한국농업기계학회 2005 동계 학술대회 논문집 pp.328-332

MFC(mass flow control)를 이용한 포장용 혼합 가스 system 설계
Design of Gas Mixing System for Packing with MFC

양승기* 정천순** 강위수*
S.K. Yang C.S. Jung W.S. Kang

1. 서 론

식품 포장에 이용되는 혼합가스 제조 방법은 기체의 분압을 이용하는 방법과 기체의 부피 유량을 이용하는 방법이 주로 이용되고 있으며, 국내외의 식품 포장용 혼합가스 기술 개발과 관련된 연구를 살펴보면, 야채류의 자동가스 대사 측정 장치 개발 연구(榷名 & 武未, 1997)에서 온도(5,15,25℃)와 산소농도가 호흡속도에 미치는 관계를 조사한 결과, 온도가 높을수록 청과물내의 산소 농도는 저하된다고 보고하였으며, 느타리버섯의 저장 가능 기체 조성 예측 연구(이현동 등, 2003) 결과에서 산소는 2.5~4.5%, 이산화탄소는 11.5~13%로 나타났다고 보고하였다.

CA, MA, LT 저장 실험에서 CA저장 방법이 마늘 저장 중 중량감소 방지에 효과적이었다고 보고(최동진 등, 2002)하였으며, 이산화탄소와 에틸렌의 비율, 계산, 분석, sampling을 위한 간편한 자동시스템 개발 연구(Alley E 등, 1981) 등이 발표되었다.

그리고 CA실험을 위한 압축 실린더내 가스 혼합 방법 연구(Sharon J. Peterson, 1989)에서는 partial pressure(Dalton law 적용), partial volume으로 실험하였으며, 고압 실린더에 산소, 이산화탄소, 질소, 에틸렌을 주입하여 실험한 결과, 질소와 혼합할 경우 산소와 이산화탄소가 1.0%이상 주입시 정확도는 ±5%, 저압일 경우는 ±10%였다고 발표하였다.

위와 같이 많은 연구들은 궁극적으로 농산물의 저장기간 연장과 신선도 유지에 연구의 중점을 두고 있으나, 포장 기술과 가스의 혼합 장치 개발에 관한 국내외의 선행 연구는 많지 않은 편이다.

본 실험에서는 3종류의 야채를 선택하여 혼합가스 포장에 의한 호흡률, 수분 손실률, 관능평가 등의 실험으로 최적의 혼합가스 농도비율을 구명하고, 특히 정도(精度)와 재현성이 우수한 MFC(mass flow control)를 이용한 포장용 혼합 가스 system 연구에 중점을 두었다.

2. 재료 및 방법

가. 재 료

일반적인 식품 포장용 혼합 가스 system은 주로 질소(N_2), 이산화탄소(CO_2), 산소(O_2) 3종류의 가스가 사용되는데, 본 연구에서도 일반적으로 시판되고 있는 3종류의 가스를 공시재료로 사용하였다. 포장지는 진공용 포장지 PEPA 75㎛(polyethylene polyamide)를 이용하였고, 상추 시금치 및 깻잎은 농가(강원도 춘천시)에서 구입하여 공시재료로 이용하였다.

*강원대학교 농업생명과학대학 농업공학부 **강원대학교 농업생명과학대학 식물응용과학부

나. 혼합 가스 system의 혼합 조성 실험

가스의 부피 조성비는 O_2 : CO_2 : N_2 = 10% : 10% : 80%로 고정하였으며, standard 가스는 혼합가스 전문 업체인 (주)리가스에서 혼합된 가스를 구입하여 사용하였다.

실험용으로 제작한 MFC기기를 사용하여 질소, 이산화탄소 및 산소를 농도 비율별로 주입하였으며, 가스 혼합 조성 비율의 정도(精度)는 GC(gas chromatography ; model 680D, 영인과학, 한국)로 측정하였다.

가스 혼합 시스템의 구성은 가스 용기에서 흐르는 압력은 정밀 압력게이지를 부착하여 나타나도록 하고, MFC를 거쳐 solenoid valve에서 제어된 다음 혼합용기에서 3종류 가스가 혼합 후에 포장하는 순서로 구성되었다. 이 장치에서 MFC기기와 solenoid valve는 control program이 내장된 P.L.C에 각각 연결되어 용이하게 제어하도록 설계하였다.

다. Active MA 포장이 엽채류의 품질 변화에 미치는 영향

상추(청치마), 시금치(입추시금치) 및 깻잎(잎들깨 1호)을 농가(강원도 춘천시)에서 구매하여 공시재료로 이용하였다. 포장은 상추와 시금치 경우 각 100g(22×30cm), 깻잎 30g(18×20cm)을 진공용 포장지 PEPA 75㎛(polyethylene polyamide)에 각각 넣고 임의로 조절된 혼합가스와 함께 밀봉하여 실온(약 27℃)에서 5일간 측정하였다. 가스처리에 따른 생리·생태적 변화를 알아보기 위해 호흡률을 측정하였고, 저장 중에 발생되는 품질변화를 측정하기 위해 수분손실 및 관능평가를 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 혼합 가스 system 기기 제작

본 연구에서 개발한 혼합 가스 system 기기는 그림 1과 같으며, 용이한 혼합 가스의 자동 농도 조절을 위하여 포장기기의 전면에 P.L.C control program을 내장한 one-touch형 모니터를 부착하여 시각적인 확인과 정확성을 향상시켰다.

그림. 1 MFC를 이용한 실험용 혼합 가스 System 기기

나. 혼합 가스 system의 혼합 조성비 정도 분석

질소, 이산화탄소 및 산소를 농도 비율별로 주입한 후의 가스 혼합 조성비율의 정확도는 GC로 측정하였으며 결과는 표 1, 2, 3과 같이 나타났다.

표 1. N_2와 CO_2의 측정

N_2 : CO_2 화학조성비율	N_2 : CO_2 (GC 측정치)	Difference(abs)	
		N_2	CO_2
97 : 3	97.8 : 2.2	0.8	0.8
94 : 6	94.8 : 5.1	0.8	0.9
91 : 9	91.5 : 8.4	0.5	0.6
88 : 12	88.0 : 11.9	0.0	0.1

표 2. N_2와 O_2의 측정

N_2 : O_2 화학조성비율	N_2 : O_2 (GC 측정치)	Difference(abs)	
		N_2	O_2
97 : 3	95.5 : 4.4	1.5	1.4
94 : 6	93.9 : 6.0	0.1	0.0
91 : 9	91.3 : 8.6	0.3	0.4
88 : 12	88.6 : 11.3	0.6	0.7

표 3. N_2, CO_2, O_2의 측정

N_2 : CO_2 : O_2 화학조성비율	N_2 : CO_2 : O_2 (GC 측정치)	Difference(abs)		
		N_2	CO_2	O_2
92 : 6 : 2	91.8 : 5.5 : 2.9	0.2	0.5	0.9
88 : 8 : 4	89.0 : 5.5 : 5.3	1.0	2.5	1.3
84 : 10 : 6	87.9 : 5.8 : 6.1	3.9	4.2	0.1
80 : 12 : 8	84.4 : 6.7 : 9.7	4.4	5.3	1.7

이와 같은 실험결과, 이산화탄소는 0.5~5.3%정도 적게 유입되었으며, 산소와 질소 경우에는 각각 0.1~1.7%, 0.0~4.4% 정도 많이 유입되었다.

다. Active MA 포장이 엽채류의 품질 변화에 미치는 영향

각각의 혼합가스 처리에 따른 상추, 깻잎 및 시금치의 관능평가 결과 이취보다는 외관품질 저하가 유통기간 제한요소로 작용한다는 것을 알 수 있었다(Table 4).

Table 4. The change of quality[z] in active MA storage of some leafy vegetables

Storage time (day)	Kinds of mixed gas (CO_2 : O_2)	Visual quality			Off-flavour		
		Lettuce	Perilla leaves	Spinach	Lettuce	Perilla leaves	Spinach
1	cont	3.6 c[y]	4.0 a	3.8 b	4.0 a	4.0 a	4.0 a
	6:2	3.8 b	4.0 a	3.6 c	4.0 a	4.0 a	4.0 a
	0:10	4.0 a	4.0 a	3.8 b	4.0 a	4.0 a	4.0 a
	0:30	4.0 a	4.0 a	4.0 a	4.0 a	4.0 a	4.0 a
	0:50	4.0 a	4.0 a	4.0 a	4.0 a	4.0 a	4.0 a
3	cont	2.2 e	3.0 d	0.6 d	2.2 e	3.2 b	3.2 c
	6:2	2.6 d	3.2 c	1.0 c	3.2 d	3.2 b	2.8 d
	0:10	3.4 c	3.2 c	1.2 b	3.4 c	3.4 a	3.2 c
	0:30	3.6 b	3.4 b	1.2 b	3.6 b	3.2 b	3.8 b
	0:50	3.8 a	3.8 a	3.6 a	4.0 a	3.4 a	4.0 a
5	cont	0.2 e	1.4 d	*[x]	1.2 e	2.6 d	*
	6:2	0.6 d	2.6 b	*	1.4 d	2.8 c	*
	0:10	1.4 c	2.4 c	*	2.4 c	2.8 c	*
	0:30	3.0 b	2.8 a	*	2.8 b	3.2 b	*
	0:50	3.2 a	2.8 a	*	3.0 a	3.4 a	*

[z]Sensory evaluation table : 4=excellent, 3=good, 2=moderate/marketable, 1=poor, 0=very poor.

[y]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level

[x]Data after shelf life was removed

4. 요약 및 결론

본 실험에서는 3종류의 가스 혼합시 정도(精度)가 우수하고 재현성이 향상된 MFC(mass flow control)를 이용한 야채 및 과일류의 포장용 혼합 가스 system을 설계하였으며, 5수준으로 구성된 혼합가스를 이용하여 3종류의 야채를 포장한 후 호흡률, 수분 손실률 및 관능평가 등을 실험하였다.

혼합 가스 system의 혼합 조성비 정도 분석에서 N_2와 CO_2 가스 경우에 이산화탄소는 설정치보다 0.1~0.9% 정도 적게 유입되었고, 질소 가스는 0~0.8% 정도 많이 유입되는 것으로 나타났다. 또한 N_2와 O_2가스 경우에는 산소가스가 설정치보다 0.0~1.4% 정도 많이 유입되었고, 질소 가스는 0.1~1.5% 적게 유입되었다. 그리고 N_2와 CO_2와 O_2 3종류 가스의 화학조성비율을 4수준으로 실험한 결과, 92:6:2인 경우 각각 0.2%, 0.5%, 0.9%로 1%미만의 미미한 차이를 나타냈으며, 88:8:4 경우는 질소1.0%, 산소1.3% 많게, 이산화탄소는 2.5%적게 주입되었다. 그러나 84:10:6인 경우에는 질소3.9% 많게, 이산화탄소는 4.2% 적게 유입되었으며, 산소는 차이를 보이지 않았다. 80:12:8 조성비율로 혼합된 가스는 질소와 산소는 각각 4.4%, 1.7% 많이 유입되었으나, 이산화탄소는 5.3% 적게 유입되었다.

이산화탄소는 실험된 8개구간 모두에서 설정치보다 적게 유입되었는데, 원인은 Graham 법칙에 따라 분자량이 가벼울수록 큰 속도를 가지게 되는데 따른 것으로 분석되었다.

또한 Active MA 포장이 엽채류의 품질 변화에 미치는 영향을 분석하였는데 상추, 시금치 및 깻잎의 호흡량 측정 경우 6:2 처리에서 호흡량이 가장 낮게 나타났다. 혼합가스 처리에 따른 수분 손실률은 상추의 경우 저장 5일째 0:30과 0:50 처리구에서 각각 2.4%로 가장 높게 나타났으며, 0:10과 무처리 그리고 6:2처리 순으로 낮게 나타났다.

각각의 혼합가스 처리에 따른 상추, 깻잎 및 시금치의 관능평가 결과 이취보다는 외관품질 저하가 유통기간 제한요소로 작용하는 것으로 분석되었다.

참 고 문 헌

1. 이현동, 윤홍선, 이원옥, 정훈, 조광환, 박원규, 느타리버섯의 환경기체조성 농도 예측 및 MA 저장 중 품질특성 변화, 한국식품저장유통학회지, Vol. 1, pp.16-22, 2003
2. 최동진, 이숙희, 김창배, 윤재탁, 최성국. CA 및 MA 저장이 마늘의 품질변화에 미치는 영향, 한국원예학회지, 43(6):703-706, 2002
3. Alley E. Watada and David R. Massie A Compact Automatic System for Measuring CO_2 and C_2H_4 Evolution by Harvested Horticultural Crops, HORTSCIENCE, Vol. 16(1). February 1981
4. Sharon J. Peterson, Werner J. Lipton, and Masami Uota. Methods for Premixing Gases in Pressurized Cylinders for Use in Controlled Atmosphere Experiments.
5. 権名. and 武末. 1997. 野菜類の自動ガス代謝測定裝置の開發. 農流技研會報 pp123:13-16

Abstract

농산물의 저장기간 연장과 신선도 유지에 많은 연구가 이루어지고 있으나, 포장 기술과 가스의 혼합 장치 개발에 관한 국내외의 선행 연구는 그리 많지 않다. 따라서 정확한 혼합가스 농도 조성과 재현성이 우수한 MFC(mass flow control)를 이용한 포장용 혼합 가스 system 연구에 중점을 두었다.

혼합가스 system의 혼합 조성비 실험은 N_2와 CO_2, N_2와 O_2 그리고 N_2와 CO_2와 O_2의 3가지 방법으로 실시하였다.

가스의 분출속도는 질소>산소>이산화탄소의 크기로 이루어지기 때문에 질소와 산소는 먼저 유입되는데 반하여 상대적으로 분자량이 큰 이산화탄소는 분출속도가 느려 조성비율보다 적게 혼입되는 현상을 나타냈다.

N_2와 CO_2와 O_2의 화학조성비율을 4수준으로 실험한 결과, N_2성분 함량이 적을수록, CO_2와 O_2의 함량은 많아질수록 편차가 커지는 것으로 나타났다.

또한 Active MA 포장이 엽채류의 품질 변화에 미치는 영향을 분석하였는데 상추, 시금치 및 깻잎의 호흡량 측정 경우 6:2 처리에서 호흡량이 가장 낮게 나타났다.

혼합가스 처리에 따른 수분 손실률은 상추의 경우 저장 5일째 0:30과 0:50 처리구에서 각각 2.4%로 가장 높게 나타났다.

각각의 혼합가스 처리에 따른 상추, 깻잎 및 시금치의 관능평가 결과 이취보다는 외관품질 저하가 유통기간 제한요소로 작용하는 것으로 분석되었다.