무하거나 다시 물을 이용하여 행구는 과정을 거치게 됨. 이후 출고되어 소비자한테 도착 할 때까지 유통과정 중의 물리적 변질이나 화학적 변화에 대응할 수 있는 방법은 저온보관 유통 외에는 없는 실정이어서 미생물의 살균, 소독에 대한 요구가 증대되고 있음.

구 분	미국	유럽	호주	한국
일반세균	기준없음	10 ⁷ /g	-	기준없음
<i>E.Coli</i>	기준없음	100/g 이하	100/g 이하	10/g 이하
<i>S. aureus</i>	기준없음	1,000/g 이하	1,000/g 이하	100/g 이하
병원성 세균	불검출(3종) ✓ <i>E.Coli</i> O157:H7, ✓살모넬라 ✓리스테리아	불검출(4종) ✓ <i>E.Coli</i> O157:H7, 살모넬라 등 4종 ✓리스테리아 (20/g-100/g)	불검출(2종) ✓살모넬라 ✓캠필로박터	불검출(3종) ✓살모넬라 ✓장염비브리오 ✓ <i>E.Coli</i> O157:H7

국내외 신선편이 농산물의 미생물 기준

- 농산물 중 본 연구에 사용한 딸기는 장미과에 속하는 다년생 식물이며, 전 세계적으로 배수성이 다양한 17개의 야생종이 분포하고 있음. 딸기는 재배기간이 길고 노동력이 많이 드는 작물이지만, 저온에서도 생육이 양호하여 재배기간 동안 난방비 부담이 매우 적고 수확과 선별에 드는 노동력을 제외하면 경영비 부담이 비교적 작기 때문에

1990년대 후반의 국내 경제 위기 이후에도 재배면적이 꾸준히 유지되어 왔으나 농가의 고령화와 힘든 노동에 따른 농업인구의 감소, 4대강 정비계획에 따른 하천부지 재배면적의 감소 등으로 인해 점차 재배면적이 감소되고 있는 추세임.

- 그러나, 최근 수년 동안 다수성 품종의 보급과 장기 수확 작형의 확대 등으로 생산성이 높아져 딸기의 연간 생산량은 수년 동안 20만톤 정도로 안정되어 왔으며, 생산량으로 볼 때 미국, 스페인 그리고 러시아 다음으로 세계 4위의 수준임. 우리나라의 딸기 연간 총 생산액 또한 약 8,000억원 정도로 고추 등과 함께 생산액이 가장 높은 채소작물 중의 하나이며 꾸준히 수출실적도 증가하여 **농가의 주요 소득 작물**임을 알 수 있음.
- 딸기는 맛과 향이 뛰어나고 비타민과 무기영양이 풍부하여 전 세계적으로 많은 소비자들이 애호하는 과일이며, 특히 대부분을 생과로 소비하는 우리나라의 경우, 수박이나 참외 등과 같이 껍질이나 씨를 남기지 않아 음식물 쓰레기를 최소화 할 수 있기 때문에 현대인의 식탁에 더욱 적합한 과일로 인식되고 있음.
- 딸기의 품질에 관여하는 매우 **중요한 요인은 과실의 경도**임. 과실의 단단한 정도는 품종에 따라 차이가 있으며, 수확 시기나 성숙도에 따라서도 크게 달라지는데, 딸기는 대부분 신선상태로 유통되기 때문에 과실의 **연화가 빨라지면 원거리의 유통에 불리한** 경우가 많음. 과실의 연화는 성숙되면서 과육세포들의 벽이 붕괴되어 세포의 결속력이 약화되는 것이 원인인데, 이러한 연화 과정에서 여러 가지 세포벽 분해 효소들이 작용하는 것으로 알려져 있음. 즉 **딸기의 경도는 유통과 매우 밀접한 중요한 요소로 이를 해결할 수만 있다면 품질 유지기한 연장으로 인한 농가의 소득뿐 만 아니라 수출 증대**도 충분히 가져올 수 있는 농산물 중의 하나임. 그러나 현재까지는 딸기의 품질 유지기한이 너무 짧아서 동남아시아 등의 주변국가 이외에는 수출할 수 없는 실정으로 이를 해결할 수 있는 기술의 개발이 반드시 필요함.

구분	2014	2015	(단위 : 톤, 천불, %)					
			2015.1.1~6월		2016.1.1~6월		증감률	
			물량	금액	물량	금액	물량	금액
홍콩	11,616	13,751	1,004	9,409	1,057	9,072	5.2	△3.6
싱가포르	11,076	10,412	845	7,751	923	7,787	9.5	0.5
말레이시아	3,630	3,649	368	3,119	281	2,352	△23.6	△24.6
태국	2,702	3,095	236	2,231	398	3,314	68.9	48.6
일본	912	476	0.4	4	1	16	164.2	265
베트남	20	10	0.6	7	34	295	5.797	3.934
기타	1,643	1,561	196	1,004	110	996	△43.9	△0.8
전체	31,599	32,954	2,550	23,525	2,804	23,832	10	1.3

*자료 : 농수산물수출지원정보(KATI-AG코드 기준)

딸기 수출 현황

- 영양학적 측면에서의 딸기는 영양소로서 가장 큰 비중을 차지하는 비타민 C가 가식부 100 g당 약 50 mg 이상이 들어있어 5~6개 정도면 어른이 하루에 필요로 하는 양인 80 mg을 쉽게 채울 수 있으며, 비타민 C, 비타민 E, 비타민 B₂ 등은 체내의 활성산소를 제거하는 항산화 효과가 뛰어난 것으로 밝혀져 있으므로 딸기의 품질 유지기한을 증가시킴으로써 건강유지에도 도움을 줄 수 있을 것으로 기대되어짐.
- 한편, 축산물의 경우, 국내 육류소비량의 증가로 인해 비위생적인 처리 및 보관시 식중독 위험이 증가될 것이라 판단된다 하였으며, 식중독 원인체는 크게 세균, 바이러스, 자연독, 화학물질 등으로 나뉘는데 원인불명과 노로바이러스를 제외하고 병원성 대장균에 의한 식중독 발생건수와 환자수가 높은빈도를 차지한다고(식약처-2013년)보고 되었고, 돼지고기와 닭고기 등의 육류가 식중독 원인 추정 식품 중 높은 비중을 차지하기에 축산물 위생 관리방안이 절실하게 되었음(SBS-2016,08.29). 이에 따라 축산물의 도축, 도계 과정 중, 가공, 포장, 유통과정에서 안전성 확보 및 저장성 향상을 위한 살균, 소독 등의 기능을 할 수 있는 선도 유지제의 필요성이 대두되고 있음.
- 특히 축산물 중 건강과 웰빙 등의 욕구로 적색육보다는 백색육제품의 수요가 증가하고 있는데 백색 육제품으로 대표되는 닭고기는 냉장상태로 유통되어도 7일간의 유통기한으로 다른 축산물에 비하여 매우 짧고 보관 불량시는 일반세균과 대장균군 등의 미생물의 급격한 증가로 원료육의 pH 저하, 단백질 분해 산물인 휘발성염기태 질소(Volatile basic nitrogen)의 함량과 지질 산화물의 증가 등으로 원료육의 물성 변화뿐만 아니라 불쾌한 맛과 냄새를 내게 됨. 미생물 오염은 유통기한 외에도 신선도를 결정하는 주요한 요인으로 작용함으로써 식육 위생확보와 신선도 유지를 위해 미생물 방지를 위한 적극적인 대처가 요구되고 있음.

- 본 연구에서 사용할 백색육(계육)은 가공특성상 우육이나 돈육보다 가공적성이 떨어져 다양한 육제품의 가공에 한계가 있는 것은 사실이나 최근의 웰빙 추세와 다이어트에 관심이 고조되는 소비자 취향에 맞춰 관심도가 높아지고 있어 계육의 소비량은 지속적으로 증가하고 있는 추세임.
- 특히 백색육의 국민 1인당 섭취량 변화 추이를 보면 1995년에는 6.0 kg이었던 것이 2005년에는 7.6 kg, 2009년에는 9.6%로 1995년 대비 약 60%의 증가를 보여 지속적으로 증가하는 것으로 나타남.

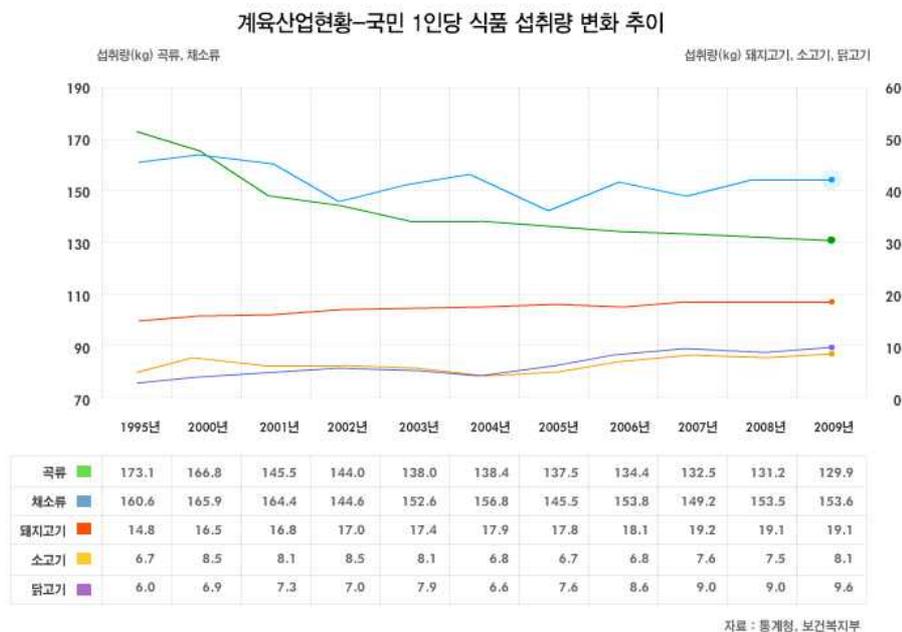


그림 1. 계육산업 현황 - 국민 1인당 식품 섭취량 변화 추이

- 또한 각 국가별 연간 백색육 1인당 소비량을 살펴보면 우리나라의 경우, 2003년에는 1년에 10.8 kg이었지만 2009년에는 12.7 kg/1인으로 2003년도에 비하여 약 118%의 증가 추세를 볼 수 있으며 일본 및 미국 등의 경우도 지속적으로 백색육 소비량이 증가하고 있는 추세임.
- 즉 전통적으로 쇠고기나 돼지고기 등 적색육의 소비가 많았던 미국에서도 비만과 성인병이 증가하자 건강에 좋다고 알려진 **백색육 즉 white meat라고 불리우는 닭고기의 소비가 지속적으로 증가**하고 있는 추세임.

국가별 닭고기 소비량

구분	2003	2004	2005	2006	2007	2008(p)	2009(F)
아시아지역							
홍콩	31.1	37.6	38.8	38.8	36.1	36.8	37.4
대만	27.9	28.6	27.7	29.0	27.3	28.8	29.2
말레이시아	37.6	37.2	38.5	38.5	38.9	38.7	38.0
일본	14.5	13.5	14.8	15.2	15.3	15.2	15.2
태국	12.1	10.2	12.3	12.5	12.6	12.3	13.0
한국	10.8	9.7	10.6	12.4	12.9	12.5	12.7
중국	7.7	7.6	7.7	7.9	8.7	9.6	10.4
북미지역							
미국	43.2	44.6	45.4	46.1	45.1	45.1	44.6
캐나다	29.5	29.9	29.8	30.1	29.9	30.5	31.4
멕시코	25.3	25.8	27.0	28.1	28.2	29.0	29.6
남미지역							
브라질	31.2	32.1	35.0	35.8	38.1	38.5	39.0
아르헨티나	18.8	21.8	24.2	28.3	29.7	32.5	34.7
베네주엘라	28.2	30.3	33.3	32.4	34.7	39.4	39.5
유럽지역							
유럽연합	14.6	14.3	15.2	14.4	15.5	15.9	16.1
구소련							
러시아	11.7	11.6	11.6	14.9	14.9	16.3	16.9
우크라이나	3.3	4.5	10.1	9.1	9.1	9.7	11.8
중동지역							
쿠웨이트	49.5	54.5	42.8	46.7	50.7	59.7	61.3
아랍에미레이트	39.4	45.5	44.5	48.8	54.9	66.2	63.8
사우디아라비아	36.0	34.5	38.3	35.6	36.9	37.1	37.0
아프리카지역							
남아프리카공화국	19.9	20.5	22.5	25.1	25.7	26.0	26.5

주) p : 잠정치, F : 예측치

자료 : FAS

- 이와 같이 백색육이 우리나라를 비롯하여 각국에서도 소비량이 증가하는 이유는 쇠고기 보다 단백질 함량이 많아 100 g 중 20.7 g이고, 지방질은 4.8 g으로 타 육류에 비하여 현저히 적으며 이에 따라 126 kcal의 열량의 낮은 열량을 지니고 있음. 특히 백색육에는 비타민 B₂가 많고 그 밖에 칼슘 4 mg, 인 302 mg, 비타민 A 40 I.U., 비타민 B₁ 0.09 mg, 비타민 B₂ 0.15 mg 등을 함유함과 동시에 glutamic acid를 비롯한 다양한 아미노산과 핵산관련물질 등의 정미성분이 있기 때문에 다른 축산물에 비해 기능성과 기호성이 우수하여 널리 식용하는 대표적 식품으로 부각되고 있음.

- 백색육 부위 중 본 연구에 우선 적용 할 닭가슴살은 단백질 및 지방의 함량은 각각 약 23%, 1.2%로 다른 축종이나 닭고기의 다른 부위에 비해 단백질함량은 현저히 많고 지방의 함량은 매우 낮으며 칼로리의 경우 닭날개 204 kcal, 소고기 218 kcal, 돼지고기 삼겹살 331 kcal에 비하여 매우 낮은 칼로리(101 kcal)를 가짐. 또한 타 육류 이외에도 다소비 생선류보다도 지방함량이 낮아 저지방 육류의 대표라 할 수 있음.

축종 별 성분함량

종 류	부 위	단백질(%)	지방(%)	칼로리(kcal/100g)
닭고기	가슴	22.9	1.2	101.8
	다리살	18.8	3.2	104.0
	넓적다리살	19.7	2.8	104.0
	날개(껍질포함)	17.6	14.9	204.5
돼지고기	삼겹살	13.4	28.5	310.1
	등심	23.8	2.0	113.2
소고기	등심	18.1	16.9	224.5
	우둔	22.3	2.8	114.4
생선	고등어	20.2	10.4	183
	꽂치	19.5	8.7	165
	정어리	20.2	9.1	171

(자료 : 월간 닭고기, 17(8) 90-93(2011))

- 지질 함량의 경우, 타 육류에 비하여 닭고기 내 지방함량은 매우 낮음에도 불구하고 지방산의 조성은 닭고기의 경우, 필수지방산이 16% 이상으로서 육류 중에 가장 높으며 필수지방산 중 특히 리놀레산의 함량이 매우 높아 15.9%에 달한다. 한편 돼지고기의 경우, 리놀레산 함량은 단지 9.5 ~ 9.7%, 쇠고기는 2.6 ~ 3.7%에 불과하다. 필수지방산 중의 하나인 리놀레산은 혈액내 유해한 콜레스테롤(LDL) 함량을 낮추어 각종 성인병을 예방하여 주며, prostaglandin의 전구물질로 작용하여 혈액의 점도를 적절히 유지하여 주기 때문에 인체내 생리활성 기능을 촉진시키는 역할을 한다. 한편, 불포화 지방산의 함량도 67.0 ~ 68.4%로서 돼지고기의 57%, 쇠고기의 59%에 비하여 월등히 높은 특징을 지니고 있음.

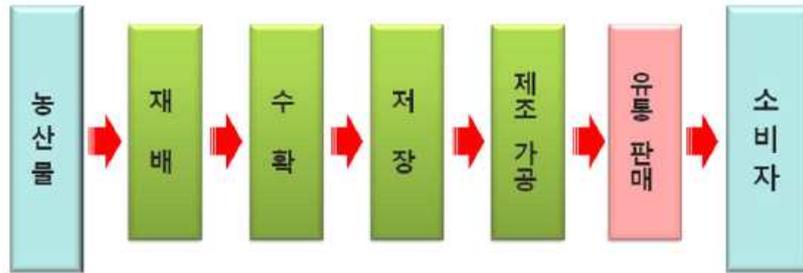
닭고기와 타육류와의 필수지방산, 불포화지방산, 리놀레산 함량

육류	부위	필수지방산(%)	불포화지방산(%)	리놀레산(%)
닭고기	가슴살	16.8	67.1	15.9
	다리살	16.5	68.4	15.7
돼지고기	등심	10.4	57.2	9.5
	삼겹살	10.5	57.3	9.7
쇠고기	등심	3.9	59.2	3.7
	우둔	2.8	58.7	2.6

(자료 : 월간 닭고기, 17(8) 90-93(2011))

- 또한 닭가슴살에는 단백질이 22.9%가 함유되어 있어 다른 동물성 식품에 비해 월등히 높고 맛이 담백하고 소화흡수가 잘될 뿐 만 아니라 지방함량이 거의 없어 체중 조절용 식품 뿐 만 아니라 심장병이나 동맥경화, 심근경색 등의 심혈관질환을 예방할 수 있어 건강식품으로 각광받고 있으며 젊은층을 중심으로 닭가슴살 다이어트라는 단백질을 충분히 섭취하여 체지방을 줄이는 식이요법이 각광을 받고 있음.
- 하지만, 닭가슴살 부위는 가열하면 지방 성분이 거의 없는 관계로 **퍽퍽한 식감으로 인하여 소비자에게 외면**당하고 부위별 선호도에서 가장 낮은 기호도를 보이고 있을 뿐만 아니라 **저장기간이 증가할수록 쉽게 물성이 변화되며 섭취 시 닭비린내와 닭가슴살 특유의 식감**으로 인하여 거부감을 느끼는 경우가 많고 이러한 현상은 매우 빠르게 진행되므로 이를 해결할 식품가공기술이 필요한 시점임.
- 이와 같이 현재 농산, 수산, 축산, 육가공, 식품을 망라하여 선도 유지라는 명제는 산지 그대로의 신선한 식품을 먹고 싶은 인간의 건강한 기본 욕구이기에 생산자가 재배, 수확, 저장, 제조, 가공, 유통을 거쳐 최종 소비자에게 배달되는 일련의 과정 중에 발생할 수 있는 물리적인 변형이나 생·화학적인 변화, 부패의 과정을 최소화 시켜야 함. 이러한 선도유지를 충족시키기 위한 방법의 모색이 많은 연구와 시행착오를 통하여 물리적, 화학적 및 생물학적으로 많은 이론이 정립되어 있으며 이들 기술을 또는 여러 단계로 혼합 적용하여 상품의 최초 상태 그대로 유지하는 다양한 허들 기술(hurdle technology)을 활용하고 있으나 모든 농·수·축산물에의 적용은 어려우며 이에 따라 각

원료마다 적합한 최적의 선도 유지제의 개발이 필요한 실정임.



농산물 과.채류 유통구조

- 기존의 선도유지 방법과 선도 유지제는 크게 작물의 저장고의 온도를 0~4℃로 유지시켜 작물의 생리활성을 조절시키는 Cold chain system(예냉체계)을 기본으로 하면서, 대형 유통의 경우는 창고나 챔버 내 O₂양을 조절하는 CA(Control Atmosphere, 공기제어)법, 소형 유통의 경우는 O₂, CO₂의 양을 인위적으로 조절해서 소형 포장팩에 주입하여 작물의 생리활성을 제어하는 MAP(Modified atmosphere package, 가스치환)법을 사용하고 있음.



소규모 CA저장고

- 물리적 방법으로는 Film에 미세구멍을 내어 산소의 투과도를 제어하는 박막 타공법이 나



필름에 박막타공하여 산소투기도 조절

- 필름, 종이박스 등에 원적외선 방사가 가능한 무기물을 넣는 방법을 사용하거나, 아래 그림처럼 소형 package 내부에 반응성. 기능성 물질을 주입하여 O₂, CO₂, 에틸렌가스 등을 흡착하는 흡착제, 이황화패드, 이물질, 핏물을 제거하는 흡습포 등이 사용되고 있으며, 화학적으로는 1-MCP같은 생리활성 억제제를 주입하거나 오존, 플라즈마, 이산화염소(수), 기타 살균제 등이 사용 되고 있으나, 소비자에게 도달하기까지 소형 포장용기의 내부를 제어하여 신선도를 유지하기에는 역부족임.



각종 소형 포장용기 삼입 흡착제

- ✓ **수분 흡수제** ; 실리카겔이 주성분으로 부직포나 Tyvek, PE film에 들어있는 실리카겔이 수분을 흡착하여 소포장내 수분을 제어하여 선도를 유지시킴.
 - ✓ **산소 흡착제** ; 철의 산화력을 이용하는 방법으로 벤토나이트, 활성탄, 제올라이트 등의 흡착제로 흡착한 산소를 알칼리 조건하에서 철과 반응하여 소포장내 산소를 감소시킴으로 호기성조건을 억제 선도를 유지시킴.
 - ✓ **가스 흡착제** ; 흡착능이 강한 활성탄, 벤토나이트, 일라이트, 제올라이트 등을 이용하여 이산화탄소 등을 흡착하여 김치 등 발효식품에서 가스팽창 현상을 제어하는 선도 유지제임.
 - ✓ **에틸렌가스 흡착제** ; 과채류의 생리활성 물질인 에틸렌가스를 흡착하여 작물의 노화를 제어시키는 가스흡착제로 주성분은 흡착능이 높은 흡착제에 알칼리조건하에서 침적 건조시킨 과망간산칼륨과 반응시켜 가스를 흡착시켜 선도를 유지시킴.
- 다만, 위 흡착제들은 특정가스를 흡착하는 기능이 있다고는 하나, 실제적으로는 흡착기작에 우선한 반응제들이므로 최초 수분과 먼저 반응하는 특징을 가지고 있기에 선택적인 가스만을 흡착하는데 한계가 있었고, 또한 공기 노출시 원하지 않은 수분과 기체를 흡수하여 제 기능을 상실할 경우가 많아 작은팩 하나만 적용하는 방법으로서는 특정가스를 제어하여 선도를 유지하는 데에는 분명한 한계를 가지고 있음.

- 한편, 이산화염소(ClO₂)는 분자량 67.45의 수용성 가스상 물질로서 저농도에서는 노랑색-녹색, 고농도에서는 주황색-갈색을 나타내고 냄새는 염소와 비슷하지만 보다 자극적이며 물에 대한 용해도는 실온에서 2.9 g/mL 임. 이산화염소는 광범위한 살균 소독력과 유용한 특성을 가지며 pH에 크게 영향을 받지 않아 pH 4-10범위 내에서도 효과적임.
- 이산화염소는 미생물 제어에 효과적인 살균제이고, 기존 농산물에 사용되고 있는 염소와 비교했을 때 유기 물질과 반응하지 않기 때문에 트리할로메탄 등과 같은 발암물질을 생성하지 않으며, 넓은 pH 범위에서도 사용이 가능하다고 보고되었음. 그리고 미국 FDA에서도 이산화염소를 과일 및 채소의 미생물 제어 물질로 승인한 바 있음. 또한 가스 형태의 이산화염소는 액상의 이산화염소보다 투과성이 높아 미생물에 대해 더 높은 살균력을 가지고 있기에 농산물의 저장, 유통에 있어서 보다 효과적으로 미생물을 제어할 수 있다고 알려져 있음.
- 이와 같이 미생물 제어 효과를 갖는 이산화염소 가스의 생성 기작은
 (1단계) $\text{ClO}_2^- + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{HClO}_2$
 (2단계) $5\text{HClO}_2 \rightarrow 4\text{ClO}_2 + \text{HCl} + 2\text{H}_2\text{O}$
- 아염소산염 및 산의 반응을 통한 아염소산의 생성 과정이 평형을 이루고(1단계), 생성된 아염소산이 분해되면서 이산화염소가 생성되는데(2단계), 2단계 반응에 의한 아염소산의 소진으로 인하여 1단계 반응은 평형을 유지하기 위해 아염소산을 계속적으로 생성하게 되며 이를 활용하여 이산화염소 가스를 생성시킬 수 있음.
- 본 연구를 통해 개발하고자 하는 비선택적 서방형 이산화염소 겔팩을 이용한 선도 유지제는 기존의 방식처럼 O₂, CO₂, C₂H₄ 등과 같은 기체를 흡착하는 것이 아니고, 이산화염소 가스를 방출하여 진, 세균의 증식을 제어함으로써 신선도를 유지하는 기술로서 기존의 이산화염소 기술과는 차별된다할 수 있음. 기존의 이산화염소를 이용한 기술은 이산화염소 발생기에 의한 일정공간에 일정가스를 방출하여 챔버 내를 살균, 소독하는 이산화염소 발생기 방법이거나, 이산화염소를 녹인 이산화염소수에 해당제품을 일정시간 침지시키는 방법임.
- 본 연구는 신선편이 식품을 포함한 농산, 수산, 축산, 육가공 식품 등에 전범위로 적용 가능한 신선도 유지제로 미생물 제어능이 뛰어난 이산화염소 서방형 선도유지제의 개발에 있으며, 특히 소형 포장용기가 증가하는 현재의 유통구조에 최적일 것으로 사료되는 제품임.

- 현재까지 단위 소포장의 선도유지제의 필요성은 절감하면서도 매우 제한적으로만 사용되어 질 수밖에 없었던 것은 이산화염소 제어에 기술적 한계가 있었음. 서방형 이산화염소 선도유지제는 이산화염소 발생 원료 물질의 양, 농도, 점도, pH, 온도 등을 조절하여 일정 제형의 통기성 film pack에 가두어 두고 일정시간에 일정농도의 이산화염소 가스가 방출될 수 있도록 한 기술임.
- 비선택적으로 적용 가능한 서방형 이산화염소 선도유지제는 이산화염소 가스 방출을 제어하기 위하여 일정제형 내부의 농도, 점도, pH, 온도를 조절하고, 미세타공한 복합 비닐팩을 채택 적용하여 내부에서 이산화염소 가스를 발생시켜, 일정기간 일정농도로 서방출시켜 진, 세균을 살균, 제어하는 기술로 이를 이용하여 소형 포장용기 내부의 진, 세균수를 감소시켜 저장안정성과 유통기한을 높일 수 있을 것으로 사료되며 일반 농산물 및 신선편이 식품뿐 아니라 수산, 축산, 냉장 육가공 제품의 보존성을 연장시킬 수 있을 것으로 기대되어짐.
- 그러나 신청기업인 세진이엔피(주)는 이산화염소 가스 겔팩의 제조에 대한 기술을 가지고는 있으나 이 제품에서의 이산화염소 가스의 방출량, 미생물 살균효과 및 안전성에 대한 결과를 얻을 수 없고 이산화염소 가스 처리한 농, 축산 원료의 유통과정 중의 미생물학적, 이화학적 품질 및 주요 성분의 변화 정도를 측정할 수가 없었음.
- 따라서 본 연구에서는 농산, 수산, 축산, 육가공, 식품(신선편이) 등에 비선택적으로 적용 가능한 소형의 이산화염소 가스 서방형 신선도 유지제의 성능을 확인하기 위하여 주요 농산물(딸기)과 축산물(닭가슴살)을 대상으로 미생물학적, 이화학적 및 관능적 품질변화를 평가하여 최적의 이산화염소 가스를 이용한 신선도 유지제를 개발하고자 함.

1-3. 연구개발 범위

1) 서방형의 이산화염소 가스 선도 유지제 개발

- 서방형 이산화염소가스 방출량, 미생물 제어 확인, 및 안전성 시험

2) 농산물(딸기)의 이화학적 품질 변화 측정을 통한 이산화염소 겔팩의 최적 조건 확립

- ㉠ 농산물에 적용할 이산화염소 가스 방출량을 달리한 서방형 선도유지제 제조
- ㉡ 농산물(딸기) 소포장 용기에의 서방형 이산화염소 가스 겔팩의 적용 및 저장
- ㉢ 미생물학적(세균 및 곰팡이) 변화 측정
- ㉣ 이화학적(호흡률, 중량감소율, 당도, pH, 색도, 부패율, 조직감 등) 변화 측정
- ㉤ 농산물 내 주요 생리활성 물질 및 활성 변화 측정
- ㉦ 관능검사

3) 축산물(백색육)의 이화학적 품질 변화 측정을 통한 이산화염소 겔팩의 최적 조건 확립

- ㉠ 백색육에 적용할 이산화염소 가스 방출량을 달리한 서방형 선도유지제 제조
- ㉡ 백색육(닭가슴살) 소포장 용기에의 서방형 이산화염소 가스 겔팩의 적용 및 저장
- ㉢ 미생물학적(세균 및 대장균군) 변화 측정
- ㉣ 이화학적(pH, 육색, 전단력, 보수력, VBN, TBARS 등) 변화 측정
- ㉤ 백색육 내 주요 물질변화 측정
- ㉦ 관능검사

2. 국내외 기술개발 현황

코드번호

D-04

2-1. 국내 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술현황

- 지금까지의 국내 신선도 유지에 관한 기술을 보면, 물리적인 방법으로는 농, 수, 축, 육가공, 식품의 생리활성을 억제, 지연시키는 기본적인 예냉(cold chain)을 기본으로 각 작물의 생리활성 까지 연구 하여 온도, 습도, 선택공기량 까지 조절하는 대형창고 등의 경우 CA(Control Atmosphere)법을, 소규모 작은 package에는 MAP(Modified atmosphere package)법이나 포장재질의 변경 (필름 미세천공, 무기물충진, 복합재질로 통기성 향상 등)을 채택하고, 그래도 유통 중 온, 습도 변화에 따른 진, 세균의 오염에 의한 미생물 살균, 소독을 위하여 오존, 플라즈마, 1-MCP, 이산화염소 가스 등으로 훈증, 침지하는 방법을 사용하고 있음.
- 주로 과일의 경우 성숙하기 전에 수확하여 이를 저장, 유통하는 과정에서 먹기에 가장 좋은 단계인 숙성을 하게 되는데 성숙과 숙성 과정에서 다양한 성분변화와 과육의 연화가 일어나 노화하기 시작함. 성숙과 숙성과정에서 호흡이 급등하는 호흡 급등형 작물과 호흡 비급등형 작물로 나뉘는데 이의 호흡률과 호흡열로 CA, MAP를 결정하고 있으며, 각 과실의 호흡특성은 물론, 호흡 급등곡선과 변화시기에 따른 수확시기, 그리고 대사산물 변화에 따른 성숙과 숙성, 호흡, 증산, 노화에 이르게 하는 에틸렌대사 및 감수성 등은 기 연구보고 되어있으며, 또한, 저온저장고 관리측면에서 각 작물별 적정온도와 습도범위, 동결온도까지 세심한 배려를 하고 있으나, 저온에서도 진, 세균에 의한 미생물발생 제어가 요구되고 있음.

Climacteric fruit	Non-climacteric fruit
호흡 급등형 과실	호흡 비급등형 과실
사과, 배, 감, 복숭아, 살구, 메론	오렌지, 밀감, 딸기, 포도
키위, 수박, 무화과, 바나나	양앵두, 레몬, 파인애플, 올리브
파파야, 토마토, 아보카도, 망고	고추, 오이, 가지

품목	적정 온도 및 습도 범위		동결온도(°C)*	
	온도(°C)	습도(%)		
과일	사과	0.5 ~ -0.5	90-95	-1.1~-1.5
	배	0.5 ~ 1.0	90-95	-1.5
	복숭아	0.0 ~ -0.5	90-95	-0.9
	포도	0.0 ~ -0.5	85-90	-1.2
	단감	0.0 ~ -1.0	90-95	-2.1
	밀감	5.0 ~ 8.0	90-95	5.0(저온장해)
채소	배추	0.5 ~ 0.0	95-98	-0.7
	브로콜리	0.5 ~ 0.0	95-98	-0.6
	양파	0.0 ~ -0.5	70-80	-0.8
	마늘	-0.5 ~ -1.5	70-80	-0.8

저온저장조의 과, 채 적정온도 및 습도

- 또한, 소규모 단위포장의 신선도 유지제의 경우 농산물, 육가공의 소규모 포장내부의 공기분포와 공기량을 조절하기 위하여 O₂, CO₂, 에틸렌가스, 습기 흡착제와 혈액 등이 물질을 흡착시키기 위하여 다공성을 이용한 pulp 흡착포 등이 사용되어지고 있음.



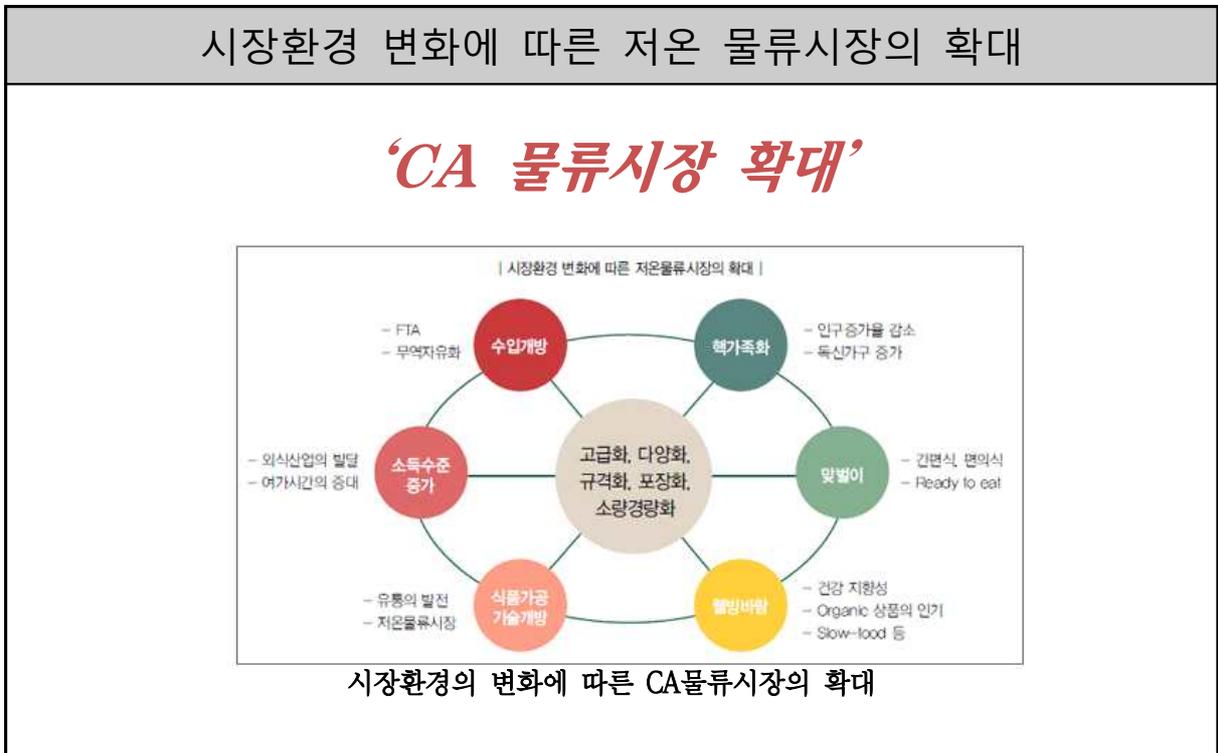
- 산소흡수제는 철의 산화를 유발하여 산소를 흡착시키고 있으며, CO₂ 제거제는 강력한 흡수능을 가진 벤토나이트, 소성클레이, 제올라이트 등을 혼합하여 이산화탄소를 흡착하고 있으며, 에틸렌가스 제거제는 자연물 흡착제인 규조토, 벤토나이트 등에 과망간산칼륨 등을 함침시켜, 흡착시킨 C₂H₄ 등을 분해하는 기능을 갖고 있는 고체분말이나 비드 타입의 무기물들이 다층 LLDPE 합성지 film팩의 제형으로 시판되어지고 있음.

- 위 제품들은 일정 기능성을 갖고 있다고는 하나, 특정 기체를 흡착시키는 선택성이

약하고, 공기 중 노출시 제 기능보다는 공기 중의 수분을 우선 흡착하여 본연의 기능을 못하는 단점을 가지고 있음.

- 축산물의 경우 도축(계)의 경우 도체 후 가공 및 운반단계에서 교차오염이 상존하고 있고, 식육의 보관은 냉장 및 냉동상태로 이뤄지며, 냉장 냉동 보관시 액상 소독제를 도포 및 침지하는 경우가 많은데 이때에는 살균소독제의 결빙 및 잔류 등으로 인해 식육의 품질에 영향을 미칠 수 있음. 따라서 필요한 상황에 맞춰 액상상태 또는 가스상태를 선택하여 사용할 수 있는 미생물 제어제를 사용할 경우 식육에 더욱 적합하다고 할 수 있음.

○ 시장현황



- 저온저장기술은 크게 일반 저온저장과 CA(Controlled Atmosphere)저장 기술로 구분할 수 있으며, 일반 저온저장은 단순 저온저장과 냉동저장, 냉장저장으로 구분됨. 일반 저온저장은 저장고 내 온도를 낮게 유지하는데 그치는 반면, CA 저장은 온도뿐만 아니라 저장고 내 산소와 이산화탄소 농도를 조절하여 저장 중 상품 품질의 변화를 최소화하는 기술이라 할 수 있음.

- 한편 MA(Modified Atmosphere) 저장은 CA 저장의 초기투자 부담없이 플라스틱 필름

등으로 상품을 포장함으로써 비교적 간편하게 CA 효과를 내는 저장방법을 말함. 특히 포장을 한 후 저장한다는 의미로 **MAP(Modified Atmosphere Packaging) 저장기술**로 불리기도 함. MA 기술은 저장뿐만 아니라 수확 후 품질의 변화가 심하게 일어나는 채소나 가공식품의 유통기간 중 품질 유지와 손실을 줄이기 위해서도 효과적으로 사용되고 있음. 그러나 생산 및 수확 후 유통되는 과정의 미생물 제어를 위해서는 매우 부족한 실정이어서 이의 개발이 절실히 요구되고 있음.

저장방법에 의한 창고의 유형 비교

저장방법에 의한 창고의 유형 비교			
구분	단순 저온저장	냉동저장	CA 저장
주요 저장 품목	<ul style="list-style-type: none"> 농산물 신선가공식품 	<ul style="list-style-type: none"> 냉동식품 축수산물 	<ul style="list-style-type: none"> 과채류
장점	<ul style="list-style-type: none"> 살비투자가 저렴 입출고가 자유로움 	<ul style="list-style-type: none"> 장기 저장 	<ul style="list-style-type: none"> 장기간 선도 유지
단점	<ul style="list-style-type: none"> 선도유지 기간이 짧음 	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 소비량이 큼 살비투자가 고가 	<ul style="list-style-type: none"> 입출고를 수시로 할 수 없음 살비투자가 비교적 고가
사업성격	<ul style="list-style-type: none"> 단순 저장업 창고임대업 	<ul style="list-style-type: none"> 창고임대업 1차가공업 	<ul style="list-style-type: none"> 농산물 저장 유통사업 창고임대업

국내 농, 수, 축산물의 이산화염소 사용분야

구분	분야별	농, 축, 수산물 살균, 신선도 유지	탈취, 방향 소비재	살균, 소독 개인위생,	방역, 방제 공조system
이산화염소	약품	키토산등 시도, 일부 농산물 세척 및 수산물 보존에 이용 Gel-pack 없음	K*** B**** O***외	좌 동 (방판 및 대리점)	좌 동
	발생기 장치	과채수확, 저장시 일부 처리에 시도	T**** D**** SY, L*** 등	중소 방역업체 다수	중소 일부업체 Clo2분무
기타 처리 (약품 및 기타)		오존, 염소, 유기산 NaClO, 산소흡수, CA, MAP, 약품처리 외	K, P&* 다수업체 M*****	D* 중점 E-OH M*-125	석회수 NaClO E-OH

국내 농산물 과채시장의 선도 유지제 시장규모

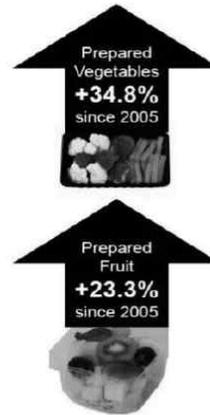
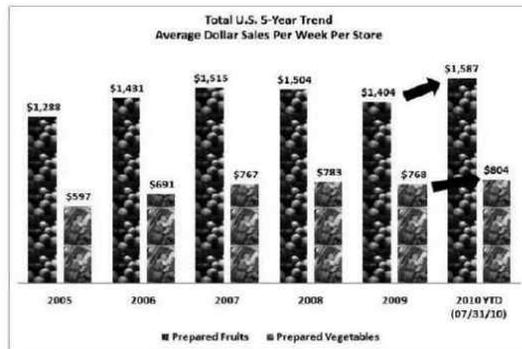
구 분	농,축산 분야		산업체			Consumer	
	농산물 과채류 살균,소독 및 신선도 유지	축, 수 산분야	방역, 방제	개인 위생, 공공 대기질	산업체 공조, 탈취 (오,페,쓰,분)	탈취, 방향 분무,연무 기	살균,소독
업계/ 대표제품	미약 (산소흡수제, 습기제거제, 통기성필름, 예냉, 일부 처리)	미약	석회수 NaClO E-OH	다수	다수	F****	D** MD-125 E-OH
잠재시장 규모	@500억 ↑	@ -	@ -	@ -	@300억 ↑	@1000억	@300억
세*목표	@200억				@200억	@300억	

- 국내 농산물 중 과채시장에서의 선도 유지제 시장 규모를 살펴보면, **아직까지는 확실한 선도유지제가 개발되어 있지 않으며** 단위 소포장재를 통한 유통에 따라 잠재 시장 규모는 500억원 이상으로 평가되고 있으며 이산화염소 겔팩의 개발시 이의 잠재시장을 어느 정도 확보할 수 있을 것으로 기대되어 짐.
- 또한 산업체에서의 공조, 탈취 및 소비자용의 선도 유지제 잠재시장도 어마어마한 시장을 형성할 수 있을 것으로 기대되어 지며 농, 수, 축산물의 저장 안정성 확보로 유통기한 증진을 통한 원가 절감, 생산자의 수익 등을 증대시킬 수 있을 것으로 기대되어 짐.

2-2. 국외 기술 수준 및 시장 현황

○ 기술현황

- 신선도 유지의 선택적 육구는 해외나 국내 모두 유사한 상황이며 대별해 보면 Cold chain, CA, MAP 그리고 포장재질과 포장방법에 대한 연구가 국내보다는 많이 진행되었음.
- 아래는 미국 농산물의 신선편이 과, 채 식품의 증가세이며 선도유지제의 필요성도 함께 증가하고 있음.



Source: Perishables Group FreshFacts® Powered by Nielsen

신선편이 식품의 변화추이 (미국-2010)

제품	CO2	N2	O2
붉은 육류	30%	--	70%
돼지 스테이크	20%	30%	50%
소/사슴 부위	20%	--	80%
사냥고기	30%	70%	--
닭 부위	30%	50%	20%
단단한 치즈 부분	20%	80%	--
생선	40%	30%	30%
송어	15%	65%	20%
가자미류	40%	30%	30%
신선한 파스타	50%	50%	--
Pre-baked rolls	70%	30%	--
피자	70%	30%	--
Processed meat rolls	30%	70%	--
요리된 햄	40%	60%	--
프라이드 소세지	30%	70%	--
과일&야채	5%	90%	5%
샐러드	30%	50%	20%

MAP의 예시- wittgas

poultry & dairy

Product	CO ₂	N ₂	O ₂
Game	30%	70%	--
Chicken portions	30%	50%	20%
Hard cheese portion	20%	80%	--

 Retail: 30% CO ₂ ; 70% N ₂	 Bulk: 100% CO ₂
---	-----------------------------------

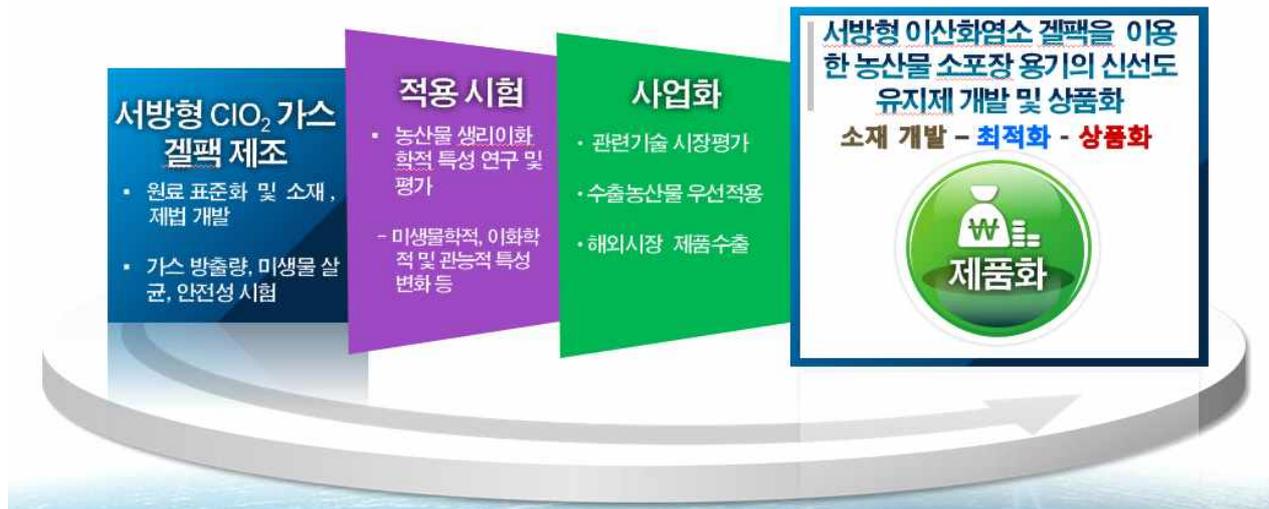
Poultry의 MAP예시_wittgas

- 대체적으로 국외에서도 아직까지는 본 기술과 같은 연구가 아니라 선도유지의 기본인 Cold chain 과 CA, MAP를 좀 더 계량화 표준화시켜 적용하고 있는 실정임.

3. 연구수행 내용 및 결과

코드번호	D-05
------	------

3-1 연구개발의 추진 전략 및 방법



3-2. 연구개발 추진체계

1) 서방형의 이산화염소 가스 선도 유지제 개발

- 서방형 이산화염소가스 겔팩 최적 조건 확립 및 제조
- 이산화염소 가스 방출량 확인
- 미생물 제어 확인
- 이산화염소 가스 겔팩의 안전성 시험

2) 농산물(딸기)의 이화학적 품질 변화 측정을 통한 이산화염소 겔팩의 최적 조건 확립

- 농산물에 적용할 이산화염소 가스 방출량을 달리한 서방형 선도유지제 제조
- 농산물(딸기) 소포장 용기에의 서방형 이산화염소 가스 겔팩의 적용 및 저장
- 미생물학적(세균 및 곰팡이) 변화 측정
- 이화학적(호흡률, 중량감소율, 당도, pH, 색도, 부패율, 조직감 등) 변화 측정
- 농산물 내 주요 생리활성 물질 및 활성 변화 측정
- 관능검사

3) 축산물(백색육)의 이화학적 품질 변화 측정을 통한 이산화염소 겔팩의 최적 조건 확립

- 백색육에 적용할 이산화염소 가스 방출량을 달리한 서방형 선도유지제 제조

- 백색육(닭가슴살) 소포장 용기에의 서방형 이산화염소 가스 겔팩의 적용 및 저장
- 미생물학적(세균 및 곰팡이) 변화 측정
- 이화학적(pH, 육색, 전단력, 보수력, VBN, TBARS 등) 변화 측정
- 백색육 내 주요 물질변화 측정
- 관능검사

3-3. 연구개발 추진일정

연구내용	월별 추진 일정												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
계획수립 및 자료수집	■	■											
원료소재 물성평가 및 기술표준화		■	■	■	■	■							
농산물 저장 중 품질변화 평가		■	■	■	■								
축산물 저장 중 품질변화 평가					■	■	■	■					
원료 적합성 평가			■	■	■	■	■	■	■	■			
지식재산권출원										■	■	■	■

3-4. 연구수행내용

제 1 절 서방형의 이산화염소 가스 선도 유지제 개발과 미생물 살균 및 안전성 시험

- 소비자들은 안전하고 장기간 저장할 수 있는 고품질의 신선한 제품들을 선호하고 있으며(Jeong 등 2006) 이와 같은 기대에 부응하기 위하여 식품산업은 지속적으로 새로운 저장 및 위생기술의 개발에 노력하고 있다(Trinetta 등 2010; Lee 등 2015).
- 위생화를 위하여 주로 사용되는 화학적 처리제로는 차아염소산, 염소, 요오드, 오존, 과산화수소, 과초산, 4급염화암모늄, peroxyacetic acid 및 quaternary ammonium chloride 등이 사용되어지고 있다(Grinstead, 2009). 이들 위생화 방법 중 이산화염소(ClO_2) 가스처리는 유해한 물질의 생성이 없는 미생물 제어 방법 중 하나이다(White, 1972; Kim 등 2009). 기존 농산물에 사용되고 있는 염소와 비교했을 때 유기 물질과 반응하지 않기 때문에 트리할로메탄 등과 같은 발암물질을 생성하지 않으며, 넓은 pH 범위에서도 사용이 가능하다고 보고되었다. 그리고 미국 FDA에서도 이산화염소를 과일 및 채소의 미생물 제어 물질로 승인한 바 있다. 또한 가스 형태의 이산화염소는 액상의 이산화염소보다 투과성이 높아 미생물에 대해 더 높은 살균력을 가지고 있기에 농산물의 저장, 유통에 있어서 보다 효과적으로 미생물을 제어할 수 있다고 알려져 있다(Dunnick & Melnick 1993; Kim JM 2001).
- 이산화염소(ClO_2)는 분자량 67.45의 수용성 가스상 물질로서 저농도에서는 노랑색-녹색, 고농도에서는 주황색-갈색을 나타내고 냄새는 염소와 비슷하지만 보다 자극적이며 물에 대한 용해도는 실온에서 2.9 g/mL이다. 이산화염소는 광범위한 살균 소독력과 유용한 특성을 가지며 pH에 크게 영향을 받지 않아 pH 4-10범위 내에서도 효과적이다.
- Han 등(2001)은 3.0 mg/L의 이산화염소 가스를 피망에 처리하였을 때 30분 후 6 log CFU/5 g 이상의 *Listeria monocytogenes*가 감소하였다고 하였으며 Mahmoud 등(2007)은 딸기에 5 mg/L의 ClO_2 gas를 10분 동안 처리 하고 나서 *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* 및 *Salmonella enterica*가 5 log 정도 감소한다고 하여 미생물 제어가 가능하다고 하였음. 또한 Gomez-Lopes 등(2007; 2009)은 최소가공(minimally processed(MP))한 당근, 상추 및 양상추에 이산화염소가스를 처리한 결과, 부패 미생물을 줄일 수 있었으며 유통기한을 연장시킬 수 있다고 하여 이산화염소 가스가 가열처리할 수 없는 농식품의 저장에 유효할 것으로 판단된다.

- 이산화염소를 생성하는 방법으로, 아염소산 및 산의 반응, 아염소산염 및 염소의 반응, 하이포아염소산염 및 산의 반응 등 다양한 방법들이 알려져 있다.
- 본 연구에서는 이산화염소를 안정적인 상태로 일정하게 생성하기 위해, 아염소산염 및 산의 반응을 이용하였다. 즉, 이산화염소를 일정하게 생성하기 위한 아염소산염 및 산의 반응은 아래와 같은 2단 반응에 의해 이루어지고, 1단계 반응의 경우 가역반응을 이루고, 2단계 반응의 경우 비가역반응을 이루는 것을 특징으로 한다.



- 반응은 아염소산염 및 산의 반응을 통한 아염소산의 생성 과정이 평형을 이루고(1단계), 생성된 아염소산이 분해되면서 이산화염소가 생성되는데(2단계), 2단계 반응에 의한 아염소산의 소진으로 인하여 1단계 반응은 평형을 유지하기 위해 아염소산을 계속적으로 생성시키게 된다.
- 현재 대부분의 이산화염소 가스의 처리는 저장 또는 유통 초기에 처리하기 때문에 저장 또는 유통과정 중 지속적으로 처리할 수 있는 시스템이 구축되어 있지 않아 지속적으로 가스를 처리할 수 없다는 단점을 가지고 있다. 따라서 농식품의 유통과정 중 신선도 및 품질의 변화를 최소화하기 위하여 지속적으로 방출될 수 있는 서방형의 이산화염소 가스 처리 기술이 필요하다(Choi 등 2013; Lee 등 2014).
- 따라서 본 연구에서는 이산화염소 가스가 일정시간 동안 지속적으로 방출될 수 있도록 사용할 필름을 검토하고 이산화염소 발생 원료물질의 반응 시 최적의 pH, 반응물질의 농도 및 반응시의 점도를 결정하였으며 이 최적의 조건을 활용하여 이산화염소 가스 겔팩을 제조하였다. 또한 이 겔팩을 활용하여 이산화염소 가스의 방출량, 식중독 세균의 살균 효과 및 이산화염소 가스 조성물에 대한 독성시험을 측정하였다.

재료 및 방법

서방형의 이산화염소 가스 방출을 위한 필름 선택

이산화염소 가스가 서서히 방출될 수 있도록 하기 위하여 Table 1과 같이 다양한 필

름 재질을 사용하여 산소투과도와 이산화염소 가스 투과량을 측정하였다. 즉 이산화염소 가스 담체로 단일필름으로는 필름강도와 인쇄, 접합 가공성 등이 취약하므로 다양한 필름을 접합하여 복합필름을 제조하였다. 또한 이산화염소 가스는 강력한 산화제이므로 일반필름은 이산화염소의 산화력으로 인한 열화를 피하기 어렵기에 무기실리케이트로 조제된 나노개질제를 코팅하여 사용하였다. 또한 나노개질제를 코팅한 동일한 복합필름을 펄스레이저(femtosecond laser)를 이용하여 동일하게 천공하였으며 아염소산과 산의 농도, pH를 동일한 조건으로 하여 산소투과도와 이산화염소 가스 투과량을 측정하였다.

제조한 필름에 대하여 산소투과도는 PermeO2 single 측정기(PermTech Co.)로 온도 38도에서 포장용기의 외부를 상대습도 90%로 세팅하여 측정하였다.

이산화염소 가스의 생성은 위의 반응식에서와 같이 아염소산염과 구연산을 반응시켜 생성시켰으며 점도, 농도, pH 등은 동일한 조건으로 하여 제조하였으며 이산화염소 가스 생성 반응물들을 필름에 넣어 포장기로 팩의 형태로 제조한 후 증류수 300 mL와 함께 플라스크에 넣고 밀봉하였다. 그 후 25°C에서 빛을 차단하고 24시간 경과 후 증류수에 용해된 이산화염소의 농도를 측정하였다. 이산화염소의 농도 측정은 포집된 액에 0.01 M의 sodium thiosulfate 용액으로 반응시킨 후 적정 및 510 nm에서 흡광도를 측정하였으며(KWWA 2008) 이산화염소 표준용액 제조는 KWWA법에 의해 농도별로 제조하였으며 검량선을 작성하여 계산하였다.

Table 1. 서방형 이산화염소 가스 방출을 위한 필름 조건 시험

구분	Film재질	g/m ²	펄스레이저 천공유무
1	PET/ CPP	55	무
2	PE/ CPP	55	무
3	PET/ PA	80	무
4	PA/ PE/ LLDPE	85	무
5	PA/ PE/ CPP	80	무
6	PET/ PE	55	무
7	PET/ PE	나노코팅55	무
8	PET/ PE	나노코팅55	유

이산화염소 가스 생성 반응물질의 최적 pH 확립

아염소산염과 구연산의 반응에 의해 이산화염소 가스의 생성시 산의 농도를 조정하여 pH를 1.5-4.5가 되도록 각각 제조하였으며 이때의 반응물의 점도는 3,000 cps로 고정하

였다. 제조된 반응물은 필름 팩에 충전하여 제조하고 저장 중 이산화염소 가스의 농도를 위와 동일한 방법으로 측정하였다.

이산화염소 가스 생성물질의 최적의 점도 조절

아염소산염과 구연산의 반응시 pH를 3.4로 하여 이산화염소 가스가 생성되도록 하고 이산화염소 가스가 필름 팩 내에서 되도록 서서히 방출될 수 있도록 점도 조절제인 carboxymethyl cellulose(CMC)를 첨가하여 점도가 0, 1,000, 3,000, 5,000 및 10,000 cps가 되도록 각각 제조하여 저장 중 이산화염소 가스의 농도를 위와 동일한 방법으로 측정하였다.

최적 조건을 이용한 이산화염소 가스 처리 겔팩 제조

이산화염소 가스는 아염소산염과 구연산의 반응시 pH를 3.4로 유지시켜 생성되도록 하였으며 유통 중 지속적으로 방출할 수 있도록 겔화제인 CMC를 첨가하여 5,000 cps의 점도를 갖게 하였다. 겔화제를 첨가한 용액은 산소투과도가 5,000 cc/m²/day에서 10,000 cc/m²/day가 되게 미세 마이크로 천공한 PET/PE film(LG Chemical, Lutene LB5000/7500, LDPE, Daesan, Korea)에 밀봉하여 제조(8.8 cm × 2.3 cm)하였다. 이때 겔팩에서의 방출되는 이산화염소 가스의 농도는 각각 12일 동안 3, 5, 7 및 10 ppm 정도의 양이 방출될 수 있도록 제조하였다. 이산화염소 가스의 방출량 확인은 위의 방법과 동일한 방법으로 측정하였다.

이산화염소 가스 용출 확인

제조한 이산화염소 가스 겔팩에서 서방형의 형태로 가스가 용출되는 지를 확인하기 위하여 PCA 배지에 3 - 10 ppm의 농도별로 제조한 겔팩을 첨가하여 para film으로 가스가 새어나오지 않도록 한 후 저장기간별로 배지에 흡수된 황색의 이산화염소 가스의 정도를 색차계(CR-300 Minolta Chroma Meter, Konica Minolta Sensing Inc, Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 측정하였으며 각 시료당 5회 측정한 뒤 평균값을 나타내었다. 이때 사용한 표준 백색판(standard plate)의 L*, a* 및 b* 값은 각각 95.02, 0.04 및 0.26 이었다.

공중 낙하균 시험

제조한 이산화염소 가스 겔팩의 미생물 제어 효과가 있는지를 확인하기 위하여 일정한 공간에 plate count agar(Difco)를 petri dish에 분주한 다음 농도별로 제조한 이산화염소 가스 겔팩을 배지 위에 올려놓은 다음, 1시간 동안 일정한 공간에 뚜껑을 열어놓고 공중낙하균이 떨어질 수 있도록 하였다. 그 후 뚜껑을 닫고 배양하면서 배지 내에서의 변화를 확인하였다.

미생물 살균 시험

본 연구에서 사용한 세균은 *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 6538를 ATCC에서 분양받아 사용하였다. 각각의 균주는 tryptic soy broth(TSB, Difco, USA)에서 활성화시키고 배양액을 tryptic soy agar(Difco)에 분주한 다음 도말하였으며 5 ppm의 이산화염소 가스 겔팩을 petri dish 뚜껑에 밀착한 다음 37°C에서 48시간 동안 배양하여 균수 변화를 측정하였다.

농도별 이산화염소 가스 겔팩의 미생물 사멸효과를 측정하기 위하여 *Listeria monocytogenes* KCTC 3569를 균주로 사용하였으며 tryptic soy agar(Difco)에 활성화시킨 *Listeria monocytogenes* 배양액을 분주한 다음 도말하였으며 5 - 15 ppm의 이산화염소 가스 겔팩을 각각의 petri dish 뚜껑에 밀착시켜 37°C에서 48시간 동안 배양하여 균수 변화를 측정하였다.

독성검사

5 ppm의 농도로 제조된 이산화염소 가스 겔팩의 조성에 대한 독성검사를 측정하기 위하여 실험 프로토콜은 MFDS 지침 2015-82에 따라 수행하였으며 수컷과 암컷의 Sprague-Dawley rat을 사용하였다(Table 2).

Table 2. Group description and dosage volume

Sex	Number of Animal	Dosage volume (mL/kg)	Dose level (mg/kg)
Male	5	10	0
	5	10	2,000
Female	5	10	0
	5	10	2,000

이산화염소 가스 겔팩 내 물질 2 g을 증류수에 녹여 총 용적이 10 mL가 되도록 만들고 증류수를 대조군으로 하였다.

실험에 사용한 모든 동물을 밤새 공복에 단식시키고 시험관내 경구 투여는 삼관법으로 시행하였다. 개별 투여량은 투여 직전 측정된 각 음식 체중을 기준으로 하였으며 투여량은 10 mL/kg이었다. 모든 실험동물의 임상징후 관찰은 투여 후 첫 1 시간 동안 지속적으로 관찰하였고 처음 4 시간까지 매 시간마다 관찰하였다. 그 후 14일 동안 매일 한 번 관찰하였다.

체중 변화는 투여 직후 및 투여 후 1일, 7일 및 14일에 개별 동물에 대하여 계량하였으며 투여 후 14 일째 모든 생존 동물을 CO₂ 가스로 마취시키고 대동맥으로부터의 방혈한 후 중요한 장기에 대해 사후 검사를 수행하였다.

결과 및 고찰

서방형의 이산화염소 가스 방출을 위한 필름 선택

이산화염소 가스가 서방형의 형태로 방출될 수 있도록 하기 위하여 우선 사용할 필름들의 산소 투과도 및 2일차 이산화염소 가스 투과량을 측정하였으며 그 결과는 Table 3과 같다.

산소 투과도가 적었던 PET/PPP, PET/PA 및 PET/PE(나노코팅 55, 펄스레이저 천공 무)의 경우에는 적은 이산화염소가스의 방출량도 적은 것으로 나타났으며 PE/PPP, PA/PE/LLDPE, PA/PE/PPP 및 PET/PE(펄스레이저 천공 무)의 경우에는 산소투과도는 1,200 cc/m²·day 이상의 투과도를 보였지만 이산화염소 가스의 방출량은 적은 것으로 나타났다. 나노코팅을 하고 펄스레이저 천공을 한 PET/PE의 film에서는 1.87 mg/day의 함량을 보여 가장 투과량이 적당한 것으로 판단되어 서방형의 이산화염소 가스 포장 필름으로는 산소투과도가 5,000 cc/m²/day에서 10,000 cc/m²/day가 되도록 미세 마이크로 천공한 PET/PE film(LG Chemical, Lutene LB5000/7500, LDPE, Daesan, Korea)을 사용하였다.

Table 3. Film 재질별 산소 투과도 및 ClO₂ 투과량

구분	Film 재질	(g/m ²)	펄스레이저 천공유무	산소투과도 (cc/m ² ·day)	ClO ₂ 투과량 (mg/day)
1	PET/PPP	55	무	259	0.00
2	PE/PPP	55	무	2,450	0.23
3	PET/PA	80	무	450	0.03
4	PA/PE/LLDPE	85	무	3,130	0.31
5	PA/PE/PPP	80	무	1,658	0.15
6	PET/PE	55	무	1,259	0.09
7	PET/PE	나노코팅55	무	569	0.05
8	PET/PE	나노코팅55	유	5,540	1.87

이산화염소 가스 생성 반응물질의 최적 pH 확립

아염소산과 산의 반응에 의해 이산화염소 가스의 생성시 산의 농도를 조정하여 pH를 1.5-4.5가 되도록 제조하여 필름 팩에서의 방출량을 저장일별로 측정하였으며 그 결과는 Table 4와 같다.

아염소산과 산의 pH가 1.5일 때에는 저장 1일에는 4.17 ppm으로 가장 많은 양을 방출

하고 저장기간이 증가할수록 급격히 감소하는 것으로 나타났으며 저장 12일 이후부터는 이산화염소 가스 방출이 되지 않았다. 즉 반응속도가 너무 빨라 지속적인 방출이 되지 않는 것으로 판단되었다. 반응시의 pH를 2.7로 하였을 때에는 저장 14일 중 12일까지 이산화염소 가스를 방출하였으며 총 방출량은 18.65 ppm을 방출시켜 다른 pH에 비해 가장 많은 양을 방출하였으나 초기 반응이 빠르게 일어남을 알 수 있었다. 반응시의 pH를 3.1로 하였을 때에도 2.7일 때와 비슷한 경향을 보였다. 그러나 pH를 3.4로 한 경우에는 14일 동안 지속적으로 방출하였으며 pH 3.8의 경우도 유사한 경향을 보였다. 하지만 pH를 4.5로 한 경우에도 14일 동안 지속적으로 방출되었지만 pH 3.4 또는 3.8보다는 저장 중 적은 양을 방출하는 것으로 나타나 총 방출량 등을 고려할 때 pH 3.4 부근일 때가 가장 적합할 것으로 판단되었다.

Table 4. pH를 달리한 반응물의 저장 중 이산화염소가스 방출량 (unit : mg/day)

pH	Storage period (day)														Total release content
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1.5	4.17	3.40	2.91	1.91	0.90	0.68	0.77	0.46	0.40	0.24	0.17	-	-	-	16.01
2.7	3.19	3.36	2.71	2.02	1.80	1.17	0.90	0.90	0.68	0.65	0.60	0.67	-	-	18.65
3.1	1.98	2.34	1.80	1.43	1.12	1.10	0.92	0.84	0.67	0.65	0.60	-	-	-	13.45
3.4	2.01	2.20	1.70	1.53	1.23	1.03	0.89	0.88	0.59	0.57	0.48	0.39	0.29	0.23	14.02
3.8	2.22	1.98	1.72	1.55	1.18	1.00	0.76	0.64	0.49	0.53	0.41	0.34	0.26	0.16	13.24
4.5	2.03	1.78	1.62	1.11	1.06	0.72	0.65	0.6	0.51	0.50	0.38	0.3	0.22	0.19	11.67

이산화염소 가스 생성물질의 최적의 점도 조절

이산화염소 가스 방출시의 최적 조건 검토를 위하여 3,000 cps가 되도록 점도조절제인 CMC를 넣고 이산화염소 가스 방출량을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다.

반응물질의 용매를 물로 하였을 경우에는 저장 7일 정도까지는 이산화염소 가스가 방출되었지만 그 이후에는 방출되지 않아 쉽게 저장기간이 긴 경우에는 유효하지 않는 것으로 나타났다. 그러나 3,000 cps로 한 겔화 물질을 첨가하여 제조한 경우에는 저장 12일 이상까지도 이산화염소 가스를 방출하는 것으로 나타나 반응 시 겔화제가 필요할 것으로 판단되었다.

이상의 결과로 아염소산과 구연산의 반응 시 점도조절제인 CMC를 첨가하여 점도를 0 ~ 10,000 cps로 하여 제조하였으며 필름 팩에서의 방출량을 저장일별로 측정하였으며 그 결과는 Table 5와 같다.

Fig. 1. 겔 및 물에서의 이산화염소 가스 방출량

Table 5. 점도를 달리한 반응물의 저장 중 이산화염소가스 방출량 (unit : mg/day)

점도 (cps)	Storage period (day)											Total release content
	1	2	3	4	6	7	8	9	13	14	15	
-	4.38	3.17	3.14	1.53	1.12	0.68	0.53	-	-	-	-	14.55
1,000	3.85	2.94	3.45	1.87	0.88	0.53	0.43	0.29	-	-	-	14.24
3,000	3.17	2.4	1.91	0.91	0.9	0.68	0.77	0.46	0.45	0.34	0.27	12.26
5,000	0.38	0.56	0.69	0.72	0.81	0.81	0.73	0.71	0.68	0.66	0.61	7.36
10,000	0.11	0.12	0.14	0.13	0.13	0.21	0.20	0.22	0.16	0.13	0.11	1.66

점도 조절제인 CMC를 첨가하지 않고 제조한 경우에는 저장 8일 동안만 이산화염소가스가 방출되는 것으로 나타났으며 1,000 cps로 하였을 때에는 9일 정도로 무첨가군과 큰 차이를 보이지 않았다. 그러나 3,000 cps로 하였을 때는 15일 저장하는 동안 지속적으로 방출되었으며 총 방출량은 12.26 mg/15 day로 나타났다. 이산화염소가스 겔의 점도를 5,000 cps로 조절하였을 때에는 3,000 cps 일 때처럼 지속적으로 방출되는 것으로 나타났으나 총 방출량은 7.36 mg/15 day로 방출되는 양은 다른 것으로 나타났다. 이와 같은 결과로 보아 점도조절을 통하여 가스의 방출량을 제어할 수 있을 것으로 생각되며 다양한 산업에의 적용이 가능할 것으로 판단되었다.

한편, 10,000 cps로 점도를 조절한 경우에는 15일 동안 지속적으로 이산화염소 가스를 방출하기는 하였으나 그 양이 너무 적은 것으로 나타나 점도의 적용은 사용처에 따라 조금 다르기는 하지만 3,000-5,000 cps 정도가 적당할 것으로 판단되었다.

최적 조건에 의한 이산화염소 가스 겔팩 제조

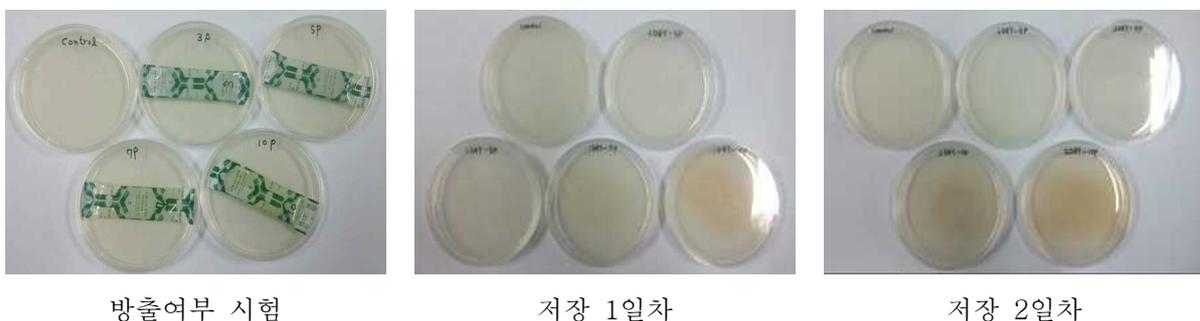
이산화염소 가스의 발생을 위해 아염소산염과 구연산 반응시 pH는 3.4로 맞추고 유통 중 이산화염소 가스가 지속적으로 방출될 수 있도록 점도조절제인 CMC를 첨가하여 3,000 cps 정도의 반응액을 제조하였다. 제조한 반응액은 산소투과도가 5,000 cc/m²/day에서 10,000 cc/m²/day가 되게 미세 마이크로 천공한 PET/PE film에 밀봉하여 제조(8.8 cm × 2.3 cm)하였다. 이때 겔팩에서의 방출되는 이산화염소 가스의 농도는 각각 12일 동안 3, 5, 7, 10 및 15 ppm 정도의 양이 방출될 수 있도록 제조하였으며 그 결과는 Table 6과 같다.

Table 6. 농도별 이산화염소 가스 겔팩의 저장 중 방출량

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)								Total release content (mg/8 day)
	1	2	3	4	5	6	7	8	
3	0.28	0.20	0.23	0.18	0.18	0.15	0.13	0.13	1.48
5	0.53	0.46	0.40	0.35	0.33	0.38	0.43	0.36	3.24
7	0.76	0.91	0.66	0.76	0.56	0.51	0.46	0.43	5.05
10	2.05	1.87	1.01	1.26	0.86	0.83	0.61	0.57	9.06

이산화염소 가스 용출 확인

살균효과를 가진 이산화염소 가스가 서방형의 형태로 용출되어지는 지를 확인하기 위하여 PCA 배지에 이산화염소 가스 겔팩을 첨가하여 5일 동안 저장하면서 저장기간에 따른 색도 변화를 측정된 결과는 Fig. 2 및 Table 7과 같다.



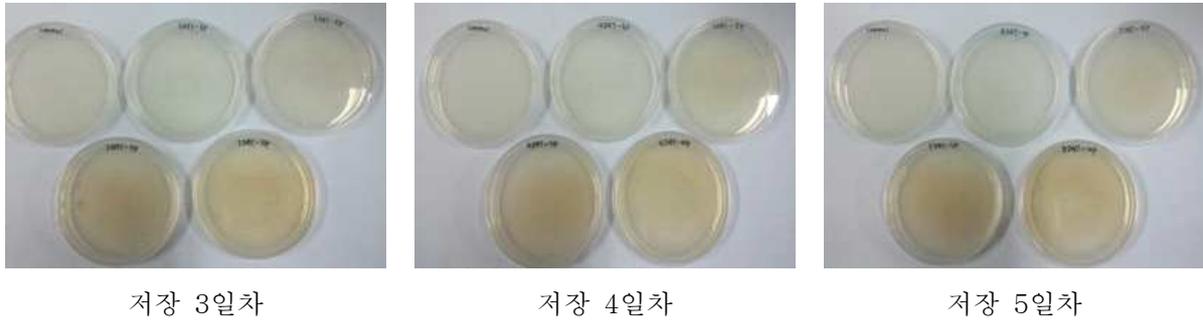


Fig. 2. 이산화염소 가스 겔팩 첨가 PCA 배지 사진

Table 7. 이산화염소 가스 겔팩 첨가 PCA 배지의 저장 중 색차 변화

Treatment	Storage period (day)						
	0	1	2	3	4	5	
L	control	42.78±0.15 ^{aC1}	43.56±0.13 ^{bB}	42.77±0.2 ^{bC}	43.39±0.64 ^{aB}	43.35±0.33 ^{aB}	44.77±0.62 ^{aBA}
	3 ppm	42.78±0.15 ^{aD}	44.22±0.22 ^{aB}	43.68±0.49 ^{aC}	43.56±0.42 ^{aC}	42.98±0.2a ^{bD}	45.22±0.12 ^{aA}
	5 ppm	42.78±0.15 ^{aC}	43.71±0.33 ^{bB}	43.01±0.34 ^{bC}	43.67±0.56 ^{aB}	42.56±0.18 ^{bCC}	44.27±0.25 ^{bA}
	7 ppm	42.78±0.15 ^{aAB}	43.12±0.21 ^{CA}	42.62±0.32 ^{bB}	42.62±0.27 ^{bB}	42.06±0.39 ^{cC}	42.55±0.15 ^{cB}
	10 ppm	42.78±0.15 ^{aA}	41.36±0.09 ^{dC}	40.61±0.29 ^{dD}	41.74±0.37 ^{cBC}	42.18±0.86 ^{cAB}	42.84±0.65 ^{cA}
a	control	-0.17±0.02 ^{aB}	-0.16±0.03 ^{bB}	-0.18±0.02 ^{dB}	-0.07±0.04 ^{cA}	-0.06±0.03 ^{cA}	-0.19±0.02 ^{cB}
	3 ppm	-0.17±0.02 ^{aA}	-0.17±0.02 ^{cA}	-0.17±0.02 ^{dA}	-0.17±0.04 ^{dA}	-0.15±0.03 ^{cA}	-0.22±0.04 ^{cB}
	5 ppm	-0.17±0.02 ^{aC}	-0.16±0.03 ^{cBC}	-0.10±0.03 ^{cABC}	-0.08±0.08 ^{cAB}	-0.12±0.05 ^{cBC}	-0.02±0.09 ^{bA}
	7 ppm	-0.17±0.02 ^{aC}	0.06±0.04 ^{bB}	0.24±0.05 ^{bA}	0.10±0.06 ^{bB}	0.26±0.09 ^{aA}	0.29±0.06 ^{aA}
	10 ppm	-0.17±0.02 ^{aD}	0.75±0.04 ^{aA}	0.87±0.07 ^{aA}	0.26±0.05 ^{aB}	0.08±0.16 ^{bC}	0.06±0.21 ^{bC}
b	control	2.62±0.04 ^{aAB}	2.71±0.09 ^{CA}	2.50±0.10 ^{cBC}	2.51±0.20 ^{dBC}	2.44±0.10 ^{dC}	2.41±0.10 ^{dC}
	3 ppm	2.62±0.04 ^{aA}	2.11±0.27 ^{EB}	2.54±0.22 ^{CA}	2.57±0.09 ^{dA}	2.58±0.19 ^{dA}	2.16±0.14 ^{dB}
	5 ppm	2.62±0.04 ^{aC}	2.42±0.14 ^{dC}	2.51±0.07 ^{cC}	2.96±0.25 ^{cB}	3.61±0.41 ^{CA}	3.64±0.39 ^{CA}
	7 ppm	2.62±0.04 ^{aE}	3.48±0.23 ^{bD}	4.52±0.37 ^{bC}	5.03±0.48 ^{bB}	5.39±0.13 ^{bb}	5.79±0.23 ^{BA}
	10 ppm	2.62±0.04 ^{aD}	5.33±0.19 ^{aC}	6.39±0.14 ^{aA}	6.15±0.18 ^{aA}	5.75±0.25 ^{aB}	6.27±0.42 ^{aA}

¹⁾ Values with different superscripts within a column(a-e) and a row(A-E) were significantly different($p<0.05$)

명도의 경우, 대조군에서는 초기에는 42.78 이었으며 저장 중에는 42.77 ~ 44.77 범위로 증감의 경향을 보이기는 하였지만 초기보다는 약간 증가하는 경향으로 나타났다. 이산화염소 가스 겔팩 첨가군의 경우에는 3 및 5 ppm은 각각 42.98 ~ 45.22, 42.06 ~ 44.27로 저장 중 증감은 있지만 초기보다는 다소 증가하는 경향으로 대조군과 유사한 결과를 나타내었다. 그러나 7 및 10 ppm 처리군은 저장 중 각각 42.06 ~ 43.12 및 40.61 ~ 42.84로 낮은 값을 보여 대조군에 비하여 이산화염소 가스 겔팩에서 나오는 이산화염소 가스 때문에 다소 어두워지는 것으로 판단되었다.

적색도의 경우, 초기의 값은 -0.17 이었으며 대조군은 저장 3, 4일차를 제외하고는 대

체적으로 -0.19 ~ -0.16의 범위를 나타내었다. 3 ppm 처리군의 경우에는 대조군과 저장 3일차를 제외하고는 저장기간 내내 유의적인 차이를 보이지 않아 저장기간 동안 용출되는 이산화염소 가스의 양이 적은 것으로 판단되었다. 그러나 저장 중 5 ppm 이상의 이산화염소 가스 겔팩 처리군은 적색도의 값이 서서히 증가하는 경향으로 나타나 저장기간 동안 이산화염소 가스 겔팩 내에서 방출됨을 알 수 있었다.

황색도의 경우, 초기에는 2.62 이었으며 저장 중 대조군의 변화는 2.41 ~ 2.71로 큰 차이를 보이지 않았으며 3 ppm 처리군도 2.11 ~ 2.58 범위로 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 그러나 5 ppm 처리군은 저장 3일 이후부터는 저장기간이 증가할수록 황색도 값이 점차 증가하여 저장 5일차에는 3.64로 나타나 이산화염소 가스가 방출됨을 확인할 수 있었다. 이산화염소 가스 겔팩 10 ppm 처리군은 저장 1일차부터 이산화염소 가스의 방출로 5.33의 황색도를 보였으며 그 후 부터는 서서히 증가하는 경향을 보여 실험에 사용한 겔팩은 이산화염소 가스가 서방형으로 방출됨을 확인할 수 있었다.

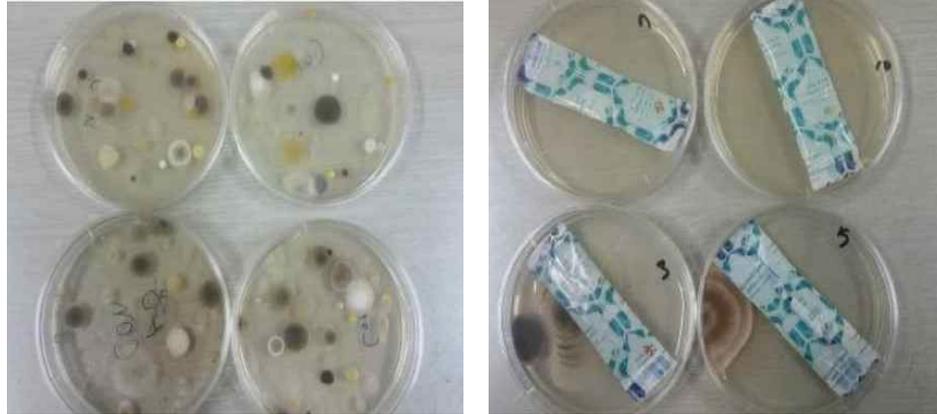
Lee 등(2014)은 이산화염소 가스 생성 조건하에서 실리카겔을 반응시켜 노란색의 이산화염소 가스가 흡착된 실리카겔을 수득하였고 시간이 지날수록 흡착한 가스를 방출한다고 하여 본 이산화염소 가스 겔팩에서 방출되는 것과 동일한 것으로 판단되었다.

공중낙하균 시험

제조한 이산화염소 가스 겔팩의 미생물 제어 효과가 있는지를 확인한 결과는 Fig. 3 및 4와 같다.

이산화염소 가스 겔팩을 넣지 않은 대조군의 경우, 1시간 동안 공중낙하균에 노출시 다양한 균들이 자란 것을 확인할 수 있었다. 그러나 3~10 ppm의 겔팩을 첨가한 경우에는 대조군과는 달리 공중낙하균이 잘 자라지 않았으며 농도가 높을수록 균수의 증가가 적음을 알 수 있었다.

Fig. 4는 공중낙하균 시험 후 저장하였을 때의 변화를 살펴본 것으로 대조군은 1주차 일때보다 균이 더 증식하였지만 이산화염소 가스 겔팩 처리군은 대조군보다 적은 균수를 보였다. 특히 5 ppm 이상에서는 균이 자라지 않아 이산화염소 가스 겔팩에 의한 미생물 사멸효과가 있음을 확인할 수 있었다.



대조군

겔팩 처리군

Fig. 3. 이산화염소 가스 겔팩 첨가 배지에서의 곰팡이균 시험



저장 1주차

저장 2주차

Fig. 4. 저장기간에 따른 이산화염소 가스 겔팩 첨가배지에서의 곰팡이균 시험

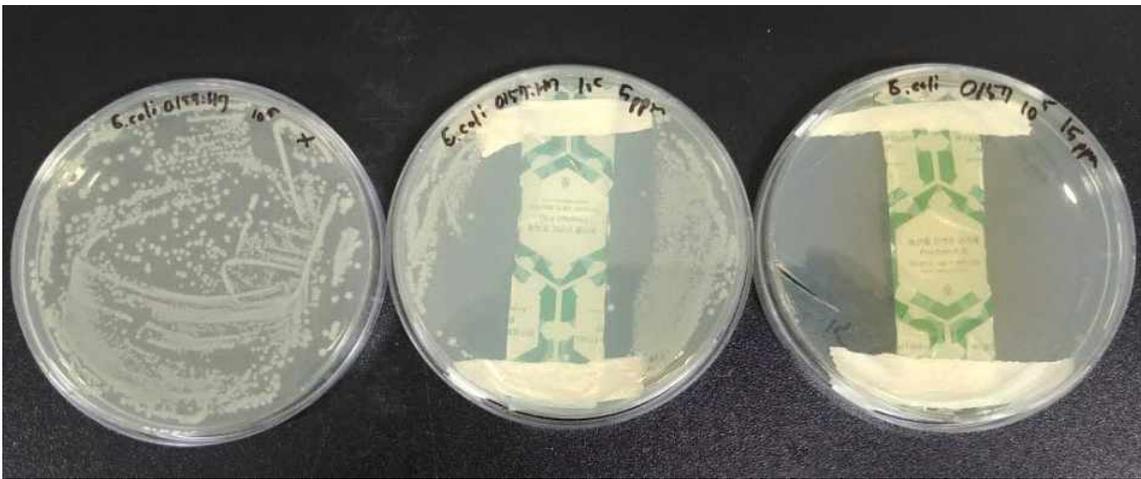
미생물 살균 시험

본 연구에서 제조한 이산화염소 가스 겔팩의 미생물 살균효과를 확인하기 위하여 *Staphylococcus aureus*, *E.coli* O157H:7, *Listeria monocytogenes*를 배지에 각각 분주하여 도말하고 이산화염소 가스 겔팩을 petri dish 뚜껑에 밀착한 다음 배양한 결과는 Fig. 5와 같다.

세 균주 모두 이산화염소 가스 겔팩 처리시 균이 자라지 않는 것으로 나타났으며 겔팩의 농도가 높을수록 미생물 살균효과가 커짐을 알 수 있었다. 특히 5 ppm 처리군의 경우를 보면 이산화염소 가스가 포장재내에서 용출되어 겔팩 주변의 균들이 사멸되었고 농도가 높은 15 ppm에서는 방출된 이산화염소 가스양이 petri dish 전체로 확산되어 가장자리 부근까지 사멸시키는 것으로 나타났다.



Staphylococcus aureus



E. coli 0157H:7



Listeria monocytogenes

Fig. 5. 이산화염소 가스 겔팩처리시 *Staphylococcus aureus*, *E. coli* 0157H:7, *Listeria monocytogenes* 살균 효과

이산화염소 가스 겔팩을 처리하였을 때 미생물 살균 효과를 측정 한 결과는 Table 8과 같다.

Table 8. 이산화염소 가스 겔팩 처리에 의한 *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*의 살균시험

		Early Concentration (CFU/mL)	After 48 hr Concentration (CFU/mL)	Reduction rate (%)
<i>Escherichia coli</i>	Blank	1.7×10^4	1.7×10^4	-
	ClO ₂ gel pack	1.7×10^4	< 10	99.94
<i>Staphylococcus aureus</i>	Blank	1.4×10^4	1.4×10^4	-
	ClO ₂ gel pack	1.4×10^4	< 10	99.93

*E. coli*의 경우 초기 균수는 1.7×10^4 CFU/mL의 농도였으며 48시간 동안 5 ppm의 겔팩을 처리하였을 때 10 CFU/mL 이하의 균수를 보여 본 실험에서 제조한 겔팩에서 용출되는 이산화염소 가스에 의해 대장균이 사멸되는 것을 확인할 수 있었다. *Staphylococcus aureus*의 경우에도 대장균과 마찬가지로 동일한 사멸율을 보였으며 제조한 이산화염소 가스 겔팩에서 살균력이 있는 이산화염소 가스가 방출됨을 확인할 수 있었다.

농도별 이산화염소 가스 겔팩의 미생물 사멸효과

제조한 이산화염소 가스 겔팩의 농도별 미생물 사멸효과를 측정하기 위하여 저온성 식중독 세균인 *Listeria monocytogenes* 배양액을 분주하고 도달한 후 5 ~ 15 ppm의 이산화염소 가스 겔팩을 처리하였으며 그 결과는 Table 9와 같다.

대조군은 5.90 log CFU/mL의 균수를 보였으며 각 농도별 이산화염소 가스 겔팩 처리 균은 각각 4.89, 3.93, 3.34 및 2.97 log CFU/mL로 처리 농도가 높을수록 사멸효과가 높음을 알 수 있었으며 10 ppm 이상 처리시에는 2 log 이상의 살균효과를 볼 수 있을 것으로 판단되었으며 실험에 사용한 겔팩은 이산화염소 가스가 지속적으로 방출되므로 계속되는 저장 중에도 남아있는 미생물들을 사멸시킬 수 있을 것으로 사료되었다.

Table 9. 이산화염소 가스 겔팩처리에 의한 *Listeria monocytogenes* 살균시험 및 사멸율

	ClO ₂ Concentration(ppm)				
	0	5	7	10	15
<i>Listeria monocytogenes</i> (Log CFU/mL)	5.90±0.02	4.89±0.03	3.93±0.03	3.34±0.02	2.97±0.01
Reduction rate (%)	-	90.45	98.97	99.73	99.89

이산화염소 가스 겔팩에 대한 미생물 사멸효과 시험에 대한 검증기관의 시험성적 결과는 다음과 같다.

TEST REPORT

No : CT16-028289

7. Test Results

Test Items		Test Results			Test method	Testing Environment
		Early Conc. (CFU/mL)	After 24 h Conc. (CFU/mL)	Reduction rate of bacteria(%)		
Antibacterial test for <i>Escherichia coli</i>	BLANK	1.7×10^4	1.7×10^4	-	Client's requirement method	(37.0 ± 0.1) °C (33.1 ± 0.2) % RH
	ClO ₂ Gelpack Freshen A30	1.7×10^4	< 10	99.9		
Antibacterial test for <i>Staphylococcus aureus</i>	BLANK	1.4×10^4	1.4×10^4	-		
	ClO ₂ Gelpack Freshen A30	1.4×10^4	< 10	99.9		

※ CFU : Colony Forming Unit

※ Test strain : *Escherichia coli* ATCC 25922
Staphylococcus aureus ATCC 6538

※ Sample : ClO₂ Gelpack Freshen A30

※ Client's requirement method

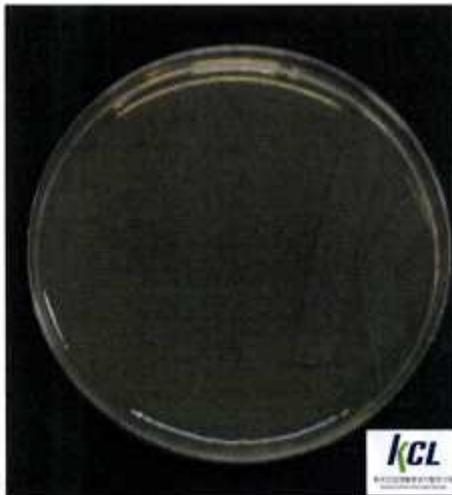
: Put the medium inoculated with the bacteria and the sample 1 pack into the paper box [client-provided, 27 cm(W) X 18 cm(D) X 27 cm(H)]. After exposing it for 24 hours, measure the reduction rate of bacteria.

TEST REPORT

No : CT16-028289



<Picture 1. *Escherichia coli* - BLANK (0 h)>



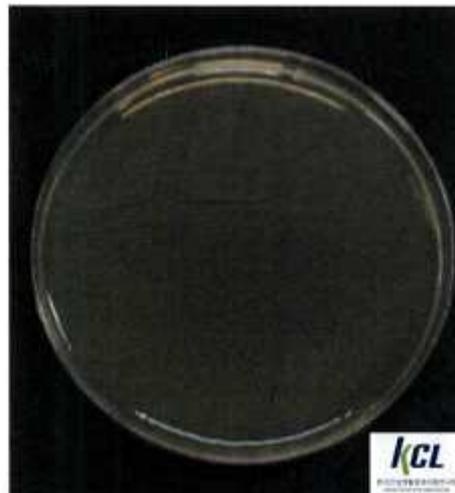
<Picture 2. *Escherichia coli* - ClO₂ Gelpack Freshen A30 (24 h)>

TEST REPORT

No : CT16-028289



<Picture 3. *Staphylococcus aureus* - BLANK (0 h)>



<Picture 4. *Staphylococcus aureus* - ClO₂ Gelpack Freshen A30 (24 h)>

— End of Report —

TEST REPORT

No : CT16-028290

7. Test Results

Test Items		Test Results	Test method	Testing Environment
Fungal resistance test (<i>Aspergillus niger</i>)	After 7 days	No mould growth	Client's requirement method	(29.0 ± 0.1) °C (96.7 ± 0.5) % R.H.
Fungal resistance test (<i>Penicillium pinophilum</i>)	After 7 days	No mould growth		

※ Name of Used Fungi : *Aspergillus niger* ATCC 9642
Penicillium pinophilum ATCC 11797

※ Sample : ClO₂ Gelpack Freshen A30

※ Client's requirement method

: Put the cover glass (1 cm X 1 cm) inoculated with the test fungi and the sample 3 pack into the paper box [client-provided, 27 cm(W) X 18 cm(D) X 27 cm(H)]. After exposing it for 7 days, decide whether or not the mould grow with incubating for 5 days.



<Picture 1. ClO₂ Gelpack Freshen A30
- *Aspergillus niger* (7 days)>



<Picture 2. ClO₂ Gelpack Freshen A30
- *Penicillium pinophilum* (7 days)>

— End of Report —

독성검사

5 ppm의 농도로 제조된 이산화염소 가스 겔팩 조성물에 대한 사망률, 임상 증상 체중 변화, 주요 장기에 대한 사후 검사를 수행하였으며 체중변화에 대한 결과는 Table 10과 같다.

그 결과, 관찰 기간 동안 모든 동물에 대해 사망률과 특이한 임상 징후는 관찰되지 않았으며(data not shown) 체중변화의 경우(Table 10), 대조군과 투여군 모두 14일 동안 암수 동일하게 유의적인 차이를 보이지 않고 정상적으로 체중이 증가하는 것으로 나타나 이산화염소 가스 겔팩의 조성물 투여가 체중 변화에 미치는 영향은 없는 것으로 판단되었다.

Table 10. 이산화염소 가스 처리 단일 독성 시험 후 rat의 체중변화

Group	Dose level (mg/kg)	Days after treatment				Gain
		0	1	7	14	
male	0	208.27±4.79	236.57±6.79	282.46±13.75	316.65±17.00	108.39±13.09
	2,000	208.19±5.40	236.09±6.68	286.61±5.73	328.33±6.68	120.14±5.86
Female	0	160.58±4.03	180.85±6.65	195.66±8.02	216.68±11.86	56.10±8.74
	2,000	159.59±3.50	181.89±6.15	194.96±9.19	209.78±8.94	50.19±6.84

또한 주요 장기에 대한 사후 검사 결과에서도 모든 동물에서 이상 징후는 관찰되지 않는 것으로 나타나(data not shown) 본 실험에 사용한 이산화염소 가스 겔팩의 조성물은 시험 조건에서 치사량이 2,000 mg/kg 이상이 되는 것으로 판단되었으며 제조한 서방형의 이산화 염소가스 겔팩은 식품산업을 비롯한 위생과 관련된 여러 산업에 적용할 수 있을 것으로 기대되어 진다.

이산화염소 가스 겔팩에 대한 단일 독성 시험에 대한 검증기관의 시험성적 결과는 다음과 같다.

Single Dose Oral Toxicity Test of Freshen A 30 in Sprague-Dawely Rats

1. Summary

This study was performed to single dose toxicity of the test article, Freshen A 30, in male and female Sprague-Dawely rats. The test article was orally administrated once at dose level of 0 and 2,000 mg/kg. Mortalities, clinical signs and body weight changes were monitored during the study period. Necropsy and evaluation were performed for all animals. Results are as follows.

- 1) No mortality and unusual clinical signs were observed for all animals during the observation period.
- 2) In body weights, there were normal body weight gains in all animals.
- 3) At the end of the test, all survival animals were subjected to necropsy and no abnormal gross findings were observed.

Therefore, lethal dose 50 (LD₅₀) of Freshen A 30 is considered greater than 2,000 mg/kg under present test condition.

2. Test methods and test items

- 1) Test article : Freshen A 30
- 2) Test animals : Specific Pathogen Free (SPF) Sprague-Dawely (SD) rats, 8 weeks (at administration)
- 3) Preparation of the test article : 2 g of the test article was dissolved in distilled water to make a total volume of 10 mL and distilled water was prepared for control group.
- 4) Test guideline : MFDS Notification 2015-82
- 5) Route and administration method : All animals were fasted overnight to empty stomach. Oral administration of test article was performed with an intubation cannula. Individual dosing dosage was based on each fasted body weight which was measured right before the administration. Dosing volume was 10 mL/kg.
- 6) Group description

Group	Sex	Number of animal	Animal ID	Dosage volume (mL/kg)	Dose level (mg/kg)
G1	Male	5	G1-1 ~ G1-5	10	0
	Female	5	G2-6 ~ G2-10	10	2,000
G2	Male	5	G1-11 ~ G1-15	10	0
	Female	5	G2-16 ~ G2-20	10	2,000

- 7) Observation of clinical signs : General condition of all animals was observed continuously for the first hour after administration and once every hour up to the first 4 hours. For the remainder of the 14 day observation period, animals were observed once every day.
- 8) Body weights : Individual animals were weighed before administration and day 1, 7 and 14 after administration.
- 9) Necropsy : On day 14 after administration, all survival animals were anesthetized with CO₂ gas, and terminated by exsanguinations from the aorta. Complete postmortem examinations were performed for all vital organs.

3. Results

- 1) Mortality : No mortality was observed for all animals during the observation period.
- 2) Clinical signs : No unusual clinical signs were observed for all animals during the observation period.
- 3) Body weight : There were normal body weight gains in all animals
- 4) Necropsy : At the end of the test, animals were subjected to necropsy, and no abnormal gross findings were observed.

4. Discussion and Conclusion

This study was performed to single dose toxicity of the test article, Freshen A 30, in male and female Sprague-Dawely rats. The test article was orally administrated once at dose level of 0 and 2,000 mg/kg. Mortalities, clinical signs and body weight changes were monitored during the study period. Necropsy and evaluation were performed for all animals.

No mortality and unusual clinical signs were observed for all animals during the observation period.

In body weights, there were normal body weight gains in all animals.

At the end of the test, all survival animals were subjected to necropsy and no abnormal gross findings were observed.

Therefore, lethal dose 50 (LD₅₀) of Freshen A 30 is considered greater than 2,000 mg/kg under present test condition.

COPYRIGHT

5. Tables

1) Table 1. Mortalities and clinical signs of rats

INDIVIDUAL DATA OF MORTALITIES AND CLINICAL SIGNS				
STUDY : NT16-00043			SEX : MALE	
GROUP (mg/kg)	ANIMAL ID	DATE DOSED	OBSERVATIONS	TIME OCCURRED
G1 (0)	G1-1	25-May-2016	No abnormalities detected	Day 0 - 14
	G1-2	25-May-2016	No abnormalities detected	Day 0 - 14
	G1-3	25-May-2016	No abnormalities detected	Day 0 - 14
	G1-4	25-May-2016	No abnormalities detected	Day 0 - 14
	G1-5	25-May-2016	No abnormalities detected	Day 0 - 14
G2 (2,000)	G2-6	25-May-2016	No abnormalities detected	Day 0 - 14
	G2-7	25-May-2016	No abnormalities detected	Day 0 - 14
	G2-8	25-May-2016	No abnormalities detected	Day 0 - 14
	G2-9	25-May-2016	No abnormalities detected	Day 0 - 14
	G2-10	25-May-2016	No abnormalities detected	Day 0 - 14
SEX : FEMALE				
GROUP (mg/kg)	ANIMAL ID	DATE DOSED	OBSERVATIONS	TIME OCCURRED
G1 (0)	G1-11	25-May-2016	No abnormalities detected	Day 0 - 14
	G1-12	25-May-2016	No abnormalities detected	Day 0 - 14
	G1-13	25-May-2016	No abnormalities detected	Day 0 - 14
	G1-14	25-May-2016	No abnormalities detected	Day 0 - 14
	G1-15	25-May-2016	No abnormalities detected	Day 0 - 14
G2 (2,000)	G2-16	25-May-2016	No abnormalities detected	Day 0 - 14
	G2-17	25-May-2016	No abnormalities detected	Day 0 - 14
	G2-18	25-May-2016	No abnormalities detected	Day 0 - 14
	G2-19	25-May-2016	No abnormalities detected	Day 0 - 14
	G2-20	25-May-2016	No abnormalities detected	Day 0 - 14

2) Table 2. Body weight changes of rats

INDIVIDUAL DATA OF BODY WEIGHT CHANGES(g)						
STUDY : NT16-00043						
GROUP (mg/kg)	ANIMAL ID	Day 0	Day 1	Day 7	Day 14	SEX : MALE Gain
G1 (0)	G1-1	202.43	227.53	266.54	295.39	92.96
	G1-2	205.45	233.32	280.98	314.73	109.28
	G1-3	207.17	236.14	274.42	308.09	100.92
	G1-4	213.93	240.57	287.69	324.68	110.75
	G1-5	212.35	245.27	302.68	340.37	128.02
	Mean	208.27	236.57	282.46	316.65	108.39
	S.D	4.79	6.79	13.75	17.00	13.09
G2 (2.000)	G2-6	201.71	230.25	280.74	326.07	124.36
	G2-7	204.99	232.58	286.47	329.67	124.68
	G2-8	209.58	236.69	284.76	320.15	110.57
	G2-9	208.60	233.64	284.95	327.28	118.68
	G2-10	216.09	247.29	296.13	338.50	122.41
	Mean	208.19	236.09	286.61	328.33	120.14
	S.D	5.40	6.68	5.73	6.68	5.86
SEX : FEMALE						
GROUP (mg/kg)	ANIMAL ID	Day 0	Day 1	Day 7	Day 14	Gain
G1 (0)	G1-11	157.05	172.49	182.87	199.53	42.48
	G1-12	157.00	177.24	192.77	210.17	53.17
	G1-13	159.38	181.94	199.93	219.80	60.42
	G1-14	163.40	182.18	200.30	228.60	65.20
	G1-15	166.08	190.40	202.41	225.31	59.23
	Mean	160.58	180.85	195.66	216.68	56.10
	S.D	4.03	6.65	8.02	11.86	8.74
G2 (2.000)	G2-16	156.25	177.23	195.09	208.45	52.20
	G2-17	158.19	174.68	185.88	198.97	40.78
	G2-18	157.83	181.92	185.60	203.76	45.93
	G2-19	160.42	185.92	204.15	218.50	58.08
	G2-20	165.26	189.72	204.09	219.21	53.95
	Mean	159.59	181.89	194.96	209.78	50.19
	S.D	3.50	6.15	9.19	8.94	6.84

Gain : Body weight gains between day 0 and 14

3) Table 3. Gross findings of rats

INDIVIDUAL DATA OF GROSS FINDINGS				
STUDY : NT16-00043				
SEX : MALE				
GROUP (mg/kg)	ANIMAL ID	FATE (DATE)	ORGAN	OBSERVATIONS
G1 (0)	G1-1	Terminal sacrifice (08-Jun-2016)		No gross findings detected
	G1-2	Terminal sacrifice (08-Jun-2016)		No gross findings detected
	G1-3	Terminal sacrifice (08-Jun-2016)		No gross findings detected
	G1-4	Terminal sacrifice (08-Jun-2016)		No gross findings detected
	G1-5	Terminal sacrifice (08-Jun-2016)		No gross findings detected
G2 (2.000)	G2-6	Terminal sacrifice (08-Jun-2016)		No gross findings detected
	G2-7	Terminal sacrifice (08-Jun-2016)		No gross findings detected
	G2-8	Terminal sacrifice (08-Jun-2016)		No gross findings detected
	G2-9	Terminal sacrifice (08-Jun-2016)		No gross findings detected
	G2-10	Terminal sacrifice (08-Jun-2016)		No gross findings detected
SEX : FEMALE				
GROUP (mg/kg)	ANIMAL ID	FATE (DATE)	ORGAN	OBSERVATIONS
G1 (0)	G1-11	Terminal sacrifice (08-Jun-2016)		No gross findings detected
	G1-12	Terminal sacrifice (08-Jun-2016)		No gross findings detected
	G1-13	Terminal sacrifice (08-Jun-2016)		No gross findings detected
	G1-14	Terminal sacrifice (08-Jun-2016)		No gross findings detected
	G1-15	Terminal sacrifice (08-Jun-2016)		No gross findings detected
G2 (2.000)	G2-16	Terminal sacrifice (08-Jun-2016)		No gross findings detected
	G2-17	Terminal sacrifice (08-Jun-2016)		No gross findings detected
	G2-18	Terminal sacrifice (08-Jun-2016)		No gross findings detected
	G2-19	Terminal sacrifice (08-Jun-2016)		No gross findings detected
	G2-20	Terminal sacrifice (08-Jun-2016)		No gross findings detected

제 2 절 농산물(딸기)의 이화학적 품질 변화 측정을 통한 이산화염소 겔팩의 최적 조건 확립

최근 들어 국민 생활수준 향상으로 인한 웰빙 문화와 더불어 건강에 대한 관심이 증가하고 있고(Lee 등 2015), 핵가족화, 1인 가구의 증가 및 여성의 사회 진출 등으로 인한 신선식품에 대한 수요가 급격히 증가하고 있으며, 이들 원료들의 오랜 신선도 유지를 선호하고 있다(Jeong 등 2006).

국내에서 생산되는 딸기(*Fragaria ananassa* Duch.)는 수확 후 급속한 생리대사와 연약한 조직 특성으로 딸기가 갖는 고유의 풍미는 사라지고 짓무름과 곰팡이 발생 등으로 생산에서 소비에 이르기까지 다른 원예 과일보다 저장 수명이 아주 짧아 선도를 유지하기 어려운 품종 중에 하나이다(Yang & Lee 1999; Lee 등 2010). 즉, 딸기는 수확시부터 선별 및 수송과정 중에 물리적 손상을 받기 쉬워 품질 열화가 빠르게 일어나게 되고, 생과로 유통되는 경우, 세균 및 곰팡이에 의해 쉽게 부패되고, 이에 따라 상온 유통시 품질 유지 기간이 약 1 ~ 2일에 불과하여, 이를 해결할 기술이 절실히 요구되고 있다(Lee 등 2010).

이에 따라 딸기의 선도를 유지시키기 위하여 예냉처리(Park 등 2012), MAP 포장(Chung 등 1998b), 방사선 조사(Chung & Yook 2003), 항균성 포장(Chung 등 1998a; Chung & Cho 2002), 열처리(García 등 1995), CO₂ 처리(Kim 등 2016), 이산화염소수 처리(Kim 등 2010) 등 여러 가지 방법을 활용하여 딸기의 저장성 증진에 관한 연구를 수행하여 왔다. 그러나 아직까지는 딸기 농가에서의 활용은 잘 이루어지고 있지 않다.

미생물 제어 방법 중 비가열의 살균처리 방법이 있는데, 그 중 하나인 이산화염소(ClO₂)는 기존에 사용되었던 염소보다 유기물질과의 반응성이 약하고, 반응부산물도 적게 생성될 뿐만 아니라(Kim JM 2001) 트리할로메탄과 같은 발암물질 등이 생성되지 않고, pH 변화에 무관하게 살균력을 유지할 수 있다고 보고되어 있다(Kim 등 2009). 이와 같은 이산화염소는 액상의 이산화염소의 형태보다는 가스형태일 때 투과성이 높아 신선 농산물의 저장 및 유통 중에 보다 효과적으로 미생물을 제어할 수 있다고 알려져 있다(Han 등 2001).

이산화염소 가스 생성은 주로 chlorine dioxide generator system을 이용하여 제조하거나, 아염소산염과 물을 전기화학적으로 반응시켜 다공성 전기분해막(MEA: multi-porous membrane electrode assembly)을 통해 제조할 수 있다. 서방형 이산화염소 가스 겔팩이란 이산화염소 발생 원료물질의 양, 농도 및 점도 등을 조절하여 일정 제형의 통기성 film에 넣어두면 일정농도의 이산화염소 가스가 일정시간 동안 지속적으로 방출될 수 있도록 한 것을 말한다.

본 연구에서는 딸기의 저장성 증진을 위한 연구의 일환으로 딸기 용기 내에 3 - 7 ppm의 이산화염소 가스가 저장 기간 동안 지속적으로 방출되는 서방형의 이산화염소 가스 겔팩을 넣고 저장하면서 저장 기간에 따른 미생물학적, 이화학적 및 관능적 품질 변화를 측정하였고 항산화 성분 및 항산화 활성변화에서는 3 - 5 ppm의 이산화염소 가스 겔팩을 적용하여 측정하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 딸기 품종은 ‘설향’으로 세종시 농가에서 2017년 2월에 수확한 것 중 외관상 상처가 없고 색상, 사이즈 및 형태 등이 유사한 것을 선별하여 실험에 사용하였다.

이산화염소 가스 겔팩

서방형 이산화염소 겔팩에서의 이산화염소 가스 발생은 아염소산염에 산을 첨가한 용액에 젤화제를 첨가하여 이산화염소 가스가 발생하도록 하였다. 젤화제를 첨가한 용액은 산소투과도가 5,000 cc/m²/day에서 10,000 cc/m²/day가 되게 미세 마이크로 천공한 PE/PET, PE/PA film(LG Chemical, Lutene LB5000/7500, LDPE, Daesan, Korea)에 밀봉하였다. 이때 겔팩(8.8 cm × 2.3 cm)에서의 방출되는 이산화염소 가스의 농도는 iodometry standard method(Korean Society of Food Science and Technology Dictionary 2008)의 방법에 따라 각각 12일 동안 3, 5, 7, 10, 15 ppm 정도의 양이 방출될 수 있도록 제조하였고, 포장재내에서의 가스조성분석에는 5, 10 15 ppm의 겔팩을 활용하였다. 딸기에의 적용시험에서는 3, 5 및 7 ppm의 겔팩을 활용하였다.

가스조성 분석

포장재 내 기체조성을 분석하기 위하여 지퍼백(LDPE, 25×30 cm, Cleanwrap Co., Korea)에 딸기 50 g과 5 ~ 15 ppm의 서방형 이산화염소 가스 겔팩(Sejin E & P Co., Ltd., Anyang, Korea)을 첨가한 후 밀봉하고 저장하면서 저장 중 포장재 내의 O₂ 및 CO₂ 조성의 변화를 측정하였다. 포장재 내의 가스조성은 가스분석기(Checkpoint 2, PBI Dansensor, Ringsted, Denmark)를 이용하였으며, 3회 반복 측정하였다.

이산화염소 가스 처리

각 농도의 이산화염소 가스 처리군(3, 5, 7 ppm)은 각각의 처리군별로 24개의 딸기를

6개의 균으로 하여 500 g 용량의 polyethylene 용기(18 × 13 × 7.5 cm, Bukwang Chemical Co., Geumsangun, Korea)에 이산화염소 가스 겔팩을 딸기 위에 넣었으며 실온에서 6일 동안 저장하면서 실험에 사용하였고, 이산화염소 가스 겔팩을 첨가하지 않은 실험군을 대조군으로 하여 저장하면서 실험에 사용하였다.

미생물 변화

각 농도별 서방형 이산화염소 가스 겔팩을 넣은 딸기 용기를 저장하면서 저장 중 딸기내 미생물 수 측정을 위해 시료에 10배량의 멸균된 0.1%의 펩톤 수를 멸균 bag에 넣은 후, stomacher(MIX 2, AES Laboratoire, Combourg, France)를 이용해 균질화 시켰다. 균질된 시료는 10배수 연속 희석하였으며, 호기성 미생물수는 Plate count agar (PCA, Difco, Detroit, MI, USA) 배지를, 효모 및 곰팡이는 potato dextrose agar(PDA, Difco) 배지를 사용하여 각각 37° C에서 2일, 25° C에서 3일 동안 배양한 뒤 형성된 colony 수를 측정하여 log colony forming unit(CFU)/g 으로 나타내었다.

중량 및 부패율 변화

각 농도별 서방형 이산화염소 가스 겔팩을 넣은 딸기 용기를 저장하면서 저장 중 딸기의 중량 변화를 측정하기 위하여 초기 1일차를 제외하고는 6일 동안 매일 측정하였다. 부패율의 경우, 짓무름(soft rot) 현상, 곰팡이(mold) 발생이 있는 것을 육안 검사에 의해 구분하여 용기별 시료 개체수에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

pH 및 산도 측정

각 농도별 서방형 이산화염소 가스 겔팩을 첨가한 딸기 용기를 저장하면서 저장 기간에 따른 딸기의 pH 변화 정도를 측정하기 위하여 딸기의 여러 부위에서 다량의 시료를 채취하고 마쇄한 후, 시료 5 g을 증류수로 10배 희석하여 homogenizer(T25 Ultra-turrax, IKA, Germany)를 이용하여 18,000 rpm으로 1분간 분쇄한 후 4,000 rpm에서 20분 동안 원심분리시키고 여과하여 여과액을 pH meter(Orion 520A, Thermo Electron Co., MA, USA)로 측정하였다. 산도 측정은 상기의 여과액 10 mL에 0.1% phenolphthalein 지시약을 첨가하고, 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여, 이때 소비된 NaOH 용액의 양을 citric acid(%) 양으로 환산하였다.

색도 측정

각 농도별 서방형 이산화염소 가스 겔팩을 첨가한 딸기 용기를 저장하면서 저장 기간에 따른 딸기의 색도 변화는 색차계(CR-300 Minolta Chroma Meter, Konica Minolta Sensing Inc., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 반복 측정한 뒤 평균값으로 나타내었다. 측정 부위는 딸기 외면의 적색 부분을 측정하였다. 이때 사용한 표준 백색

판(standard plate)의 L^* , a^* 및 b^* 값은 각각 95.02, 0.04 및 0.26이었다.

조직감 측정

서방형의 이산화염소 가스 겔팩을 첨가하여 저장한 딸기의 저장 기간에 따른 조직감의 변화를 측정하기 위하여 texture analyzer(TA-XT2/25, Stable Micro System Co. Ltd., Surrey, England)를 사용하여 측정하였다. 딸기를 세로방향으로 1/2 절단한 다음, 절단면을 아래로 향하게 놓고, 시료의 중간부분을 측정하였다. 이때 사용한 probe는 지름 5 mm였으며, distance 8 mm, speed 1 mm/sec 조건으로 측정하였으며, 그 결과 값을 시료의 경도(firmness)로 나타내었다. 각 처리군에서 시료 9개 이상을 2등분하여 반복 측정을 한 후 측정치의 평균 값을 사용하였다.

기호도 검사

서방형의 이산화염소 가스 겔팩을 첨가하여 저장한 딸기의 저장 기간에 따른 기호도 변화를 측정하기 위하여 식품영양학과 10명을 선정하여 시료의 평가 방법 및 평가 특성에 대한 교육을 실시한 후, 시료의 맛, 향, 색 및 종합적 기호도에 대하여 대단히 싫다(dislike extremely) 1점, 보통이다(neither like nor dislike)를 4점, 대단히 좋다(like extremely)를 7점으로 하는 Likert 7점 척도법에 따라 측정하였다.

항산화성분 및 활성시험을 위한 이산화염소 가스 처리

딸기의 항산화 성분 및 활성 시험을 위한 이산화염소 가스 처리는 품질변화 결과를 토대로 가스 농도를 3, 4, 및 5 ppm으로 하였다. 각 농도의 이산화염소 가스 처리군은 각각의 처리군별로 24개의 딸기를 6개의 군으로 하여 500 g 용량의 polyethylene 용기(18 cm × 13 cm × 7.5 cm, Bukwang Chemical Co., Geumsangun, Korea)에 각 농도의 이산화염소 가스 겔팩을 2개씩 딸기 위에 넣었으며 실온에서 6일 동안 저장하면서 실험에 사용하였고 이산화염소 가스 겔팩을 첨가하지 않은 실험군을 대조군으로 하여 저장하면서 실험에 사용하였다.

Ascorbic acid 함량 변화

저장과정 중 쉽게 산화될 수 있는 ascorbic acid가 서방형의 이산화염소 가스에 의해서도 쉽게 변화하는지와 저장 중 변화 정도를 확인하기 위하여 Park 등(2008)의 방법에 따라 측정하였다. 시료 추출은 딸기 10 g에 3% metaphosphoric acid 용액 50 mL을 가하고 homogenizer로 2분간 균질화시킨 후 100 mL mass flask에 3% metaphosphoric acid로 정용하여 준비하였으며 이 시료 추출물 0.2 mL에 10% trichloroacetic acid 용액 0.8 mL를 넣어 3,000 rpm에서 5분 동안 원심분리하고 상등액 0.5 mL, 증류수 1.5 mL 및 10% folic phenol reagent 0.2 mL를 차례대로 넣은 후 혼합하고 실온에서 10분간 방치하고 760 nm

에서 흡광도를 측정하여 ascorbic acid의 함량을 측정하였다. 표준물질로는 L-ascorbic acid(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하였다.

Polyphenol 화합물 함량

각 농도별 서방형 이산화염소 가스 껍팩을 첨가한 딸기 용기를 저장하면서 저장기간에 따른 딸기의 polyphenol 화합물의 함량 변화를 A.O.A.C.법(1995)에 따라 측정하였다. 시료 추출은 딸기 10 g에 증류수 50 mL을 가하고 homogenizer로 2분간 균질화시킨 후 100 mL mass flask에 정용하여 준비하고 이 시료 추출액 1 mL에 0.5 mL의 Folin-Denis 시약과 1 mL의 포화 Na_2CO_3 용액, 7.5 mL의 증류수를 차례로 혼합하여 30분 경과한 뒤 760 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 표준물질로는 gallic acid(Sigma Chemical Co.)를 사용하였다.

Flavonoid 화합물의 함량

농도별 서방형 이산화염소 가스 껍팩을 첨가한 딸기를 저장하면서 저장기간에 따른 flavonoid의 함량을 Moreno 등(2008)의 방법에 따라 측정하였다. 즉 위와 동일한 시료 추출액 0.1 mL에 80% ethanol 0.9 mL를 첨가하고 이 혼합액 0.5 mL에 10% aluminium nitrate 0.1 mL, 1 M potassium acetate 0.1 mL, 80% ethanol 4.3 mL를 각각 첨가하였다. 그 후 위 반응액을 상온에서 40분간 방치한 후 415 nm에서 흡광도 값을 측정하였다. 표준물질로는 quercetin(Sigma Chemical Co., USA)을 0.03%로 희석하여 함량을 standard curve에 대입하여 계산하였다.

Anthocyanin 함량

각 농도별 서방형 이산화염소 가스 껍팩을 첨가한 딸기 용기를 저장하면서 저장기간에 따른 딸기의 anthocyanin의 변화는 Ferreyra 등(2007)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 마쇄한 딸기 5 g에 0.1% HCl-methanol 용액 10 mL를 첨가하여 혼합하고, 냉장고에서 2시간 반응시켰다. 반응 후 4,000 rpm으로 30분간 원심분리한 후 여과하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 안토시아닌의 함량은 Kam IS(2013)의 식에 의해 계산하였다.

항산화 활성

이산화염소 가스 껍팩을 첨가한 딸기의 저장 중 항산화 활성 변화는 DPPH 전자공여능, ABTS 라디칼 소거능 및 금속이온 제거능을 이용하여 측정하였다. 시료는 균질기로 마쇄한 딸기 10 g을 채취하여 40 mL의 물을 첨가한 후 초음파세척기에서 1시간 동안 추출하고, 4,000 rpm으로 30분 동안 원심분리시킨 후 여과하여 여액을 시료로 사용하였다.

DPPH 전자공여능은 Blois MS(1958)의 방법을 이용하여 측정하였다. 즉 시료 2 mL와 0.2 mM DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 2 mL와 혼합한 후, 실온에서 30분간 방치

시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며 전자공여능(electron donating ability, %)은 다음 계산식에 의하여 산출하였다.

$$\text{전자 공여능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{무첨가구의 흡광도}}\right) \times 100$$

ABTS radical 소거능은 Robert 등(1999)의 방법에 따라 측정하였다. 즉 7.4 mM ABTS(2,2'-Azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), Sigma Chemical Co.)와 2.6 mM potassium persulphate를 제조한 후, 암소에 하루동안 방치하여 양이온 (ABTS⁺)을 형성시킨 후, 734 nm에서 흡광도를 측정하여 흡광도 값이 1.5 이하가 되도록 희석하고 희석된 ABTS⁺용액 1 mL에 시료 추출액 20 μ L를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였으며 Kim 등(2009)의 방법에 따라 계산하였다.

금속이온 제거능의 경우에는 Yena 등(2002)의 방법을 이용하여 측정하였다. 즉 시료 추출액 1 mL에 2 mM ferrous chloride와 5 mM ferrozine을 각각 100 μ L씩 가하여 흡광도 값의 조정을 위해 methanol을 일정량 혼합하고 10분간 상온에서 방치한 후 562 nm에서 반응액의 흡광도를 측정하고, 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차를 백분율로 표시하여 금속이온 제거능을 측정하였다

통계처리

본 시험에서 얻어진 결과는 SPSS 12.0(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 사용하여 각 실험구간의 유의성($p < 0.05$)을 ANOVA로 분석한 후, Duncan's multiple range test에 의해 실험군간의 차이를 분석하였다.

결과 및 고찰

포장재 내 기체조성의 변화

딸기를 저장하면서 포장재내 기체 조성을 분석한 결과는 Table 11과 같다. 딸기의 초기 산소 농도는 20.30%에서 저장 1일차에는 6.27%로 급격히 감소하였으며 그 후로도 산소의 농도는 낮아져 저장 5일차에는 2.63%를 나타내었다. 이산화염소 가스 젤팩 처리군은 5 및 7 ppm 처리군까지는 1일차의 산소 농도가 6.37 및 6.10%로 대조군과 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 그러나 10 ppm 이상에서는 산소 농도가 각각 7.60 및 7.47로 대조군보다 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 이와 같은 이유는 이산화염소 가스 때문에 딸기에서의 호흡률이 다소 떨어져 산소의 농도가 높은 것으로 판단되었다. 그러나 2일차부터는 대체적으로 10 ppm 이상에서의 산소농도가 높기는 하였지만 모든 실험군이 유의적인 차이를 보이지는 않

았다.

딸기를 저장하면서 포장재내 기체 조성을 분석한 결과는 Table 12와 같다. 딸기의 저장 1일차 CO₂의 농도는 저장 1일차에는 8.83%로 급격히 증가하였으며 그 후에는 CO₂의 농도가 서서히 높아져 저장 5일차에는 10.63%를 나타내었다. 이산화염소 가스 껍질 처리군은 저장 1일차에 대조군과 마찬가지로 증가하여 8.27-8.83%의 CO₂의 농도를 보였지만 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 2일차부터는 대조군을 비롯한 모든 처리군이 차이를 보이지 않았다.

Table 11. 딸기 저장 중 용기내 O₂량의 변화

Conc. of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)					
	0	1	2	3	4	5
Control	20.30±0.00 ^{aA1)}	6.27±0.25 ^{bB}	5.80±0.60 ^{bA}	4.00±0.10 ^{cA}	3.57±0.31 ^{cA}	2.63±0.15 ^{dA}
5	20.30±0.00 ^{aA}	6.37±0.80 ^{bB}	5.80±0.10 ^{bA}	4.10±0.10 ^{cA}	3.40±0.17 ^{dA}	2.63±0.42 ^{eA}
7	20.30±0.00 ^{aA}	6.10±0.10 ^{bB}	5.90±0.50 ^{bA}	4.13±0.31 ^{cA}	3.53±0.31 ^{dA}	2.50±0.46 ^{eA}
10	20.30±0.00 ^{aA}	7.60±0.10 ^{bA}	5.93±1.53 ^{cA}	4.23±0.15 ^{dA}	3.73±0.12 ^{dA}	2.67±0.23 ^{eA}
15	20.30±0.00 ^{aA}	7.47±0.06 ^{bA}	6.17±0.21 ^{cA}	4.23±0.47 ^{dA}	3.60±0.17 ^{eA}	2.60±0.10 ^{fA}

¹⁾Values with different superscripts within a row (a-f) and a column(A, B) were significantly different (p<0.05)

Table 12. 딸기 저장 중 용기내 CO₂량의 변화

Conc. of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)					
	0	1	2	3	4	5
Control	- ^e	8.83±0.55 ^d	9.10±0.66 ^{cd}	9.63±0.21 ^{bc}	9.93±0.51 ^{ab}	10.63±0.23 ^a
5	- ^c	8.83±1.10 ^b	8.90±0.20 ^b	9.60±0.36 ^{ab}	9.77±0.90 ^{ab}	10.37±0.31 ^a
7	- ^c	8.27±0.23 ^b	8.67±0.67 ^b	9.57±0.64 ^a	9.77±0.76 ^a	10.20±0.17 ^a
10	- ^d	8.53±0.35 ^c	8.57±0.12 ^c	9.43±0.47 ^b	9.60±0.20 ^b	10.50±0.36 ^a
15	- ^e	8.47±0.59 ^d	8.70±0.66 ^{cd}	9.40±0.62 ^{bc}	9.87±0.35 ^{ab}	10.33±0.40 ^a

¹⁾Values with different superscripts within a row (a-d) was significantly different (p<0.05)

Jin-hua 등(2007)은 green bell pepper에 이산화염소 가스를 0 ~ 50ppm의 양으로 처리하고 10℃에서 저장하면서 호흡률을 측정된 결과, 20 ppm 이상 처리시에는 대조군과 차이가 있지만 10 ppm 이하에서는 대조군과 저장기간 동안 유의적인 차이를 보이지는 않는다고 하여 본 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

Park & Jeong(2015)은 딸기 저장시 CO₂와 이산화염소 가스 처리하고 저장하면서 CO₂ 농도를 측정된 결과 ‘Goha’ 품종에서 대조군과 이산화염소 가스 처리군은 저장 중 차이를 보

이지 않았다고 하여 본 결과와 유사한 것으로 나타났다.

미생물 변화

딸기의 저장성 증진을 위하여 농도별 서방형 이산화염소 가스 껍팩을 딸기 용기 내에 넣은 후 저장하면서 총균수의 변화를 측정한 결과는 Table 13과 같다.

딸기의 초기 총균수는 3.48 log CFU/g 이었으며 저장 중 지속적으로 증가하여 저장 6일 되었을 때에는 5.23 log CFU/g의 균수를 보였다. 이산화염소 가스 껍팩 처리한 딸기에서는 대조군과 마찬가지로 저장과정 중 증가하는 경향이었지만 균수의 증가는 대조군보다는 적은 것으로 나타났다. 즉 껍팩 처리군은 저장 2일차 되었을 때부터 대조군과는 유의적인 차이를 볼 수 있었으며 저장 4일차 되었을 때에는 껍팩 처리군간에 차이는 없지만 대조군과는 유의적인 차이를 볼 수 있었다. 특히 6일차에는 이산화염소 가스 처리 농도가 높을수록 낮은 균수를 보이는 것으로 나타나 이산화염소 가스에 의한 미생물 사멸 효과가 있음을 알 수 있었다.

Kim 등(2010)은 딸기의 초기 총균수는 3.09 log CFU/g 이었으며 이산화염소수를 처리하였을 때 1.89 log CFU/g의 균수로 초기균수를 제어하였으며 저장 중 대조군보다 지속적으로 낮은 균수를 보인다고 하여 본 방법과는 다른 상(phase) 이지만 동일한 결과를 보이는 것으로 나타났다.

Table 13. 이산화염소 가스 껍팩 처리한 딸기의 저장 중 총균수의 변화 (unit : log CFU/g)

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)			
	0	2	4	6
Control	3.48±0.06 ^{dA1}	3.63±0.08 ^{cA}	4.48±0.06 ^{bA}	5.23±0.09 ^{aA}
3	3.48±0.06 ^{cA}	3.45±0.05 ^{cB}	4.05±0.16 ^{bB}	5.08±0.15 ^{aB}
5	3.48±0.06 ^{cA}	3.38±0.07 ^{dBC}	4.11±0.12 ^{bB}	4.97±0.09 ^{aBC}
7	3.48±0.06 ^{cA}	3.35±0.1 ^{dC}	4.04±0.13 ^{bB}	4.94±0.10 ^{aC}

¹Values with different superscripts within a row (a-d) and a column(A, B) were significantly different (p<0.05)

딸기의 저장성 증진을 위하여 농도별 서방형 이산화염소 가스 껍팩을 딸기 용기 내에 넣은 후 저장하면서 효모 및 곰팡이의 변화를 측정한 결과는 Table 14와 같다.

효모 및 곰팡이 수의 변화도 총균수와 비슷한 경향을 보였다. 즉 대조군의 경우 3.05 log CFU/g을 보였으며 저장 2일에는 3.22 log CFU/g으로 약간 증가하였지만 그 이후부터는 균수의 증가가 많아져 저장 6일 되었을 때에는 5.11 log CFU/g으로 약 2 log 정도의 균수 증가를 보였다. 이산화염소 가스 처리군의 경우, 저장 2일부터 대조군에 비하여 낮은 균수를 보였으며 저장 6일까지 지속되었으며 이산화염소 가스 농도가 높을수록 효모

및 곰팡이의 균수 증가가 적은 것으로 나타났다.

Kim 등(2010)의 딸기에의 이산화염소수 처리시 효모 및 곰팡이수를 줄일 수 있었으며 그 효과가 저장 중에도 지속되었다고 하여 이산화염소수 처리는 초기 총균, 효모 및 곰팡이를 제어할 수 있으므로 이를 활용하여 초기균수를 제어하고 본 실험에서 사용한 서방형의 이산화염소 가스 겔팩의 병용처리는 초기 균수의 제어와 더불어 저장 중 증가되는 균수를 더욱 효과적으로 제어할 수 있을 것으로 판단되었다.

Table 14. 이산화염소 가스 겔팩 처리한 딸기의 저장 중 효모 및 곰팡이수의 변화
(unit : log CFU/g)

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)			
	0	2	4	6
Control	3.05±0.10 ^{dA}	3.22±0.10 ^{cA}	4.2±0.08 ^{bA}	5.11±0.08 ^{aA}
3	3.05±0.10 ^{cA}	3.11±0.05 ^{cB}	3.96±0.12 ^{bB}	4.95±0.07 ^{aB}
5	3.05±0.10 ^{cA}	2.94±0.07 ^{dC}	3.96±0.07 ^{bB}	4.89±0.06 ^{aBC}
7	3.05±0.10 ^{dA}	2.9±0.11 ^{cC}	3.82±0.13 ^{bC}	4.88±0.05 ^{aC}

¹⁾Values with different superscripts within a row (a-d) and a column(A, B) were significantly different (p<0.05)

중량 및 부패율 변화

딸기의 저장성 증진을 위하여 농도별 서방형 이산화염소 가스 겔팩을 딸기 용기 내에 넣은 후 저장하면서 중량 및 부패율의 변화를 측정한 결과는 Table 15와 같다.

대조군의 경우, 저장 6일 동안 중량이 유의적으로 감소하여 초기의 중량에 비해 저장 6일에는 94.15%로 감소하였다. 농도별 서방형 이산화염소 가스 겔팩을 첨가한 실험군의 경우에는 대조군과 마찬가지로 저장 중 감소하였지만, 저장 5일까지는 대조군보다 변화의 폭이 유의적으로 적었으며, 저장 6일차에는 대조군이 중량변화가 많았지만, 이산화염소 처리군과는 유의적인 차이를 보이지는 않았으며 농도별 이산화염소 가스 겔팩 처리군간에는 차이가 없는 것으로 나타났다.

일반적으로 농산물은 저장하는 동안 증산 작용에 의해 중량이 감소하고, 상품성이 떨어지게 되는데(Kim 등 2003), Kang 등(2016)은 파프리카, Yoon 등(2016)은 이슬송이버섯의 저장성을 증진시키기 위하여 서방형 이산화염소 가스를 처리한 결과, 저장 초기부터 대조군보다는 중량 감소율이 적었다고 하여 본 결과와 비교해 볼 때, 시료 등의 차이는 있지만 일치하는 결과였으며, 딸기 저장시 이산화염소 가스를 처리할 경우, 품질 변화가 적게 일어날 수 있을 것으로 사료되었다. Guo 등(2014)은 토마토에 이산화염소 가스 처리시 호흡량이 감소한다고 하였으며, Kang 등(2016)은 이산화염소 가스에 의해 호흡의 억제로 중량 감소를 낮출 수 있는 효과적인 기술이라고 하였다.

부패율의 경우, 대조군 및 이산화염소 가스 처리군 모두 저장 2일까지는 변질된 것이 보이지 않았다. 그러나 저장 3일 이후부터는 모든 실험군에서 약간의 곰팡이 또는 짓무름이 있는 딸기가 발견되기 시작하였다. 저장 4일부터는 대조군의 경우에는 급격히 부패된 딸기들이 증가하였고, 저장 6일에는 70% 이상의 딸기가 부패된 것으로 나타났다. 그러나 이산화염소 가스 처리군의 경우에는 모두 대조군보다 낮은 부패율을 보였으며 특히 3 ppm과 5 ppm 처리군은 저장 5일까지는 매우 낮은 부패율을 보였다. 저장 6일차의 경우, 이산화염소 가스 처리군의 부패율은 대조군보다 낮은 값을 보이기는 하였지만, 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 중량 변화 및 부패율의 변화를 볼 때 딸기 저장시 이산화염소 가스 처리시 품질 변화를 줄일 수 있을 것으로 판단되었다.

Table 15. 이산화염소 가스 껍질 처리한 딸기의 저장 중 중량 및 부패율 변화

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)							
	0	1	2	3	4	5	6	
Control	100.00±0.00 ^{aA1)}	98.73±0.12 ^{bC}	97.52±0.61 ^{cB}	96.95±0.14 ^{dB}	96.32±0.22 ^{eB}	95.27±0.07 ^{fB}	94.15±0.03 ^{gA}	
Weight (g)	3	100.00±0.00 ^{aA}	99.18±0.05 ^{bB}	98.31±0.09 ^{cA}	97.48±0.08 ^{dA}	96.77±0.12 ^{eA}	95.79±0.20 ^{fA}	94.79±0.36 ^{gA}
	5	100.00±0.00 ^{aA}	99.20±0.03 ^{bB}	98.31±0.12 ^{cA}	97.51±0.13 ^{dA}	96.84±0.15 ^{eA}	95.75±0.07 ^{fA}	94.55±0.09 ^{gA}
	7	100.00±0.00 ^{aA}	99.35±0.16 ^{bA}	98.45±0.27 ^{cA}	97.63±0.12 ^{dA}	96.91±0.11 ^{eA}	95.65±0.20 ^{fA}	94.79±0.24 ^{gA}
Decay rate (%)	Control	-	-	-	4.17±3.40 ^{eA}	17.71±3.99 ^{eA}	47.22±16.84 ^{bA}	70.83±5.89 ^{aA}
	3	-	-	-	3.13±3.99 ^{bA}	8.33±5.89 ^{bB}	15.28±6.36 ^{bB}	58.33±11.79 ^{aA}
	5	-	-	-	3.13±3.99 ^{bA}	5.21±5.24 ^{bB}	11.11±4.81 ^{bB}	50.00±11.79 ^{aA}
	7	-	-	-	4.17±3.40 ^{eA}	11.46±7.12 ^{cAB}	40.28±13.39 ^{bA}	58.33±5.89 ^{aA}

¹⁾Values with different superscripts within a row (^{a-g}) and a column(^{A-C}) were significantly different ($p < 0.05$).

pH 변화

각 농도별 서방형 이산화염소 가스 껍질을 딸기 용기 내에 첨가하여 저장하면서 저장 기간에 따른 pH의 변화를 측정 한 결과는 Table 16과 같다.

대조군의 경우, 초기에는 pH가 3.62에서 저장 기간이 증가할수록 각각 3.90, 3.67, 3.64, 3.77, 3.70으로 초기보다는 약간 증가하는 경향을 보였다. 3 ~ 7 ppm의 서방형 이산화염소 가스 껍질 처리군의 경우, 대조군과 마찬가지로 대체적으로 저장 중 pH가 증가하는 경향을 보였으며 처리군간의 차이는 없는 것으로 나타나, 이산화염소 가스에 의한 pH 변화는 없는 것으로 판단되었다.

Choi 등(2013)은 방울토마토에 이산화염소 가스를 처리하였을 때 방울토마토의 pH 값에는 영향을 끼치지 않는다고 하여, 본 결과와 시료 및 이산화염소 가스 처리 방법은 다르지만 동일한 결과를 나타내었다.

Table 16. 이산화염소 가스 겔팩 처리한 딸기의 저장 중 pH의 변화

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)					
	0	2	3	4	5	6
Control	3.62±0.07 ^{aA1)}	3.90±0.17 ^{aA}	3.67±0.20 ^{aA}	3.64±0.08 ^{aA}	3.77±0.29 ^{aA}	3.70±0.36 ^{aA}
3	3.62±0.07 ^{bA}	3.67±0.04 ^{bB}	3.68±0.13 ^{bA}	3.67±0.08 ^{bA}	3.35±0.20 ^{cA}	4.12±0.10 ^{aA}
5	3.62±0.07 ^{aA}	3.69±0.08 ^{aB}	3.65±0.13 ^{aA}	3.72±0.19 ^{aA}	3.58±0.51 ^{aA}	3.78±0.32 ^{aA}
7	3.62±0.07 ^{bA}	3.63±0.02 ^{bB}	3.73±0.10 ^{abA}	3.79±0.20 ^{abA}	3.63±0.03 ^{bA}	4.05±0.48 ^{bA}

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a-c}) and a column(^{A,B}) were significantly different ($p < 0.05$).

각 농도별 서방형 이산화염소 가스 겔팩을 딸기 용기 내에 첨가하여 저장하면서 저장 기간에 따른 산도의 변화를 측정된 결과는 Table 17과 같다.

수확 후의 산도는 0.78%였으며, 대조군의 산도는 저장 중 서서히 감소하여 0.70 ~ 0.71% 정도의 값을 보였다. 이산화염소 가스 처리군의 경우에도 대조군과 마찬가지로 저장 중 서서히 감소하였으며, 저장 기간 내내 유의적인 차이를 보이지 않았다.

Shin 등(2012)은 이산화염소수를 이용한 딸기 품종 Goha의 저장 중 산도를 측정된 결과, 처리군간에 저장 중 점차 감소하였으며, 처리군간에는 유의적인 차이를 보이지 않는다고 하여 본 결과와 사용한 상(phase)은 다르지만 일치하는 결과를 나타내었다.

Table 17. 이산화염소 가스 겔팩 처리한 딸기의 저장 중 산도의 변화 (unit : %)

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)					
	0	2	3	4	5	6
Control	0.78±0.03 ^{a1)}	0.75±0.03 ^a	0.72±0.05 ^b	0.74±0.03 ^{ab}	0.70±0.02 ^b	0.71±0.07 ^b
3	0.78±0.03 ^a	0.73±0.06 ^{ab}	0.74±0.04 ^{ab}	0.73±0.05 ^{ab}	0.71±0.05 ^{ab}	0.70±0.03 ^b
5	0.78±0.03 ^a	0.75±0.03 ^{ab}	0.75±0.02 ^{ab}	0.72±0.02 ^{bc}	0.72±0.02 ^{bc}	0.69±0.02 ^c
7	0.78±0.03 ^a	0.75±0.02 ^{ab}	0.72±0.02 ^{bc}	0.73±0.02 ^{bc}	0.72±0.01 ^{bc}	0.70±0.03 ^c

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a-c}) was significantly different ($p < 0.10$).

색도 변화

각 농도별 서방형 이산화염소 가스 겔팩을 첨가한 딸기 용기를 저장하면서 저장 기간에 따른 딸기 외면의 색도 변화를 측정된 결과는 Table 18과 같다.

명도(lightness)의 경우, 초기에는 31.96이였지만, 저장 중 서서히 감소하는 경향을 보여 딸기 저장 시 색도 변화가 있음을 확인할 수 있었다. 이산화염소 가스 겔팩 처리군의 경우, 대조군과 마찬가지로 약간씩 감소하는 경향이였으며, 각 처리군간에 큰 차이를 보이지는 않는 것으로 판단되었다.

적색도(redness)의 변화에서는 대조군의 경우, 초기 34.68이였으며, 저장 4일까지는 약

간 증가한 후 다시 감소하는 경향을 보였다. 이산화염소 처리군 중 3 및 5 ppm 처리군은 저장 5일까지 약간 증가한 후 저장 6일차에 감소하는 경향이였으며 7 ppm 처리군은 저장 기간 내내 큰 변화를 보이지 않는 것으로 나타났다.

황색도(yellowness)의 변화는 대조군의 경우, 15.72에서 저장 중 감소하는 경향을 보였으며, 이산화염소 가스 처리군도 대조군과 마찬가지로 서서히 감소하는 경향을 보였으며, 저장 4 일차까지는 모든 실험군이 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 저장 5일차에는 대조군이, 6 일차에는 3 ppm 처리군이 다소 낮은 값을 보였다. 이상의 색도 결과를 종합하여 보면 저장하는 동안 미약하지만 대조군에서의 변화가 다소 크고, 이산화염소 가스 처리시 색상의 변화가 적은 것으로 판단되었다.

Table 18. 이산화염소 가스 껍팩 처리한 딸기의 저장 중 색도의 변화

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)						
	0	2	3	4	5	6	
<i>L</i>	Control	31.96±3.07 ^{aA1)}	31.68±3.56 ^{aA}	31.21±3.16 ^{abA}	31.63±2.80 ^{aA}	30.27±3.00 ^{bcB}	29.24±3.91 ^{cA}
	3	31.96±3.07 ^{aA}	31.37±3.33 ^{abA}	30.33±3.22 ^{bA}	32.47±3.53 ^{aA}	31.37±2.90 ^{abAB}	28.90±3.28 ^{cA}
	5	31.96±3.07 ^{aA}	30.63±2.94 ^{bcA}	30.28±3.02 ^{cdA}	31.64±3.06 ^{abA}	31.70±2.92 ^{abA}	29.35±3.15 ^{dA}
	7	31.96±3.07 ^{aA}	31.68±3.46 ^{aA}	30.29±3.00 ^{bA}	32.03±4.05 ^{aA}	31.05±2.66 ^{abAB}	30.03±3.20 ^{bA}
<i>a</i>	Control	34.68±2.18 ^{bA}	35.83±1.84 ^{aA}	35.02±2.02 ^{abAB}	35.13±1.80 ^{abA}	33.85±2.05 ^{cb}	33.07±2.24 ^{dB}
	3	34.68±2.18 ^{bA}	35.85±1.74 ^{aA}	35.15±1.72 ^{abAB}	35.54±1.83 ^{abA}	35.36±2.29 ^{abA}	33.25±3.53 ^{cb}
	5	34.68±2.18 ^{bcA}	35.23±1.85 ^{abAB}	35.61±1.86 ^{aA}	35.09±2.26 ^{abA}	35.03±2.75 ^{abA}	33.89±2.70 ^{cAB}
	7	34.68±2.18 ^{aA}	34.84±2.08 ^{aB}	34.10±4.34 ^{ab}	34.82±2.12 ^{aA}	34.05±2.08 ^{abB}	34.42±2.24 ^{aA}
<i>b</i>	Control	15.72±2.39 ^{aA}	15.29±2.57 ^{abA}	14.53±2.32 ^{bA}	13.21±2.55 ^{cA}	11.77±2.41 ^{dB}	13.14±2.29 ^{cAB}
	3	15.72±2.39 ^{aA}	15.29±2.49 ^{aA}	14.07±2.49 ^{bA}	14.33±3.08 ^{bA}	13.10±2.32 ^{cA}	12.70±2.71 ^{cB}
	5	15.72±2.39 ^{aA}	14.78±2.40 ^{bA}	14.27±2.51 ^{bcA}	13.40±2.65 ^{cdA}	13.46±2.55 ^{cdA}	13.23±2.41 ^{dAB}
	7	15.72±2.39 ^{aA}	15.04±2.64 ^{aA}	13.84±2.42 ^{bA}	13.51±3.22 ^{bcA}	12.80±2.06 ^{cA}	13.66±2.48 ^{bcA}

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a~d}) and a column(^{A,B}) were significantly different ($p < 0.05$).

Park & Jeong(2015)은 사계성 딸기의 신선도 유지를 위한 CO₂와 ClO₂ 가스 처리가 대조군에 비해 높은 명도를 보여 본 결과와 유사한 경향을 보였으며, ‘Flamengo’ 품종의 적색도 변화에서는 모든 처리군이 저장 중 증가하다가 감소한다고 하여 본 결과와 일치하는 결과를 나타내었다. 또한 Mahmoud 등(2007)은 딸기에 0.5, 1, 1.5, 3, 5 mg/L의 각각 다른 농도로 이산화염소 가스를 처리하였을 때, 색도에 큰 영향은 주지 않으면서 유통기한을 연장시켰다고 하였다.

조직감 측정

딸기 저장 시 서방형의 이산화염소 가스 껍팩을 첨가하고 저장 기간에 따른 조직감을

측정한 결과는 Table 19와 같다.

대조군은 초기에 0.2157 kg이었으나, 저장 기간이 증가할수록 감소하여 저장 6일에는 0.1644 kg으로 감소하는 것으로 나타나 점차 물러짐을 알 수 있었다. 이산화염소 가스 껍택 처리군은 저장 4일까지는 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 저장 5일 이후에는 대조군이 가장 큰 변화를 보였으며, 이산화염소 가스 처리군의 변화가 적은 것으로 나타났으며, 저장 6일차에는 3, 5, 7 ppm 처리군의 순으로 딸기 저장시 이산화염소 가스 처리가 딸기의 경도를 어느 정도 유지시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

Table 19. 이산화염소 가스 껍택 처리한 딸기의 저장 중 경도의 변화 (unit : kg)

Conc. of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)					
	0	2	3	4	5	6
Control	0.2157±0.0479 ^{aA1)}	0.2042±0.0353 ^{abA}	0.1927±0.0345 ^{bcA}	0.1852±0.0435 ^{bcA}	0.1742±0.0438 ^{cdB}	0.1644±0.0536 ^{dB}
3	0.2157±0.0479 ^{aA}	0.2004±0.0377 ^{abA}	0.1971±0.0416 ^{bcA}	0.1794±0.0334 ^{cA}	0.1905±0.035b ^{cAB}	0.1945±0.0415 ^{bcA}
5	0.2157±0.0479 ^{aA}	0.1979±0.042 ^{ba}	0.1921±0.0362 ^{ba}	0.1869±0.0329 ^{ba}	0.1984±0.0405 ^{ba}	0.1874±0.0329 ^{ba}
7	0.2157±0.0479 ^{aA}	0.1967±0.047 ^{bcA}	0.1949±0.0386 ^{bcA}	0.1883±0.0212 ^{cA}	0.2065±0.0361 ^{abA}	0.1857±0.0351 ^{cA}

1) Values with different superscripts within a row (a-d) and a column(A,B) were significantly different ($p < 0.05$).

Mehmet & Cengiz(2014)는 이산화염소수 처리한 딸기의 저장 중 경도를 측정한 결과, 대조군보다 이산화염소수 처리군이 저장 기간 내내 높은 경도를 보인다고 하여 본 결과와 비교해 보면, 비록 처리한 상(phase)은 다르지만 동일한 결과를 보이는 것으로 나타났으며, Kang 등(2016)은 서방형 이산화염소 가스 처리로 호흡률이 낮아진다고 하였으며, Yoon 등(2016)은 버섯에의 서방형의 이산화염소 가스를 처리하였을 때 저장 중 조직감 변화가 적었다고 하여 본 결과와 비교해 보면 시료는 다르지만 일치하는 결과를 나타내었다.

기호도 검사

서방형 이산화염소 가스 껍택을 첨가하고 5일 동안 저장하였을 때 딸기의 변화는 Fig. 6과 같다.

사진에서 보듯이 대조군은 곰팡이 및 짓무름 등에 의한 품질변화가 가장 많았으며 3 ppm 및 5 ppm 처리군의 변화가 가장 적은 것으로 나타났다. 7 ppm 처리군의 경우에는 껍택이 놓여있던 곳에서는 미세한 탈색이 있는 것으로 나타났다.

딸기 저장 시 서방형의 이산화염소 가스 껍택을 첨가하고, 저장 기간에 따른 외관, 정도, 향 및 종합적 기호도를 측정한 결과는 Table 20과 같다.

외관의 경우, 6.4의 기호도에서 시작하여 저장 기간이 증가할수록 감소하여 6일차에는 2.7의 낮은 기호도를 보였다. 이산화염소 가스 껍택 처리군의 경우에는 저장 3일차까지는

대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 3 및 5 ppm 처리군은 저장 4일 이후부터는 대조군보다 유의적으로 높은 기호도를 보였다.



Fig. 6. 서방형 이산화염소 가스 껍팩을 첨가한 딸기의 저장 5일차

반면, 7 ppm 처리군은 대조군과 저장 기간 내내 차이를 보이지 않았다. 경도에서는 모든 처리군이 저장 4일까지는 차이를 보이지 않았지만 저장 5일 이후에는 대조군이 가장 빠르게 변화하였으며, 이산화염소 가스 처리군은 대조군보다 높은 기호도를 나타내었다. 향의 경우, 저장 기간 중 모든 처리군에서 기호도는 감소하였으며, 저장 6일 동안 차이를 보이지는 않았다. 종합적 기호도에서는 저장 3일까지는 모든 처리군이 유의적인 차이를 보이지 않았지만, 저장 4일 이후에는 3 및 5 ppm 이산화염소 가스 껍팩 처리군이 높은 기호도를 보이는 것으로 나타났다.

Kang 등(2015)은 파프리카에 이산화염소 가스를 훈증처리한 후 기호도를 분석한 결과, 외관, 신선도 및 종합적 기호도 측면에서 대조군보다 높은 기호도를 보였다고 하여 시료는 다르지만 본 결과와 일치하였다.

이상의 결과를 종합하여 보면 딸기 저장시 용기에의 서방형 이산화염소 가스 껍팩의 첨가는 중량 감소율, 부패율, 조직감 및 기호도 면에서 품질 변화를 줄일 수 있을 것으로 판단되었다.

Table 20. 이산화염소 가스 젤팩 처리한 딸기의 저장 중 기호도의 변화

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)		Storage period (day)					
		0	2	3	4	5	6
Appearance	Control	6.4±0.4 ^{aa1)}	6.3±0.4 ^{aA}	5.9±0.5 ^{ba}	4.3±0.5 ^{cb}	3.4±0.3 ^{db}	2.7±0.4 ^{eb}
	3	6.4±0.4 ^{aa}	6.4±0.3 ^{aA}	5.9±0.5 ^{ba}	4.8±0.4 ^{ca}	4.1±0.3 ^{da}	3.3±0.2 ^{ea}
	5	6.4±0.4 ^{aa}	6.3±0.3 ^{aA}	5.9±0.5 ^{ba}	4.8±0.4 ^{ca}	4.0±0.5 ^{da}	3.5±0.3 ^{ea}
	7	6.4±0.4 ^{aa}	6.4±0.3 ^{aA}	5.8±0.4 ^{ba}	4.2±0.4 ^{cb}	3.6±0.3 ^{db}	2.9±0.3 ^{eb}
Firmness	Control	6.5±0.3 ^{aa}	6.4±0.4 ^{aA}	6.1±0.2 ^{ba}	5.0±0.3 ^{ca}	3.7±0.2 ^{db}	2.9±0.4 ^{eb}
	3	6.5±0.3 ^{aa}	6.4±0.4 ^{aA}	6.1±0.3 ^{ba}	5.1±0.4 ^{ca}	4.1±0.4 ^{da}	3.5±0.3 ^{ea}
	5	6.5±0.3 ^{aa}	6.3±0.4 ^{abA}	6.0±0.4 ^{ba}	5.3±0.4 ^{ca}	4.2±0.3 ^{da}	3.5±0.3 ^{ea}
	7	6.5±0.3 ^{aa}	6.4±0.3 ^{abA}	6.1±0.4 ^{ba}	5.2±0.5 ^{ca}	4.1±0.3 ^{da}	3.4±0.3 ^{ea}
Flavor	Control	6.2±0.4 ^{aa}	6.1±0.3 ^{aa}	5.6±0.4 ^{ba}	4.3±0.4 ^{ca}	3.8±0.3 ^{da}	2.8±0.4 ^{ea}
	3	6.2±0.4 ^{aa}	6.0±0.4 ^{abA}	5.8±0.5 ^{ba}	4.5±0.4 ^{ca}	3.9±0.4 ^{da}	3.0±0.4 ^{ea}
	5	6.2±0.4 ^{aa}	6.0±0.5 ^{abA}	5.7±0.6 ^{ba}	4.6±0.5 ^{ca}	4.0±0.3 ^{da}	3.0±0.4 ^{ea}
	7	6.2±0.4 ^{aa}	5.9±0.4 ^{abA}	5.7±0.4 ^{ba}	4.4±0.5 ^{ca}	3.8±0.4 ^{da}	2.9±0.4 ^{ea}
Overall acceptance	Control	6.4±0.4 ^{aa}	6.2±0.3 ^{abA}	5.9±0.5 ^{ba}	4.4±0.5 ^{cb}	3.5±0.3 ^{db}	2.8±0.4 ^{cb}
	3	6.4±0.4 ^{aa}	6.2±0.3 ^{aa}	5.8±0.4 ^{ba}	4.9±0.4 ^{cab}	4.2±0.3 ^{da}	3.3±0.3 ^{eb}
	5	6.4±0.4 ^{aa}	6.0±0.4 ^{ba}	5.9±0.3 ^{ba}	5.1±0.4 ^{ca}	4.4±0.4 ^{da}	3.4±0.3 ^{ea}
	7	6.4±0.4 ^{aa}	6.1±0.4 ^{abA}	6.0±0.4 ^{ba}	4.6±0.5 ^{cb}	3.6±0.4 ^{db}	3.0±0.4 ^{eb}

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a~e}) and a column(^{A~C}) were significantly different ($p < 0.05$).

Ascorbic acid 함량 변화

저장과정 중 쉽게 산화될 수 있는 ascorbic acid가 서방형의 이산화염소 가스 및 저장 기간에 따른 변화 정도를 알아보기 위해 측정한 결과는 Table 21과 같다.

딸기의 저장 초기 ascorbic acid의 함량은 40.38 mg%이었으며, 저장 중 변화는 대조군의 경우, 35.67~44.75 mg%로 저장기간 중 함량의 증가 또는 감소의 경향을 보이지는 않는 것으로 나타났다. 이산화염소 가스 젤팩 처리군은 농도별로 각각 30.21~45.61, 32.25~44.58 및 38.44~46.54 mg%로 대조군과 마찬가지로 저장기간에 따른 뚜렷한 변화를 보이지 않았으며, 대체적으로 처리군간의 유의적인 차이를 보이지는 않는 것으로 나타났다.

Kang 등(2015)은 수출용 파프리카 생산을 위한 75 ppm의 이산화염소가스 훈증처리시 저장 초기에 대조군에 비하여 처리군의 ascorbic acid의 함량이 다소 적게 나타났는데, 이는 ascorbic acid가 강산화제인 이산화염소 가스 처리에 의해 대조군과 비교하여 감소하였다고 하였으나, 본 연구에서는 3~5 ppm의 서방형의 이산화염소 가스 젤팩을 사용하였으므로, 하루에 방출되는 양이 적기 때문에 산화가 일어나지 않은 것으로 판단되었다.

Jin-hua 등(2007)은 green bell pepper에 5~20 ppm의 이산화염소 가스를 처리하였을

때 10 ppm의 농도까지는 차이를 보이지 않았고, 그 이상 처리하였을 때 다소 감소하였으며 저장 40일 동안 서서히 감소하는데, 이산화염소 가스 처리군보다 대조군의 변화가 빠르다고 하여 본 결과와 비교해 보면, 본 실험에서 처리한 이산화염소 가스의 양이 적기 때문에 처리 후의 ascorbic acid의 함량 변화가 없는 것으로 보아, 유사한 결과를 나타내었으며, 저장 중 감소 유무는 실험 재료, 저장기간 및 온도 등의 차이에 의한 것으로 판단되었다.

Table 21. 이산화염소 가스 껍팩 처리한 딸기의 저장 중 ascorbic acid의 함량 변화 (unit: mg%)

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)					
	0	2	3	4	5	6
Control	40.38±5.87 ^{aA1)}	35.67±2.55 ^{aA}	40.58±6.34 ^{aA}	36.64±4.73 ^{aB}	38.53±3.54 ^{aA}	44.75±8.38 ^{aA}
3	40.38±5.87 ^{aA}	30.21±3.43 ^{bA}	45.61±5.55 ^{aA}	44.38±3.10 ^{aA}	36.13±6.32 ^{abA}	44.31±5.52 ^{aA}
4	40.38±5.87 ^{abA}	32.25±2.85 ^{bA}	43.65±0.64 ^{aA}	44.58±1.98 ^{aA}	35.76±6.20 ^{abA}	44.48±9.41 ^{aA}
5	40.38±5.87 ^{aA}	38.44±10.26 ^{aA}	46.54±3.58 ^{aA}	46.11±3.51 ^{aA}	40.25±2.41 ^{aA}	40.43±4.99 ^{aA}

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a,b}) and a column (^{A,B}) were significantly different ($p<0.05$).

Polyphenol 화합물 함량

서방형 이산화염소 가스 껍팩을 첨가한 딸기를 저장하면서 저장기간에 따른 polyphenol 화합물의 함량을 측정 한 결과는 Table 22와 같다.

Table 22. 이산화염소 가스 껍팩 처리한 딸기의 저장 중 polyphenol 화합물의 함량 변화 (unit: mg%)

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)					
	0	2	3	4	5	6
Control	111.23±5.55 ^{bA1)}	117.78±10.92 ^{abAB}	125.18±3.37 ^{abA}	116.04±3.73 ^{abA}	124.76±5.32 ^{abA}	132.40±16.36 ^{aA}
3	111.23±5.55 ^{aA}	109.66±2.54 ^{aAB}	120.95±7.28 ^{aAB}	112.12±2.30 ^{aA}	118.97±5.39 ^{aA}	115.16±18.22 ^{aA}
4	111.23±5.55 ^{bcA}	107.51±5.06 ^{cB}	110.38±7.84 ^{cBC}	117.16±3.00 ^{abcA}	121.22±7.02 ^{abA}	125.11±2.54 ^{aA}
5	111.23±5.55 ^{bcA}	120.43±3.34 ^{abA}	103.44±3.28 ^{cC}	115.56±6.21 ^{abcA}	120.19±11.56 ^{abA}	130.25±12.73 ^{aA}

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a-c}) and a column (^{A-C}) were significantly different ($p<0.05$).

딸기의 polyphenol 화합물의 함량은 111.23 mg%였으며, 저장 중 변화는 대조군의 경우, 116.04~132.40 mg%로 저장기간 중 증가 또는 감소의 뚜렷한 경향을 보이지는 않는 것으로 나타나, 저장 중 딸기 내 polyphenol 화합물의 함량 변화는 크게 없는 것으로 나타났

다. 이산화염소 가스 겔팩 처리군은 농도별로 각각 109.66~120.95, 107.51~125.11 및 103.44~130.25 mg%로 대조군과 마찬가지로 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타나, 이산화염소 가스에 의한 polyphenol 화합물의 변화는 없는 것으로 사료되었다.

Kang 등(2015)은 파프리카 저장 중 75 ppm의 이산화염소 가스로 훈증 처리하였을 때 총 페놀의 함량은 처리군에 상관없이 차이를 보이지 않았으며, 이러한 경향은 저장 30일 동안 유지되었다고 하여, 본 결과와 비교해 보면, 본 실험에 사용한 양보다는 많은 양이지만 동일한 결과를 보여 실험에 사용한 이산화염소 가스는 polyphenol 화합물의 변화를 일으키지 않는 것으로 판단되었다.

Choi 등(2013)은 딸기의 성숙도, 저장온도, 저장기간에 따른 polyphenol 화합물의 함량을 측정한 결과, ‘설향’ 품종의 경우, 저장 5일까지는 유의적인 차이는 없지만 그 후에는 다소 감소한다고 하여, 본 실험에서의 저장 6일까지의 결과와 큰 차이를 보이지 않는 것으로 판단되었으며, 딸기의 polyphenol 화합물의 함량은 품종, 수확시기와 저장온도 및 저장 기간에 따라 약간의 차이는 있는 것으로 사료되었다.

Flavonoid 화합물의 함량

서방형 이산화염소가스 겔팩을 첨가한 딸기를 저장하면서 저장기간에 따른 flavonoid 화합물의 함량을 측정한 결과는 Table 23과 같다.

딸기의 flavonoid 화합물의 함량은 12.59 mg%였으며, 저장 중 변화는 저장일별로 12.88, 14.55, 14.65, 15.13 및 14.32 mg%로 수확직후보다는 다소 증가하는 경향을 보였으나, 저장기간에 따른 차이라기보다는 실험일에 채취한 시료 개체간의 차이일 뿐 큰 차이는 아닌 것으로 판단되었다.

Table 23. 이산화염소 가스 겔팩 처리한 딸기의 저장 중 flavonoid 화합물의 함량 변화 (unit: mg%)

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)					
	0	2	3	4	5	6
Control	12.59±0.42 ^{cA1)}	12.88±0.60 ^{bcA}	14.55±1.07 ^{abA}	14.65±1.43 ^{aAB}	15.13±0.82 ^{aA}	14.32±0.70 ^{abA}
3	12.59±0.42 ^{ba}	14.04±1.08 ^{abA}	14.79±0.3 ^{abA}	15.97±1.22 ^{aA}	14.01±0.72 ^{abAB}	13.46±2.48 ^{ba}
4	12.59±0.42 ^{bcA}	13.00±0.78 ^{abA}	13.59±0.87 ^{abAB}	14.29±0.60 ^{aAB}	11.23±0.56 ^{cC}	14.48±1.52 ^{aA}
5	12.59±0.42 ^{ba}	14.10±1.19 ^{abA}	12.56±0.58 ^{bb}	13.67±0.70 ^{abB}	12.63±1.67 ^{bbC}	14.46±0.58 ^{aA}

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a-c}) and a column (^{A-C}) were significantly different ($p < 0.05$).

이산화염소가스 겔팩 처리군의 경우에는 처리농도 별 각각 13.46~15.97, 11.23~14.48 및 12.56~14.46 mg%로 대조군 및 이산화염소 겔팩 처리군간에 저장기간 내내 유사한 함량

을 함유하는 것으로 나타나, 이산화염소 가스에 의한 flavonoid 함량의 변화를 가져오지는 않는 것으로 판단되었다.

Jeong HJ(2010)는 네 품종의 딸기를 성숙 단계별로 하여 flavonoid 함량을 측정한 결과, 성숙이 진행되면서 함량이 증가하였으나, 과숙시기에 증가하는 품종도 있고 감소하는 품종도 있다고 하였으며, Lim 등(2016)은 딸기 품종 중 ‘설향’은 미숙과와 완숙과의 flavonoid 화합물의 함량은 통계적으로 유의적인 차이를 보이지 않았다고 하여, 저장 중에는 flavonoid 함량의 변화가 크지 않아 본 결과와 유사한 경향인 것으로 판단되었다. 그러나 ‘장희’ 품종에서는 미숙과가 완숙과에 비하여 flavonoid 함량이 약간 높았다고 하여, 품종, 재배 시기, 재배 지역, 수확시기 및 저장 온도 등에 따라 함량의 차이가 있는 것으로 사료되었다. 그러나 이산화염소 가스를 이용한 과채류 저장 시 flavonoid 함량 변화를 측정한 연구는 찾아볼 수 없었다.

Anthocyanin 함량

서방형의 이산화염소가스 껍질을 첨가한 딸기를 저장하면서 anthocyanin의 함량 변화를 측정한 결과는 Table 24와 같다.

딸기의 anthocyanin 함량은 16.44 mg%였으며, 저장 중 변화는 대조군의 경우, 12.31~18.92 mg%로 저장 중 약간 증가하다가 저장 6일차에는 감소하는 경향이었는데, 이는 실험에 사용한 시료 개체 간 차이로 수확직후와 저장 6일 동안의 큰 차이를 보이지는 않는 것으로 판단되었다.

이산화염소가스 껍질 처리군의 경우에는 농도별로 각각 13.60~16.44, 12.73~17.91 및 12.36~19.35 mg%로 대조군 및 처리농도 간 저장 중 큰 차이를 보이지는 않는 것으로 판단되었다.

Table 24. 이산화염소 가스 껍질 처리한 딸기의 저장 중 anthocyanin의 함량 변화 (unit: mg%)

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)					
	0	2	3	4	5	6
Control	16.44±1.50 ^{aA1)}	15.53±2.14 ^{abAB}	16.46±2.86 ^{aA}	18.92±1.91 ^{aA}	18.39±2.02 ^{aA}	12.31±1.43 ^{bbB}
3	16.44±1.50 ^{aA}	16.29±0.67 ^{aAB}	13.60±3.15 ^{aA}	14.03±3.10 ^{aA}	16.37±5.25 ^{aA}	16.20±3.30 ^{aAB}
4	16.44±1.50 ^{aA}	17.91±2.59 ^{aA}	16.21±3.13 ^{aA}	16.51±4.81 ^{aA}	12.73±4.93 ^{aA}	15.05±5.02 ^{aAB}
5	16.44±1.50 ^{abA}	12.50±3.28 ^{bbB}	17.66±2.69 ^{abA}	19.24±1.72 ^{aA}	12.36±5.40 ^{ba}	19.35±2.48 ^{aA}

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a,b}) and a column (^{A,B}) were significantly different ($p < 0.05$).

Lim 등(2016)은 미숙과보다는 착색이 완료된 성숙과일 때 anthocyanin의 함량이 높다고 하여

본 결과와 비교하여 볼 때, 본 연구에 사용한 딸기는 성숙된 딸기를 사용하였기 때문에 저장 중 큰 차이를 보이지 않는 것으로 사료되었다. Choi 등(2013)은 딸기 품종의 성숙도, 저장온도 및 저장기간에 따른 anthocyanin의 함량을 측정한 결과, 미숙과에서는 저장 중 증가하는 경향을 보여 anthocyanin의 함량은 성숙됨에 따라 증가하지만, 완숙과에서는 온도 및 품종에 따라 다르다고 하였다.

항산화 활성

서방형의 이산화염소가스 겔팩을 첨가한 딸기를 저장하면서 DPPH 전자공여능, ABTS 라디칼 소거능 및 금속이온 제거능을 측정한 결과는 Table 25와 같다.

DPPH 전자공여능의 경우, 대조군은 66.01%에서 저장 4일차를 제외하고는 대체적으로 서서히 감소하는 경향을 보였다. 이산화염소 가스 겔팩을 처리한 실험군의 경우도 3 및 4 ppm 처리군은 저장 5일차에, 5 ppm 처리군은 대조군과 마찬가지로 저장 4일차에 가장 높은 값을 보였고, 그 후에는 서서히 감소하는 경향을 나타내었으며, 대체적으로 이산화염소 가스처리에 의한 DPPH 전자공여능의 차이는 없는 것으로 판단되었다. Jeong HJ(2010)는 성숙 정도별로 전자공여능의 차이는 크지 않았으나, 성숙이 진행될수록 미세하게 감소하는 경향을 보인다고 하여 본 결과와 유사한 경향인 것으로 판단되었다.

Table 25. 이산화염소 가스 겔팩 처리한 딸기의 저장 중 항산화활성의 변화

	Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)					
		0	2	3	4	5	6
DPPH radical scavenging activity (%)	Control	66.01±1.66 ^{abA1)}	62.85±1.52 ^{bA}	56.80±4.09 ^{cA}	69.48±2.45 ^{aA}	64.14±2.27 ^{bbB}	60.92±3.40 ^{bcA}
	3	66.01±1.66 ^{aA}	63.06±3.60 ^{abA}	52.75±8.93 ^{cA}	66.67±1.44 ^{aA}	70.75±2.08 ^{aA}	56.81±5.35 ^{bcA}
	4	66.01±1.66 ^{aA}	61.23±5.08 ^{aA}	59.73±3.33 ^{aA}	62.78±8.59 ^{aA}	67.48±3.38 ^{aAB}	60.54±3.07 ^{aA}
	5	66.01±1.66 ^{abA}	52.94±4.43 ^{cbB}	60.52±1.79 ^{baA}	68.30±5.59 ^{aA}	66.68±1.02 ^{aAB}	62.76±1.93 ^{abA}
ABTS radical scavenging activity (%)	Control	98.43±0.12 ^{abA}	98.50±0.23 ^{aA}	97.80±0.13 ^{cbB}	98.17±0.16 ^{abcA}	98.05±0.11 ^{abcA}	97.97±0.59 ^{bcA}
	3	98.43±0.12 ^{abA}	98.47±0.12 ^{aA}	97.89±0.28 ^{cbAB}	98.18±0.11 ^{abcA}	98.00±0.12 ^{cA}	98.10±0.29 ^{bcA}
	4	98.43±0.12 ^{aA}	98.39±0.19 ^{aA}	98.12±0.24 ^{abAB}	98.32±0.21 ^{abA}	98.10±0.12 ^{abA}	97.98±0.27 ^{baA}
	5	98.43±0.12 ^{aA}	98.27±0.13 ^{aA}	98.22±0.10 ^{aA}	98.33±0.10 ^{aA}	97.90±0.19 ^{aA}	97.88±0.10 ^{aA}
Metal chelating activity (%)	Control	11.28±2.08 ^{aA}	12.43±0.43 ^{aA}	13.56±0.72 ^{aA}	11.81±0.70 ^{aA}	11.92±1.52 ^{aA}	11.33±2.46 ^{abB}
	3	11.28±2.08 ^{aA}	13.23±1.17 ^{aA}	10.68±1.65 ^{aA}	13.41±0.74 ^{aA}	13.23±0.58 ^{aA}	13.33±1.54 ^{aAB}
	4	11.28±2.08 ^{aA}	11.85±1.19 ^{aA}	13.96±4.17 ^{aA}	9.58±6.16 ^{aA}	10.45±1.63 ^{aA}	14.42±2.85 ^{aAB}
	5	11.28±2.08 ^{aA}	12.19±0.70 ^{aA}	14.89±6.18 ^{aA}	10.16±1.24 ^{aA}	12.37±5.69 ^{aA}	16.50±2.45 ^{aA}

¹⁾ Values with different superscripts within a row (^{a-c}) and a column (^{A,B}) were significantly different ($p < 0.05$).

ABTS 라디칼 소거능에서는 대조군의 경우, 초기에는 98.43%이었으며, 저장 중에는 97.80~98.50%로 큰 증가 또는 감소의 경향을 보이지 않는 것으로 나타나, ABTS 라디칼 소거능은 저장 중 큰 변화를 보이지 않는 것으로 나타났다. 이산화염소가스 겔팩 처리군의 경우, 농도별로 각각 97.89~98.18, 97.98~98.39 및 97.88~98.33%로 대조군과 비교하여 큰 차이를 보이지 않아, 이산화염소 가스 처리 및 저장 중 변화는 없는 것으로 나타났다.

금속이온 제거능의 경우, 딸기의 금속이온 제거능은 11.28%로 높지는 않았으며, 5 ppm의 저장 6일차 결과를 제외하고는 모든 실험군에서 유의적인 차이를 보이지는 않는 것으로 나타나, 딸기에의 이산화염소 가스 처리 및 저장 중 금속이온 제거능의 변화는 크게 없는 것으로 판단되었다.

Chomkitichai 등(2014)은 ‘Daw’ 품종의 용안의 저장성 향상을 위하여 10 mg/L의 이산화염소 가스를 10분 동안 훈증처리하고, DPPH 전자공여능, ABTS 라디칼 소거능 및 금속이온 제거능을 측정한 결과, 저장 중 대조군 및 이산화염소 가스 처리군 모두 서서히 감소하지만, 저장기간 내내 대조군에 비해 높은 항산화활성을 보였다고 하여 본 결과와 비교해 보면, 시료 및 처리 방법에서의 차이는 있지만 실험에 사용한 이산화염소 가스가 항산화 활성의 변화를 주지는 않는 것으로 판단되었다.

이상의 결과를 종합하여 보면 딸기 저장성 향상을 위하여 서방형의 이산화염소 가스 겔팩을 이용할 경우, 부패율, 경도 및 기호도의 변화가 적지만(Lee 등 2017), ascorbic acid를 비롯한 화학성분 및 항산화 활성의 변화는 보이지 않는 것으로 나타나, 딸기의 저장성 증진을 위하여 3~5 ppm의 서방형 이산화염소 가스 겔팩 첨가가 효과적일 것으로 판단되었다.

제 3 절 축산물(백색육)의 이화학적 품질 변화 측정을 통한 이산화염소 겔팩의 최적 조건 확립

최근 경제 수준의 향상으로 인하여 우리나라 국민의 식단 구성과 식생활의 형태가 다양해지고 있다(Jung 등 2015). 특히 육류 및 육가공 제품에 있어 기존의 육가공 제품의 높은 칼로리를 고려하여 저지방 육제품, 고단백질 등의 기능성을 부여한 육제품 등이 개발되어지고 있다(Lee 등 2016).

원료육 중에서 백색육인 계육은 가공특성상 우육이나 돈육보다 가공적성이 떨어져 다양한 육제품의 가공에 한계가 있는 것은 사실이나 최근의 웰빙 추세와 다이어트에 관심이 고조되는 소비자 취향에 맞춰 관심도가 높아지고 있어 계육의 소비량은 지속적으로

증가하고 있는 추세이다.

그러나 계육은 매우 부패되기 쉬운 식품으로써 유통 및 저장 중 취급에 주의가 필요하다(Raeisi 등 2016). 부패의 원인으로서는 계육의 밀집 사육, 도계 공정 중 냉각수에 침지하는 과정에서 발생하는 교차오염 등을 들 수 있으며(Hong 등 2008), 백색 근섬유 비율이 높아 사후 대사속도가 빠를 뿐만 아니라(Brooke & Kaiser 1970), 인지질과 불포화 지방산이 많아 다른 축산물에 비하여 유통기한이 짧다(Park & Kim 2008). 특히 미생물 오염은 유통기한 외에도 신선도를 결정하는 주요한 요인으로 작용함으로 식육 위생확보와 신선도 유지를 위해 미생물 방지를 위한 적극적인 대처가 요구되고 있다(Kim 등 2016).

계육의 저장성 증진을 위한 연구로는 감마선 조사(Kim 등 2005), 식품첨가물 처리(Choi YI 1992; Yamamoto & Samejima 1977; Lee 등 2015), 다양한 포장방법(Yang 등 2009; Hart 등 1991), 가스저장(Chae 등 2011; Hood & Mead 1993) 등 여러 가지 방법을 활용하여 계육의 저장성 증진에 관한 연구를 수행하여 왔으나 다른 육류에 비하여 저장성은 여전히 떨어지고 있다.

계육의 부위 중 닭가슴육은 단백질 및 지방의 함량은 각각 약 23%, 1.2%로(Kim MJ 2011) 다른 축종이나 닭고기의 다른 부위에 비해 단백질 함량은 현저히 많고 단백질 소화흡수가 잘될 뿐만 아니라 지방함량과 콜레스테롤이 거의 없어(Oh 등 2014) 심장병이나 동맥경화, 심근경색 등의 심혈관질환들에게 좋은 식품 원료가 될 수 있다.

한편, 미생물 제어 방법 중 이산화염소(ClO_2)는 반응부산물도 적게 생성되고(Kim JM 2001) 발암물질 등이 생성되지 않으며 pH 변화에 무관하게 살균력을 유지할 수 있다고 보고되어 있다(Kim 등 2009). 이와 같은 이산화염소는 액상의 이산화염소의 형태보다 가스형태일 때 투과성이 높아 신선 농산물의 저장 및 유통 중 보다 효과적으로 미생물을 제어할 수 있다고 알려져 있다(Han 등 2001).

따라서 본 연구에서는 이산화염소 가스에 의한 농산물 이외에 축산물에서도 저장성 증진 여부를 확인하기 위하여 계육 중 닭가슴육을 원료로 하여 저장하는 동안 7-15 ppm의 서방형의 이산화염소 가스 겔팩을 넣고 저장하면서 저장 기간에 따른 미생물학적, 이화학적 및 관능적 품질 변화를 측정하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용한 닭가슴육은 닭고기 전문 생산업체인 C 회사에서 생산된 직후 포장된 시료를 구입하여 사용하였으며 시료간 차이를 최소화하기 위하여 닭가슴육내 동일한 부위를 7×5 cm 정도의 크기로 절단하여 사용하였다.

이산화염소 가스 처리

닭가슴육에의 이산화염소 가스 처리는 서방형의 이산화염소 가스 겔팩(Sejin E & P Co., Ltd., Anyang, Korea)을 사용하였으며 닭가슴육의 저장 중 품질변화를 측정하기 위하여 각 농도의 이산화염소 가스 처리군(7, 10, 15 ppm)은 각각의 처리군별로 동일한 부위를 절단한 닭가슴육을 4개의 군으로 하여 용기(155 × 155 × 87 mm, Lock & Lock Co., China)에 넣고 이산화염소 가스 겔팩은 용기의 뚜껑에 부착시켜 넣었으며 4℃에서 8일 동안 저장하면서 실험에 사용하였고, 이산화염소 가스 겔팩을 첨가하지 않은 실험군은 대조군으로 하였다.

미생물수 측정

서방형 이산화염소 가스 겔팩을 넣은 닭가슴육을 저장하면서 저장기간에 따른 총균수를 측정하기 위하여 표면 4×4 cm의 template를 접촉시키고 멸균시킨 면봉으로 swab을 한 후 멸균 희석수를 넣어 적절한 비율로 희석하였다. 총균수는 aerobic count plate petrifilm(3 M Health care, USA)에 희석액 1 mL를 접종하여 37℃에서 2일간 배양한 후 계수하였으며 대장균군수도 총균수와 마찬가지로 *E. coli*/Coliform용 petrifilm(3 M Health care)을 이용하여 희석액을 1 mL씩 접종한 후 37℃에서 24-48시간 배양한 후에 계수하였으며 시료 1 cm당 colony forming unit(CFU/cm²)로 나타내었다.

pH 측정

닭가슴육의 저장기간에 따른 pH의 변화는 마쇄시킨 시료 5 g에 증류수 45 mL를 첨가하여 균질화한 후 원심분리하여 여과액으로 pH meter(AB15 pH meter, Fisher Scientific Co., IL, USA)를 이용하여 측정하였다.

육색 측정

서방형의 이산화염소 가스 겔팩을 처리한 닭가슴육의 저장 중 표면의 육색의 변화는 색차계(Model CR-300, Minolta Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 Hunter L, a, b 값을 측정하였으며 각 시료당 15회 이상 측정한 뒤 평균값을 나타내었다. 이때의 이때 사용한 표준 백색판(standard plate)의 L*, a* 및 b* 값은 각각 95.02, 0.04 및 0.26 이었다.

가열감량 측정

이산화염소 가스 겔팩과 함께 저장한 닭가슴육의 저장기간에 따른 가열감량은 30~40 g의 닭가슴육을 진공포장하여 75℃ 항온수조에서 시료 심부온도 72℃에 도달할 때까지 가열한 후 가열전·후 중량차를 백분율로 하여 가열감량을 계산하였다.

$$\text{가열감량 (\%)} = \frac{(\text{가열 전 중량} - \text{가열 후 중량})}{\text{가열 전 중량}} \times 100$$

전단력 측정

서방형 이산화염소 가스 겔팩과 함께 저장한 닭가슴육의 저장기간에 따른 전단력의 변화는 가열감량을 측정한 시료에 대하여 Warner-Bratzler shear를 장착한 Texture analyzer(TA-XT II, Stable Micro System Ltd., Surrey, UK)를 사용하여 닭가슴육이 완전히 절단될 때까지의 전단력(shear force work)을 측정하였다. 각 처리군마다 5회 이상의 반복 측정한 후 측정치의 평균값을 사용하였다. 이때의 분석조건은 pre-test speed 2 mm/sec, test speed 1.00 mm/sec, post-test speed 5 mm/sec, distance 40 mm로 하였다.

휘발성염기태질소(volatile Base Nitrogen) 측정

닭가슴육 저장시 서방형의 이산화염소 가스 겔팩을 함께 넣어 저장하면서 저장기간에 따른 휘발성염기태질소의 함량 변화는 Conway 미량확산법(KFDA 2002)에 따라 측정하였다. 즉 시료 마쇄한 10 g의 시료를 취한 후 증류수 90 mL를 가하여 균질기로 균질화시킨 후 원심분리하고 여과하였으며 여과액 1 mL를 Conway 외실 왼쪽에 넣고 50% K₂CO₃ 1 mL를 외실 오른쪽에 넣은 후 내실에는 0.01 N H₂BO₃ 1mL와 500 μL 지시약을 넣은 후 글리세린을 바른 뚜껑을 닫은 후 외실의 시료와 K₂CO₃를 반응시켰다. 반응시킨 후 37°C의 배양기에서 120분간 반응시키고 10 μL GC용 injector로 중화될 때까지 0.01 N H₂SO₄의 양을 측정하여 계산하였다.

지질산패도

이산화염소 가스 겔팩을 처리한 닭가슴육의 저장 중 지방산패도를 측정하기 위하여 Witte 등(1970)의 방법에 따라 측정하였다. 즉 Jo & Ahn(2000)의 방법을 변형하여 2-thiobarbituric acid reactive substances(TBARS) 값을 측정하였다. 시료 3 g 에 증류수 9 mL를 넣은 후 7.2% butylated hydroxyl toluene(Sigma-Aldrich, USA) 0.05 mL를 첨가하여 균질기(T25 basic, IKA GmbH & Co. KG, Germany)를 이용해 균질(1,130 g, 1분)시킨 후 균질액 1 mL를 취하여 2-thiobarbituric acid(TBA)와 trichloroacetic acid(TCA) 혼합 용액(20 mM TBA in 15% TCA) 2 mL를 혼합하였다. 혼합액을 30분간 90°C의 항온 수조에서 가열한 후 10분간 냉각하여 2,090 × g로 20분간 원심분리 후 상등액을 취해 분광 광도계(DU® 530, Bechman Instruments Inc., USA)를 이용하여 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 지질 산패도는 mg malondialdehyde/kg sample로 표시하였다.

유리아미노산 조성

이산화염소 가스 겔팩 처리한 닭가슴육의 저장 중 유리 아미노산 함량의 변화 정도를 확인하기 위하여 Hughes 등(2002)의 방법에 의하여 유리아미노산을 추출하였다. 즉 잘게 마쇄한 닭가슴육 2.5 g에 2% TCA 용액 10 mL를 넣은 후 13,500 rpm/min으로 1분 동안 균질화시키고 균질물을 17,000 x g에서 15분간 원심분리한 후 0.45 μ m membrane filter를 이용하여 여과하며 이를 Waters AccQ-Tag 법(1993, Millipore Co-Operative, Milford, MA, USA)으로 유도체화시킨 후 유리아미노산 시료로 하며 RP-HPLC로 측정함. 이때 사용할 column은 AccQ·TagTMcolumn(3.9× 150 mm, Waters)이며, 주입량은 5 μ L, column 온도는 37°C, detector는 fluorescent detector(WatersTM 2475, Millipore Co-operative, Milford, MA, USA)로 excitation wavelength는 250 nm, emission wavelength는 395 nm로 함. 이동상은 용매 Waters AccQ·Tag eluent A(용매 A)와 60% acetonitrile(용매 B)를 gradient법으로 분석함.

지방산 조성 분석

이산화염소 가스 겔팩을 처리한 백색육의 저장과정 중 지방산 조성의 변화를 측정하기 위하여 Folch 등(1957)의 방법에 따라 육포로부터 지질성분을 추출하였다. 즉 시료 30 g에 150 mL의 Folch solvent(methanol:chloroform = 1:2, v/v)를 첨가하여 지방질 성분을 추출하였으며 이 용액에 0.88% KOH 용액을 첨가한 후 마개를 닫아 혼합하고 2시간 동안 실온에 방치하였다. 그 후 상층은 제거하고 하층인 chloroform 층은 무수 Na₂SO₄를 이용하여 수분을 제거하고 여과시켰으며 N₂ gas(99.999%)를 이용하여 용매를 제거하였다. 추출한 지질 100 μ L에 BF₃-methanol(Sigma-Aldrich Co., St Louis, MO, USA)을 1 mL 첨가하고 30분 동안 70°C에서 methylation 시켰다. 그 후 methylation 시킨 시료를 냉각시키고 2 mL의 hexane(HPLC grade)과 5 mL의 증류수를 첨가하여 혼합한 후 층 분리가 일어나면 fatty acid methyl ester가 용해된 hexane 층을 분획하여 GC vial로 옮긴 후 gas chromatograph(HP Agilent 7890A, Santa Clara, CA, USA)로 지방산 조성을 측정하였다. 이때 사용할 column은 DB-Wax(50 m × 0.25mm × 0.25 μ m, Agilent, Santa Clara, CA, USA)를 사용하며 oven 온도 200°C, inlet 온도 250°C, detector 온도 250°C로 하였다. Carrier gas로는 helium을 사용하여 분당 0.79 mL/min로 흘러 보내주었으며 split ratio는 100:1로 하여 측정하였다. 지방산은 standard의 retention time과 비교하며 peak area의 상대적인 비로 나타내었다.

핵산관련물질

이산화염소 가스 겔팩과 함께 저장한 닭가슴살의 저장기간에 따른 핵산 관련물질의 변화는 Nakatami 등(1986)의 방법을 변형하여 진행하였다. 즉 시료 5 g에 0.7 M perchloric acid 20 mL을 첨가하여 균질기(T25b, Ika, Works(Asia), Sdn, Bhd, Malaysia)를 이용하여 20,000 rpm에서 1분 동안 균질하였다. 균질물을 2,190 × g로 4°C에서 10분 동안 원심분

리(Union 32R, Hanil, Inchun, Korea)를 한 다음 상등액을 취한 후 잔사에 0.7 M perchloric acid 10 mL을 추가로 넣어 재 추출한 후 모은 상등액을 7 N potassium hydroxide를 이용하여 pH 6.0으로 정하였다. 그 후, 2,190 × g로 4°C에서 5분간 원심분리과정을 통하여 KClO₄를 제거한 다음 0.7 M perchloric acid(pH 6.0)을 이용하여 50 mL로 정용하였다. 이를 0.2 μm PVDF membrane filter(Whatman, England)를 이용하여 필터한 다음 분석에 이용하였다.

핵산 관련 물질은 hypoxanthine, inosine, inosine-5'-monophosphate(IMP), adenosine-5'-monophosphate (AMP) 및 hypoxanthine(Hx) 등을 HPLC(Acme 9000, Younglin Instrument)를 이용하여 Atlantis dC18(5 μm, 4.6 × 250 mm) 칼럼으로 분석하였다. 분석 시 사용한 이동상은 0.1 M triethylamine in 0.15 M acetonitrile(pH 6.5)이며 이동상 유속 및 컬럼 온도는 1 mL/min와 40°C에서 분석을 하였으며 검출기는 UV/Vis를 사용하였으며 흡수파장은 254 nm를 사용하였다.

관능검사

서방형 이산화염소 가스 겔팩을 이용하여 저장한 닭가슴육에 대한 관능검사는 시료의 평가 방법 및 평가 특성에 대한 교육을 실시한 후 관능검사 요원을 선별하여 세자리 난수를 써놓은 시료를 무작위로 배열하고 나눠준 뒤 시료의 냄새, 외관(색) 및 종합적 기호도에 대하여 대단히 싫다(dislike extremely) 1점, 보통이다(neither like nor dislike)를 4점, 대단히 좋다(like extremely)를 7점으로 하는 7점 척도법에 따라 측정하였다.

통계처리

본 시험에서 얻어진 결과는 SPSS 12.0(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 사용하여 각 실험구간의 유의성($p < 0.05$)을 ANOVA로 분석한 후 Duncan's multiple range test에 의해 실험구간의 차이를 분석하였다.

결과 및 고찰

미생물수의 변화

서방형 이산화염소 가스 겔팩을 넣은 닭가슴육의 저장기간에 따른 총균수의 변화를 측정한 결과는 Table 26과 같다.

닭가슴육의 초기 총균수는 3.43 log CFU/cm² 이었으며 저장 중 균수 변화는 초기에는 서서히 증가하다가 저장 2일 이후부터는 빠르게 증가하였으며 저장 8일째에는 6.78 log CFU/cm²의 균수를 보였다. 이산화염소 가스 겔팩 처리군의 경우에도 대조군과 마찬가지로

로 저장 중 균수가 증가하는 것으로 나타났으나 대조군보다는 균수의 증가가 다소 적은 것으로 나타나 이산화염소 가스 겔팩에 의한 미생물 제어 효과가 어느 정도 있음을 알 수 있었다.

Table 26. 이산화염소 가스 겔팩 처리한 닭가슴육의 저장 중 총균수의 변화

(unit : log CFU/cm²)

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)				
	0	2	4	6	8
Control	3.43±0.16 ^{eA1}	3.78±0.08 ^{dA}	4.61±0.10 ^{cA}	6.06±0.13 ^{bA}	6.78±0.04 ^{aA}
7	3.43±0.16 ^{dA}	3.53±0.09 ^{dBC}	4.57±0.11 ^{cA}	5.91±0.15 ^{bA}	6.58±0.11 ^{aB}
10	3.43±0.16 ^{dA}	3.65±0.11 ^{dAB}	4.44±0.09 ^{cA}	5.88±0.18 ^{bA}	6.50±0.19 ^{aB}
15	3.43±0.16 ^{dA}	3.33±0.24 ^{dC}	4.21±0.11 ^{cB}	5.53±0.16 ^{bB}	6.24±0.14 ^{aC}

¹Values with different superscripts within a row (a-e) and a column(A-C) were significantly different ($p<0.05$)

서방형 이산화염소 가스 겔팩을 넣은 닭가슴육의 저장기간에 따른 대장균균수의 변화를 측정한 결과는 Table 27과 같다.

Table 27. 이산화염소 가스 겔팩 처리한 닭가슴육의 저장 중 대장균균수의 변화

(unit : log CFU/cm²)

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)				
	0	2	4	6	8
Control	1.97±0.25 ^{fA1}	2.22±0.13 ^{dA}	2.89±0.15 ^{cA}	3.40±0.12 ^{bA}	4.33±0.25 ^{aA}
7	1.97±0.25 ^{cA}	1.87±0.68 ^{cA}	2.59±0.34 ^{bB}	2.99±0.44 ^{bB}	3.74±0.2 ^{aB}
10	1.97±0.25 ^{cA}	1.83±0.18 ^{cA}	2.50±0.19 ^{bBC}	2.79±0.4 ^{bB}	3.35±0.21 ^{aC}
15	1.97±0.25 ^{cA}	1.58±0.51 ^{dA}	2.32±0.2 ^{bCC}	2.40±0.28 ^{bC}	3.43±0.28 ^{aC}

¹Values with different superscripts within a row (a-f) and a column(A-C) were significantly different ($p<0.05$)

초기의 대장균균수는 1.97 log CFU/cm² 이었으며 저장 중 서서히 증가하여 저장 8일 되었을 때에는 4.33 log CFU/cm²로 균수가 증가함을 알 수 있었다. 이산화염소 가스 처리군이 경우에는 저장 2일차에는 대조군보다는 낮은 균수를 보였지만 유의적인 차이를

보이지 않았지만 저장 4일 이후부터는 대조군과 차이를 볼 수 있었으며 처리 농도가 높을수록 균수가 적은 것으로 나타났다.

Hong 등(2008)은 삼계용 닭의 초기 미생물수는 4.14 log CFU/g이었으며 저장 중 균수가 증가하여 저장 10일차 되었을 때에는 6.92 log CFU/g으로 증가하였는데 이산화염소수 처리시에는 저장 초기부터 저장기간 내내 낮은 균수를 보여 미생물을 제어할 수 있었으며 이산화염소수 농도가 높아질수록 미생물 생육 억제효과가 있다고 하여 본 결과와 비교하여 보면 상(phase)의 차이가 있지만 미생물 사멸효과는 유사하였다. 그러나 본 연구에서의 미생물 사멸효과는 이산화염소수에서의 결과보다 낮은 것으로 나타났는데 이는 닭가슴육을 포장한 용기내에서 용출된 이산화염소 가스의 유동성이 적어 예상했던 만큼의 미생물 제어 효과는 적은 것으로 사료되었으며 이를 해결할 수 있는 다양한 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

pH 측정

서방형 이산화염소 가스 겔팩과 함께 저장한 닭가슴육의 저장기간에 따른 pH의 변화를 측정한 결과는 Table 28과 같다.

Table 28. 이산화염소 가스 겔팩 처리한 닭가슴육의 저장 중 pH의 변화

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)				
	0	2	4	6	8
Control	6.00±0.06 ^{cA1)}	5.99±0.02 ^{cA}	6.13±0.03 ^{bAB}	6.27±0.05 ^{aA}	6.30±0.06 ^{aA}
7	6.00±0.06 ^{bA}	6.01±0.04 ^{bA}	6.16±0.01 ^{aA}	6.21±0.03 ^{aA}	6.21±0.02 ^{aA}
10	6.00±0.06 ^{bA}	6.01±0.06 ^{bA}	5.98±0.04 ^{bB}	6.20±0.01 ^{aA}	6.26±0.01 ^{aA}
15	6.00±0.06 ^{bA}	5.99±0.01 ^{bA}	5.98±0.11 ^{bB}	6.15±0.07 ^{abA}	6.25±0.03 ^{aA}

¹⁾Values with different superscripts within a row (a-c) and a column(A, B) were significantly different ($p < 0.05$)

닭가슴육 초기의 pH는 6.00이었으며 저장기간에 따른 변화를 살펴보면 대조군의 경우, 저장 중 서서히 증가하는 경향을 보였으며 저장 8일 되었을 때에는 6.30의 값을 나타내었다. 7-15 ppm의 이산화염소 가스 겔팩을 처리한 경우에는 각각 6.01-6.21, 6.01-6.26 및 5.98-6.25로 대조군과 마찬가지로 서서히 증가하는 경향이었으며 4일차를 제외하고는 저장기간 내내 유의적인 차이를 보이지는 않았지만 대조군보다는 대체적으로 낮은 pH를 유지하는 것으로 나타났다.

사후 24 시간 경과된 신선 계육의 pH는 가슴살의 경우 pH 5.8-6.0정도이며(kim 등

1987) 저장과정 중 pH가 증가한다고 하였는데(Kim MR 1996; Kim 등 2014; Shin 등 2006) 이는 미생물 생육에 의해 닭가슴육이 분해되며, 암모니아나 아민류가 생산되므로 pH가 상승되는 것으로 알려져 있어(Swan & Boles 2002) 본 연구 결과와 비교해 보면 저장 중 pH는 증가하는 것은 일치하였으며 닭가슴육 저장시 이산화염소 가스 껍팩을 활용할 경우, 대조군과 큰 차이는 아니지만 대조군보다는 다소 낮은 pH를 유지하므로 어느 정도는 저장성을 유지할 수 있을 것으로 판단되었다.

육색 측정

서방형 이산화염소 가스 껍팩을 첨가하고 저장한 닭가슴육의 육색 변화를 측정한 결과는 Table 29와 같다.

Table 29. 이산화염소 가스 껍팩 처리한 닭가슴육의 저장 중 육색의 변화

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)					
	0	2	4	6	8	
Lightness (L)	Control	46.0±72.07 ^{cA1}	51.92±2.93 ^{aA}	47.46±2.73 ^{bB}	52.06±3.31 ^{aA}	43.73±2.82 ^{dD}
	7	46.07±2.07 ^{bA}	48.30±2.99 ^{aB}	46.84±3.92 ^{abB}	46.98±3.02 ^{abC}	46.07±3.24 ^{cC}
	10	46.07±2.07 ^{bA}	49.60±3.15 ^{aB}	44.80±2.50 ^{bcC}	43.93±3.07 ^{cd}	49.49±2.75 ^{aB}
	15	46.07±2.07 ^{cA}	46.54±2.73 ^{cC}	49.90±3.81 ^{bA}	49.60±4.35 ^{bB}	52.31±3.24 ^{aA}
Redness (a)	Control	2.44±0.73 ^{aA}	0.93±0.62 ^{bC}	1.10±0.60 ^{bB}	1.04±0.72 ^{bA}	2.26±0.70 ^{aC}
	7	2.44±0.73 ^{aA}	1.37±0.64 ^{cdB}	1.83±0.90 ^{bA}	1.14±1.00 ^{dA}	1.67±0.86 ^{bcC}
	10	2.44±0.73 ^{aA}	1.28±0.95 ^{bBC}	0.96±0.58 ^{bcB}	0.81±0.82 ^{cA}	0.02±0.42 ^{dB}
	15	2.44±0.73 ^{aA}	2.18±0.80 ^{aA}	-0.04±0.83 ^{bc}	-0.45±1.39 ^{bB}	-0.08±0.74 ^{bA}
Yellowness (b)	Control	0.63±0.88 ^{cA}	5.49±1.46 ^{aA}	3.00±1.15 ^{bAB}	5.25±1.56 ^{aA}	2.96±1.12 ^{bC}
	7	0.63±0.88 ^{cA}	2.98±1.57 ^{bB}	2.36±1.58 ^{bB}	3.99±1.64 ^{aB}	2.74±1.40 ^{bC}
	10	0.63±0.88 ^{dA}	5.43±1.99 ^{aA}	3.09±1.49 ^{cAB}	4.25±1.26 ^{bB}	5.59±1.44 ^{aA}
	15	0.63±0.88 ^{cA}	3.56±1.92 ^{bB}	3.51±2.32 ^{bA}	3.81±2.34 ^{bB}	4.79±1.38 ^{aB}

¹Values with different superscripts within a row (a-d) and a column(A-D) were significantly different ($p<0.05$)

명도의 경우, 초기의 값은 46.07이었으며 저장 중 변화는 43.73-52.06으로 저장기간의 증가에 따른 명도의 증감 경향은 없는 것으로 나타나 저장 중 명도의 변화는 크지 않고 시료 개체간 차이에 의한 것으로 판단되었다. 이산화염소 가스 껍팩 처리군도 대체적으로 증감의 경향을 보이지 않아 저장기간 내내 대조군과 비슷한 명도를 갖는 것으로 판단되었다.

적색도의 경우, 초기에는 2.44였으며 8일차를 제외하고는 저장 중 다소 감소하는 경향이 있었다. 7-10 ppm의 이산화염소 가스 껍팩 처리군은 대조군과 함께 저장 6일까지는 대

체적으로 대조군과 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 그러나 15 ppm 처리군은 저장 중 적색도의 값이 다른 처리군에 비하여 낮아지는 경향을 보였으며 이는 서방형으로 방출된 이산화염소 가스의 농도가 저장일수가 증가할수록 높아져 색상의 변화를 가져온 것으로 판단되며 15 ppm의 농도보다는 낮은 농도에서 처리하여야 할 것으로 판단되었다.

황색도의 경우, 초기에는 0.63이었으며 저장 중 변화는 2.96-5.49 범위를 나타내었으며 초기보다는 높은 값을 유지하였으나 저장기간에 따른 증감의 경향을 보이지는 않았다. 이산화염소 가스 겔팩 처리군의 경우 농도별로 2.36-2.98, 3.09-5.59 및 3.51-4.79로 대조군과 유사한 범위에서의 황색도 값을 나타내어 저장 중 변화라기보다는 시료 개체간 차이에 의한 것으로 판단되었다.

Hwang 등(2015)은 도계한 닭가슴육을 저장하면서 육색의 변화를 측정된 결과, 저장기간과 육색은 통계적으로 유의적인 상관관계가 없다고 하여 본 결과와 유사한 경향인 것으로 판단되었다.

가열감량 측정

서방형 이산화염소 가스 겔팩을 넣은 닭가슴육의 저장기간에 따른 가열감량 변화를 측정된 결과는 Table 30과 같다.

Table 30. 이산화염소 가스 겔팩 처리한 닭가슴육의 저장 중 가열감량의 변화

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)				
	0	2	4	6	8
Control	27.71±1.02 ^{a1)}	27.88±2.21 ^a	28.93±1.65 ^a	27.68±2.23 ^a	27.78±2.38 ^a
7	27.71±1.02 ^{ab}	30.17±2.52 ^a	27.13±1.53 ^{ab}	25.54±2.02 ^b	25.46±4.09 ^b
10	27.71±1.02 ^a	28.74±2.49 ^a	28.19±1.26 ^a	25.49±3.59 ^a	27.91±3.11 ^a
15	27.71±1.02 ^{ab}	29.25±2.32 ^a	27.39±1.27 ^{ab}	30.07±2.99 ^a	25.45±1.24 ^b

¹⁾Values with different superscripts within a row (a, b) was significantly different ($p < 0.05$)

닭가슴육의 초기 가열감량은 27.71%였으며 저장 중 가열감량의 변화는 27.68-28.93%로 저장기간에 따른 증가 또는 감소의 경향은 보이지 않는 것으로 나타났다. 이산화염소 가스 겔팩 처리군의 경우도 농도별로 각각 25.54~30.17%, 25.49~28.74% 및 25.45~30.07%로 대조군과 마찬가지로 저장기간에 따른 가열감량의 차이를 보이지는 않아 이산화염소 가스 겔팩 처리 및 저장기간에 의한 변화는 크게 없는 것으로 판단되었다.

Hwang 등(2015)은 당일 도계 원료육, 도계 후 2-4일된 원료육 간에 통계적으로 유의차

가 없다고 하여 1일차 결과를 제외하고는 본 결과와 유사한 경향이었으며 닭가슴육은 다른 고기와 달리 저장 중 가열감량의 큰 차이를 보이지는 않는 것으로 사료되었다.

전단력 측정

닭가슴육 저장시 서방형 이산화염소 가스 겔팩을 첨가하고 저장한 후 전단력의 변화를 측정한 결과는 Table 31과 같다.

Table 31. 이산화염소 가스 겔팩 처리한 닭가슴육의 저장 중 전단력의 변화

(unit : kg)

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)				
	0	2	4	6	8
Control	3.04±0.67 ^{bcAD}	6.03±3.17 ^{aA}	4.12±2.38 ^{abcA}	2.62±0.54 ^{cA}	5.50±3.02 ^{abA}
7	3.04±0.67 ^{aA}	4.51±1.97 ^{aA}	3.49±1.26 ^{aA}	3.45±1.79 ^{aA}	3.24±1.57 ^{abB}
10	3.04±0.67 ^{aA}	3.30±1.34 ^{aA}	3.89±2.21 ^{aA}	3.16±1.10 ^{aA}	2.75±1.44 ^{abB}
15	3.04±0.67 ^{aA}	5.94±2.56 ^{aA}	3.62±1.61 ^{bA}	4.01±1.35 ^{abA}	4.42±1.80 ^{abAB}

^DValues with different superscripts within a row (a-c) and a column(A, B) were significantly different ($p < 0.05$)

초기의 전단력 값은 3.04 kg 이었으며 대조군의 저장 중 전단력 값은 2.62-6.03 kg으로 저장기간 증가에 따른 증감의 변화를 보이지는 않아 저장기간 동안에의 변화는 크게 없는 것으로 판단되었다. 이산화염소 가스 겔팩 처리군의 경우에도 대조군과 마찬가지로 저장 8일차를 제외하고는 처리군 모두 유의적인 차이를 보이지 않아 이산화염소 가스 처리에 의한 전단력의 변화는 없는 것으로 판단되었다.

Hwang 등(2015)의 연구에서는 도계 후 원료육간 전단력값이 유의적인 차이가 없었다고 하여 저장 중 전단력의 결과는 본 연구에서의 결과와 일치하는 경향이였다.

휘발성염기태질소(volatile Base Nitrogen) 측정

서방형 이산화염소 가스 겔팩과 함께 저장한 닭가슴육의 저장기간에 따른 휘발성염기태질소의 변화를 측정한 결과는 Table 32와 같다.

휘발성염기태질소는 식육의 변패가 진행됨에 따라 식육 단백질이 아미노산과 무기태질소로 분해되는 과정을 측정하는 즉, 단백질 변성도를 측정하는 방법(Shin 2006)으로 신선도 판정의 기준이 된다(Brewer 등 1992).

Table 32. 이산화염소 가스 겔팩 처리한 닭가슴육의 저장 중 휘발성염기태질소의 변화
(unit : mg%)

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)				
	0	2	4	6	8
Control	4.20±1.14 ^{ca1)}	4.90±0.81 ^{ca}	5.95±0.70 ^{ca}	12.60±1.14 ^{ba}	23.80±2.56 ^{aA}
7	4.20±1.14 ^{ca}	4.90±1.81 ^{ca}	5.25±0.70 ^{ca}	9.45±1.34 ^{bb}	21.00±1.14 ^{aAB}
10	4.20±1.14 ^{ca}	4.55±2.10 ^{ca}	5.95±0.70 ^{ca}	9.45±0.70 ^{bb}	20.30±1.81 ^{ab}
15	4.20±1.14 ^{ca}	4.20±1.62 ^{ca}	5.25±0.70 ^{ca}	9.10±0.81 ^{bb}	19.60±1.40 ^{ab}

¹⁾Values with different superscripts within a row (a-c) and a column(A, B) were significantly different ($p < 0.05$)

닭가슴육의 초기 휘발성염기태질소의 값은 4.20 mg%였으며 저장기간 4일까지는 각각 4.90 및 5.95 mg%로 초기보다는 약간 증가하였으나 유의적인 차이를 보이지는 않았다. 그러나 저장 6일부터는 증가하여 저장 8일 되었을 때에는 23.80 mg%로 휘발성염기태질소의 함량이 증가하는 것으로 나타나 단백질 변성이 일어남을 알 수 있었다. 이산화염소 가스 겔팩을 처리한 경우에는 7-15 ppm 농도별로 4일까지는 5.25-5.95정도로 대조군과 마찬가지로 저장기간 및 처리군간 유의적인 차이를 보이지 않았다. 그러나 저장 6일째에는 대조군은 12.60 mg%였으나 이산화염소 겔팩 처리군은 농도별로 각각 9.45, 9.45 및 9.10 mg%로 대조군보다 다소 낮은 값을 보였으며 겔팩 처리군간에는 차이를 보이지는 않았다. 저장 8일에도 이산화염소 가스 겔팩 처리군이 대조군보다는 다소 낮은 휘발성염기태질소 값을 보이는 것으로 나타나 대조군보다는 적은 품질변화를 보이는 것으로 판단되었다.

Hong 등(2008)은 삼계용 닭에 이산화염소수를 처리하고 휘발성염기태질소 함량을 측정 한 결과, 저장 중 증가하여 저장 10일에는 4.76 mg%를 나타내었으며 이산화염소수 처리 시에도 대조군과 마찬가지로 증가는 하였지만 4.48~4.67 mg%로 대조군과는 유의적인 차이를 보이지 않는다고 하여 본 결과와 비교해 보면 증가의 정도가 차이를 보이는데 이는 실험에 사용한 시료의 상태 및 저장 조건 등의 차이에 의한 것으로 판단되었다. 식품공전에서는 원료육 및 포장육에 한하여 휘발성 염기질소의 함량은 20 mg% 이하로 규정하고 있으며 Byun 등(1985)은 15 mg% 이상에서도 단백질 변패에 의한 부패취를 느낄 수 있다고 보고하였다.

지질산패도

서방형의 이산화염소가스 겔팩을 닭가슴육 저장시 함께 넣고 저장하면서 TBARS(thiobarbituric acid reactive substance)를 측정한 결과는 Table 33과 같다.

TBARS는 지방산패도를 측정하는 방법으로 지방의 산화에 의해 생기는 malonaldehyde와 thiobarbituric acid가 반응하여 생성되는 복합체를 spectrophotometer로 측정하는 방법이다(Shin 2006).

닭가슴육 초기의 TBARS는 0.04로 매우 낮은 값을 나타내었고 저장 중의 변화는 기간 별로 각각 0.12, 0.11, 0.08 및 0.09로 초기보다는 약간 증가하기는 하였으나 매우 낮은 값을 유지하였다. 농도별 서방형 이산화염소 가스 겔팩 처리군의 경우도 저장 중 변화는 대조군과 마찬가지로 낮은 값을 유지하는 것으로 나타났으며 저장기간 증가에 따른 지질산패도값에 대한 증감의 경향은 없는 것으로 판단되었다.

Table 33. 이산화염소 가스 겔팩 처리한 닭가슴육의 저장 중 TBARS의 변화

(unit : MDA/kg)

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)				
	0	2	4	6	8
Control	0.04±0.06 ^a	0.12±0.02 ^a	0.11±0.01 ^a	0.08±0.00 ^a	0.09±0.02 ^a
7	0.04±0.06 ^a	0.08±0.01 ^a	0.08±0.00 ^b	0.10±0.01 ^a	0.10±0.02 ^a
10	0.04±0.06 ^a	0.10±0.00 ^a	0.12±0.02 ^a	0.11±0.00 ^a	0.08±0.01 ^a
15	0.04±0.06 ^a	0.09±0.00 ^a	0.07±0.00 ^b	0.09±0.02 ^a	0.12±0.03 ^a

¹⁾Values with different superscripts within a column(a, b) was significantly different ($p < 0.05$)

Kim 등(2014)은 닭가슴육의 TBARS를 측정한 결과 저장 중 오히려 감소하는 경향을 보였고 Chae 등(2011)은 저장 중 닭가슴육의 지방산패도가 약간 증가한다고 하여 상반된 결과를 보였는데 이는 닭가슴육 자체에 지방성분이 매우 적고 실험에 사용한 시료의 차이 때문인 것으로 판단되며 본 실험에서 지질산패도의 값이 저장 기간 내내 큰 변화를 보이지 않는 이유는 이산화염소 가스가 산화제임에도 불구하고 시료내 지방함량이 적기 때문에 지질 산패는 일어나지 않은 것으로 사료되어 닭가슴육 저장시 이산화염소 가스 겔팩 사용에 의한 지질산패는 없을 것으로 판단되었다.

유리아미노산 조성

서방형의 이산화염소가스 겔팩을 닭가슴육 저장시 함께 넣고 저장하면서 유리아미노산의 변화를 측정한 결과는 Table 34와 같다.

본 실험에 의해 분석된 아미노산은 14종이 아미노산이 검출되었고 나머지의 아미노산들은 미량 또는 다른 피크와의 overlap으로 제외하였다.

대조군의 총 유리아미노산 함량은 저장 직후에는 224.46 mg%였으며 저장 중 각각

278.81, 362.40 및 335.04 mg%로 초기보다는 증가하는 것으로 나타나 저장과정 중 효소에 의한 단백질 분해로 유리아미노산이 증가하는 것을 알 수 있었으며 저장 중 유리아미노산 함량의 증감은 실험에 사용한 개체가 다르기 때문인 것으로 사료되었다.

이산화염소 가스 겔팩 처리군의 경우도 대조군과 동일하게 저장기간이 증가함에 따라 총 유리아미노산 함량이 증가하고 처리군간에는 크게 차이를 보이지는 않는 것으로 나타나 이산화염소 가스 겔팩 처리에 의한 닭가슴육에서의 유리아미노산의 차이는 볼 수 없는 것으로 사료되었다.

필수아미노산 함량은 lysine, leucine, phenylalanine의 순이었고 필수 아미노산 중 lysine의 함량을 살펴보면 19.31 mg%로 다른 아미노산들과 마찬가지로 저장 기간이 증가함에 따라 함량이 증가하는 것으로 나타났으며 이산화염소 가스 겔팩 처리군의 경우도 대조군과 유사하게 증가하는 경향을 보였고 처리에 의한 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다.

닭가슴육에서의 비 필수아미노산의 함량은 alanine, glutamic acid, serine의 순으로 나타났으며 저장기간 중 변화는 필수아미노산들과 유사한 경향으로 서서히 증가하는 것으로 나타났으며 이산화염소 가스 처리군도 유사한 경향이었다.

Park 등(2011)은 교배 조합시킨 토종닭의 아미노산 함량을 측정한 결과, 필수 및 비필수 아미노산들의 함량 순이 본 연구결과와 거의 유사한 경향을 보였다. 그리고 교배 조합한 닭에서의 아미노산 함량과 생육 정도에 따른 아미노산 함량에는 큰 차이를 보이지 않는다고 하여 닭의 종류에 상관없이 유리아미노산들은 비슷할 것으로 판단되었다.

Kang 등(2011)은 근육 부위 및 숙성 중 한우육에서의 유리아미노산의 변화를 측정한 결과, 숙성 중 유리아미노산 함량은 증가하였다고 하여 본 결과와 비교해 보면 시료는 차이가 있지만 고기 내 여러 가지 단백질 관련 효소들의 분해 작용이 일어나기 때문이라고 하여 본 결과와 비교해 보면 시료는 다르지만 유사한 경향인 것으로 판단되었다. 그러나 Jo 등(2017)은 전자선을 처리한 훈연 오리를 저장하면서 유리아미노산의 함량을 측정한 결과, 유리아미노산 들 중에는 증가한 것도 있고 감소하는 것도 있었다고 하여 기존의 결과들과는 다소 다른 경향을 보여 차후 저장 중 유리아미노산의 변화에 관한 연구가 필요할 것으로 판단되었다. 한편, 이산화염소 가스 처리 등의 비가열처리 후 유리아미노산의 함량변화를 측정한 연구결과는 찾아볼 수 없었다.

Table 34. 이산화염소 가스 겔팩 처리한 닭가슴육의 저장 중 유리아미노산의 변화

(unit : mg%)

Amino acid	Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)			
		0	2	4	6
Essential amino acid					
iLe	Control	5.68±1.09 ^{CA}	8.56±0.18 ^{BC}	12.35±0.44 ^{AA}	12.96±1.75 ^{AB}
	7	5.68±1.09 ^{CA}	12.01±1.24 ^{BCAB}	16.72±5.30 ^{abA}	20.52±2.47 ^{aA}

	10	5.68 ± 1.09 ^{CA}	14.45 ± 0.11 ^{aA}	9.68 ± 3.20 ^{bA}	14.93 ± 0.56 ^{aB}
	15	5.68 ± 1.09 ^{bA}	10.21 ± 1.63 ^{bBC}	18.90 ± 6.01 ^{aA}	12.80 ± 0.06 ^{abB}
Leu	Control	12.35 ± 2.10 ^{bA}	16.16 ± 1.44 ^{bc}	23.05 ± 0.29 ^{aAB}	24.46 ± 2.67 ^{aB}
	7	12.35 ± 2.10 ^{CA}	22.47 ± 2.38 ^{bAB}	18.49 ± 6.67 ^{bcB}	36.25 ± 4.00 ^{aA}
	10	12.35 ± 2.10 ^{CA}	26.44 ± 0.18 ^{aA}	18.57 ± 4.04 ^{bB}	27.27 ± 0.72 ^{aB}
	15	12.35 ± 2.10 ^{CA}	19.90 ± 2.72 ^{bcBC}	35.60 ± 6.88 ^{aA}	24.29 ± 0.32 ^{bB}
Lys	Control	19.31 ± 0.65 ^{CA}	29.68 ± 3.66 ^{abB}	32.33 ± 1.45 ^{aA}	23.88 ± 3.49 ^{bcA}
	7	19.31 ± 0.65 ^{bA}	35.54 ± 0.68 ^{aAB}	34.33 ± 5.27 ^{aA}	32.39 ± 0.20 ^{aA}
	10	19.31 ± 0.65 ^{bA}	39.24 ± 0.76 ^{aA}	31.86 ± 13.41 ^{abA}	25.65 ± 8.44 ^{abA}
	15	19.31 ± 0.65 ^{CA}	32.86 ± 4.40 ^{bAB}	46.11 ± 4.83 ^{aA}	34.47 ± 6.55 ^{bcA}
Met	Control	4.33 ± 0.61 ^{CA}	5.78 ± 0.37 ^{CB}	8.68 ± 0.21 ^{bB}	10.76 ± 1.24 ^{aB}
	7	4.33 ± 0.61 ^{CA}	8.71 ± 1.72 ^{bAB}	9.05 ± 1.14 ^{bB}	17.13 ± 1.38 ^{aA}
	10	4.33 ± 0.61 ^{CA}	10.01 ± 0.84 ^{aA}	6.96 ± 1.28 ^{bB}	11.63 ± 1.03 ^{aB}
	15	4.33 ± 0.61 ^{CA}	7.74 ± 0.80 ^{bcAB}	15.64 ± 3.47 ^{aA}	10.79 ± 0.18 ^{bB}
Phe	Control	6.72 ± 0.35 ^{CA}	8.12 ± 0.49 ^{CB}	11.69 ± 0.19 ^{bA}	13.96 ± 1.15 ^{aB}
	7	6.72 ± 0.35 ^{bA}	12.04 ± 1.36 ^{abA}	7.34 ± 7.71 ^{bA}	20.39 ± 1.35 ^{aA}
	10	6.72 ± 0.35 ^{CA}	12.67 ± 0.05 ^{aA}	9.68 ± 1.34 ^{bA}	14.33 ± 1.48 ^{aB}
	15	6.72 ± 0.35 ^{CA}	10.68 ± 0.06 ^{bcA}	18.26 ± 4.10 ^{aA}	14.72 ± 0.67 ^{abB}
Val	Control	9.90 ± 1.10 ^{CA}	14.43 ± 0.20 ^{bB}	19.61 ± 0.40 ^{aAB}	21.75 ± 2.12 ^{aB}
	7	9.90 ± 1.10 ^{CA}	18.75 ± 2.30 ^{bAB}	19.53 ± 1.26 ^{bAB}	31.78 ± 3.72 ^{aA}
	10	9.90 ± 1.10 ^{CA}	22.29 ± 1.37 ^{aA}	15.48 ± 4.14 ^{bB}	22.89 ± 0.58 ^{aB}
	15	9.90 ± 1.10 ^{CA}	16.57 ± 2.07 ^{bcB}	29.60 ± 6.97 ^{aA}	20.87 ± 0.36 ^{bB}
Non-essential amino acid					
Ala	Control	34.48 ± 3.16 ^{bA}	34.56 ± 0.03 ^{bB}	42.68 ± 2.14 ^{aB}	44.49 ± 5.00 ^{aA}
	7	34.48 ± 3.16 ^{bA}	38.64 ± 4.60 ^{bAB}	40.13 ± 1.42 ^{bB}	59.24 ± 10.66 ^{aA}
	10	34.48 ± 3.16 ^{bA}	47.77 ± 3.38 ^{aA}	35.07 ± 6.66 ^{bB}	45.60 ± 1.26 ^{aA}
	15	34.48 ± 3.16 ^{bA}	39.56 ± 6.88 ^{bAB}	62.55 ± 8.52 ^{aA}	44.50 ± 1.33 ^{bA}
Asp	Control	11.02 ± 1.47 ^{CA}	17.94 ± 1.83 ^{bB}	27.28 ± 0.44 ^{aA}	21.52 ± 4.23 ^{bA}
	7	11.02 ± 1.47 ^{bA}	25.43 ± 7.65 ^{aAB}	25.49 ± 1.42 ^{aA}	30.74 ± 6.62 ^{aA}
	10	11.02 ± 1.47 ^{CA}	31.19 ± 0.71 ^{aA}	18.66 ± 4.39 ^{bA}	26.52 ± 3.03 ^{aA}
	15	11.02 ± 1.47 ^{bA}	22.58 ± 3.60 ^{abAB}	32.90 ± 9.92 ^{aA}	25.72 ± 1.56 ^{aA}
Glu	Control	28.37 ± 2.43 ^{CA}	36.66 ± 2.60 ^{bB}	46.02 ± 1.28 ^{aA}	45.10 ± 5.83 ^{aA}
	7	28.37 ± 2.43 ^{bA}	47.69 ± 9.52 ^{aAB}	47.52 ± 1.64 ^{aA}	54.44 ± 11.03 ^{aA}
	10	28.37 ± 2.43 ^{bA}	57.17 ± 0.60 ^{aA}	33.81 ± 10.24 ^{bA}	48.27 ± 4.06 ^{aA}
	15	28.37 ± 2.43 ^{bA}	42.17 ± 9.67 ^{abAB}	56.92 ± 13.30 ^{aA}	39.14 ± 0.11 ^{abA}
Gly	Control	19.80 ± 1.60 ^{bA}	21.74 ± 1.99 ^{bB}	27.24 ± 1.49 ^{aAB}	29.89 ± 0.53 ^{aB}
	7	19.80 ± 1.60 ^{CA}	25.93 ± 0.67 ^{bB}	28.34 ± 2.46 ^{cbAB}	38.72 ± 2.52 ^{aA}
	10	19.80 ± 1.60 ^{bA}	33.38 ± 2.13 ^{aA}	22.87 ± 3.17 ^{bB}	29.20 ± 1.22 ^{aB}
	15	19.80 ± 1.60 ^{bA}	27.55 ± 3.93 ^{abAB}	39.13 ± 8.90 ^{aA}	33.68 ± 2.62 ^{aAB}

His	Control	28.55 ± 3.99 ^{ba}	32.94 ± 4.24 ^{abB}	41.29 ± 2.14 ^{aAB}	36.70 ± 4.59 ^{abA}
	7	28.55 ± 3.99 ^{ba}	41.86 ± 4.95 ^{abAB}	40.24 ± 0.37 ^{abAB}	53.07 ± 15.16 ^{aA}
	10	28.55 ± 3.99 ^{ba}	45.16 ± 0.91 ^{aA}	28.37 ± 2.95 ^{bb}	41.92 ± 1.23 ^{aA}
	15	28.55 ± 3.99 ^{ba}	39.46 ± 3.13 ^{baB}	56.75 ± 13.01 ^{aA}	43.54 ± 0.34 ^{abA}
Pro	Control	8.96 ± 2.70 ^{ba}	10.14 ± 0.18 ^{abA}	16.59 ± 5.10 ^{aA}	17.21 ± 1.60 ^{aAB}
	7	8.96 ± 2.70 ^{ca}	15.77 ± 1.17 ^{ba}	16.04 ± 0.47 ^{abA}	20.97 ± 2.08 ^{aA}
	10	8.96 ± 2.70 ^{ba}	15.50 ± 1.19 ^{aA}	9.56 ± 3.15 ^{ba}	15.67 ± 0.42 ^{ab}
	15	8.96 ± 2.70 ^{aA}	14.26 ± 3.81 ^{aA}	20.89 ± 10.64 ^{aA}	18.21 ± 1.97 ^{aAB}
Ser	Control	24.29 ± 1.77 ^{ca}	29.66 ± 4.80 ^{abB}	37.85 ± 0.56 ^{aAB}	19.98 ± 6.43 ^{bcA}
	7	24.29 ± 1.77 ^{aA}	38.09 ± 3.65 ^{aAB}	38.20 ± 2.00 ^{aAB}	38.04 ± 18.07 ^{aA}
	10	24.29 ± 1.77 ^{ba}	43.74 ± 0.58 ^{aA}	29.80 ± 5.49 ^{bb}	35.62 ± 8.70 ^{abA}
	15	24.29 ± 1.77 ^{ca}	36.96 ± 4.56 ^{bcAB}	55.52 ± 11.80 ^{aA}	41.59 ± 0.53 ^{abA}
Tyr	Control	10.71 ± 0.59 ^{ba}	12.44 ± 1.13 ^{bb}	15.75 ± 1.35 ^{ab}	12.40 ± 0.70 ^{ba}
	7	10.71 ± 0.59 ^{ba}	17.02 ± 1.89 ^{aA}	17.33 ± 2.78 ^{ab}	19.56 ± 3.07 ^{aA}
	10	10.71 ± 0.59 ^{ba}	18.20 ± 1.13 ^{aA}	14.75 ± 1.52 ^{abB}	15.46 ± 4.81 ^{abA}
	15	10.71 ± 0.59 ^{ca}	15.82 ± 1.15 ^{baB}	26.48 ± 3.64 ^{aA}	19.88 ± 1.20 ^{ba}
Total	Control	224.46 ± 8.16 ^{ca}	278.81 ± 18.37 ^{bb}	362.40 ± 11.87 ^{aAB}	335.04 ± 41.34 ^{ab}
	7	224.46 ± 8.16 ^{ca}	359.95 ± 41.07 ^{baB}	358.77 ± 20.59 ^{baB}	473.24 ± 81.93 ^{aA}
	10	224.46 ± 8.16 ^{ba}	417.22 ± 5.81 ^{aA}	285.10 ± 65.00 ^{bb}	374.95 ± 26.40 ^{abAB}
	15	224.46 ± 8.16 ^{ca}	336.31 ± 48.41 ^{bcAB}	515.25 ± 111.98 ^{aA}	384.20 ± 8.66 ^{abAB}

^DValues with different superscripts within a row (a-c) and a column(A-C) were significantly different ($p < 0.05$)

지방산 조성 분석

서방형의 이산화염소가스 껴팩을 닭가슴육 저장시 함께 넣고 저장하면서 지방산 조성을 측정된 결과는 Table 35와 같다.

닭가슴살은 14개의 지방산으로 구성되어 있었으며 oleic acid가 36% 내외로 가장 많은 함량을 나타내었고 그 뒤로는 palmitic acid, linoleic acid, stearic acid의 순이었다.

총 포화지방산과 불포화지방산 조성의 비율은 약 1:2 정도로 불포화 지방산 함량이 높은 것으로 나타났으며 각 지방산마다 약간씩의 증감을 보이기는 하지만 총 지방산 조성으로 보았을 때 저장기간 중 지방산의 조성은 큰 변화를 가져오지는 않는 것으로 나타났다.

이산화염소 가스 껴팩 처리군의 경우에도 대조군과 저장기간 내내 유의적인 차이를 보이지 않는 것으로 나타나 실험에 사용한 농도에서의 처리는 지방산 조성에 변화를 가져오지는 않는 것으로 판단되어 이산화염소 가스 껴팩 처리에 의한 닭가슴육에서의 차이는 없는 것으로 사료되었다.

Jo 등(2017)은 전자선을 처리한 훈연 오리를 저장하면서 지방산의 조성을 측정된 결과,

저장 중 각 지방산별로 조성의 증감은 있지만 총 지방산의 함량에서는 유의적인 차이를 보이지 않아 처리 방법 및 시료의 차이는 있지만 결과는 동일한 것으로 판단되었다.

Table 35. 이산화염소 가스 겔팩 처리한 닭가슴육의 저장 중 지방산 조성의 변화

Fatty acid	Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)				
		0	2	4	6	8
10:0	Control	0.06±0.03 ^{aA}	0.03±0.00 ^{aA}	0.05±0.03 ^{aA}	0.05±0.01 ^{aA}	0.03±0.01 ^{aA}
	7	0.06±0.03 ^{aA}	0.03±0.00 ^{aA}	0.03±0.01 ^{aA}	0.08±0.07 ^{aA}	0.05±0.03 ^{aA}
	10	0.06±0.03 ^{aA}	0.05±0.02 ^{aA}	0.03±0.02 ^{aA}	0.04±0.03 ^{aA}	0.08±0.04 ^{aA}
	15	0.06±0.03 ^{aA}	0.06±0.04 ^{aA}	0.03±0.01 ^{aA}	0.04±0.02 ^{aA}	0.04±0.02 ^{aA}
12:0	Control	0.07±0.05 ^{aA}	0.03±0.01 ^{aA}	0.04±0.02 ^{aA}	0.04±0.00 ^{aA}	0.04±0.00 ^{aA}
	7	0.07±0.05 ^{aA}	0.05±0.02 ^{aA}	0.04±0.01 ^{aA}	0.05±0.02 ^{aA}	0.04±0.02 ^{aA}
	10	0.07±0.05 ^{aA}	0.04±0.01 ^{aA}	0.04±0.03 ^{aA}	0.04±0.02 ^{aA}	0.09±0.07 ^{aA}
	15	0.07±0.05 ^{aA}	0.04±0.02 ^{aA}	0.04±0.02 ^{aA}	0.04±0.01 ^{aA}	0.04±0.00 ^{aA}
14:0	Control	0.55±0.05 ^{aA}	0.54±0.04 ^{aA}	0.60±0.05 ^{aA}	0.66±0.04 ^{aA}	0.61±0.02 ^{aA}
	7	0.55±0.05 ^{aA}	0.64±0.14 ^{aA}	0.59±0.06 ^{aA}	0.47±0.09 ^{aB}	0.44±0.04 ^{aA}
	10	0.55±0.05 ^{aA}	0.56±0.01 ^{aA}	0.50±0.08 ^{aA}	0.58±0.02 ^{aAB}	0.52±0.01 ^{aA}
	15	0.55±0.05 ^{aA}	0.57±0.03 ^{aA}	0.50±0.06 ^{aA}	0.62±0.02 ^{aA}	0.56±0.11 ^{aA}
16:0	Control	21.85±1.29 ^{aA}	22.37±0.15 ^{aA}	22.58±1.43 ^{aA}	22.34±0.04 ^{aA}	23.09±1.38 ^{aA}
	7	21.85±1.29 ^{abA}	24.03±0.53 ^{aA}	22.12±0.45 ^{abA}	21.34±1.61 ^{abA}	20.90±1.08 ^{bA}
	10	21.85±1.29 ^{aA}	22.46±1.15 ^{aA}	21.86±1.15 ^{aA}	22.29±0.95 ^{aA}	21.63±1.53 ^{aA}
	15	21.85±1.29 ^{aA}	22.21±0.95 ^{aA}	22.03±1.43 ^{aA}	23.38±2.35 ^{aA}	22.62±1.00 ^{aA}
16:1	Control	5.32±0.85 ^{aA}	4.59±0.54 ^{aA}	6.12±2.32 ^{aA}	4.53±0.25 ^{aA}	5.50±1.12 ^{aA}
	7	5.32±0.85 ^{aA}	5.54±0.44 ^{aA}	5.21±0.65 ^{aA}	3.90±0.83 ^{aA}	4.54±0.73 ^{aA}
	10	5.32±0.85 ^{aA}	4.61±0.83 ^{aA}	4.62±0.15 ^{aA}	4.73±0.20 ^{aA}	4.64±0.99 ^{aA}
	15	5.32±0.85 ^{aA}	5.05±1.97 ^{aA}	5.50±0.05 ^{aA}	5.64±1.43 ^{aA}	4.74±0.64 ^{aA}
18:0	Control	7.69±0.01 ^{aA}	8.33±0.04 ^{aA}	7.44±1.45 ^{aA}	9.41±1.19 ^{aA}	7.93±0.01 ^{aA}
	7	7.69±0.01 ^{bA}	8.44±0.36 ^{abA}	7.81±0.38 ^{bA}	9.50±0.86 ^{aA}	8.74±0.84 ^{abA}
	10	7.69±0.01 ^{aA}	8.59±0.49 ^{aA}	8.56±0.90 ^{aA}	8.04±0.12 ^{aA}	8.30±0.32 ^{aA}
	15	7.69±0.01 ^{aA}	7.98±1.25 ^{aA}	8.05±0.06 ^{aA}	7.82±0.51 ^{aA}	8.63±1.08 ^{aA}
18:1T	Control	0.39±0.00 ^{aA}	0.41±0.03 ^{aA}	0.36±0.04 ^{aA}	0.35±0.01 ^{aA}	0.36±0.08 ^{aA}
	7	0.39±0.00 ^{aA}	0.39±0.04 ^{aA}	0.36±0.01 ^{aA}	0.40±0.10 ^{aA}	0.30±0.11 ^{aA}
	10	0.39±0.00 ^{aA}	0.46±0.10 ^{aA}	0.37±0.04 ^{aA}	0.41±0.12 ^{aA}	0.36±0.04 ^{aA}
	15	0.39±0.00 ^{aA}	0.40±0.06 ^{aA}	0.47±0.14 ^{aA}	0.46±0.06 ^{aA}	0.35±0.01 ^{aA}
18:1	Control	36.10±0.20 ^{aA}	35.76±0.50 ^{aA}	36.49±4.04 ^{aA}	35.77±1.65 ^{aA}	35.66±2.90 ^{aA}
	7	36.10±0.20 ^{aA}	35.43±1.16 ^{aA}	34.95±1.38 ^{aA}	33.75±5.47 ^{aA}	33.47±1.80 ^{aA}
	10	36.10±0.20 ^{aA}	35.44±0.89 ^{aA}	35.81±4.12 ^{aA}	34.86±1.46 ^{aA}	35.12±2.18 ^{aA}

	15	36.10 ± 0.20 ^{ba}	34.27 ± 0.10 ^{ba}	34.71 ± 1.15 ^{ba}	38.64 ± 1.65 ^{aA}	34.09 ± 0.87 ^{ba}
18:2	Control	16.27 ± 1.68 ^{aA}	15.81 ± 1.62 ^{aA}	13.50 ± 1.16 ^{aB}	14.20 ± 0.93 ^{aA}	15.64 ± 0.85 ^{aA}
	7	16.27 ± 1.68 ^{aA}	15.05 ± 1.16 ^{aA}	16.77 ± 0.27 ^{aA}	16.09 ± 1.57 ^{aA}	16.57 ± 0.27 ^{aA}
	10	16.27 ± 1.68 ^{aA}	15.83 ± 0.29 ^{aA}	15.40 ± 0.23 ^{aA}	17.52 ± 0.09 ^{aA}	15.51 ± 2.84 ^{aA}
	15	16.27 ± 1.68 ^{aA}	16.52 ± 0.35 ^{aA}	15.82 ± 0.23 ^{aA}	14.10 ± 2.73 ^{aA}	16.75 ± 0.85 ^{aA}
18:3	Control	0.48 ± 0.02 ^{aA}	0.51 ± 0.01 ^{aA}	0.41 ± 0.02 ^{aA}	0.52 ± 0.13 ^{aA}	0.47 ± 0.10 ^{aA}
	7	0.48 ± 0.02 ^{aA}	0.45 ± 0.12 ^{aA}	0.46 ± 0.07 ^{aA}	0.55 ± 0.03 ^{aA}	0.55 ± 0.13 ^{aA}
	10	0.48 ± 0.02 ^{aA}	0.53 ± 0.03 ^{aA}	0.52 ± 0.02 ^{aA}	0.43 ± 0.04 ^{aA}	0.50 ± 0.11 ^{aA}
	15	0.48 ± 0.02 ^{aA}	0.47 ± 0.05 ^{aA}	0.43 ± 0.01 ^{aA}	0.49 ± 0.04 ^{aA}	0.50 ± 0.04 ^{aA}
20:2	Control	0.48 ± 0.08 ^{aA}	0.54 ± 0.06 ^{aA}	0.38 ± 0.17 ^{aA}	0.45 ± 0.00 ^{aA}	0.45 ± 0.03 ^{aA}
	7	0.48 ± 0.08 ^{aA}	0.36 ± 0.09 ^{aA}	0.46 ± 0.07 ^{aA}	0.57 ± 0.21 ^{aA}	0.62 ± 0.24 ^{aA}
	10	0.48 ± 0.08 ^{aA}	0.50 ± 0.06 ^{aA}	0.56 ± 0.20 ^{aA}	0.48 ± 0.00 ^{aA}	0.57 ± 0.23 ^{aA}
	15	0.48 ± 0.08 ^{aA}	0.48 ± 0.06 ^{aA}	0.50 ± 0.03 ^{aA}	0.42 ± 0.17 ^{aA}	0.51 ± 0.07 ^{aA}
20:3	Control	1.10 ± 0.13 ^{aA}	1.25 ± 0.36 ^{aA}	0.89 ± 0.27 ^{aA}	0.93 ± 0.07 ^{aA}	1.07 ± 0.17 ^{aA}
	7	1.10 ± 0.13 ^{aA}	0.90 ± 0.01 ^{aA}	1.06 ± 0.08 ^{aA}	1.35 ± 0.59 ^{aA}	1.52 ± 0.54 ^{aA}
	10	1.10 ± 0.13 ^{aA}	1.30 ± 0.07 ^{aA}	1.31 ± 0.36 ^{aA}	0.94 ± 0.14 ^{aA}	1.30 ± 0.00 ^{aA}
	15	1.10 ± 0.13 ^{aA}	1.15 ± 0.13 ^{aA}	1.34 ± 0.00 ^{aA}	1.05 ± 0.28 ^{aA}	1.08 ± 0.28 ^{aA}
20:4	Control	3.00 ± 0.35 ^{aA}	2.96 ± 0.08 ^{aA}	3.79 ± 2.31 ^{aA}	3.82 ± 1.18 ^{aA}	2.93 ± 0.10 ^{aA}
	7	3.00 ± 0.35 ^{aA}	2.47 ± 0.37 ^{aA}	3.28 ± 0.56 ^{aA}	3.84 ± 1.93 ^{aA}	4.13 ± 1.27 ^{aA}
	10	3.00 ± 0.35 ^{aA}	3.15 ± 0.64 ^{aA}	3.24 ± 1.43 ^{aA}	3.51 ± 0.45 ^{aA}	3.79 ± 1.07 ^{aA}
	15	3.00 ± 0.35 ^{aA}	3.54 ± 0.46 ^{aA}	3.70 ± 0.89 ^{aA}	2.41 ± 1.05 ^{aA}	3.40 ± 0.90 ^{aA}
24:1	Control	0.82 ± 0.08 ^{aA}	0.79 ± 0.01 ^{aAB}	0.96 ± 0.55 ^{aA}	0.86 ± 0.16 ^{aA}	0.74 ± 0.05 ^{aA}
	7	0.82 ± 0.08 ^{aA}	0.60 ± 0.05 ^{aB}	0.84 ± 0.06 ^{aA}	1.02 ± 0.59 ^{aA}	1.05 ± 0.31 ^{aA}
	10	0.82 ± 0.08 ^{aA}	0.82 ± 0.11 ^{aA}	0.93 ± 0.39 ^{aA}	0.92 ± 0.05 ^{aA}	0.97 ± 0.25 ^{aA}
	15	0.82 ± 0.08 ^{aA}	0.91 ± 0.09 ^{aA}	1.04 ± 0.16 ^{aA}	0.63 ± 0.34 ^{aA}	0.93 ± 0.15 ^{aA}
Total	Control	94.17 ± 0.37 ^{aA}	93.91 ± 0.15 ^{aA}	93.61 ± 1.85 ^{aA}	93.92 ± 0.80 ^{aA}	94.51 ± 0.37 ^{aA}
	7	94.17 ± 0.37 ^{aA}	94.38 ± 0.59 ^{aA}	93.97 ± 0.47 ^{aA}	92.90 ± 2.29 ^{aA}	92.93 ± 0.66 ^{aA}
	10	94.17 ± 0.37 ^{aA}	94.33 ± 0.15 ^{aA}	93.74 ± 1.97 ^{aA}	94.79 ± 0.82 ^{aA}	93.37 ± 0.00 ^{aA}
	15	94.17 ± 0.37 ^{aA}	93.65 ± 0.34 ^{aA}	94.16 ± 1.61 ^{aA}	95.72 ± 0.24 ^{aA}	94.23 ± 0.93 ^{aA}
SFA	Control	30.22 ± 1.41 ^{aA}	31.30 ± 0.07 ^{aB}	30.70 ± 0.12 ^{aA}	32.49 ± 1.12 ^{aA}	31.70 ± 1.41 ^{aA}
	7	30.22 ± 1.41 ^{ba}	33.19 ± 0.34 ^{aA}	30.59 ± 0.14 ^{ba}	31.42 ± 0.73 ^{baA}	30.18 ± 0.23 ^{ba}
	10	30.22 ± 1.41 ^{aA}	31.70 ± 0.64 ^{aB}	30.98 ± 0.29 ^{aA}	30.99 ± 1.04 ^{aA}	30.62 ± 1.30 ^{aA}
	15	30.22 ± 1.41 ^{aA}	30.86 ± 0.33 ^{aB}	30.65 ± 1.57 ^{aA}	31.90 ± 1.83 ^{aA}	31.89 ± 0.02 ^{aA}
UFA	Control	63.95 ± 1.04 ^{aA}	62.61 ± 0.22 ^{aAB}	62.91 ± 1.97 ^{aA}	61.43 ± 0.32 ^{aA}	62.81 ± 1.04 ^{aA}
	7	63.95 ± 1.04 ^{aA}	61.19 ± 0.25 ^{baB}	63.39 ± 0.61 ^{baA}	61.47 ± 1.55 ^{ba}	62.75 ± 0.42 ^{baA}
	10	63.95 ± 1.04 ^{aA}	62.63 ± 0.78 ^{aAB}	62.76 ± 1.68 ^{aA}	63.80 ± 1.86 ^{aA}	62.75 ± 1.30 ^{aA}
	15	63.95 ± 1.04 ^{aA}	62.79 ± 0.67 ^{aAB}	63.51 ± 0.04 ^{aA}	63.82 ± 1.59 ^{aA}	62.34 ± 0.91 ^{aA}
MUFA	Control	42.63 ± 0.96 ^{aA}	41.55 ± 1.02 ^{aA}	43.93 ± 5.86 ^{aA}	41.51 ± 1.73 ^{aA}	42.27 ± 1.82 ^{aA}
	7	42.63 ± 0.96 ^{aA}	41.96 ± 1.58 ^{aA}	41.36 ± 0.69 ^{aA}	39.07 ± 5.81 ^{aA}	39.36 ± 2.33 ^{aA}

	10	42.63±0.96 ^{aA}	41.33±0.27 ^{aA}	41.74±3.91 ^{aA}	40.92±1.32 ^{aA}	41.08±2.95 ^{aA}
	15	42.63±0.96 ^{abA}	40.63±1.73 ^{bA}	41.72±1.18 ^{abA}	45.36±2.67 ^{aA}	40.10±1.37 ^{bA}
PUFA	Control	21.33±2.01 ^{aA}	21.06±1.24 ^{aA}	18.98±3.88 ^{aA}	19.92±2.05 ^{aA}	20.55±0.78 ^{aA}
	7	21.33±2.01 ^{aA}	19.23±1.33 ^{aA}	22.03±0.08 ^{aA}	22.40±4.26 ^{aA}	23.39±1.90 ^{aA}
	10	21.33±2.01 ^{aA}	21.30±0.51 ^{aA}	21.03±2.23 ^{aA}	22.89±0.54 ^{aA}	21.67±4.26 ^{aA}
	15	21.33±2.01 ^{aA}	22.16±1.06 ^{aA}	21.79±1.14 ^{aA}	18.46±4.26 ^{aA}	22.24±0.45 ^{aA}
UFA/SFA	Control	2.12±0.13 ^{aA}	2.00±0.01 ^{aA}	2.05±0.07 ^{aA}	1.89±0.08 ^{aA}	1.98±0.12 ^{aA}
	7	2.12±0.13 ^{aA}	1.84±0.01 ^{cB}	2.07±0.03 ^{abA}	1.96±0.00 ^{bcA}	2.08±0.00 ^{abA}
	10	2.12±0.13 ^{aA}	1.98±0.06 ^{aA}	2.03±0.04 ^{aA}	2.06±0.13 ^{aA}	2.05±0.13 ^{aA}
	15	2.12±0.13 ^{aA}	2.04±0.04 ^{aA}	2.07±0.10 ^{aA}	2.01±0.16 ^{aA}	1.95±0.03 ^{aA}
n-6/ n-3	Control	34.06±2.11 ^{aA}	31.05±3.57 ^{aA}	32.96±4.79 ^{aA}	28.34±8.90 ^{aA}	34.16±9.37 ^{aA}
	7	34.06±2.11 ^{aA}	35.27±12.33 ^{aA}	36.71±4.99 ^{aA}	29.36±4.37 ^{aA}	30.81±7.62 ^{aA}
	10	34.06±2.11 ^{bA}	30.03±2.07 ^{bA}	29.68±0.61 ^{bA}	41.25±4.31 ^{aA}	30.96±1.35 ^{bA}
	15	34.06±2.11 ^{aA}	35.51±3.05 ^{aA}	37.07±1.27 ^{aA}	28.73±3.22 ^{aA}	34.04±4.73 ^{aA}

¹⁾Values with different superscripts within a row (a-c) and a column(A, B) were significantly different ($p<0.05$)

핵산관련물질

서방형의 이산화염소가스 젤팩을 닭가슴육 저장시 함께 넣고 저장하면서 정미성분인 핵산관련 물질의 함량변화를 측정된 결과는 Table 36과 같다.

핵산관련 물질은 도축 후 ATP가 분해되어 ADP, AMP, IMP, inosine, hypoxanthine 및 ribose로 분해되어지고 이들 성분들이 맛에 관여하게 된다(Jayasena 등 2013; Kim 등 2012). 특히 IMP는 감칠맛을 돋구어주는 역할을 하게 된다(Aliani & Farmer, 2005; Jayasena 등 2013).

핵산관련 물질 중 GMP의 함량은 4.37 mg%에서 서서히 감소하는 경향을 보였으며 이산화염소가스 처리군도 마찬가지로 감소하는 경향을 보였으나 이산화염소가스 처리군은 저장 중 대체적으로 약간 높은 함량을 보이는 것으로 나타났다.

AMP의 경우, 4.65 mg%에서 저장기간 중 서서히 증가하는 경향이였으며 저장 2일차를 제외하고는 대조군과 이산화염소가스 처리군간에는 유의적인 차이를 보이지는 않았다.

IMP의 경우, 핵산관련 물질 중 가장 많은 함량을 나타내었으며 닭의 저장 중 핵산관련 물질은 IMP가 주를 이룬다고 한 연구결과(Davidek & Khan 1967)와 일치하였다. 그러나 저장기간이 증가할수록 IMP는 점점 분해되어 감소하고 대신 inosine과 hypoxanthine의 함량이 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 이산화염소가스 처리군도 동일하였지만 대조군이 이산화염소가스 젤팩 처리군보다는 다소 빠르게 변화되는 경향이였다. 즉 주요 정미성분인 IMP의 함량이 저장 기간 내내 대조군보다는 이산화염소가스 처리군이 높은 값을 나타내었으며 이산화염소가스 젤팩 처리군간에는 6일까지는 큰 차이를 보이

지는 않는 것으로 판단되었다.

Table 36. 이산화염소 가스 젤팩 처리한 닭가슴육의 저장 중 핵산관련물질의 변화
(unit : mg%)

핵산물질	Concentration of ClO ₂ gas (ppm)	Storage period (day)				
		0	2	4	6	8
GMP	Control	4.37±1.74 ^{aA1)}	3.56±1.27 ^{abA}	2.12±0.44 ^{abA}	1.34±0.29 ^{bB}	1.04±0.21 ^{bB}
	7	4.37±1.74 ^{aA}	4.19±0.73 ^{abA}	2.38±0.17 ^{bcA}	2.49±0.06 ^{bcAB}	2.22±0.32 ^{cA}
	10	4.37±1.74 ^{aA}	3.89±0.60 ^{aA}	2.65±0.99 ^{aA}	3.46±0.87 ^{aA}	1.73±0.29 ^{aA}
	15	4.37±1.74 ^{aA}	3.36±1.36 ^{aA}	2.83±0.73 ^{abA}	2.80±0.59 ^{abAB}	1.15±0.19 ^{bB}
AMP	Control	4.65±0.79 ^{bA}	4.61±0.45 ^{bB}	5.80±0.39 ^{abA}	5.94±0.38 ^{aA}	5.58±0.64 ^{abA}
	7	4.65±0.79 ^{bA}	5.21±0.23 ^{bAB}	5.74±0.60 ^{abA}	6.80±1.13 ^{aA}	5.49±0.48 ^{bA}
	10	4.65±0.79 ^{aA}	6.16±0.58 ^{aA}	5.53±1.69 ^{aA}	6.07±1.19 ^{aA}	6.52±1.69 ^{aA}
	15	4.65±0.79 ^{bA}	5.56±0.68 ^{abAB}	5.28±0.60 ^{abA}	5.47±1.44 ^{abA}	6.17±0.57 ^{aA}
IMP	Control	114.83±18.39 ^{aA}	83.64±11.91 ^{bA}	59.52±16.54 ^{bcA}	49.41±10.86 ^{bcB}	27.72±0.37 ^{cB}
	7	114.83±18.39 ^{aA}	93.57±8.41 ^{abA}	72.29±15.31 ^{bA}	70.91±3.30 ^{bA}	66.24±16.54 ^{bA}
	10	114.83±18.39 ^{aA}	87.27±2.94 ^{abA}	59.38±18.89 ^{bcA}	66.62±1.43 ^{bcA}	51.47±10.46 ^{cAB}
	15	114.83±18.39 ^{aA}	85.29±10.60 ^{bA}	74.01±11.20 ^{bA}	66.27±3.74 ^{bA}	32.43±11.69 ^{cB}
Hypoxanthine	Control	10.44±0.35 ^{dA}	17.42±1.35 ^{cdA}	25.04±4.12 ^{bcA}	29.90±10.91 ^{bA}	45.70±0.49 ^{aA}
	7	10.44±0.35 ^{bA}	14.88±2.89 ^{abAB}	17.74±1.86 ^{abB}	21.15±2.52 ^{aA}	22.19±9.39 ^{aB}
	10	10.44±0.35 ^{eA}	13.01±3.30 ^{cdB}	16.85±1.45 ^{bcB}	20.80±6.38 ^{bA}	37.03±2.88 ^{aAB}
	15	10.44±0.35 ^{cA}	15.78±0.76 ^{cAB}	12.79±3.62 ^{cB}	30.07±6.89 ^{bA}	39.50±8.21 ^{aA}
Inosine	Control	52.11±0.31 ^{cA}	79.66±8.26 ^{bA}	101.04±10.10 ^{aA}	99.93±2.63 ^{abAB}	96.69±4.01 ^{aA}
	7	52.11±0.31 ^{cA}	82.14±0.42 ^{bA}	101.35±15.26 ^{aA}	95.14±5.36 ^{abAB}	84.95±5.43 ^{abA}
	10	52.11±0.31 ^{cA}	87.85±8.63 ^{abA}	78.24±18.95 ^{bcA}	109.34±3.52 ^{aA}	87.45±19.39 ^{abA}
	15	52.11±0.31 ^{cA}	78.10±4.30 ^{cA}	100.27±5.90 ^{aA}	89.37±8.49 ^{bB}	80.99±8.50 ^{bcA}

¹⁾Values with different superscripts within a row (a-d) and a column(A, B) were significantly different ($p<0.05$)

이상의 결과로 보아 저장성 증진을 위해 처리한 이산화염소 가스 젤팩은 닭가슴살의 정미성분인 핵산관련 물질의 변화가 서서히 일어나는 것으로 판단되었다.

기호도 검사

서방형 이산화염소 가스 젤팩을 첨가하고 8일 동안 저장하였을 때 닭가슴육의 외관은 Fig. 7과 같다.



Fig. 7. 서방형 이산화염소 가스 겔팩 닭가슴육의 저장 8일차의 외관

서방형이산화염소 가스 겔팩 처리시 색상이나 외형에서의 다른 점을 찾아볼 수 없었다. 그러나 15 ppm 처리군의 경우에는 저장 4일 이후부터는 약간의 색상의 변화가 있는 것으로 판단되어 닭가슴육에의 15 ppm 처리는 부적합한 것으로 판단되었다.

닭가슴육 저장시 서방형의 이산화염소 가스 겔팩을 첨가하고 저장기간에 따른 냄새, 외관(색) 및 종합적 기호도를 측정된 결과는 Table 37과 같다.

냄새의 경우, 6.3의 기호도로 시작하여 저장 중 기호도가 점점 감소하였으며 저장 8일차에는 1.3의 매우 낮은 기호도를 나타내었다. 이산화염소 가스 겔팩 처리군의 경우에는 저장 4일차부터 대조군보다는 유의적으로 높은 값을 보였다. 그러나 저장 6일차에는 7 및 10 ppm 처리군이 높은 값을 나타내었지만 15 ppm 처리군은 낮은 기호도로 대조군과 유의적인 차이를 보이지 않았다. 저장 8일차에는 10 ppm 처리군이 다른 처리군보다 유의적으로 높은 기호도를 보였다. 저장 6일차 이후부터 15 ppm 처리군이 예상보다 낮은 기호도를 보인 것은 밀폐된 용기내에서 방출된 이산화염소 가스의 양이 점점 많아져 염소취를 내었기 때문인 것으로 판단되었다.

외관(색)의 경우는 대조군과 7 ppm 처리군이 저장 중 서서히 감소하는 경향을 보였는데 15 ppm 처리군은 다른 처리군들에 비하여 많은 변화를 보이는 것으로 나타났다. 이와 같은 이유는 밀폐된 공간에서 서방형으로 방출된 이산화염소 가스와의 과다한 접촉으로 닭가슴육이 약간 변색되었기 때문인 것으로 판단되었다.

종합적 기호도의 경우, 저장 중 대조군의 변화가 가장 빠르게 일어났으며 저장 4일까지는 대체적으로 모든 실험군들이 큰 차이를 보이지는 않았지만 저장 6일차에는 10 및 7 ppm 처리군이 높은 기호도를 보였으며 저장 8일차에는 모든 실험군이 매우 낮은 기호도를 보였으나 그 중 10 ppm 처리군이 높은 값을 나타내었다.

기호도의 결과를 종합하여 보면 대조군은 쉽게 단백질 변성이 일어나 불쾌취 때문에 다른 실험군보다 빠르게 품질변화를 가져왔으며 15 ppm 처리군의 경우에는 이산화염소 가스에 의한 저장 중 염소취와 약간의 변색으로 낮은 기호도를 보이는 것으로 판단되었으며 이산화염소 가스 겔팩에 의한 닭가슴육의 저장시에는 10 ppm 내외의 처리가 적당

할 것으로 사료되었다.

이상의 결과를 종합하여 보면 닭가슴육 저장시 용기에의 서방형의 이산화염소 가스 겔팩의 사용은 미생물수, pH, VBN 및 기호도면에서 품질 변화를 줄일 수 있으나 저장기간이 증가할수록 밀폐된 용기내에서 방출된 이산화염소 가스의 양이 축적되므로 과도한 처리는 바람직하지 않은 것으로 판단되었다. 또한 닭가슴육을 포장한 용기내에서 용출된 가스의 흐름이 적어 예상했던 만큼의 미생물 제어 효과는 적은 것으로 사료되었으며 이를 해결하기 위하여 초기 균수 제어가 가능한 타 비가열살균 처리 후 서방형의 이산화염소가스 겔팩을 이용하는 병용처리(hurdle technology)를 통한 최적 위생시스템 개발이 필요할 것으로 판단되었다.

Table 37. 이산화염소 가스 겔팩 처리한 닭가슴육의 저장 중 기호도의 변화

Concentration of ClO ₂ gas (ppm)		Storage period (day)				
		0	2	4	6	8
Flavor	Control	6.3±0.3 ^{aA1}	6.1±0.3 ^{aA}	5.2±0.3 ^{bB}	4.0±0.5 ^{cB}	1.3±0.4 ^{dB}
	7	6.3±0.3 ^{aA}	6.0±0.6 ^{abA}	5.8±0.3 ^{bA}	4.7±0.4 ^{CA}	1.7±0.3 ^{dB}
	10	6.3±0.3 ^{aA}	6.0±0.4 ^{bA}	5.7±0.3 ^{bA}	5.0±0.5 ^{CA}	2.3±0.3 ^{dA}
	15	6.3±0.3 ^{aA}	5.8±0.5 ^{bA}	5.6±0.4 ^{bA}	4.1±0.5 ^{CB}	1.6±0.5 ^{dB}
Appearance (color)	Control	6.6±0.4 ^{aA}	6.4±0.3 ^{aA}	6.2±0.3 ^{aA}	5.8±0.4 ^{bA}	5.2±0.4 ^{CA}
	7	6.6±0.4 ^{aA}	6.4±0.2 ^{abA}	6.2±0.4 ^{bAB}	5.6±0.3 ^{CA}	5.1±0.4 ^{dA}
	10	6.6±0.4 ^{aA}	6.4±0.3 ^{aA}	6.3±0.3 ^{aA}	5.7±0.3 ^{bA}	4.6±0.3 ^{CB}
	15	6.6±0.4 ^{aA}	6.2±0.3 ^{abA}	5.9±0.4 ^{bB}	4.8±0.4 ^{CB}	4.1±0.5 ^{DC}
Overall acceptance	Control	6.6±0.4 ^{aA}	6.2±0.3 ^{bAB}	5.4±0.3 ^{CB}	4.3±0.4 ^{DC}	1.4±0.3 ^{EC}
	7	6.6±0.4 ^{aA}	6.3±0.2 ^{aA}	5.8±0.3 ^{bA}	5.0±0.4 ^{CA}	2.1±0.3 ^{dB}
	10	6.6±0.4 ^{aA}	6.1±0.4 ^{bAB}	5.7±0.5 ^{cAB}	5.2±0.3 ^{dA}	2.6±0.4 ^{eA}
	15	6.6±0.4 ^{aA}	5.9±0.4 ^{bB}	5.7±0.4 ^{bAB}	4.7±0.3 ^{CB}	1.9±0.5 ^{dB}

¹Values with different superscripts within a row (a-e) and a column(A-C) were significantly different($p<0.05$)

또한 농, 축산물에 대한 서방형 겔팩의 미생물 제어 및 효능 등은 농산물 및 축산물의 종류, 저장온도의 차이, 용기 조건, 성분 조성, 물리적 특성 및 미생물상 등이 매우 다르므로 각각의 농, 축산물에 맞는 최적의 겔의 조성과 필름 탐색 연구 지속적으로 이루어져야 할 것으로 사료되었다.

○ 연구개발성과

- 논문 게재 성과

번호	구분	논문명	저자명	학술지명	Vol. (No.)	구분	비고
1	논문	서방형 이산화염소 가스 겔팩을 이용한 딸기의 저장 중 품질 변화	이경행 외 6인	한국식품영양학회지	30(3)	등재	
2	논문	서방형 이산화염소가스 겔팩을 이용한 딸기 저장 중 주요 성분 및 항산화 활성의 변화	이경행 외 6인	한국식품영양학회지	30(4)	등재	
3	논문	서방출형 이산화염소 가스 겔팩의 미생물 살균 시험	이경행 외 1인	한국식품영양학회지	31(1)	등재	2018.2월 예정(in press)
4	논문	서방형 이산화염소 가스 겔팩을 이용한 닭가슴육 저장 중 품질 변화	이경행 외 4인	한국식품영양학회지	31(2)	등재	2018.4 예정(in press)
5	학술 발표	서방형 이산화염소가스 겔팩을 이용한 딸기의 저장 중 항산화 성분 및 활성의 변화	이경행 외 6인	한국식품영양학회지		국내	
6	학술 발표	Quality Changes of strawberry by slow-released ClO ₂ gas gel-pack during Storage	이경행 외 6인	한국식품과학회지		국제	
7	학술 발표	Release rate and microbial inactivation effect of a slow-released ClO ₂ gas gel-pack	이경행 외 4인	Food Processing, safety & technology		국제	

- 특허성과

- 서방형의 이산화염소 겔팩 제조와 관련된 지식재산권의 경우, 참여기업의 지속적인 연구결과를 바탕으로 진행되었으며 2018년 3월 19일 현재 등록 결정되어 있음.

번호	특허공개일	특허명	출원인	발명인	출원번호
1	2017.06.15	이산화염소 서방출용 겔형 조성물, 이를 이용한 팩 및 그의 제조방법	김홍길	곽일환, 김홍길	10-2017-0066722

- 서방형의 이산화염소 겔팩을 활용한 농산물(딸기)에의 적용시 저장성에 관한 지식재산권의 경우, 본 연구과제를 통한 성과임

번호	특허출원일	특허명	출원인	발명인	출원번호
1	2017.09.27	이산화염소 가스를 이용한 딸기의 저장 방법	세진이엔피(주)	이경행, 김홍길	10-2017-0125505

○ 연구결과

- 기술적 성과 :

- 서방형 이산화염소 가스제 개발은 제품의 유일성과 희소성 가치를 통해 세계시장 진출의 교두보를 확보할 수 있을 것이며, 신속한 시장 선점과 사회적 요구에 따른 신수요 산업에 능동적으로 대처할 수 있는 신기술 개발에 활용과 적용이 가능함.
- 또한, 타겟시장에 경쟁력을 갖춘 신소재 제품 개발로 FTA와 고환율 시대에 외화 절감뿐 아니라 해외시장 개척이 가능함.
- 본 연구개발을 통해서 서방형 이산화염소 가스제 개발 및 신소재 등재를 추진하고 지적재산권 출원 및 등록으로 기술경쟁력을 확보하여 라이선싱아웃 및 전문가 활용 공동연구를 통해 기술제품 실용화의 극대화를 실현할 수 있음.

- 경제적성과 :

- 저부가가치에서 고부가가치 사업 전환으로 기업의 중장기적 목표 설립
- 소재산업의 원천기술 확보

○ 사업화성과 및 매출실적

- 사업화 성과

항목	세부항목			성 과	
사업화 성과	매출액	개발제품	개발후 현재까지	0.5 억원	
			향후 3년간 매출	20 억원	
		관련제품	개발후 현재까지	0.1 억원	
			향후 3년간 매출	10 억원	
	시장 점유율	개발제품	개발후 현재까지	국내 : 0 % 국외 : 0 %	
			향후 3년간 매출	국내 : 5 % 국외 : 1 %	
		관련제품	개발후 현재까지	국내 : 0 % 국외 : 0 %	
			향후 3년간 매출	국내 : 5 % 국외 : 1 %	
	세계시장 경쟁력 순위	현재 제품 세계시장 경쟁력 순위			위
		3년 후 제품 세계 시장경쟁력 순위			위

- 실용화 성과

판매 대리점과의 계약

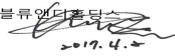
제품총판계약서

(Freshen A30)

(갑) : 세진이앤피 주식회사



(을) 주식회사 더블유엔디



싱가포르 딸기 수출에의 이산화염소 젤팩 적용 시험



농협 하나로 마트 농산물에의 적용



서산 딸기 미국 2차 수출시 서방형 이산화염소 겔팩 적용(2018. 2. 10)



MOU 체결



한국-이란 MOU 체결
2017년 4월 11일



한국-중국 MOU 체결
2017년 8월 30일



한국-러시아 MOU 체결
2017년 8월 2일

- 사업화 계획 및 매출 실적

항 목	세부 항목	성 과			
사업화 계획	사업화 소요기간(년)	2.5년			
	소요예산(백만원)	700백만			
	예상 매출규모 (억원)	현재까지	3년후	5년후	
		0.6억원	20억원	40 억원	
	시장 점유율	단위(%)	현재까지	3년후	5년후
		국내	0	5	10
국외		0	1	3	
	향후 관련기술, 제품을 응용한 타 모델, 제품 개발계획	선도유지제, 포름잡는 하마, 포름잡는 도료 등			
무역 수지 개선 효과	(단위: 억원)	현재	3년후	5년후	
	수입대체(내수)	-			
	수 출	-	5	10	

4. 목표달성도 및 관련분야 기여도

코드번호	D-06
------	------

4-1. 목표달성도

연구계획서 상 목표	비중 (%)	달성도 (%)	자체평가
서방형 이산화염소가스 신선도 유지제 개발	40	100	- 서방형 이산화염소가스 방출 최적 조건 확립 - 서방형 이산화염소가스 방출량 확인 - 안전성 확인 - 미생물 사멸 확인
농산물(딸기) 소포장 용기에서의 신선도 유지 평가	30	100	- 부패율 감소로 인한 저장성 증진 - 이화학적 품질변화 감소로 인한 저장성 증진
백색육제품(닭가슴살 부위)의 신선도 유지 평가	30	100	- 이화학적 품질변화 감소로 인한 저장성 증진

4-2. 관련분야 기여도

- 이산화염소(수)를 이용한 저장성 증진 연구 논문은 이미 많이 발표되었으나 이는 이산화염소가스 발생기를 이용하여 창고 같은 챔버에 산포처리 하던가, 이산화염소수를 이용해 침지하는 방법을 사용한 경우이고, 이처럼 소포장 단위에 날개로 삽입하여 적용한 신선도유지제 연구는 미미함.
- 소포장 서방형의 이산화염소가스 겔팩에 대한 연구결과는 신선도 유지제 연구 분야의 선행 연구로서 기초자료로 활용될 것이며 이 결과를 토대로 내수 및 수출시장에서의 신속한 시장 선점과 사회적 요구에 따른 신수요 산업에의 능동적 대처가 가능할 것으로 판단됨
- 식품 원료의 신선도 유지 및 저장성 증진
- 저장성 증진으로 인한 수출 증대 및 수입 감소 효과
- 신선도 유지로 인한 경제성 증가

5. 연구결과의 활용계획

코드번호	D-07
<ul style="list-style-type: none"> ○ 성능 개선 또는 인증 연구 과제으로써 이산화염소 가스가 저장하는 동안 지속적으로 방출될 수 있는 서방형의 형태의 겔팩을 제조하고 농산 및 축산물 포장에 직접 첨가 후 저장 중 이화학적 변화에 대한 결과를 참여기업으로의 feedback 시킴으로써 이 결과를 토대로 내수 및 수출시장에서의 신속한 시장 선점과 사회적 요구에 따른 신수요 산업에의 능동적 대처 ○ 본 제품의 수출상담은 중국, 이란, 러시아, 베트남, 라오스 등과 활발히 진행 중이고, 연구결과를 토대로 하여 2018년 1월 현재, 국내 농협에 딸기, 파프리카 등에 적용 중이거나 추진 중. ○ 식품 산업 이외에 위생화가 필요한 타 산업에의 적용가능성 확인연구 필요 ○ 타 비가열살균방법들과의 병용처리(hurdle technology)를 통한 최적의 위생 시스템 개발 연구 필요 	

6. 연구과정에서 수집한 해외과학기술정보

	코드번호	D-08
○ 해당사항 없음		

7. 연구개발결과의 보안등급

	코드번호	D-09
○ 일반과제임		

8. 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

					코드번호		D-10	
구입 기관	연구시설/ 연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록번호

9. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전조치 이행실적

코드번호	D-11
<p>1) 연구실 안전관리규정 비치</p> <ul style="list-style-type: none"> ■법령, 안전관리규정, MSDS, 비상연락망, 연구실 안전수칙 비치 및 게시 ■실험실 : 식품화학 및 저장학 실험실 <p>2) 연구실 안전점검 실시</p> <ul style="list-style-type: none"> ■연간 1회 이상 의무적으로 실시 ■자체 안전점검실시 (자체점검표 기준) ■자체 안전점검 실시 후 연구실 위험 요소, 전기시설 등 보완설치 <p>3) 연구실 정밀안전진단 실시</p> <ul style="list-style-type: none"> ■1년에 1회 이상 의무적으로 실시 ■대상 : 식품화학 및 저장학 실험실 <p>4) 연구실 안전교육 실시</p> <ul style="list-style-type: none"> ■모든 연구 활동종사자는 매학기 안전교육 실시 ■교육내용 : 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 연구실 유해, 위험요인 등 <p>5) 연구활동종사자 보험 가입</p> <ul style="list-style-type: none"> ■연구실 안전환경 조성에 관한 법률에 의거 의무적 가입토록 함 <p>6) 연구실 안전시설 보완</p> <ul style="list-style-type: none"> ■연구실 출입문 위험물 안전표시 부착 ■연구실 비상기구함, 복도 비상기구함 구매설치 ■소화기 설치 ■안전보호구함 비치 ■가스용기 거치대 설치 	

10. 연구개발과제의 대표적 연구실적

번호	구분 (논문/ 특허/ 기타)	논문명/특허명/기타	소속 기관명	역할	논문게재지/ 특허등록국 가	코드번호		D-12	
						Impact Factor	논문게재일 /특허등록일	사사여부 (단독사사 또는 중복사사)	특기사항 (SCI여부/인 용횟수 등)
1	특허	이산화염소 가스를 이용한 딸기의 저장 방법	한국 교통대		한국		2017.09.27	단독사사	
2	논문	서방형 이산화염소 가스 겔팩을 이용한 딸기의 저장 중 품질 변화	한국 교통대	교신 저자	한국식품영 양학회지/ 한국		2017.06.30	단독사사	
3	논문	서방형 이산화염소가스 겔팩을 이용한 딸기저장 중 주요 성분 및 항산화 활성의 변화	한국 교통대	교신 저자	한국식품영 양학회지/ 한국		2017.08.31	단독사사	
4	논문	서방형 이산화염소 가스 겔팩을 이용한 닭가슴육 저장 중 품질 변화	한국 교통대	교신 저자	한국식품영 양학회지/ 한국		2018.02.28	단독사사	
5	논문	서방출형 이산화염소 가스 겔팩의 미생물 살균 시험	한국 교통대	교신 저자	한국식품영 양학회지/ 한국		2018.04.30	단독사사	2018년 4월 예정
5	학술 발표	서방형 이산화염소가스 겔팩을 이용한 딸기의 저장 중 항산화 성분 및 활성의 변화	한국 교통대	교신 저자	한국식품영 양학회지/ 한국		2017. 6. 15.		
6	학술 발표	Quality Changes of strawberry by slow-released ClO ₂ gas gel-pack during Storage	한국 교통대	교신 저자	한국식품과 학회지/한 국		17. 6.21-23		
7	학술 발표	Release rate and microbial inactivation effect of a slow-released ClO ₂ gas gel-pack	한국 교통대	교신 저자	Food Processing, safety & technology/ 미국		17.11.6-8		

11. 기타사항

		코드번호	D-13
○			

12. 참고문헌

코드번호	D-14
<p data-bbox="165 421 1420 521">제 1 절 서방형의 이산화염소 가스 선도 유지제 개발과 미생물 살균 및 안전성 시험</p> <p data-bbox="165 593 1420 728">Choi WS, Ahn BJ, Kim YS, Kang HM, Lee JS, Lee YS. 2013. Quality Changes of Cherry Tomato with Different Chlorine Dioxide (ClO₂) Gas Treatments during Storage. <i>Korean J Packaging Sci Technol</i> 19:17-27</p> <p data-bbox="165 795 1420 929">Dunnick JK, Melnick RL. 1993. Assessment of the carcinogenic potential of chlorinated water: experimental studies of chlorine, chloramines, and trihalomethanes. <i>J National Cancer Institute</i> 85:817-822</p> <p data-bbox="165 996 1420 1131">Gómez-López VM, Devlieghere F, Ragaert P, Debevere J. 2007. Shelf-life extension of minimally processed carrots by gaseous chlorine dioxide. <i>Inter J Food Microbiol</i> 116:221-227</p> <p data-bbox="165 1198 1420 1332">Gómez-López VM, Rajkovic A, Ragaert P, Smigic N, Devlieghere F. 2009. Chlorine dioxide for minimally processed produce preservation: a review. <i>Trends in Food Sci Technol</i> 20:17-26</p> <p data-bbox="165 1400 1420 1534">Grinstead D 2009. Cleaning and sanitation in food processing environments for the prevention of biofilm formation, and biofilm removal. In P. M. Fratamico, B. A. Annous, & N. W. Gunther (Eds.), <i>Biofilms in the food and beverage</i></p> <p data-bbox="165 1601 1420 1736">Han Y, Floros JD, Linton RH, Nielsen SS, Nelson PE, 2001. Response surface modeling for the inactivation of <i>Escherichia coli</i> 0157:H7 on green peppers(<i>Capsicum annum</i> L.) by chlorine dioxide gas treatments. <i>J Food Prot</i> 64:1128-1133</p> <p data-bbox="165 1803 1420 1892">Jeong JW, Kim JH, Kwon KH, Park KJ. 2006. Disinfection effects of electrolyzed water strawberry and quality changes during storage. <i>Korean J Food Preserv</i> 13:316-321</p> <p data-bbox="165 1960 1420 1993">Kim JM. 2001. Use of chlorine dioxide as a biocide in the food industry. <i>Food Indust &</i></p>	

- Kim YJ, Kim MH, Song KB. 2009. Efficacy of aqueous chlorine dioxide and fumaric acid for inactivating pre-existing microorganisms and *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* on broccoli sprouts. *Food Control* 20:1002-1005
- Korea Water and Wastewater Works Association. 2008. Evaluation and analysis method of chemicals for drinking water treatment A 110. Seoul
- Lee KH, Yoon YT, Ra SJ. 2015. Quality changes of cherry tomato by aqueous chlorine dioxide treatment during storage. *Korean J Food Nutr* 28:396-403
- Lee YS, Ahn BJ, Kim YS. 2014. Chlorine dioxide(ClO₂) gas release pack. Korea patent 10-1443455
- Trinetta V, Morgan MT, Linton RH. 2010. Use of high-concentration-short-time chlorine dioxide gas treatments for the inactivation of *Salmonella enterica* spp. inoculated onto Roma tomatoes. *Food Microbiology* 27:1009-1015
- White GC. 1972. Handbook of Chlorination. Van Nostrand Reinhold Co., New York.

제 2 절 농산물(딸기)의 이화학적 품질 변화 측정을 통한 이산화염소 겔팩의 최적 조건 확립

- A.O.A.C. 1995. Official Methods of Analysis 16th ed., Association of Official Analytical Chemist, Washington, D.C.
- Blois MS. 1958. Antioxidant activity determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181:1199-1200
- Choi WS, Ahn BJ, Kim YS, Kang HM, Lee JS, Lee YS. 2013. Quality changes of cherry tomato with different chlorine dioxide(ClO₂) gas treatments during storage. *Korean J packaging Sci*

- Chomkitichai W, Faiyue B, Rachtanapun P, Uthaibutra J, Saengnil K. 2014. Enhancement of the antioxidant defense system of post-harvested 'Daw' longan fruit by chlorine dioxide fumigation. *Sci Hortic* 178:138-144
- Chung SK, Cho SH, Lee DS. 1998a. Effect of antimicrobial packaging films on the keeping quality of strawberries. *Food Engineering Progress* 2: 157-161
- Chung SK, Cho SH, Lee DS. 1998b. Modified atmosphere packaging of fresh strawberries by antimicrobial plastic films. *Korean J Food Sci Technol* 30: 1140-1145
- Chung SK, Cho SH. 2002. Preservation of strawberries and cucumbers packaged by low density polyethylene film impregnated with antimicrobial agent, *Scutellariae baicalensis* extract. *Korean J Food Preserv* 9: 271-276
- Chung YJ, Yook HS. 2003. Effects of gamma irradiation and cooking methods on the contents of thiamin in chicken breast and vitamin C in strawberry and mandarine orange. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 864-869
- Ferreira RM, Vina SZ, Mugridge A, Chaves AR. 2007. Growth and ripening season effects on antioxidant capacity of strawberry cultivar Selva. *Sci Hortic* 112:27-32
- García JM, Aquilera C and Albi MA. 1995. Postharvest heat treatment on spanish strawberry (*Fragaria xananassa* Cv. Tudla). *J Agric Food Chem* 43:1489-1492
- Guo Q, Wu B, Peng X, Wang J, Li Q, Jin J, Ha Y. 2014. Effects of chlorine dioxide treatment on respiration rate and ethylene synthesis of postharvest tomato fruit. *Postharvest Biol Tec* 93:9-14
- Han Y, Linton RH, Nielsen SS, Nelson PE. 2001. Reduction of *Listeria monocytogenes* on green peppers (*Capsicum annuum* L.) by gaseous and aqueous chlorine dioxide and water washing and its growth at 7°C. *J Food Prot* 64:1730-1738
- Jeong HJ. 2010. Changes in content of major components by cultivar, harvest time and fruit maturity on strawberries. Ph.D. Thesis, Kyungpook National Univ. Daegu, Korea

- Jeong JW, Kim JH, Kwon KH, Park KJ. 2006. Disinfection effects of electrolyzed water strawberry and quality changes during storage. *Korean J Food Preserv* 13:316-321
- Jin-hua DU, Mao-run FU, Miao-miao LI, Wei XIA. 2007. Effects of chlorine dioxide gas on postharvest physiology and storage quality of green bell pepper(*Capsicum frutescens* L. var. Longrum). *Agricultural Sciences in China* 6:214-219
- Kam IS. 2013. Effect of heat treatment on the antioxidant activities and quality characteristics of strawberries. M.S. Thesis, Gyeongsang National Univ. Jinju, Korea
- Kang JH, Park SM, Kim HG, Son HJ, Song KJ, Cho M, Kim JR, Lee JY, Song KB. 2015. Gaseous chlorine dioxide treatment to produce high quality paprika for export. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:1072-1078
- Kang JH, Park SM, Kim HG, Son HJ, Song KJ, Cho M, Kim JR, Lee JY, Song KB. 2016. Effects of combined chlorine dioxide gas treatment using low-concentration generating sticks on the microbiological safety and quality of paprika during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 45:619-624
- Kim BS, Lee HJ, Park HW, Cha HS. 2003. Effect of respiration and transpiration rates on the weight loss of various fruit(peach, apple, pear, persimon, mandarin). *Korean J Food Preserv* 10:142-146
- Kim JG, Choi JW, Park MH. 2016. Effect of different days of postharvest treatment and CO₂ concentrations on the quality of ‘Seolhyang’ strawberry during storage. *Korean J Food Preserv* 23: 12-19
- Kim JM. 2001. Use of chlorine dioxide as a biocide in the food industry. *Food Indust & Nutr* 6:33-39
- Kim JY, Kim HJ, Lim GO, Jang SA, Song KB. 2010. Effect of combined treatment of ultraviolet-C with aqueous chlorine dioxide of fumaric acid on the postharvest quality of strawberry fruit “Flamengo” during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 138-145

- Kim YE, Yang JW, Lee CH, Kwon EK. 2009. ABTS radical scavenging and anti-tumor effects of *Tricholoma matsutake* Sing. (Pine Mushroom). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38:555-560
- Korea Water and Wastewater Works Association. 2008. Evaluation and analysis method of chemicals for drinking water treatment A 110. Seoul
- Lee HJ, Seo JA, Choi JH, Lee KA, Jeong MC. 2010. Effect of plastic container vent ratio on strawberry quality during precooling and storage. *Korean J Food Preserv* 17:581-585
- Lee KH, Yoon YT, Ra SJ. 2015. Quality changes of cherry tomato by aqueous chlorine dioxide treatment during storage. *Korean J Food Nutr* 28:396-403
- Lim SJ, Hwang HS, Shin YJ. 2016. Physicochemical properties and antioxidant activities of ‘*Seolhyang*’ and ‘*Janghee*’ strawberries from different ripening stages grown in Korea. *J East Asian Soc Dietary Life* 26:80-87
- Mahmoud BS, Bhagat AR, Linton RH. 2007. Inactivation kinetics of inoculated *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica* on strawberries by chlorine dioxide gas. *Food Microbiol* 24: 736-744
- Mehmet SA, Cengiz C. 2014. Individual and combined effects of ultrasound, ozone and chlorine dioxide on strawberry storage life. *LWT-Food Sci Technol* 57: 344-351
- Moreno MN, Isla MIN, Sampietro AR, Vattuone MA. 2000. Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several region of Argentina. *J Ethnopharmacol* 71:109-114
- Park DS, Jeong CS. 2015. Effect of CO₂ and ClO₂ gas Pre-treatment for Maintain Shelf-life of Summer Strawberries. *Kor J Hort Sci Technol* 33:705-711
- Park JE, Kim HM, Hwang SJ. 2012. Qualitative changes in precooling and storage temperatures on the post-harvest management of the fruits in strawberry for export. *J Agri Life Sci* 46: 67-74
- Park YK, Kim SH, Choi SH, Han JG, Chung HG. 2008. Changes of antioxidant capacity, total phenolics and vitamin C contents during *Rubus coreanus* fruit ripening.

Food Sci Biotechnol 17:251-256

Robert R, Nicoletta P, Anna P, Ananth P, Ananth P, Min Y, Catherine RE. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med* 26:1231-1237

Shin YJ, Song HY, Song KB. 2012. Effect of a combined treatment of rice bran protein film packaging with aqueous chlorine dioxide washing and ultraviolet-C irradiation on the postharvest quality of 'Goha' strawberries. *J Food Engineering* 113: 374-379

Yang YJ, Lee KA. 1999. The changes of acetaldehyde, ethanol and firmness during CA storage of strawberries. *J Korean Soc Hort Sci* 40: 303-305

Yena GC, Duhb PD, Tsaia L. 2002. Antioxidant and prooxidant properties of ascorbic acid and gallic acid. *Food Chem* 79:307-313

Yoon YT, Nong SJ, Kang HS, Yoon YJ, Kim HG, Min KH, Lee KH. 2016. Quality changes of *Lentinula edodes* GNA01 mushroom by chlorine dioxide gas treatment during storage. *Korean J Food Nutr* 29: 49-505

제 3 절 축산물(백색육)의 이화학적 품질 변화 측정을 통한 이산화염소 겔팩의 최적 조건 확립

Aliani M, Farmer LJ 2005 Precursors of chicken flavor. II. Identification of key flavor precursors using sensory methods. *J Agric Food Chem* 53:6455-6462

Brewer MS, Ikins WG, Harbers CA. 1992. TBA values, sensory characteristics and volatiles in ground pork during long term frozen storage: Effects of packaging. *J Food Sci* 57:558-563

Brooke MH, Kaiser KK. 1970 Three myosin adenosine triphosphate system : The nature of their pH liability and sulphhydryl dependence. *J Histochem Cytochem* 18:670-672

Byun MW, Kwon JH, Cho HO, Lee MK, Kim JG. 1985. Physicochemical changes of gamma-irradiated chicken. *Korean J Food Sci Technol* 17:186-191

- Chae HS, Na SC, Choi HC, Kim MJ, Bang HT, Kang HK, Kim DW, Suh OS, Ham JS, Jang A. 2011. Effect of gas mixture ratio of modified atmosphere packaging on quality of chicken breast. *Korean J Food Sci Ani Resour* 31:100-106
- Choi YI. 1992. Effect of phosphate on binding ability and storage characteristics of pre-cooked restructured chicken meat product. *Korean J Anim Sci* 34:307-315
- Davidek J, Khan AW. 1967. estimation of inosinic acid in chicken muscle and its formation and degradation during postmortem aging. *J Food Sci* 32:155-157
- Folch J, Lees M, Sloane-Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J Biol Chem* 226: 497-509
- Han Y, Linton RH, Nielsen SS, Nelson PE. 2001. Reduction of *Listeria monocytogenes* on green peppers(*Capsicum annuum* L.) by gaseous and aqueous chlorine dioxide and water washing and its growth at 7°C. *J Food Prot* 64:1730-1738
- Hart CD, Mead GC, Norris AP. 1991. Effect of gaseous environment and temperature on the storage behavior of *Listeria monocytogenes* on chicken breast meat. *J Appl Bacteriol* 70:40-49
- Hong YH, Kim MK, Song KB. 2008 Effects of aqueous chlorine dioxide treatment on microbial safety and quality of samgae chicken. *Korean J Food Preserv* 15:769-773
- Hood DE, Mead GC. 1993. Modified atmosphere storage of fresh meat and poultry. In: Principles and applications of modified atmosphere packaging of food. Parry, R. T. (ed) Blackie Academic and Professional. London, UK, pp. 269-298
- Hughes, MC, Kerry JP, Arendt EK, Kenneally PM, McSweeney PLH, O'Neill E E. 2002. Characterization of proteolysis during the ripening of semi-dry fermented sausages. *Meat Sci* 62:205-216
- Hwang YJ, Park DH, Yoon SH, Kim DJ, Lee WB, Yeon JS, Yi KJ, Kim SK. 2015. Quality characteristics of breast meat during post-mortem storage of chicken meat. *Korean J Poult Sci* 42:347-352

- Jayasena DD, Ahn DU, Nam KC, Jo C 2013. Flavour chemistry of chicken meat: A review. *Asian Australas J Anim Sci* 26:732-742
- Jo C, Ahn DU. 2000. Production volatile compounds from irradiated oil emulsions containing amino acids or proteins. *J Food Sci* 65:612-616
- Jo Y, An KA, Arshad MS, Kwon JH. 2017. Effects of e-beam irradiation on amino acids, fatty acids, and volatiles of smoked duck meat during storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, accepted
- Jung S, Bae YS, Yong HI, Lee HJ, Seo DW, Park HB, Lee JH, Jo C. 2015. Proximate composition, and L-carnitine and betaine contents in meat from Korean indigenous chicken. *Asian Australas J Anim Sci* 28:1760-1766
- Kang SM, Kang GH, Seong PN, Kim HS, Jung SG, Park BY, Kim DH, Cho SH. Free amino acids and aroma compounds of Hanwoo(Korean cattle) cow beef by muscle parts and aging. *Annals anim Resource Sci* 22:109-119
- KFDA. 2002. Food Code. Korea Food and Drug Administration, Seoul, Korea p. 222-223.
- Kim HJ, Kim D, Song SO, Goh YG, Jang A. 2016. Microbiological status and guideline for raw chicken distributed in Korea. *Korean J Poult Sci* 43:235-242
- Kim JH, Jeon JY, Ryu SR, Lee JW, Kim JH, Oh SH, Seo JH, Byun MW. 2005. Quality improvement of chicken breast meat in a group-meal service by gamma irradiation. *Korean J Food Preserv* 12:28-35
- Kim JM. 2001. Use of chlorine dioxide as a biocide in the food industry. *Food Indust & Nutr* 6:33-39
- Kim MJ. 2011. Nutritional value and characteristics of different part in chicken meat. *Monthly Korean Chicken* 17:90-93
- Kim MR. 1996. Effect of potassium sorbate and sodium acid pyrophosphate on microbiological and physicochemical characteristics of chicken. *J East Asian Dietary Life* 6: 187-194

- Kim SH, Jayasena DD, Kim HJ, Jo C, Jung S. 2014. Effect of adding *Lactobacillus*-fermented solution on characteristics of chicken breast meat. *Korean J Poult Sci* 41:127-133
- Kim YB, Ku SK, Joo BJ, Lee NH, Jang A 2012. Changes in nucleotide compounds, and chemical and sensory qualities of duck meat during aging at 0°C. *Korean J Food Sci An* 32:428-433
- Kim YH, Yang SY, Lee MH. 1987. The effect of freezing rates on the physico-chemical changes of chicken meat during frozen storage at 20°C. *Korean J Poult Sci* 14:145-151
- Kim YJ, Kim MH, Song KB. 2009. Efficacy of aqueous chlorine dioxide and fumaric acid for inactivating pre-existing microorganisms and *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* on broccoli sprouts. *Food Control* 20:1002-1005
- Lee HJ, Jo C, Nam KC, Lee KH. 2016. Quality attributes of fat-free sausage made of chicken breast and liquid egg white. *Korean J Food Nutr* 29:449-455
- Lee MS, Kim S, Moon S, Kim Y. 2015. Inhibitory effects of natural additives on pathogenic microorganisms growth during storage of commercial chicken. *Korean J Food Sci Technol* 47:574-578
- Nakatami Y, Fujita T, Sawa S, Otani T, Hori Y, Takagahara I. 1986. Changes in ATP-related compounds of beef and rabbit muscles and a new index of freshness of muscle. *Agric Biol Chem* 50:1751-1756
- Oh JH, Yoon S, Choi Y. 2014. The effect of superheated steam cooking condition on physico-chemical and sensory characteristics of chicken breast fillets. *Korean J Food Cook Sci* 30:317-324
- Park CI, Kim YJ 2008 Effects of dietary mugwort powder on the VBN, TBARS, and fatty acid composition of chicken meat during refrigerated storage. *Korean J Food Sci An* 28:505-511

- Park MN, Hong EC, Kang BS, Kim HK, Heo KN, Han JY, Jo C, Lee JH, Choo HJ, Suh OS, Hwangbo J. 2011. Fatty acid, amino acid and nucleotide-related compounds of crossbred Korean native chickens (KNC). *Korean J Poult Sci* 38:137-144
- Raeisi M, Tabaraei A, Hashemi M, Behnampour N. 2016. Effect of sodium alginate coating incorporated with nisin, *Cinnamomum zeylanicum*, and rosemary essential oils on microbial quality of chicken meat and fate of *Listeria monocytogenes* during refrigeration. *Int J Food Microbiol* 238:139-145
- Shin HY, Ku KJ, Park Sk, Song KB. 2006. Use of freshness indicator for determination of freshness and quality change of chicken during storage. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35:761-767
- Swan JE, Boles JA. 2002. Processing characteristics of beef roasts made from high and normal pH bull inside rounds. *Meat Sci* 62:399-401
- Waters AccQ • Tag amino acid analysis system. 1993. Operator' s manual, Manual number 154-02TP REV O June, USA.
- Yamamoto K, Samejima K. 1977. A comparative study of the change in hem pectoral muscle during storage at 4 and 2°C. *J Food Sci* 42:1642-1647
- Yang HS, Jeong JY, Choi YH, Joo ST, Park GB. 2009. Effect of different packaging methods on the quality and storage characteristics of domestic broiler breast meat during cold storage. *Korean J Poult Sci* 36:69-759

주 의

1. 이 보고서는 농림축산식품부에서 시행한 농식품 창업·벤처지원 R&D 바우처 시범사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 농림축산식품부에서 시행한 농식품 창업·벤처 지원 R&D 바우처 시범사업의 연구 결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.