

발수제를 적용한 농산물 재배용지의 제조

김강재 · 정진동 · 안은별 · 엄태진[†]

접수일(2015년 8월 7일), 수정일(2015년 8월 18일), 채택일(2015년 8월 20일)

Application of Agricultural Cultivation Paper Treated with Water Repellent

Kang-Jae Kim, Jin-Dong Jung, Eun-Byeol Ahn and Tae-Jin Eom[†]

Received August 7, 2015; Received in revised form August 18, 2015; Accepted August 20, 2015

ABSTRACT

Agricultural cultivation papers treated with water repellent were investigated in order to analyse mechanical properties and durability. The water repellency was optimal when papers are treated with Wb and Sa water repellents. Also, WCPs with 5% water repellent were more effective than those of 3 and 10%. In addition, water repellency of WCPs with Wb and Sa water repellents were kept constant in correlation with aging time. Finally, WCP with Wb water repellent possesses efficiency in terms of mechanical properties and durability.

Keywords: *Agricultural cultivation paper, water repellent, thermal aging, water repellency, agricultural products*

• 경북대학교 농업생명과학대학 임산공학과(Dept. of Wood Science and Technology, College of Agriculture and Life Science, Kyungpook National University, Daegu, 41566, Korea)

[†] 교신저자(Corresponding Author): E-mail: tjeom@knu.ac.kr

1. 서론

우리의 생활수준이 향상됨으로서 농산물의 포장에 대한 소비자의 요구는 점차 선진국화, 고급화 되어가고 있다. 일반적으로 농산물 재배용지에서 주로 요구되는 성질은 먼저 농산물을 덮어씌우는 작업성이 좋아야 하며, 재배용지가 강우 등에 의하여 탈락되지 않고 농산물의 생육 중 재배용지가 찢어지지 않기 위해 고른 지합, 습윤강도 및 발수성 등의 물리적 성질이 요구된다. 그 중에서도 노천에 방치되는 제품 특성상 높은 내구성과 농산물이 영글어가는 중요한 지점인 여름의 태풍, 장마 등에 견딜 수 있는 높은 내수성을 요구하게 된다. 이러한 요구도를 충족하기 위해 산업계에서는 농산물 재배용지의 발수성을 높이기 위한 여러 가지 약품의 적용을 시도하고 있다.¹⁻⁵⁾

방수제와 발수제는 건축 이외의 분야에서 구분 없이 사용하지만 종이의 경우 내구성에 큰 영향을 미치기 때문에 방수와 발수를 엄격히 구분하여 사용하여야 한다. 방수제는 물을 막는 약제로 통칭하고 발수제는 튕겨내는 성능을 내는 중합물로 정의된다.⁶⁾ 농촌진흥청에서 고시한 농업용어사전에서도 발수제는 '목재에 침투하여 건조된 후 목재 내의 수분이나 치수 변화를 방지하는 액상의 물질'이라고 하였다. 지속적으로 수압이 걸리는 경우에 수분 통과를 막는 고분자나 특정의 고분자 화합물을 펄프 등에 섞어 방수를 시도한다면 방수라 할 수 있지만 종이는 이러한 경우가 거의 적용되지 않는다. 반면, 수압이 걸리지 않고 물거나 흐르는 정도의 수분을 차단하는 역할을 하도록 합성된 물질이 발수제이다.

과거부터 종지와 관련된 많은 연구가 진행되고 있지만 발수제를 종지에 적용한 연구사례는 그리 많지 않다. Shin 등의 연구(1993)⁷⁻⁹⁾에서는 과실봉지에 도유처리, 왁스처리 등을 실시하여 국산 과실 봉지를 개발하였고, 1999년 Kang¹⁰⁾은 paraffin wax에 PE wax, 음이온성 S/B 라텍스 및 불소계 화합물을 혼합하여 wax emulsion을 제조하여 그 특성을 분석한 결과, 불소계 화합물을 혼합한 wax emulsion의 성능이 가장 우수하다고 보고하였으며 Kim 등(2001)¹¹⁾은 천연 로진을 기본 구조로 하는 고품의 발수제를 이용하여 연구한 결과 종이의 발수도와 강도 개선에 효과가 있었다고 평가하였다. 하지만 이후 관련 연구가 거의 진행이 되지 않다가 2008년에 과일봉지의 발수성 개선을 위한 신규 wax emulsion

의 개발¹²⁾, 생분해성 고분자를 이용한 발수 emulsion의 개발¹³⁾ 및 기능성 골판지에 적용 가능한 발수제 개발¹⁴⁾ 등 종이에 적용 가능한 신규 발수제 개발이 진행되고 있다.

본 연구에서는 시중에서 구하기 쉽고 안정성이 입증된 방수 및 발수제를 농산물 재배용지에 접목하여 농산물 재배용지의 발수 및 내구성을 강화시킴으로써 농산물 재배용지와 농산물의 상품성을 향상시키고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 농산물 재배용지 원지

국내 N사에서 제조된 농산물 재배용지 원지를 본 연구에 사용하였다. 농산물 재배용지 원지의 평량은 32.2±0.5 g/m²이며 기본적인 특징은 Table 1에 나타내었다.

Table 1. Characteristics of agricultural cultivation paper

Basis weight (g/m ²)	Water repellency	Tensile strength (kN/m)	Tear strength (mN)	Stiffness (clark)
32.2 ± 0.5	R ₂	1.75	7.2	8.7

2.2 발수제

본 연구에 경제성과 안정성이 입증된 수용성 발수제 3종과 용매 가용성 발수제 1종을 선별하였다. 발수제의 종류와 성상은 Table 2와 같다.

Table 2. Information of water repellents

Water repellent	Specific gravity	Type	Manufacture	
Water soluble	Wa	0.900	Fluorine	KD Co.
	Wb	0.998	Silicon	K Co.
	Wc	0.785	Silicon	R Co.
Solvent soluble	Sa	1.070	Silicon oil	S Co.

2.3 발수 처리 용지(water repellents coated paper, WCP)의 제조

2.3.1 발수제 코팅

본 연구에서는 기존에 발수제로 사용되던 혼합유에 선별된 4종류의 발수제를 각각 3, 5 및 10%(v/v)의 비율

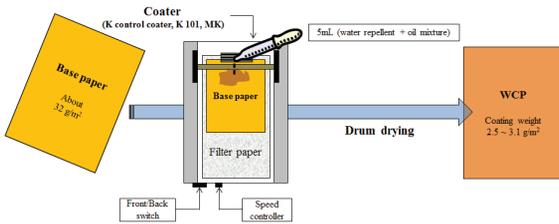


Fig. 1. Scheme showing water repellents coating in agricultural cultivation paper using coater (bar No. 4).

로 혼합하였다. 혼합된 발수제를 Fig. 1과 같이 실험용 간이 코팅기를 이용하여 원지에 코팅하였다. 이때 코팅 bar number 4를 이용하여 30 m/min의 속도로 코팅하였다.

2.3.2 WCPs의 건조

WCPs의 건조를 위해 Fig. 2와 같이 드럼 건조를 실시하였으며 건조 후 픽업량은 $2.8 \pm 0.3 \text{ g/m}^2$ 이었다. 이 건조 방법은 농산물 재배용지 제조 시 사용되는 방법으로 현장의 경우 약 $2.0 \pm 0.2 \text{ g/m}^2$ 의 픽업량을 보인다. Lab. scale에서의 방법은 현장보다 약 1.0 g/m^2 가 더 많이 코팅되었다.

2.4 WCPs의 열화

시간의 경과에 따른 WCPs의 물리적 성질 변화를 관찰하기 위해 WCPs에 하루 2번씩(12시간마다) 분무기로 물을 뿌려 충분히 적신 후 120°C 의 dry oven 속에서 건조시키며 10일간 관찰하였다.

2.5 물성 측정

WCPs의 물성 및 열화에 따른 변화 관찰을 위해 발수도, 인장강도, 인열강도 및 백색도를 측정하였다. Table 3은 각 물성 측정을 위한 기기 및 기준 등을 작성해 놓은 것이다.

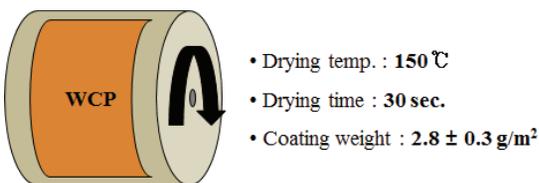


Fig. 2. Drying condition of WCP.

Table 3. Standard methods for measure of WCP's properties

Property	Standard	Measurement	Unit
Water repellency	KS M 7057	No 367, Yoshimutsu, Japan	R_f
Tensile strength	KS M 7014	Hounsfield H5000M, England	kN/m
Tear strength	KS M 7016	Elemendorf Paper Tester DM9603, USA	mN
Brightness	-	JX-777, Japan	% ISO

3. 결과 및 고찰

3.1 WCPs의 물성

3.1.1 WCPs의 발수도

농산물이 출하가 되기 전까지 농산물을 외부의 환경으로부터 보호해야하기 때문에 농산물 재배용지에 있어서 발수도는 농산물의 품질을 결정짓는 가장 중요한 요소가 된다.^{9,15)} Fig. 3은 발수제를 농도별로 처리한 WCPs의 발수도를 측정된 결과이다. 그래프 내 Conventional은 기존의 발수제가 코팅된 농산물 재배용지를 말한다. 발수제의 처리 농도가 높아짐에 따라 발수도는 상승하는 결과를 볼 수 있다. 본 연구에서 처리된 4종의 발수제 모두 기존의 코팅제보다 높은 발수도를 보였으며 그 중에서도 Wb 발수제와 Sa 발수제가 가장 높은 발수도를 보였다.

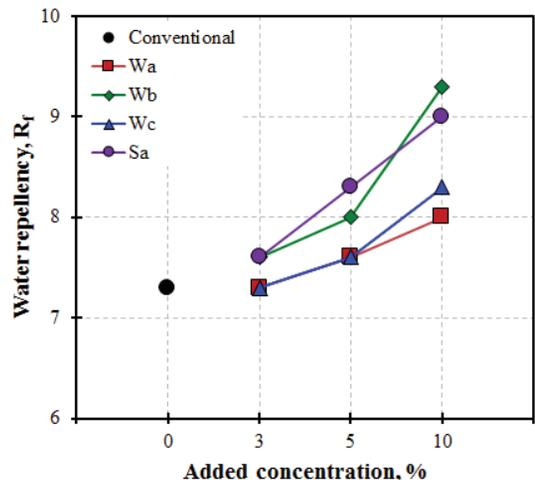


Fig. 3. Water repellency of WCPs as water repellents in oil mixture.

3.1.2 WCPs의 강도

Fig. 4는 WCPs의 인장강도와 인열강도를 측정된 그래프이다. 인장강도와 인열강도는 농도에 따른 그래프의 패턴이 유사하게 나타났다. 기존 코팅제에 5%의 발수제를 투입하였을 때까지는 강도가 상승하다가 10%의 발수제가 투입되면 오히려 강도가 저하하는 현상을 관찰할 수 있다. 선행 연구에서 혼합유를 첨가하지 않은 발수제를 종이에 적용하였을 때 일정 수준의 강도 향상의 효과가 나타났다. 하지만 과량(10%)의 발수제가 투입됨에 따라 WCPs의 강도 상승을 유도하던 혼합유가 경화될 때

발수제가 코팅부의 균열을 야기시켜 강도 저하가 발생된 것으로 판단된다. 따라서 인장강도의 결과를 바탕으로 5% 이상의 발수제 투입은 역효과를 나타내므로 최대 5%의 발수제를 기존 코팅제에 투입하는 것이 적절할 것으로 사료된다.

3.2 열화 WCPs의 특성

3.2.1 열화 WCPs의 발수도

Fig. 5는 5%의 WCPs를 120°C에서 10일간 열화 시키면서 관찰한 발수도의 변화이다. 발수처리 농도에 따른

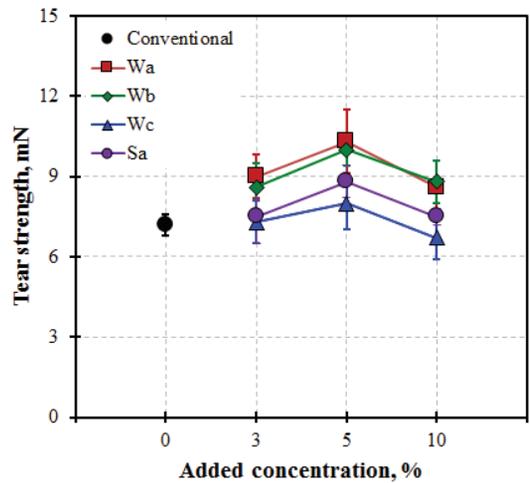
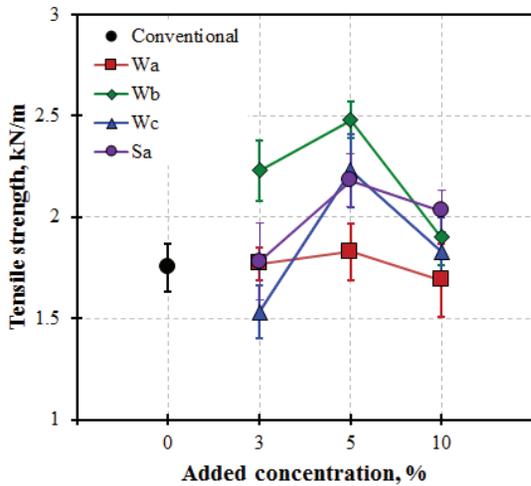


Fig. 4. Tensile (left) and tear strength (right) of WCPs as water repellents concentration in oil mixture.

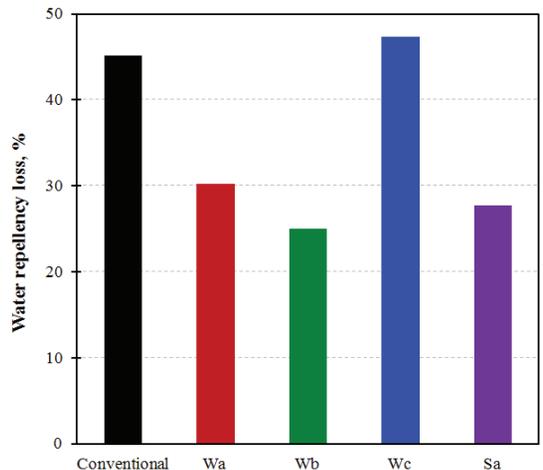
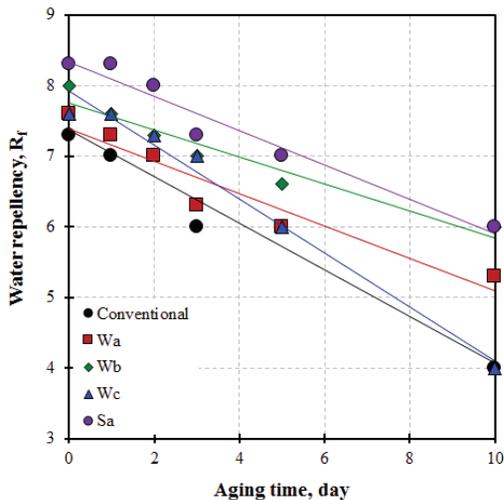


Fig. 5. Water repellency (left) and its loss (right) of 5% WCPs as aging time (WCPs coating condition: 5% water repellents in oil mixture).

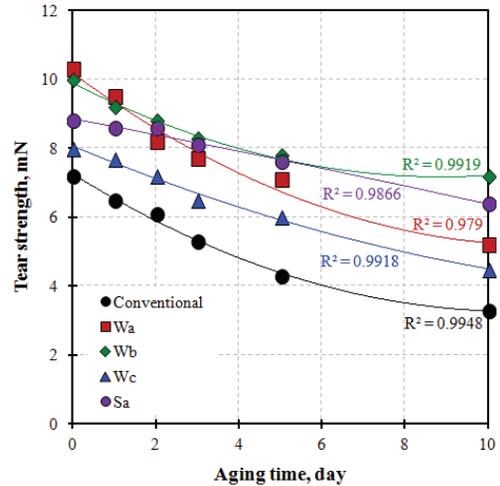
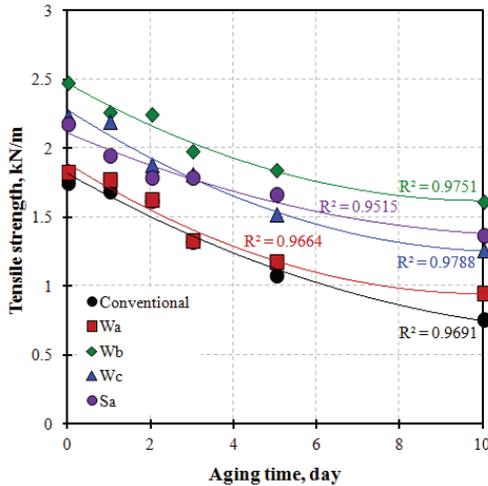


Fig. 6. Tensile (left) and tear strength (right) of 5% WCPs as aging time (WCPs coating condition: 5% water repellents in oil mixture).

결과와 유사하게 Wb 발수제와 Sa 발수제를 코팅한 농산물 재배용지의 발수도가 가장 높았고 10일의 열화 후에도 발수도가 높게 유지되고 있었다. 이는 발수제가 종이의 표면에 코팅되어 열화가 진행되어도 일정 시간동안 효과를 유지하기 때문이다. 열화 후 WCPs의 발수도 감소율(Fig. 5의 우측)에서도 Wb와 Sa 발수제가 가장 낮은 발수도 저하를 보여 이 두 발수제가 열화에 대한 내구성이 우수한 것으로 나타났다.

3.2.2 열화 WCPs의 강도

Fig. 6은 5% WCPs의 열화에 따른 인장강도와 인열강도 변화를 비교한 그래프이다. 인장강도와 인열강도 모두 발수도의 경우와 유사하게 Wb와 Sa 발수제가 열화에 대한 내구성이 우수한 것으로 나타났다. 발수제가 원지의 표면에 코팅되면서 종이에 직접적으로 공기나 외부 물질들의 접촉을 방해하여 열화에 따른 산화 및 가수분해에 원인이 되는 산소와 수분의 공급을 지연시켜주는 효과를 보였기 때문이다. 기존의 상업용 재배용지에 비해 본 연구에서 선별한 발수제가 모두 높은 값을 보였으며 이를 통해 농산물 재배용지용 발수제로서의 적용 가능성이 충분한 것으로 판단된다.

3.2.3 열화 WCPs의 백색도

Fig. 7은 열화시간에 따른 5% WCPs의 백색도 변화를 관찰한 그래프이다. 발수제를 처리함으로써 Wc 발수제

를 제외한 3종류의 발수제는 투명한 색상을 보이는 액상의 물질로 기존의 발수제와 비교하여 약 3% ISO의 백색도 상승효과를 얻을 수 있었다. 기존의 발수제는 혼합유로 발수제의 색상 자체가 노란색을 띠고 있어 약 43% ISO의 백색도를 보였으며 Wc 발수제 또한 실리콘 type의 액상 발수제로 이와 비슷한 색상을 띠고 있어 유사한 백색도 값을 보인 것으로 생각된다. 그러나 이러한 차이는 농산물 재배용지에서는 큰 차이가 아니며 색상이 농산물에 큰 영향을 주지 않기 때문에 사용상의 문제는 없을 것으로 보인다.

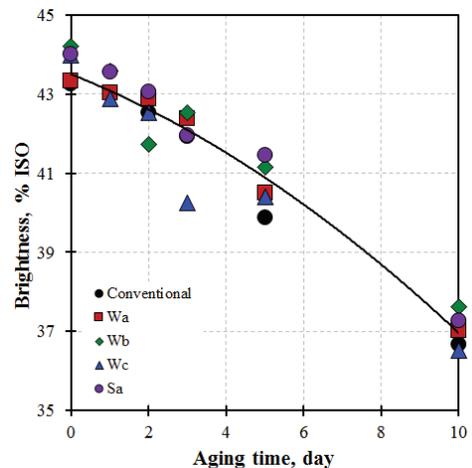


Fig. 7. Brightness of WCPs as aging time (WCPs coating condition: 5% water repellents in oil mixture).

4. 결론

본 연구에서는 농산물의 생육에 있어 중요한 시기인 여름철 태풍이나 장마에 견딜 수 있는 높은 내수성을 부여한 농산물 재배용지를 제조하기 위해 시중에서 구하기 쉽고 안정성이 입증된 발수제를 선별하여 농산물 재배용지에 적용하였다. 신규 발수제 4종 중 Wb 발수제와 Sa 발수제를 적용하였을 때 가장 높은 발수 효과를 보였다. 선별된 발수제는 기존 혼합유에 5%까지 적용하였을 때 가장 높은 강도 개선 효과가 나타났다. 5% 발수제를 농산물 재배용지에 적용한 후 열화에 따른 발수도 변화를 관찰한 결과, Wb와 Sa 발수제가 시간 경과에 따라 높은 발수도 유지 효과를 보였다. 효과가 가장 좋은 두 종류의 발수제 중, 실리콘계 Wb 발수제가 가장 높은 강도 개선 및 유지 효과를 보였으며 백색도에는 큰 영향을 미치지 않았다. 따라서, 이상의 결과로 5%의 Wb 발수제를 농산물 재배용지에 적용하면 기존의 혼합유보다 높은 발수 효과와 강도 개선의 효과를 보여 농산물의 상품성 향상에 기여할 수 있을 것으로 보인다.

Literature Cited

1. Ko, K. C. and Shin, D. S., Studies on fruit bagging paper for apple and pear (Part 2) – Effects on fruit bagging papers with different physical properties on the growth and qualities of apples and pears, *Journal of Korea TAPPI* 24(4):5–25 (1992).
2. Eom, T. J., Park, S. B., Byun, J. S., Kim, D. K., Yoon, K. D., Kim, K. J., and Woo, S. Y., Practical use of embossing and water repelling technology for manufacturing of fruiting bag and wrapping paper of agricultural products, *Project Report of Ministry of Agriculture and Forestry*, pp. 16–26 (2006).
3. Katz, S., Liebergott, N., and Scallan, A. M., A mechanism for the alkali strengthening of mechanical pulps, *Tappi J.* 64(7):97–109 (1981).
4. Eom, T. J., Cho, J. H., Kim, K. J., Byeon, J. S., and Kim, D. K., Production and properties of added fruit bagging paper, 2009 Korea TAPPI Spring Conference Proceeding, pp. 9–14 (2009).
5. Lee, J. H., Park, J. M., and You, B. C., Effect of grape-bagging paper properties on saccharinity of grape, *Journal of Korea TAPPI* 33(3):52–58 (2001).
6. Kim, K. J., Lee, M. H., and Eom, T. J., Preparation of emulsion from biodegradable polymer (II) – Characteristics of paper treated as PLA and PBS emulsion –, *Journal of Korea TAPPI* 45(2):13–20 (2013).
7. Shin, D. S. and Ko, K. C., Studies on fruit bagging papers for apple and pear (Part 3) – Optical and physical properties of bagging papers treated with oils and paraffine –, *Journal of Korea TAPPI* 25(1):5–25 (1993).
8. Ko, K. C. and Shin, D. S., Studies on fruit bagging papers for apple, pear, grape and peach (Part 4) – Effects of fruit bagging papers with different contents of wax (apple) and oil (pear) in paper, the opened and closed bag (grape) and peach paper bag on the fruit qualities and residual chemicals in peel –, *Journal of Korea TAPPI* 25(3):5–14 (1993).
9. Shin, D. S. and Ko, K. C., Studies on fruit bagging papers for apple and pear (Part 5) – Evaluation of the oil treated grape paper bags –, *Journal of Korea TAPPI* 25(1):5–25 (1993).
10. Kang, H. P., Study on high heat resisting properties of water repellent with wax, 1999 Korea TAPPI Spring Conference Proceeding, pp. 28–32 (1999).
11. Kim, H. J. and Jo, B. M., Water resistance and mechanical properties of paper treated with Rosin water repellent, 2001 Korea TAPPI Spring Conference Proceeding, pp. 91–98 (2001).
12. Kim, K. J., Park, S. B., and Eom, T. J., Properties of current fruiting bag and preparation water repelling fruiting bag with wax emulsion,

- Journal of Korea TAPPI 40(2):23-28 (2008).
13. Lee, M. H., Kim, K. J., and Eom, T. J., Preparation of emulsion from biodegradable polymer (I) - Preparation of PLA and PBS emulsions -, Journal of Korea TAPPI 44(6):28-35 (2012).
 14. Lim, G. B., Lee, J. Y., Oh, S. J., Park, S. H., Kim, C. H., Kim, B. H., Choi, J. S., and Kim, S. Y., Exploration of water repellents compatible with antimicrobial materials of the functional hybrid corrugated container, 2012 Korea TAPPI Fall Conference Proceeding, pp. 291-298 (2012).
 15. Kim, J. B. and Ko, K. C., Effects of physical properties of paper bags on micro-climate within bags and fruit quality, KSHS Spring Conference Proceeding 9(1):92-93 (1991).