

CA저장 ‘후지’ 사과와 저장수명 및 품질 예측

박석호* · 박천완 · 박중우 · 최동수 · 김진세 · 김용훈 · 최승렬 · 이수장
농촌진흥청 국립농업과학원 농업공학부

Prediction for Storage Life and Quality of Fuji Apple Stored in a Controlled Atmosphere Container

Seok Ho Park*, Cheon Wan Park, Jong Woo Park, Dong Soo Choi, Jin Se Kim,
Yong Hun Kim, Seung Ryul Choi, and Su Jang Lee

Department of Agricultural Engineering, National Institute of Agricultural Sciences,
Rural Development Administration

Abstract

This study was carried out to indirectly predict the storage time limit, hardness, and acidity of Fuji apples in controlled atmosphere (CA) storage. A sensor installed inside the CA storage measured temperature, relative humidity, and gas composition data in real time. The respiration rate from five tons of apples in CA storage was calculated to predict the weight loss rate. As a result, the predicted and actual weight loss rate induced a predictable residual storage time equation that showed a significantly high correlation. The apple storage period showed a high reliability ($R^2=0.9322$) because the predicted equation using respiration rate and number of days stored was about nine months for five tons of apples. Furthermore, the hardness and acidity prediction equation were derived from the quality analysis. However, there was not enough analysis sample correlation (the coefficient was as low as 0.3506 and 0.3144, respectively), but the tendency could be confirmed by reduced hardness and acidity. As a result, these quality prediction equations could encourage CA container distribution, effective for agricultural shipment regulation and increasing the ease of operations.

Key words: controlled atmosphere, storage life, respiration rate, apple storage

서 론

매년 신선 농산물의 홍수 출하는 가격하락을 유발하고 농업인의 경제적 어려움을 가중시켜 사회적 문제로 갈등이 증폭됨에 따라, 이에 대한 해결책을 필요로 하게 되었다. 일반적인 해결책으로는 저장기간 연장을 통한 농산물의 출하시기 조절이 제시되고 있으며, 이는 생산 및 유통단계에서 모두 적용 가능하여 시장규모가 크지 않은 국내에 적합한 출하시기조절 방법으로 인식 및 이용되고 있다(Park, 2010). 이처럼 1990년대 초반 국내에 보급되기 시작한 농산물 저온저장고는 농산물의 저장기간을 연장시켜 수급조절 및 계절에 관계없는 공급에 기여하게 되었다. 하지만 근래에 들어 저온저장만으로는 수급조절을 및 고품질의 농

산물을 요구하는 소비자의 욕구를 충족시키지 못 함에 따라 농업현장에서는 저온저장고보다 저장기한이 길며, 고품질을 유지할 수 있는 기체조절(controlled atmosphere; CA) 저장고에 대한 요구가 증가추세에 있다(Lim et al., 2009; Park et al., 2015).

정부적 차원에서 1990년대 중반 CA저장고를 수입하여 사과의 CA저장을 유도하려는 사업을 추진하였으나, 사과 내부에 갈변이 발생하는 등 운용에 문제가 발생하여 사업이 중단되었다(Park et al., 2005). 이후 국내에서 CA저장 및 장치개발에 관한 연구가 지속적으로 이루어져왔으나 센서 및 기밀유지와 같은 기반기술이 뒷받침되지 못해 실용화가 어려웠다(Park et al., 2016). 이로 인해 일부 대형유통시설에서는 CA저장고를 수입 설치해서 운영하고 있으나 설치비용이 비싸고 A/S가 되지 않는 등의 문제가 발생하여 여전히 국내에 확대 보급되지 못하는 실정이었다. 하지만 최근 순수 국내기술의 CA저장고의 개발 및 상용화가 가시화됨에 따라 이를 효과적으로 이용하기 위한 연구가 필요로 하게 되었다(Park et al., 2016).

CA저장고는 수시로 문을 열어 저장 농산물의 품질을 확

*Corresponding author: Seok Ho Park, Division of Postharvest Engineering, National Institute of Agricultural Science, Wanju, Jeollabuk-do, 565-851, Korea

Tel: +82-63-238-4123; Fax: +82-63-238-4105

E-mail: shpark1827@korea.kr

Received October 17, 2016; revised November 10, 2016; accepted November 14, 2016

인할 수가 없고, 더구나 국내 대부분의 농가는 CA저장고 운용 경험이 없기 때문에 장비운용 및 관리에 대한 불안감이 매우 높은 상황이다. 따라서 CA저장에 따른 저장농산물의 막대한 손해를 방지하기 위한 저장농산물의 품질을 예측하는 전문적 기술이 반드시 동반되어야 한다.

저장농산물의 품질을 예측하기 위한 연구는 국내에서 찾아보기 힘든 실정이지만, 국외에서는 품질에 영향을 미치는 변수인 온도, 습도, 산소(O₂), 이산화탄소(CO₂) 및 에틸렌에 대하여 활발한 연구가 진행 중이다. Thorne et al. (1978)은 온도의 변화에 따른 저장수명 예측식을 제시하였고, Tijskens et al. (1999)은 시간, 온도, 기체환경, 호흡 및 에틸렌 농도를 고려한 예측식을 개발하였으나 너무 복잡하여 저장수명 예측에 제약이 따르는 것으로 보고하였다. Morris et al. (2003)은 Thorne et al. (1978)이 제시한 예측식에 냉해에 따른 저장수명 단축을 추가하여 선박수송 시 30종의 농산물의 저장수명 예측식을 제시하였다. Praeger et al. (2013)은 바나나 선박 수송기간 중 온도, 습도 및 CA환경 변화에 따른 저장성 분석을 위하여 녹색유지기간 예측식을 개발한바 있으며, Kale et al. (2014)은 수분손실, 에너지 및 비타민 C값의 변화에 따른 콜리플라워의 유통기한 예측식을 개발하였다. 이와 같이 최근 연구에서는 대부분의 수명예측 인자로 감모율을 이용하였으며, 사과와 감의 경우는 감모율이 7%가 되면 위조현상이 일어나서 상품성이 소멸되고, 이러한 중량감소는 대부분 증산작용에 의하여 일어나기 때문에 농산물의 수분 손실률은 농산물과 주위 공기 사이의 증기압 차와 농산물의 증산계수를 통하여 산출할 수 있다고 밝히고 있다(Thomson et al., 2008). 이에 따라 Kwak et al. (2012)은 저장고의 상대습도변화에 따른 저장기간과 감모율 사이의 상관관계를 분석하여 사과의 저장수명을 예측한 바 있다.

따라서 본 연구에서는 CA저장고의 안정적인 운용 및 유지관리를 지원하기 위하여, CA저장고에 저장된 사과를 대상으로 호흡률을 바탕으로 한 품질 및 저장기한 예측식을 개발하여, 현재 보급되고 있는 CA저장고에 탑재하여 운전상황을 모니터링하고 저장환경 관리기능을 통한 CA저장고 이용자의 편의를 증대시킬 수 있는 시스템을 개발하고자 수행되었다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 재료는 전라북도 장수군 농업기술센터에서 2015년 10월 수확된 후지 사과 중 중량이 200-250 g 내외인 중소과를 선별한 후 5톤을 내부체적 28.6 m³의 CA저장고에 적재하고 CA 상태에서 9개월가량 실험하였다.

CA저장고 내 기체 환경 분석을 통한 호흡률 산출

호흡률을 바탕으로 CA저장 사과의 저장수명을 예측하기 위해서는 저장기간이 길어질수록 사과의 호흡률이 일정하게 감소되어야 한다. 이에 따라 자체 개발된 CA컨테이너(Park et al., 2015) 내부의 기체 제어 및 환경을 분석하기 위하여 통합센서(VT250-02, Soha-Tech, Seoul, Korea)을 설치하고, 사과를 입고 후 온도, 습도, O₂ 및 CO₂의 농도 변화를 측정하였다. 사과의 CA저장은 저온저장을 통하여 사과의 갈변 원인인 밀 증상을 소멸시키기 위한 지연 CA 단계, 호흡증가에 따른 CO₂ 관리 단계 및 장기저장의 3 단계로 저장하였다(Kweon et al., 2013). 지연 CA 단계는 3주 동안 0°C에서 20.9% O₂ 및 0.03% CO₂로, 2단계에서는 3개월 동안 2% O₂ 및 0.5% 이하 CO₂, 3단계는 저장종료시점까지 2% O₂ 및 1% 이하의 CO₂로 유지하도록 설정하였다. CA저장고 내부의 O₂ 및 CO₂의 농도 변화는 CA저장고에서 설정한대로 지연 CA 단계에서는 21일 동안 20.9% O₂ 및 0.03% CO₂로, 이후 2단계에서는 90일 동안 2% O₂ 및 0.5% 이하의 CO₂로 유지되었고, 111일째부터는 2% O₂ 및 1% 이하의 CO₂ 농도로 유지되었다(Fig. 1). Park et al. (2005)의 연구에서 사과의 호흡률은 입고 시점 2.2 mL/kg·h에서, 입고 후 20일에 3.0 mL/kg·h로 최대로 증가한 후, 저장 100일에는 1.1 mL/kg·h까지 서서히 감소하였다. 이는 농산물의 호흡률이 저장기간의 증가에 따라 감소한다는 것으로 이를 이용하여 사과의 저장수명 및 품질 예측이 가능할 것으로 가정하고, Fig. 2에 사과의 호흡률을 단위시간에 따른 CO₂의 발생 양으로 도식화 하였다. O₂ 농도 0.5% 이하 유지구간에서는 CO₂가 A에서 B로 증가하고, CO₂ 농도 1.0% 이하 유지구간에서는 C에서 D로 증가하며, 저장기간이 길어질수록 호흡률을 나타내는 기울기가 감소한다(Fig. 2). 저장고는 질소공급이 중단될 때 내부 기체 교반에 의하여 급격한 조성 변화가 나타난다. 따라서 정확한 CO₂ 농도 측정을 위해서 0.5% CO₂ 설정 구간에서는 안정화 단계에 접어든 0.3-0.4% 사이의 값과 1.0% CO₂ 유지 구간에서는 0.5-0.6% 사이의 계측 값을 취하여, CO₂의 증가량을 나타내는 Y와 증가 소요시간을 나타내는

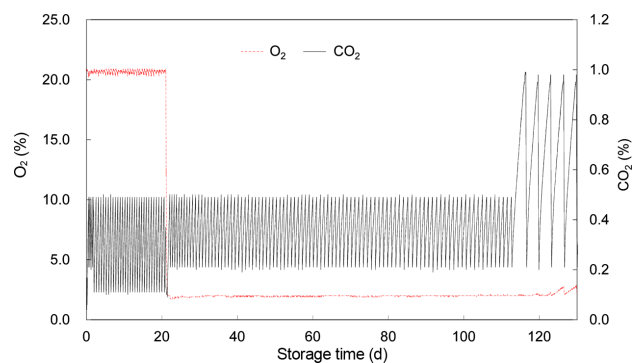


Fig. 1. Variation of oxygen and carbon dioxide concentration inside CA container.

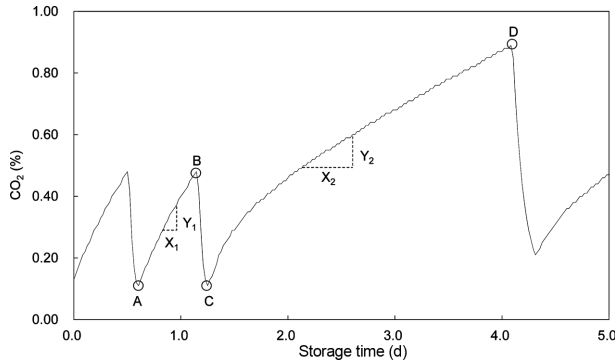


Fig. 2. Slope of respiration rate inside CA container.

X의 기울기 관계식 (1)에 따라 각 구간별(1, 2, ..., x) 호흡률(Respiration rate; R)을 산출하였다.

$$R \text{ (CO}_2 \text{ %/t)} = \frac{Y_1}{X_1}, \frac{Y_2}{X_2}, \dots, \frac{Y_x}{X_x} \quad (1)$$

사과의 CA저장중 품질 조사

사과의 품질 예측 값 및 실험값 비교를 위한 CA저장중 품질평가 인자인 경도 및 적정산도에 대하여 저장기간 동안 월별로 조사하고, 감모율은 저장 22, 165 및 227일째에 대하여 조사하였다. 품질분석은 저장 기간별 사과 60개씩을 무작위로 추출하여 과육의 경도를 texture analyzer (TA-XT2, Stable Micro System Ltd., Surrey, UK)를 사용하여 penetration test를 수행하였다. 지름 5 mm puncture probe를 사용하였으며 test speed 2 mm/s 속도와 10 mm 깊이로 과육을 통과하였다. 적정산도는 시료 20 g과 증류수 180 mL를 혼합한 뒤 균질화 하여, 균질화된 시료 20 mL를 0.1 N NaOH 용액으로 pH 8.2가 될 때까지 적정하고 사과의 주요 유기산인 malic acid 함량(%)으로 계산하였다. 저장에 따른 사과의 감모율은 저장 전 후에 측정된 중량차이에 대한 백분율로 나타내었다.

통계처리

데이터의 신뢰성 증가를 위하여 2014년 10월부터 2015년 08월과 2015년 10월부터 2016년 06월까지 두 차례에 걸쳐 후지 사과의 CA저장실험을 수행하고 SPSS 23 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 회귀분석을 수행하고, 호흡율 및 품질분석 결과에 대하여 평균값으로 나타냈다.

결과 및 고찰

사과의 CA저장중 감모율 예측식

사과의 감모율(Weight loss; WLOSS)은 Thompson et al. (2008)이 제시한 증산계수(transpiration coefficient; TS)와

증기압 차(vapor pressure deficit; VPD)를 이용하여 식 (2)로 예측하였다. 사과의 TS는 42 mg/kg·s·MPa이다.

$$WLOSS \text{ (mg/kg·sec)} = TS \times VPD \quad (2)$$

$$VPD \text{ (MPa)} = VP_{\text{apple}} - VP_{\text{air}} \quad (3)$$

$$VP_{\text{apple}} \text{ (MPa)} = 6.138 e^{0.0698T} \times 0.0001 \quad (4)$$

$$VP_{\text{air}} = VP_{\text{apple}} \times (RH \times 0.01) \quad (5)$$

VPD는 관계식 (3)에 따라 정의될 수 있으며, 사과 내부의 증기압(VP_{apple})은 관계식 (4)와 같이 정의되고, T는 저장고의 내부온도(°C)를 나타낸다. 사과 외부의 증기압(VP_{air})은 관계식 (5)와 같으며, RH는 저장고 내부의 상대습도(%)로 정의된다.

국내산 후지 사과의 함수율은 84%로 매우 높은 수분함량을 가지고 있으며(Park et al., 2016), 약 7%의 수분손실에 의하여 위조현상이 발생되고 상품성이 소멸된다고 알려져 있다(Thompson et al., 2008). 이와 같이 농산물의 수분감소는 농산물의 외관에 심각한 손상을 입히고 소비육구 및 상품가치 하락의 주 원인으로 작용하기 때문에 감모율을 이용한 품질평가 및 최대저장가능일수(Maximum storage length; MSL) 산정이 가능하다고 판단된다. 감모율 산출 관계식 (2)를 이용한 사과의 감모율 예측 값과 CA저장 사과의 시험 분석된 감모율과의 상관관계를 Fig. 3에 나타내었다. VPD 산출을 위한 온 습도는 전체 저장기간의 평균값을 적용하였다. 그 결과, CA저장고를 이용하여 후지 사과 5톤을 약 9개월간 저장했을 때의 감모율은 실험 값과 관계식 (2)의 결과 값과 일치하였다.

사과의 저장 중 저장가능일수 예측

예측된 감모율을 바탕으로 사과의 최대저장가능일수(Maximum storage life; MSL)의 산정이 가능하며, MSL을 산출하기 위한 관계식 (6)은 사과의 저장한계 감모율(Maximum loss; MLOSS) 7%와 일감모율(Daily loss; DLOSS) 사이에서 유도할 수 있다. DLOSS는 식 (2)의 수분손실률의 단위인 mg/kg·s를 %/d로 환산하기 위한 식으로 1 kg은 1,000,000 mg으로, 1일은 86,400 s로 환산하여 식 (7)과 같이 계산하였다. 저장기간 중 총 감모율(Total loss; TLOSS)은 DLOSS와 저장일수(D) 사이에서 관계식 (8)과 같이 유도된다.

$$MSL \text{ (d)} = MLOSS/DLOSS \quad (6)$$

$$DLOSS \text{ (%/d)} = (WLOSS/1,000,000) \times 100 \times 86,400 \quad (7)$$

$$TLOSS \text{ (%)} = DLOSS \times D \quad (8)$$

사과의 잔여 저장기한(Storage life; SL)에 대한 예측 관계식은 (9)와 같이 MSL와 예측저장일수와의 차로 나타낼 수 있다.

$$SL \text{ (d)} = MSL - SDAYS \quad (9)$$

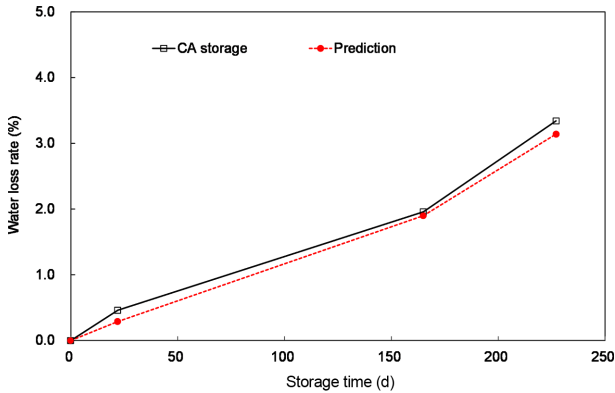


Fig. 3. Water loss rate inside CA container.

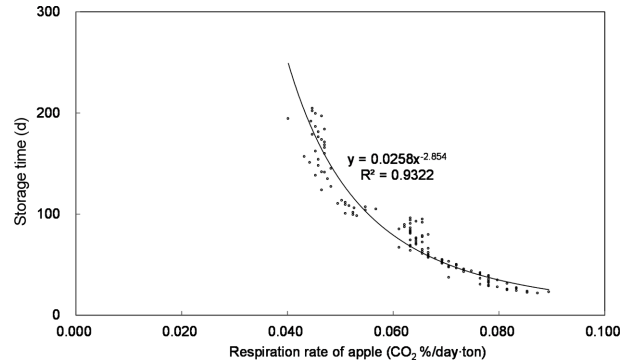


Fig. 4. Prediction of storage days using respiration rate of apple inside CA container.

예측저장일수(Storage days; SDAYS)에 대한 관계식을 유도하기 위하여 CA저장고에서 계측되고, 관계식 (1)에 의해 산출된 후지 사과의 저장기간에 따른 호흡률을 Fig. 4에 나타내었다. CO₂ 관리 단계인 2단계부터 3단계 장기저장 단계까지 205일에 대하여 도식화 한 결과, SDAYS에 대한 회귀식 (10)이 유도되었으며, R²가 0.9322로 타당한 가정임을 보여주었다.

$$SDAYS (d) = 0.0258R^{-2.584} \quad (10)$$

이와 같은 결과에 비추어 볼 때, MLOSS를 바탕으로 한 MSL 및 R을 바탕으로 산출된 SDAYS를 이용한 잔여 저장가능 일의 산출이 가능하다. 이미 사과에 대한 저온저장 중 감모율 예측 관계식은 Koh et al. (1984)의 연구에서 유도된 바 있으나, 이는 CA 저장이 아닐 뿐만 아니라 실시간 계측이 아닌 고정 조건하에서 관계식이 유도되어 환경변화에 따른 변수에 취약한 단점을 가졌다. 하지만 환경변수를 반영하고자 하는 연구는 Kwak et al. (2012)에 의해 시도되었고, 본 연구에서는 실제 저장환경계측이 가능한 CA저장고를 이용하여 CA저장 중 지속적인 실시간 데이터 분석 및 품질평가를 통하여 정밀도 향상이 이루어졌으며, 지속적인 연구를 통하여 표본을 증가시킨다면 더욱 정확한 저장가능일 수 예측이 가능할 것으로 판단된다.

사과의 저장 중 품질변화 분석 및 예측

예측된 품질과 실제 CA저장 중 품질변화를 비교하기 위한 후지 사과의 CA저장 중 품질변화는 Table 1에 나타내었다. 사과의 저장 중 품질변화는 감모율의 경우 0%에서

3.34%까지 크게 변하는 반면, 경도의 경우 16.5N에서 14.7N으로 소폭 감소만을 나타내었으며, 적정산도 역시 0.411%에서 0.359%로 소폭 감소를 나타냈다. 이러한 결과를 바탕으로 후지 사과의 경과 저장일 수(D)에 따른 품질변화와의 상관관계를 분석하기 위하여, CA저장중 경도(Hardness; HNESS) 및 산도(Acidity; ACID)의 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 하지만 회귀분석결과 경도(Fig. 5A)에 관한 관계식 (11)의 R²가 0.3506이었고, 산도(Fig. 5B)에 관한 관계식 (12)의 R²가 0.3144로 타당성이 낮게 나타났다.

$$HNESS (N) = 20.378 \times D^{-0.06} \quad (11)$$

$$ACID (\%) = 0.5345 \times D^{-0.077} \quad (12)$$

이와 같은 관계식의 낮은 신뢰도는 9개월의 CA저장 기간이 사과의 뚜렷한 품질변화를 가져오기에 부족한 시간이었던 것에 기인하는 것으로 판단된다(Gross et al., 2004). 하지만 이와 같이 낮은 상관계수에도 불구하고 저장기간에 따른 사과의 경도 및 산도의 감소경향은 분명하게 나타날 뿐만 아니라, Kweon et al. (2013) 및 Lim et al. (2009)의 연구에서도 사과의 저장기간 증가에 따른 품질저하 경향이 분명하게 나타나있다. 또한 Koh et al. (1984)의 연구에서는 경도 및 산도측정을 통한 상품성을 예측식을 유도할 수 있었다. 따라서 후속 저장연구를 수행하여 저장기간에 따른 경도 및 산도 분석을 통한 표본 데이터를 축적 한다면 신뢰도를 증가시킬 수 있을 것으로 판단된다.

CA저장고 품질예측 알고리즘

경도, 산도 및 감모율 예측식을 현재 보급중인 배출식

Table 1. Changes in physicochemical qualities of Fuji apples during storage

Value	Storage time (day)								
	0	31	73	105	133	164	196	227	254
Hardness (N)	15.3±2.5 ¹⁾	16.5±1.7	16.5±1.7	14.9±1.8	14.4±1.7	16.3±3.6	13.6±1.3	14.7±2.4	15.3±1.4
Acidity (%)	0.41±0.08	0.41±0.01	0.39±0.03	0.39±0.01	0.39±0.01	0.39±0.01	0.39±0.01	0.36±0.05	0.30±0.09

¹⁾The values represent mean±SD for sixty experiments.

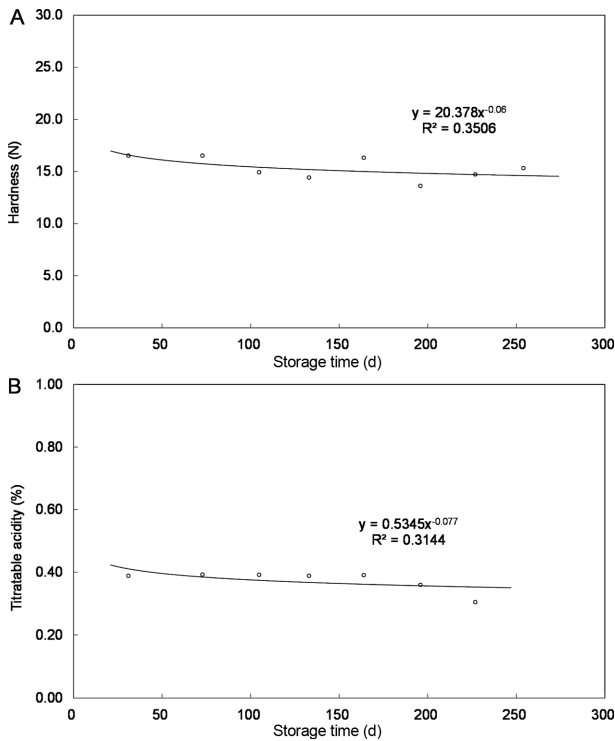


Fig. 5. Prediction of hardness (A) and of titratable acidity (B) using storage days of apple inside CA container.

CA 저장고(Park et al., 2016)에 적용하여 실시간 품질예측 시스템 구축을 위한 사과 품질예측 제어알고리즘을 Fig. 6에 나타내었다. 호흡률(R)을 산출하기 위한 사과의 저장량(ton)은 사과입고 시에 사용자가 수동으로 입력하고, CO₂농도, 온도(T), 습도(RH) 및 저장 경과 일수(D)은 CA저장고에 장착된 센서에 의해 자동으로 입력하도록 설계하였다. 또한 CO₂농도는 기체조절 밸브가 모두 닫힌 상태에서 $0.3 \leq CO_2 \leq 0.4$ 또는 $0.5 \leq CO_2 \leq 0.6$ 범위에 있을 때만 유효값으로 이용하고, 증산계수(TS)와 한계 감모율(MLOSS)은 별도의 선행연구 결과 및 문헌에 따라 입력하도록 설계하였다. 그 결과 호흡률(R)에 변화에 따라 잔여 저장일수(SL) 및 이를 이용한 경도(HNESS)와 적정산도(ACID)을 실시간으로 산출하여, CA저장고 내부에 존재하는 사과의 상품성을 제어판을 통하여 판단할 수 있도록 구성하였다. 이는 저장고 내 온습도 계측을 통하여 저장한계 및 감모율을 예측한 Kwak et al. (2012)의 연구보다 호흡률에 대한 정보를 추가함으로써 정밀도가 향상되었고, 감모율 뿐만 아니라 산도 및 경도와 같은 소비자의 주요 품질결정 인자에 대한 대략적인 예측 가능하다는 장점을 가진다. 또한 이와 같이 호흡률에 기반을 둔 품질예측시스템은 사과뿐만 아니라 다양한 작물에 적용이 가능하며, 연구기간이 길어질수록 정확성이 증가한다는 장점을 가진다. 따라서 보급되는 CA저장고에 품질예측 시스템을 탑재하고 각 저장고를 네트워크상에 연결할 경우, 저장고 내부에 존재하는 사

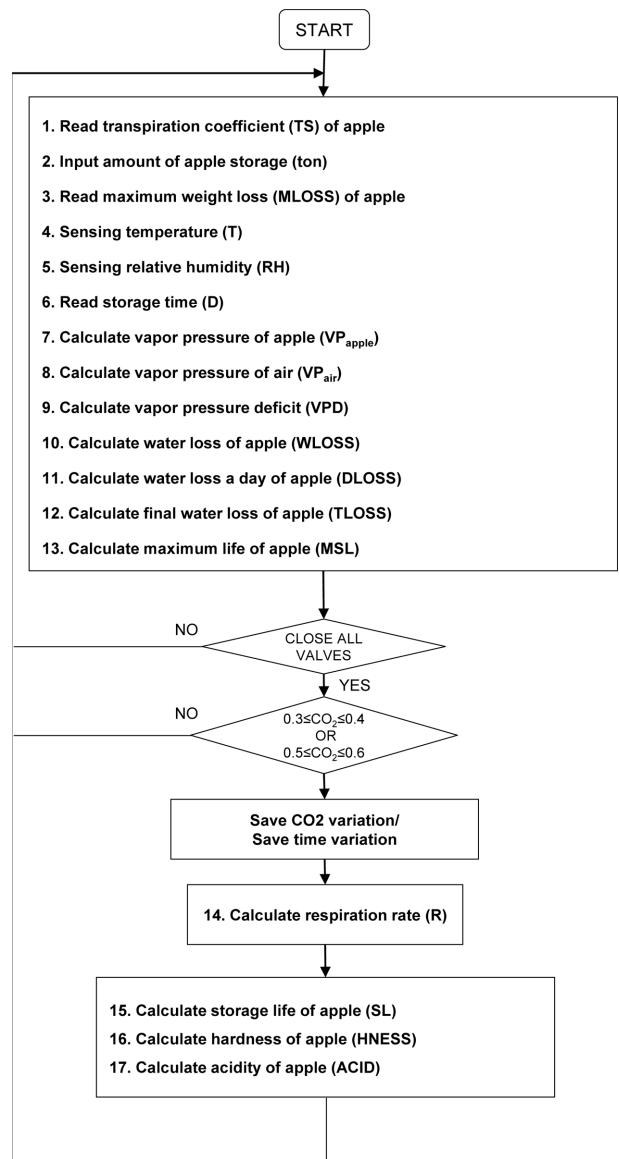


Fig. 6. Control algorithm for prediction of storage life of apple inside CA container.

과를 직접 확인하는 번거로움을 덜어줄 수 있을 뿐만 아니라, 각 저장고의 운용상황을 모니터링하고 농산물의 출하 시기 예측 및 출하량 결정에 매우 유용하게 이용 가능할 것으로 판단된다.

요 약

본 연구에서는 CA저장고에서 후지 사과 저장 시 저장고 내부 센서를 이용하여 온도, 상대습도, 경과 저장일 수를 실시간을 계측하고 저장된 사과의 무게 정보를 통한 잔여 저장일 수, 경도 및 산도를 간접적으로 예측이 가능하도록 하기 위해 수행되었다. CA저장고에 저장한 5톤의 사과로부터 얻어진 정보를 이용하여 호흡률을 산출하고, 이를 바

탕으로 감모율을 예측하였다. 또한 예측된 감모율과 실제 감모율은 매우 높은 상관성을 나타내었으며, 감모율에 따른 잔여 저장가능일 수 예측 관계식을 유도하였다. 사과와 저장기한은 CA저장고를 이용하여 후지 사과 5톤을 약 9개월간 저장했을 때 호흡과 저장 경과 일 수와의 관계식으로 예측한 값이기 때문에 상관계수가 0.9322로 높은 신뢰성을 나타냈다. 하지만 동일 저장조건에 사과의 품질분석 결과로부터 얻어진 경도 및 산도 예측식은 저장 시 품질변화 폭이 적고 분석 표본이 부족하여 상관계수가 각각 0.3506 및 0.3144로 매우 낮게 나타나 추가적인 연구를 통한 표본 수 및 신뢰도 증가가 필요하다. 이와 같은 품질예측시스템에 대해 지속적인 연구를 통하여 신뢰성을 높여 CA저장고에 적용할 경우 운용상항에 따른 품질 예측을 통해 이용자의 불안감을 해소시켜 CA저장고 보급을 촉진시킬 뿐만 아니라 출하시기 조절에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2016년 농촌진흥청 기관고유사업(과제번호: PJ0119622016)의 지원에 의해 이루어진 것으로 감사드립니다.

References

- Adel K. 2002. Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California, Division of Agricultural and Natural Resources, California, USA, pp. 119-124.
- United State Department of Agriculture Agricultural Research Service. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. Available from: <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/contents.html>. Accessed Aug. 1, 2014.
- Kale A, Sundaram K. 2014. Generation of shelf life equations of cauliflower. *Int. J. Agr. Food Sci. Tech.* 5: 15-26.
- Koh HY, Park MH, Shin DH, Min BY. 1984. Prediction of weight losses and quality changes in long storage of apples. *J. Korean Agricultural Chemical Society.* 27: 146-150.
- Kwak YS, Lee JY, Cho MA, Kim HJ, Shin HJ, Song SK. 2012. A study on the quality measurement and environment monitoring for farm products based on sensor network. *Kor. Inst. Inform. Tech.* 11: 159-164.
- Kweon HJ, Choi DG, Lee JW, Jung HY, Choung MG, Kang IK. 2013. Effects of delayed CA treatment on fruit quality of 'Fuji' apples during storage. *Protec. Hort. Plant Fact.* 22: 202-208.
- Lim BS, Park YM, Hwang YS, Do GR, Kim KH. 2009. Influence of ethylene and 1-methylcyclopropene treatment on the storage quality of 'Hongro' apples. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 27: 607-611.
- Morris SC, Jobling JJ, Tanner DJ, Forbes-Smith MR. 2003. Prediction of storage or shelf life for cool stored fresh produce transported by reefers. In: *Proceedings of 2003 International Conference on Quality in Chains: An Integrated View on Fruit and Vegetable Quality.* July 6-9, Wageningen, Netherlands, pp. 305-311.
- Park JE. 2010. A study on the circulation improvement program about the stabilization of price for the Korean agricultural products. *J. Distrib. Manage. Res.* 13: 33-54.
- Park JW, Kim JS, Park SH, Choi DS, Choi SR, Kim YH, Lee SJ, Park CW, Han GJ. 2016. Estimating the freezing and supercooling points of Korean agricultural products from experimental and quality characteristics. *Korean J. Food Preserv.* 23: 438-444.
- Park SH, Chun HH, Choi DS, Choi SR, Kim JS, Oh SS, Lee JS. 2015. Development of controlled atmosphere container using gas separation membrane for the storage of agricultural products. *Food Eng. Prog.* 19: 70-75.
- Park SH, Park JW, Choi DS, Kim JS, Kim YH, Choi SR, Oh SS, Oh YS, Lee JS. 2016. Development of the purge-type controlled atmosphere storage container and analysis of gas control performance. *Food Eng. Prog.* 20: 15-20.
- Park YM, Hong YP, Kweon HJ. 2005. *Postharvest Technology Manual.* Ministry of Agriculture, Food and Rural affairs, Sejong, Korea.
- Praeger U, Linke M, Jedermann R, Moehrke A, Geyer M. 2013. Effect of storage climate on green-life duration of bananas. In: *Proceeding of 5th International Workshop Cold Chain Management,* June 10-11, Bonn, Germany, pp. 1-7.
- Thompson JF, Mitchell FG, Rumsey TR, Kasmire RF, Crisosto SH. 2008. *Commercial Cooling of Fruits, Vegetables, and Flowers.* Regents of the University of California, California, USA. p. 61.
- Thorne S, Meffert HFT. 1978. The storage life of fruits and vegetables. *J. Food Qual.* 2: 102-112.
- Tijskens LMM, Rodis PS, Hertog MLAT, Proxenia N, Van DC. 1999. Activity of pectin methyl esterase during blanching of peaches. *J. Food Eng.* 39: 167-177.