

# 품질예측시스템을 이용한 CA저장 ‘후지’ 사과 감모율 예측

김미나\*, 손재용°, 박천완°, 최승영\*, 최동수\*, 김용훈\*, 김진세\*

## Weight Loss Rate Prediction by Quality Prediction System of ‘Fuji’ Apple Stored in CA Storage

Mi-na Kim\*, Jae-yong Son°, Chun-wan Park°, Seoung-young Choi\*, Dong-soo Choi\*,  
Yong-hoon Kim\*, Jin-se Kim\*

### 요약

본 연구는 CA저장 컨테이너와 연결된 품질예측시스템을 이용하여 저장 중인 ‘후지’ 사과의 감모율을 비파괴적으로 예측하기 위하여 수행하였다. CA저장 시험은 4개 지역을 대상으로 하였으며, 감모율 예측성능은 감모율 예측 수식에 포함된 주요 인자인 증산계수와 저장 중 컨테이너의 문 개폐 횟수 및 개폐 누적 시간과의 관계를 이용하여 감모율 예측에 미치는 영향을 분석하였다. 증산계수에 따른 감모율 예측의 경우 증산계수 42와 50을 이용하여 실측값과 예측값을 비교한 결과 증산계수 50으로 했을 때 예측 오차의 RMS error값이 A지역 0.11178(1회차), 0.16204(2회차), B지역 0.12023으로 나타난 반면, 증산계수 42일 때에는 A지역 0.29772(1회차), 0.35742(2회차), B지역 0.29050으로 나타나 증산계수 50에서 감모율 예측이 유리한 것으로 나타났다. CA 컨테이너의 문 개폐 횟수가 4회로 동일한 B지역과 D지역의 감모율 예측오차의 RMS error값은 B지역은 0.1202, D지역은 0.7833으로서 큰 차이를 보여 개폐 횟수는 감모율 예측에 직접적인 영향을 미치지 않았다. 그러나 개폐 누적 시간이 B지역은 197분, D지역은 360분으로 나타나 누적 시간이 클수록 오차가 큰 것으로 나타났다.

**키워드** : 기체제어저장, 호흡지수, 산소, 이산화탄소, 저온저장고

**Key Words** : Controlled atmosphere storage, Respiration quotient, Oxygen, Carbon dioxide, Cold storage

### ABSTRACT

This study was conducted to non-destructively predict the weight loss rate of Fuji apple by means of a quality prediction system connected to a controlled atmosphere (CA) storage container. Four CA storage containers in different regions were used for the experiment. The weight loss rate was predicted by the proposed formular based on transpiration coefficient, the number of door openings, and the accumulated door-opening time. The prediction formular was evaluated with experiment data at the transpiration coefficients 42 and 50,

※ 본 연구는 농촌진흥청 기관고유사업(과제번호:PJ014182) 지원에 의해 이루어진 것임

• First Author : Department of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, kmn8824@korea.kr, 연구원, 정희원

° Corresponding Author : Department of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, son1892@korea.kr, 농업연구관, 정희원

° Corresponding Author : Department of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, chunwan1@korea.kr, 박사후연구원, 정희원

\* National Institute of Agricultural Science, Rural Development Administration, {csy21780, choi0ds, yhkim}@korea.kr; ferroj@korea.kr, 정희원

논문번호 : 202005-105-0-SE, Received May 11, 2020; Revised June 23, 2020; Accepted June 26, 2020

respectively. At the transpiration coefficient 50, the prediction of the loss rate was in a good agreement with experimental results. The RMS error values of the predicted error rate at the transpiration coefficients 50 for A area were 0.11178(1st) and 0.16204(2nd), and B area was 0.12023, respectively. The RMS error values of the predicted error rate at the transpiration coefficients 42 for A area were 0.29772(1st), 0.35742(2nd), and B area was 0.29050, respectively. The difference between the RMS error values of the predicted error rate of the B and D area where the CA container had 4 times of number of door opened was 0.1202 in the B area, and 0.7833 in the D area, respectively. It indicated that the number of door opened did not directly affect the prediction of the reduction rate. However, the accumulated door-opening time was proportional to the RMS error. The accumulated door-opening time of CA storage was 197 minutes in B area and 360 minutes in D area, respectively.

## I. 서 론

사과 등 신선 농산물은 수분함량이 높고 수확 후 증산 및 호흡작용 등에 의해 급격한 품질변화가 나타나 장기저장이 쉽지 않다<sup>1)</sup>. 농산물의 급격한 품질변화는 수확 후 전처리, 가공, 저장 및 유통과정 등 전 공정에서 발생되며 여기서 발생 되는 물리적 손실은 경제적 손실로 이어져 소득과 직결된다. 농산물 수확 후 손실은 국내 농산물의 총 유통 비용 중 약 20 ~ 30%를 차지하며 비용으로 환산하면 약 3조원으로 추정된다<sup>2,3)</sup>.

특히 장기저장이 어려운 신선 농산물은 생산 시기 한정과 특정 시기 흉수 출하로 농산물 가격하락을 유발하며, 이는 농업인의 경제적 어려움 가중 및 사회적 갈등의 원인이 되기도 한다<sup>4)</sup>. 이에 신선 농산물의 수확 후 손실 감소 및 출하지연을 통한 수급량 조절 등을 위하여 장기 저장방법은 저온저장에서부터 MA<sup>5)</sup>, 1-MCP처리<sup>7)</sup>, CA<sup>8)</sup>, DCA<sup>9)</sup> 저장기술까지 신선농산물의 고품질화를 위하여 꾸준한 연구개발을 통하여 진화되었다.

수확 후 관리기술 중 CA(Controlled Atmosphere) 저장은 저장고 내부의 산소와 이산화탄소 기체농도 범위를 설정된 값으로 강제 조절하는 농산물 장기저장 기술이다. 5 ton 규모 CA저장고는 기체조절 후 문을 열면 5분 이내에 대기 상태인 산소 20.9%, 이산화탄소 0.03%로 바뀌며, 다시 저장 조건인 산소 2~3%에 도달하기 위해서는 약 15시간이 소요되어 사과의 생리현상에 변화를 주기 때문에 품질저하로 이어질 수 있다. 따라서 CA저장은 기체환경을 일정하게 유지하는 것이 중요하며 저장 중인 농산물을 확인하기 위한 문 개폐를 최소화해야 한다<sup>4)</sup>.

CA저장을 위해서는 문을 열지 않고 저장 농산물의 품질 상태를 수시로 확인 할 수 있는 방법이 필요하

며, 동시에 기체환경 조절 상태, CA저장 제어시스템의 정상 작동상황 유무 등을 원격으로 실시간 모니터링 할 수 있는 기술개발이 요구되었다<sup>4)</sup>.

사회적으로도 IT융합 기반의 첨단기술이 국내 농업 기술의 고도화를 견인하고 있으며, 이에 농산물 저장 유통체계는 과거 사후관리 해결방식에서 실시간 관리 및 통제가 가능한 솔루션 및 예측 시스템 개발을 요구하였다<sup>3)</sup>.

농업 현장과 관련된 IT융합 기반의 농업기술 고도화는 농산물 품질예측시스템이 대표적이다<sup>4)</sup>. 이는 사과 CA저장고 내부의 온도, 습도, 산소 및 이산화탄소 농도 등 기체 환경과 저장 중인 사과의 품질을 비파괴적으로 실시간 예측 그리고 제어시스템 작동상황 등을 원격으로 모니터링이 가능하다.

본 연구에서는 농업공학부에서 개발하여 농가에 시범보급되어 운영 중인 4개 지역의 CA저장시스템을 대상으로 품질예측시스템 성능을 평가하였다. CA저장시스템은 저장 컨테이너와, 질소발생기, 온습도 센서, 품질예측시스템, 웹서버 등으로 구성되어 있으며 품질예측시스템을 통해 수집된 데이터를 활용하여 지역별 예측된 감모율과 실제 측정된 '후지' 사과의 감모율을 비교하여 성능평가를 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 2.1 CA저장시스템

#### 2.1.1 기체환경 제어시스템 구성

그림 1은 본 연구에서 사용된 CA저장고와 품질예측시스템 등을 도식화한 것으로서 CA저장고, 질소발생기, 중계기와 웹서버 기반의 품질예측시스템으로 구성되어 있다.

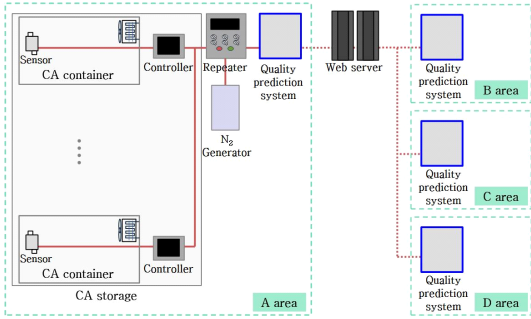


그림 1. 기체환경 제어시스템 구성  
Fig. 1. Schematic diagram of gas environmental control system

(1) CA저장고 및 질소발생기

CA저장고는 기밀성이 양호한 컨테이너(38m<sup>3</sup>, Cooltainer co., Iksan-si, Korea), 컨테이너 내부 산소 및 이산화탄소 농도를 측정하는 통합센서 (SH-VT250\_O2, Sohatech co., Seoul-si, Korea)로 구성되어 있다. CA저장고와 주변장치들의 통신은 RS-485에 의해 송수신하며, 컨트롤러 내부 DDC-472에 입력된 배출식 CA저장고 제어프로그램<sup>[10]</sup>으로 기체조성을 제어한다. CA저장고와 연결된 질소발생기는 PSA(Pressure Swing Adsorption)방식이며, CMS(Carbon molecular sieve)흡착제를 사용한다. 질소발생기 제어는 중계기에서 출력된 RS-485 통신을 사용하며, CA저장고 내부 기체상태를 설정값에 맞추어 조절할 수 있도록 고농도의 질소(99%)를 생성하여 공급한다.

표 1은 CA저장 컨테이너와 기체환경 측정 센서, 제어기, 질소발생기에 대한 세부 사양을 제시하였다.

(2) 중계기(질소발생기 공유기)

중계기는 1대의 질소발생기를 이용하여 다수의 CA저장고 기체환경을 제어한다. 다수의 CA저장고로 공급되는 기체제어 밸브와 질소발생기의 공급농도를 순차적으로 제어한다. 중계 모니터에는 개개의 CA저장고에서 설정한 기체농도 값 및 측정 중인 기체농도가 동시에 표시된다.

(3) 품질예측시스템

품질예측시스템은 중계기에서 전송된 데이터를 수집하고 품질예측 값을 산출하며, 전송된 데이터와 품질예측 산출 값을 웹서버로 전송하는 역할을 한다.

그림 2는 품질예측시스템을 나타낸 것이며, 멀티리피터(KC530, Kisansystem, Gwangmyeong-Si,

표 1. CA 저장시스템 사양  
Table 1. The specification of CA storage System

Components		Specification
Air-tight container	Volume of the container	38m <sup>3</sup> (6.0 x 2.4 x 2.7 m)
	Volume of the breather bag	3.0m <sup>3</sup> (5.0 x 2.0 x 0.3 m)
	Maximum loading capacity	about 5,000 kg (288Box of apple, 17~18kg/Box)
Sensor	Temperature	-25 ~ 85℃
	Relative humidity	0 ~ 100%±4.5% (99.9% at 0℃)
	Oxygen	0.1 ~ 25.0% (accuracy ± 0.22%)
	Carbon dioxide	0.00 ~ 5.00% (accuracy ± 0.01%)
Condensing unit	Compressor	3HP
	Unit cooler	5HP
Controller	Monitor	12V DC
	Main	100~220VAC, 50/60Hz Input port: 18 Port Output port: 20 Port Analogue input port: 8 port Analogue output port: 2 port Communication port: 3 port
	N2 generator	Type of oxygen removal: PSA (Pressure swing adsorption) Flow rate of nitrogen: 6 Nm <sup>3</sup> /h Oxygen purity: 1.0% below

Korea), 양방향신호변환기(CNV485U, Realsys, Anyang-Si, Korea), 소형PC(RaspberryPi 3B+, Raspberry Pi foundation, Cambridge, UK), 인터넷공유기(ipTIME N104 plus-i, Efmnetworks co., Yongin-si, Korea)로 구성되어있다.

멀티 리피터는 CA저장고 및 제어기, 중계기에서 전송되는 통신신호를 전달한다. 양방향 신호변환기는 멀티리피터에서 전송되는 RS-485 통신신호를 USB통신으로 변환하여 소형PC로 전달한다. 소형PC는 USB통신으로 CA저장고 내 기체환경 측정 값을 전송받은 뒤, PC내 저장된 품질예측알고리즘에 의해 품질예측 값을 계산한다. 저장고 내부 환경 측정값과 품질예측 값은 소형PC와 연결된 인터넷공유기를 통해 웹서버

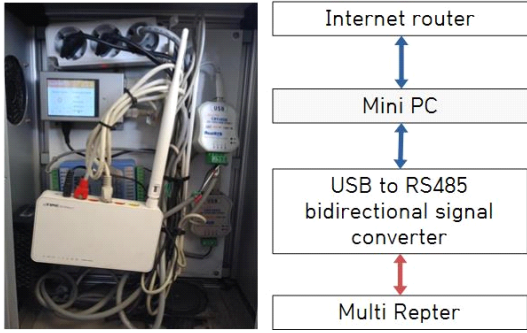


그림 2. 품질예측시스템 및 작동 메커니즘  
Fig. 2. Picture of quality prediction system and operation mechanism

로 전송된다.

#### (4) 웹서버

웹서버는 품질예측시스템을 통해 전송되는 지역별 CA저장고의 제어상태 및 품질예측 데이터값을 인터넷으로 수집·저장한다. 웹서버는 전력공급용 소형 UPS(APC SMT10001, APC co., Rhode island, USA) 1대, Broker Server와 Web Server용 컴퓨터(DM500T7Z-AD7S) 2대로 구성되어있다.

#### 2.1.2 품질예측식

품질예측식은 선행연구<sup>4)</sup>에서 제시한 감모율 예측식을 활용하였다. 감모율은 CA저장고 내부 온도, 습도에 영향을 받으며 사과와 저장고 내부 증기분압차에 의해 계산된다<sup>4,5)</sup>. 농산물에 따라 분압차에 따른 증산량이 서로 다르며 사과와 저장환경 사이의 물질전달 계수에 의해 결정되며, 이를 증산계수라고 한다.

### 2.2 CA저장 및 품질조사 시험

#### 2.2.1 CA저장 방법 및 조건

‘후지’ 사과 CA저장은 4개 지역(A~D)에서 수행하였으며, CA저장 컨테이너에는 약 5 ton의 사과를 저장하였다. 이전의 CA저장 연구에서 밝혀진 최적 조건과 동일하게 최초 21일까지 저온저장 한 뒤 CA저장모드로 변경하여 저장하였다. 사과의 CA저장은 갈변 원인인 밀 증상을 없애기 위한 지연 CA로 최초 21일까지는 저온저장이 요구된다<sup>11)</sup>. 따라서 본 연구에서의 저장 조건은 O<sub>2</sub> 2 ~ 3%, CO<sub>2</sub> 0.2 ~ 0.5%, 온도 0±1℃, 상대습도 95%이었다.

A 지역은 2회 시험하였으며, 각각 2017년 11월 ~ 2018년 6월(A-1), 2018년 11월 ~ 2019년 6월(A-2)까지 저장하였다. B ~ C 지역은 2018년 11월 ~

2019년 6월까지, D 지역은 2018년 11월 ~ 2019년 3월까지 저장하였다.

#### 2.2.2 품질조사

A-1 지역은 저장기간 0일, 133일, 188일차에 품질조사를 하였고, A-2 지역 및 B ~ C 지역은 0일, 70일, 140일, 210일, D지역은 0일, 70일, 140일차 전후로 조사하였다.

감모율(Weight loss rate, TLOSS<sub>Real</sub>)은 사과 무게 측정값을 계산식 (1)에 대입하여 구하였다. 무게 측정은 지역별로 무게 측정용 고정시료를 10 Box 정한 뒤 품질조사일에 저울(DW-150, CAS, Yangju, Korea)을 사용하여 고정시료 10 Box 무게를 각각 측정하여 계산하였다.

$$TLOSS_{Real} = \frac{W_I - W_F}{W_I} \times 100 \quad (1)$$

W<sub>I</sub>(kg): Initial weight of ‘Fuji’ apple

W<sub>F</sub>(kg): Final weight of ‘Fuji’ apple

데이터는 SPSS(IBM SPSS Statistics 20, Chicago, IL, USA)프로그램을 사용하여 평균과 표준편차를 구하였으며, one-way ANOVA, Duncan’s multiple comparison test를 통하여 분석하였다(p<0.05).

### III. 결 과

감모율 예측은 증산계수 42와 50을 이용하여 비교하였다. 그림 3 ~ 6은 4개 지역별 CA저장 ‘후지’ 사과의 감모율에 대한 실측값과 예측값을 나타낸 것이며, 실선과 점선은 각각 증산계수 42와 50으로 예측한 결과이다.

그림 3은 A 지역의 감모율을 예측한 것으로서 A-1 데이터는 2017~2018년 저장한 것이며, A-2는 2018~2019년 저장한 것이다. 그림 4는 B 지역에서 2018~2019년 감모율을 예측한 결과를 나타낸 것이다. 그림 3, 4와 같이 증산계수 42에 비해 50에서 양호하게 예측되는 것으로 나타났다.

그림 5, 6은 각각 C 지역과 D 지역에서 저장한 사과의 감모율 예측결과를 나타낸 것이다. 두 지역 모두 증산계수와 관계없이 A, B 지역에 비해 감모율 예측정도가 다소 낮은 것으로 나타났다. 이와 같이 감모율 예측정도가 낮아지는 이유는 표 2에서 알 수 있듯이 저장 중 CA 컨테이너의 문을 자주 개폐하였거나 문 개폐 누적 시간이 길었기 때문인 것으로 확인되었다.

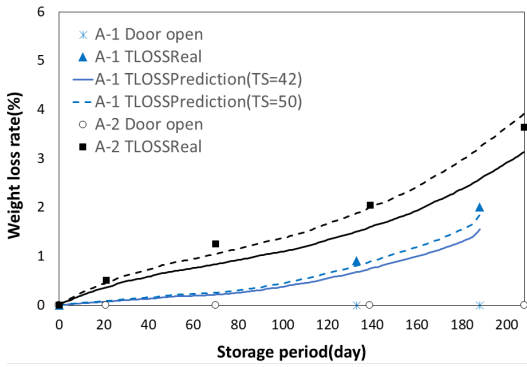


그림 3. 후지 사과의 예측 중량감소율과 실측 중량감소율의 비교(A 지역)  
Fig. 3. Comparison of the prediction of weight loss rate and real values of 'Fuji' apple(A area)

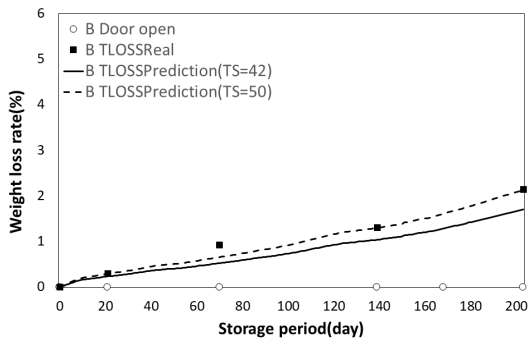


그림 4. 후지 사과의 예측 중량감소율과 실측 중량감소율의 비교(B 지역)  
Fig. 4. Comparison of the prediction of weight loss rate and real values of 'Fuji' apple(B area)

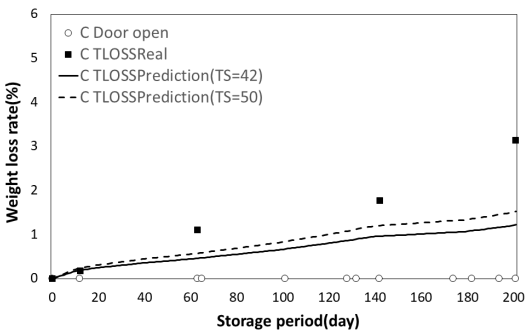


그림 5. 후지 사과의 예측 중량감소율과 실측 중량감소율의 비교(C 지역)  
Fig. 5. Comparison of the prediction of weight loss rate and real values of 'Fuji' apple(C area)

표 2는 저장기간 중 CA저장고의 문 개폐 횟수 및 문 개폐 누적 시간이 감모율 예측성능에 미치는 영향을 나타낸 것이다.

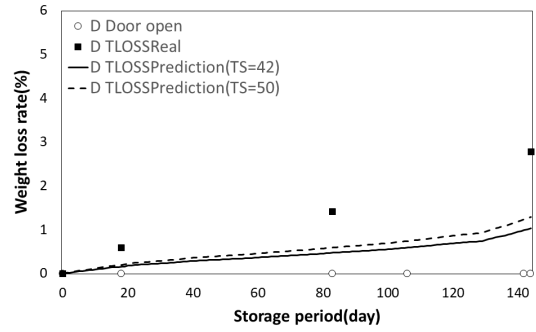


그림 6. 후지 사과의 예측 중량감소율과 실측 중량감소율의 비교(D 지역)  
Fig. 6. Comparison of the prediction of weight loss rate and real values of 'Fuji' apple(D area)

표 2. CA 저장 중 문 개폐 횟수 & 개폐 누적 시간과 중량 감소율과의 관계(4 지역)

Table 2. Relationship between the number of door opens & the accumulated door opening time and RMS error of weight loss rate(TLOSS) during the CA storage period (4 area)

	A-1 area	A-2 area	B area	C area	D area
The number of door opens (number)	1	3	4	10	4
The accumulated door opening time (min)	30	89	197	476	360
RMS error (TS=42)	0.2977 2	0.3574 2	0.2905 0	0.9737 3	1.0117 4
RMS error (TS=50)	0.1117 8	0.1620 4	0.1202 3	0.7998 2	0.7833 4

※ TS : 증산계수  
※ TS : Transpiration coefficient

A 지역은 문 개폐 횟수 및 개폐 누적 시간이 적기 때문에 예측오차가 낮게 나타났으나 C, D 지역 그렇지 않아 상대적으로 오차가 크게 나타났다. 특히 D 지역은 문 개폐 횟수는 B 지역과 동일한 4회이지만 개폐 누적 시간에 있어서는 B 지역이 197분, D 지역은 360분으로서 개폐 누적 시간이 클수록 예측오차도 크게 나타났다. 즉, 문 개폐 횟수보다 개폐 누적 시간이 감모율 예측에 미치는 영향이 큰 것을 확인할 수 있었다. 또한, 증산계수 50으로 예측할 경우 42에 비해 오차가 낮게 나타났다.

그림 7은 문 개폐 횟수와 예측 오차와의 관계를 나타낸 것이다. 문 개폐 횟수가 4회인 지역은 B와 D 지역으로서 추세선에서 벗어난 정도가 작은 지역은 B

지역이고, 벗어난 정도가 큰 지역은 D 지역으로 나타나 문 개폐 횟수가 감모율 예측에 직접적인 영향을 주지 않는 것으로 나타났다.

그림 8은 문 개폐 누적 시간과 예측 오차와의 관계를 나타낸 것이다. 그림과 같이 저장기간 중 문 개폐 누적 시간이 적을수록 감모율 예측이 양호한 것으로 나타났다.

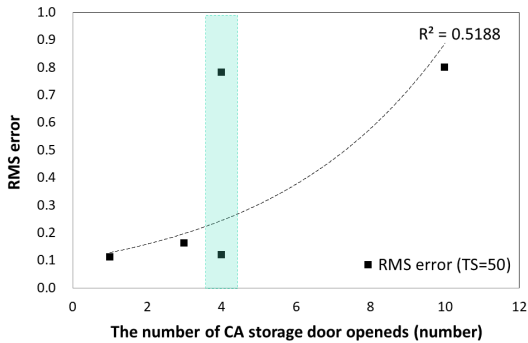


그림 7. 문 개폐 횟수와 중량감소율과의 관계(A~D 지역)  
Fig. 7. Relationship between the number of door openings and RMS error of weight loss rate(A ~ D area)

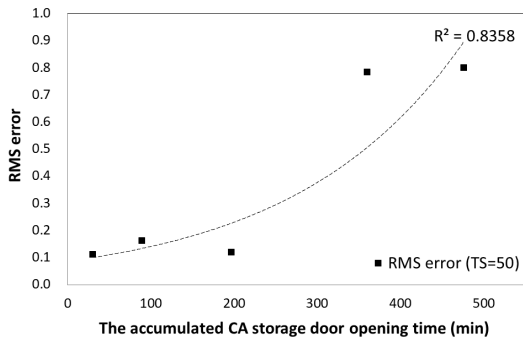


그림 8. 문 개폐 누적 시간과 중량감소율과의 관계(A~D 지역)  
Fig. 8. Relationship between the accumulated door opening time and RMS error weight loss rate(A~D area)

#### IV. 결 론

사과의 품질 중 감모율은 품질을 결정하는데 중요한 인자이며 수분 감소에 의한 감모율 증가는 품질저하로 농가소득에 부정적 영향을 미친다. 따라서 본 연구는 CA저장 컨테이너와 연결된 품질예측시스템을 이용하여 저장 중인 ‘후지’ 사과의 감모율을 예측하기 위하여 수행하였다.

감모율 예측은 증산계수를 주요 인자로 하였으며, 42와 50을 이용하여 실측값과 예측값을 비교하였다.

저장시험은 4개 지역을 대상으로 하였으며 저장 중 CA저장 컨테이너의 문 개폐 횟수 및 개폐 누적 시간이 감모율 예측 오차에 미치는 영향을 분석하였다.

증산계수에 따른 감모율 예측은 계수 50으로 한 경우 42에 비해 양호하게 나타났다. 동일한 지역(A 지역)에서 2회(2017~2018년, 2018~2019년)에 걸쳐 시험 한 결과 증산계수 42인 경우 예측 오차의 RMS error값이 각각 0.29772, 0.35742이었으나, 증산계수 50으로 한 경우에는 예측 오차의 RMS error값이 각각 0.11178, 0.16204으로 나타났으며, B 지역에서도 증산계수 42, 50인 경우 예측 오차의 RMS error값이 각각 0.29050, 0.12023으로 나타나 증산계수 50이 감모율 예측에 유리한 것으로 나타났다.

사과 저장 중 CA 컨테이너의 문 개폐 횟수 및 누적 시간이 감모율 예측 오차에 미치는 영향을 분석한 결과 개폐 횟수는 직접적인 영향을 미치지 않았으나 개폐 누적 시간은 감모율 예측 오차에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다. A, B 지역은 문 개폐 횟수 및 개폐 누적 시간이 적어 예측 오차가 낮게 나타났으나(증산계수 50에서 RMS error A-1: 0.11178, A-2: 0.16204, B: 0.12023), C와 D 지역은 그렇지 않아 상대적으로 오차가 크게 나타났다(증산계수 50에서 RMS error C: 0.79982, D: 0.78334).

특히 D 지역은 문 개폐 횟수는 B 지역과 동일한 4회이지만 개폐 총 시간은 B 지역 197분, D 지역은 360분이므로 D 지역 오차가 크게 나타나 문 개폐 누적 시간이 감모율 예측에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다.

#### References

- [1] J. W. Kim, “Quality change according to drying method and drying method of agricultural products, utilization and excellence of infrared drying method,” *Food Preservation and Process. Ind.*, vol. 18, no. 2, pp. 7-15, 2019.
- [2] C. H. Yul and Y. H. Kim, “Study on shipment time of low-temperature stored apple,” *J. Korea Academia-Industrial Cooperation Soc.*, vol. 18, no. 7, pp. 554-564, 2017.
- [3] Y. S. Kwak and S. I. Song, “Research on the advancement of agricultural technology based on IT convergence,” *Korea Inst. Info. Technol. Mag.*, vol. 9, no. 1, pp. 81-86, 2011.



- [4] S. H. Park, C. W. Park, J. W. Park, D. S. Choi, J. S. Kim, Y. H. Kim, S. R. Choi, and S. J. Lee, "Prediction for storage life and quality of Fuji apple stored in a controlled atmosphere container," *Food Eng. Progress*, vol. 20, no. 4, pp. 373-378, 2016.
- [5] C. W. Park, S. H. Park, J. S. Kim, D. S. Choi, Y. H. Kim, and S. J. Lee, "Weight loss prediction by operating conditions of CA storage," *Food Eng. Progress*, vol. 21, no. 3, pp. 1-6, 2017.
- [6] D. S. Chung, Y. P. Hong, and Y. S. Lee, "Effects of modified atmosphere film packaging application and controlled atmosphere storage on changes of quality characteristics in Hongro and Gamhong apples," *Korean J. Horticultural Sci. and Technol.*, vol. 24, no. 1, pp. 48-55, 2006.
- [7] J. G. Yoo, B. K. Kang, J. W. Lee, D. H. Kim, D. H. Lee, H. Y. Jung, D. G. Choi, M. G. Choung, I. M. Choi, and I. K. Kang, "Effect of preharvest and postharvest 1-methylcyclopropene(1-MCP) treatments on fruit quality attributes in cold-stored Fuji apples," *Korean J. Horticultural Sci. and Technol.*, vol. 33, no. 4, pp. 542-549, 2015.
- [8] Y. M. Park, H. G. Park, and B. S. Lim, "Analysis of postharvest 1-MCP treatment and CA storage effectson quality changes of 'Fuji' apples during export simulation," *Korean J. Horticultural Sci. and Technol.*, vol. 29, no. 3, pp. 224-231, 2011.
- [9] F. R. Thewes, A. Brackmann, V. Both, A. Weber, R. O. Anese, T. S. Ferrao, and R. Wagner, "The different impacts of dynamic controlled atmosphere and controlled atmosphere storage in the quality attributes of 'Fuji Suprema' apples," *Postharvest Biol. and Technol.*, vol. 130, pp. 7-20, 2017.
- [10] S. H. Park, H. H. Chun, S. J. Lee, D. S. Choi, S. R. Choi, J. S. Kim, and S. S. Oh, "Storage system for storing agricultural products and method for the same," Korea patent, No. 10-2014-0158017, 2016.
- [11] H. J. Kweon, D. G. Choi, J. W. Lee, H. Y.

Jung, M. G. Choung, and I. K. Kang, "Effects of delayed CA treatment on fruit quality of 'Fuji' apples during storage," *The Korean Soc. Bio-Environ. Control Protec.*, vol. 22, no. 3, pp. 202-208, 2013.

김 미 나 (Mi-na Kim)



2011년 2월 : 상명대학교 식물산업공학과 학사  
 2015년 8월 : 상명대학교 식물식품공학과 석사  
 2017년 2월~현재 : 국립농업과학원 수확후관리공학과 연구원

<관심분야> 저장유통공학, 농생명공학  
 [ORCID:0000-0001-9286-9499]

손 재 용 (Jae-yong Son)



1993년 2월 : 경북대학교 농업기계공학과 학사  
 1995년 8월 : 경북대학교 농업기계공학과 석사 졸업  
 2004년 8월 : 경북대학교 생물산업기계공학과 박사 졸업  
 1992년 7월~현재 : 국립농업과학원 수확후관리공학과 농업연구관

<관심분야> 저장유통기계, 근적외선 분광분석  
 [ORCID:0000-0003-3559-0082]

**박 천 완 (Chun-wan Park)**



2009년 2월 : 전북대학교 기계공학과 학사  
2011년 2월 : 전북대학교 기계공학과 석사  
2016년 2월 : 전북대학교 기계공학과 박사  
2016년 1월~현재 : 국립농업과학원 박사후연구원

<관심분야> 냉동공학, 환경제어, 센서공학, 저장유통  
[ORCID:0000-0002-1485-6331]

**김 용 훈 (Yong-hoon Kim)**



1995년 2월 : 한국의국어대학교 화학과 학사  
1997년 2월 : 한국의국어대학교 대학교 화학과 석사  
2005년 : The graduate university for advanced studies (일본) 박사

2009년 1월~현재 : 국립농업과학원 수확후관리공학과 농업연구사

<관심분야> 화학공학, 저장유통공학, ICT융복합  
[ORCID:0000-0001-7214-1388]

**최 승 영 (Seoung-young Choi)**



1994년 2월 : 전주비전대학교 비서학과 전문학사  
2018년 3월~현재 : 한국방송통신대학교 농학과 학사  
2017년 1월~현재 : 국립농업과학원 수확후관리공학과 연구원

<관심분야> 유전공학, 원예학, 빅데이터  
[ORCID:0000-0002-3504-1107]

**김 진 세 (Jin-se Kim)**



1998년 2월 : 고려대학교 물리학과 학사  
2000년 2월 : 고려대학교 물리학과 석사  
2018년 8월 : 충남대학교 농기계공학과 박사  
2013년 10월~현재 : 국립농업과학원 수확후관리공학과 농업연구사

<관심분야> 냉동공학, 저장유통공학  
[ORCID:0000-0001-5514-3445]

**최 동 수 (Dong-soo Choi)**



1991년 2월 : 충남대학교 농업기계공학과 학사  
1993년 2월 : 충남대학교 농업기계공학과 석사  
2001년 2월 : 충남대학교 농업기계공학과 박사  
1998년 2월~현재 : 국립농업과학원 수확후관리공학과 농업연구사

<관심분야> 농업공학, 냉동공학  
[ORCID:0000-0003-2492-8324]