

조사료 래핑용 스트레치필름의 물리적 특성 분석

Analysis of Physical Properties of Stretch Film for Wrapping of Rough Fodder

이성현*
정회원

장유섭*
정회원

박원규*
정회원

최광재*
정회원

김종근**

S.H. Lee Y.S. Chang W.K. Park K.J. Choi J.K. Kim

1. 서론

'98년 말을 기준으로 우리나라의 젓소는 15.7천여 농가에서 539천두가 사육되고 있다. 이는 낙농농가 호당 평균 약 34두가 사육되는 전업규모의 영농을 하고 있음을 의미한다(서울우유협동조합 1999). 그러나 현재 낙농농가는 대부분 수입 사료에 의존하여 생산비의 대부분을 사료비가 차지하고 있다. 젓소의 사양에 있어 이상적인 조사료와 농후사료의 급여비율은 60:40으로 알려지고 있으나 우리나라의 경우는 33:67로 조사료 보다 농후사료의 급여비율이 굉장히 높은 수준에 있다(농촌진흥청 1998). 미국의 경우는 66:34로 조사료와 농후사료의 급여가 안정적으로 이루어지고 있고, 일본은 조사료 급여에 많은 노력을 기울인 결과 48:52로 조사료의 급여비율이 점점 늘어나고 있다. 우리나라의 주요 조사료원은 벣짚, 산야초 등 영양소 함량 및 소화율이 낮은 것이 대부분이다. 이중 벣짚은 연간 6,259천톤이 생산되며 이 가운데 28%인 1,760천톤이 한우·젓소 등의 조사료로 이용되고 있다(월간낙농·육우 '98년 12월호). 이처럼 벣짚 등 농업부산물의 조사료 이용률이 낮아 알팔파 큐브 및 펠릿, 비트펠프, 면실, 맥주박 등의 수입조사료 수입량이 '95년 168천톤(315억원)에 이르고 있다. 국내 대부분의 낙농농가에서는 사일리지 조제시 트랜치 사일로(trench silo) 또는 퇴적사일로(stack silo) 등을 이용해 왔으나 사일로를 위한 시설이 필요하고 많은 노동력이 투하되는 등의 문제점을 앓고 있다. 최근에는 벣짚, 보릿짚, 호밀 등의 조사료를 대형원형베일로 수거하여 래핑기를 이용해 베일을 스트레치 필름으로 감싸 공기와의 접촉을 막으면서 발효시키는 랩사일리지 이용농가가 증가하고 있으며, 이와 함께 국내 축산기계 생산업체에서 대형원형베일과 래핑기의 국산화 기종을 개발하고 있고(산업자원부 1998), 정부에서도 조사료 자급률을 높이기 위한 생벣짚 랩사일리지 이용사업을 추진하고 있다(농촌진흥청 1999). 그러나 지금까지 랩사일리지 조제에 사용되는 고가의 래핑필름이 전량 외국에서 수입되어 농가에 공급되고 있어 랩사일리지 조제시 많은 비용이 소모되고 있다. 최근 국내의 I 회사에서 조사료 래핑작업에 사용되는 래핑필름의 국산화를 완료하였다.

* 농촌진흥청 농업기계화연구소

** 농촌진흥청 축산기술연구소

본 연구에서는 낙농농가에서 랩사일리지 조제를 위해 사용이 증가하고 있는 외국산 래핑비닐과 국산화한 래핑비닐의 인장강도, 인열강도, 신장률 및 광투과성 등의 물리적인 특성을 분석하여 랩사일리지를 이용하는 낙농농가가 래핑비닐을 구입할 때 참고자료로 사용토록 하기 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

공시재료는 최근 우리나라 낙농농가에서 생벚짚 및 목초 등을 래핑하여 라운드베일 랩사일리지에 이용되는 신축성필름(stretch film)을 구입하여 이용하였다. 신축성 필름은 외국산의 경우 검은색, 옅은 연두색, 백색을 이용하였으며, 국산의 경우는 최근 I사에서 국산화한 백색필름을 이용하였다. 조사료를 래핑하기 위해 사용하는 래핑필름은 모두 두께가 0.025mm인 필름이 이용되기 때문에 시험재료는 두께가 0.025mm인 신축성 필름을 사용하였다. 그림 1은 시험에 사용한 4가지 종류의 공시재료(왼쪽부터 국산 백색, 외산 백색, 검정색, 연두색)를 나타낸 것이다.

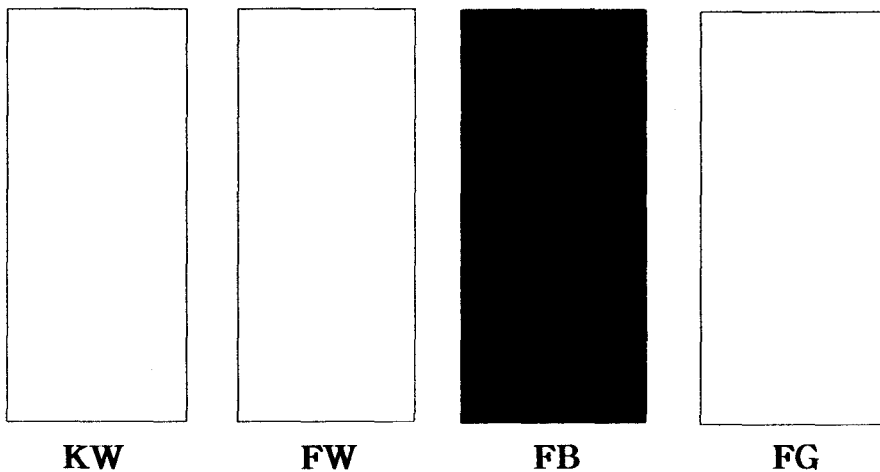


Fig. 1. The materials of examination.

2. 시험방법

가. 인장강도

인장 및 인열시험을 위해 성형가공의 흐름에 평행한 장방향과 수직인 단방향의 시편을 채취하여 KSM 3503의 방법으로 시험전 시료의 전처리를 하였다. KSM 3503에 의한 필름의 시험조건 및 전처리 조건은 온도 $20 \pm 2^\circ\text{C}$, 상대습도 $65 \pm 2\%$ 로 설정하여 항온항습기에서 24시간 경과한 후에 시험을 실시했다. 시험편은 KSM 3503 7.1의 시료채취방법으로 채취되었으며, 시험편의 치수는 그림 2에서 보는 바와 같다(한국공업규격 1992, 1985, 1988).

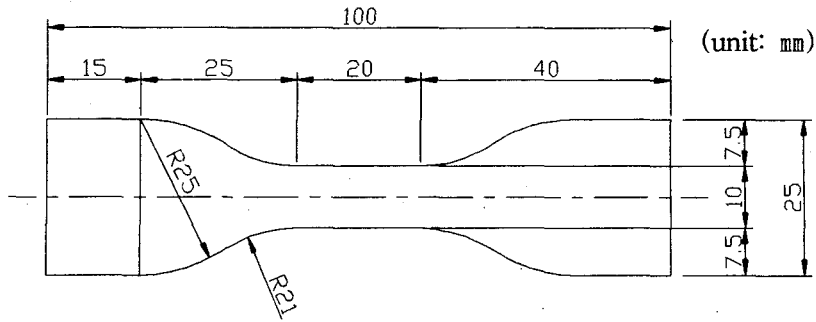


Fig. 2. Tensile specimen.

시험장치는 중소기업청 화성관에 보유중인 연질류 재료만능시험기인 U.T.M. SSTM-2-P를 이용하여 시험을 하였으며, 시험기의 Set Up scale은 453.6kgf였다. 시험장치는 아랫부분을 고정하고 윗부분 물림부가 일정한 속도로 이동 가능한 시험기이며, 공시필름의 물림부가 끊어지지 않도록 1차로 고무를 이용하여 물림부를 고정한 상태로 시험기의 바이스에 시험편이 미끄러지지 않도록 고정을 하였으며 물림부의 나비는 약 20mm로 하였다. 물림부의 Stroke 속도는 KSM 3503의 시험방법과 같이 매분 500mm로 설정하였다. 시험편의 인장강도는 식 1과 같은 방법으로 측정을 하여 분석하였다(오인식 외6, 1992; 장유섭외 4, 1996).

$$\text{인장 강도}(kgf/cm^2) = \frac{\text{절단될 때까지의 최대 하중}(kg)}{\text{시험편의 두께}(cm) \times \text{시험편의 나비}(cm)} \dots\dots\dots(1)$$

나. 신장률

시험편의 신장률을 측정하기 위해 시험편의 중앙에서 양쪽으로 10mm씩 취하여 표선을 그은 후 인장시험을 하였으며, 시험시 시험편이 표선의 바깥쪽에서 절단되면 그 값은 버리고 재시험을 실시하였다. 시험편의 신장률은 식 2와 같은 방법으로 측정 분석하였다.

$$\text{신장률}(\%) = \frac{\text{절단될 때의 표점간 거리}(mm) - \text{시험전 표점간 거리}(mm)}{\text{시험전 표점간 거리}(mm)} \times 100 \dots\dots(2)$$

다. 인열강도

재료의 인열강도를 측정하기 위해 그림 3과 같은 크기의 시험편 채취기를 이용하여 재료의 장방향과 단방향에서 시험편을 채취하였다. 인열강도는 시험편이 절단될 때까지 걸리는 최대하중을 측정하여 식 3으로 계산을 했으며, 물림부의 Stroke 속도는 인장시험때와 같이 매분 500mm로 설정하였으며, 그림 4는 인장 및 인열시험용 시험편 채취기구이다.

$$\text{인열 강도}(kgf/cm) = \frac{\text{절단될 때까지의 최대 하중}(kgf)}{\text{시험편의 두께}(cm)} \dots\dots\dots(3)$$

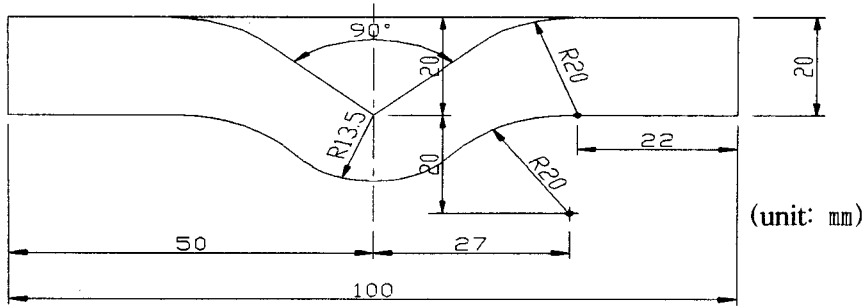


Fig. 3. Tear propagation specimen.

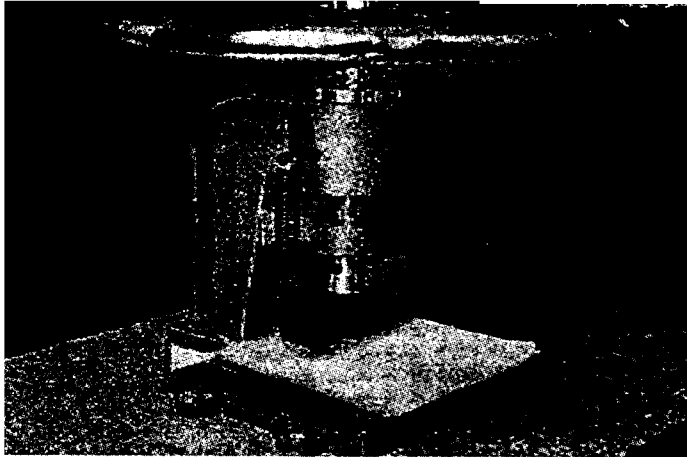


Fig. 4. Punch hammer for tensile and tear propagation specimen.

라. 광투과성

물체로부터 방출되는 전자파를 총칭하여 방사라 하고, 방사에 의해 전달되는 에너지를 방사에너지라 한다. 방사가 피복재료 등의 반투명한 물체에 입사하여 어느 두께의 층을 통과하여 전달되는 것을 투과라 하며, 이 경우 입사에너지에 대한 투과에너지의 비를 투과율이라 부른다. 방사는 일반적으로 많은 파장으로 이루어지고 물체의 투과율은 파장에 따라 차이가 난다. 따라서 시험재료의 광투과성은 방사파장을 변화시킬 수 있는 스펙트로포토미터(UV-3101PC)를 이용하여 측정을 하였다. 측정파장은 260nm~2600nm의 범위에서 파장을 변화시키면서 재료의 광투과율을 조사하였다. 측정기의 캘리브레이션은 장애물이 없는 상태의 암실에서 발광부에서 나오는 빛을 수광부로 보냈을 때의 값을 100%로 설정을 하였고, 캘리브레이션이 끝난 후 발광부와 수광부 사이에 재료를 놓고 발광부에서 방출된 빛이 재료를 통과하여 수광부에 받아들여진 광량을 측정하여 재료의 투과율을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 인장강도

그림중의 기호 KW는 국산 스트레치필름 백색을 의미하고, FW는 외산 백색, FB는 외산 검정색, FG는 외산 연두색을 나타낸다. 조사료 래핑필름은 랩사일리지 조제시 외부공기와의 공기이동을 차단하고 대부분이 야외에서 저장되기 때문에 비가 들어가는 것을 막을 수 있도록 기밀을 유지해야 한다. 따라서 래핑필름은 인장강도, 신장률 등이 좋아야 위와 같은 상태를 유지할 수 있다. 또한 외부 충격시 비닐의 손상을 줄이기 위해서는 인열강도가 높아야 한다.

인장시험결과 장방향 인장력은 KW 557.4kgf/cm², FW 377.4kgf/cm², FB 282.6kgf/cm², FG 398.4kgf/cm²으로 나타났다. 장방향 인장강도에서는 국산이 외산에 비해 28.5~49.3% 높은 것으로 나타났다. 단방향 인장강도는 KW 415.9kgf/cm², FW 418.1kgf/cm², FB 360.2kgf/cm², FG 433.0kgf/cm²으로 나타나 국산과 외산의 차이가 없는 것으로 나타났다. 장방향 인장강도와 단방향 인장강도를 비교한 결과 국산의 경우 단방향 보다 장방향 인장강도가 25.3% 높게 나타났으나 외산의 경우에는 모든 시료에서 장방향 인장강도보다 단방향 인장강도가 더 높은 것으로 나타났다.

나. 신장률

시험시 재료의 신장률은 시험전 시험편의 중앙에서 양쪽으로 10mm씩을 취하여 20mm의 표선을 그은 후 인장시험시 시험편이 절단될 때까지 늘어난 길이를 측정하여 식 2를 이용하여 계산하였다. 신장률을 측정한 결과 장방향 신장률은 KW 650%, FW 462.5%, FB 512.5%, FG 537.5%로 나타났다. 장방향 신장률은 국산이 외산에 비해 17.3~28.8% 높은 것으로 분석되었다. 단방향 신장률은 KW 930%, FW 962.5%, FB 950%, FG 1,000%로 나타나 국산과 외산의 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 장방향 신장률과 단방향 신장률을 비교한 결과 국산과 외산 모두 장방향 보다 단방향 신장률이 30.1~51.9%로 높게 나타났다.

다. 인열강도

인열시험결과 장방향 인열강도는 KW 187.9kgf/cm, FW 148.9kgf/cm, FB 157.3kgf/cm, FG 142.8kgf/cm으로 나타났다. 장방향 인열강도에서는 국산이 외산에 비해 16.3~24.0% 높은 것으로 분석되었다. 단방향 인열강도는 KW 141.4kgf/cm, FW 129.8kgf/cm, FB 140.4kgf/cm, FG 106.6kgf/cm으로 나타나 국산이 외산에 비해 약간 높은 것으로 나타났다. 장방향 인열강도와 단방향 인열강도를 비교한 결과 국산과 외산 모두 단방향보다 장방향 인열강도가 높은 것으로 나타났으며, 장방향 인열강도와 단방향 인열강도 모두 국산이 외산보다 약간 좋은 것으로 분석되었다.

라. 광투과성

재료의 광투과율은 백색과 연두색의 경우 적외선 영역에서는 파장이 가시광선 영역에 가까워지면서 90%수준에서 70%수준으로 서서히 줄어들었으며, 가시광선영역에서는 파장이 자외선 영역으로 가까워지면서 70%수준에서 55%수준으로 적외선 영역에서와 같이 서서히 줄어들었으나, 가시광선과 자외선의 경계파장에서는 광투과율이 55%수준에서 25%수준으로 급격히 떨어지는 것으로 나타났다. 검은색의 경우는 파장이 긴 영역에서 파장이 짧은 영역으로 가까워지면서 완만한 감소세를 보이다, 자외선 영역에서는 빛을 거의 투과하지 못하는 것으로 나타났다. 위의 결과로부터 백색과 연두색 스트레치 필름간의 광투과성은 거의 차이가 없었으나 검정색의 경우는 매우 상이한 광투과성을 가진 것을 알 수 있다. 따라서 랩사일리지 조제시 검정색과 백색 및 연두색 필름간의 랩사일리지의 품질특성에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

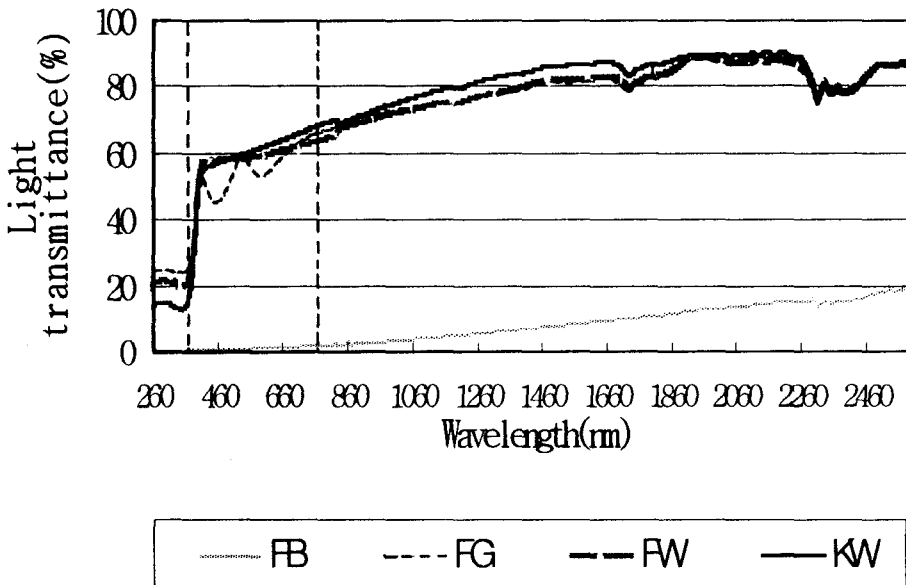


Fig. 5. Light transmittance of stretch film

4. 요약 및 결론

이 연구는 최근 낙농농가에서 랩사일리지 조제를 위해 사용이 증가하고 있는 외국산 래핑비닐과 국산화한 래핑비닐의 인장강도, 인열강도, 신장률 및 광투과성 등의 물리적인 특성을 분석하여 랩사일리지를 이용하는 낙농농가가 래핑비닐을 구입할 때 참고자료로 사용토록 하기 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였으며 시험결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 스트레치필름의 인장시험결과 장방향 인장강도는 KW 557.4kgf/cm², FW 377.4kgf/cm², FB 282.6kgf/cm², FG 398.4kgf/cm², 단방향 인장강도는 KW 415.9kgf/cm², FW 418.1kgf/cm², FB 360.2kgf/cm², FG 433.0kgf/cm²으로 나타났다.
2. 스트레치필름의 신장률을 측정된 결과 장방향 신장률은 KW 650%, FW 462.5%, FB

512.5%, FG 537.5%, 장방향 신장률은 국산이 외산에 비해 17.3~28.8% 높은 것으로 분석되었다. 단방향 신장률은 KW 930%, FW 962.5%, FB 950%, FG 1,000%로 나타났다.

3. 스트레치필름의 인열시험결과 장방향 인열강도는 KW 187.9kgf/cm, FW 148.9kgf/cm, FB 157.3kgf/cm, FG 142.8kgf/cm, 단방향 인열강도는 KW 141.4kgf/cm, FW 129.8kgf/cm, FB 140.4kgf/cm, FG 106.6kgf/cm으로 나타났다.
4. 스트레치 필름의 색에 따른 광투과성을 분석한 결과 백색과 연두색 필름간에는 서로 유사한 광투과성을 가졌으나, 검정색의 경우는 매우 상이한 특성을 나타내 랩사일리지 조제시의 품질변화에 대한 연구가 필요할 것으로 판단되었다.

5. 참고문헌

1. 농촌진흥청. 1998. 표준영농교본-91 조사료.
2. 산업자원부. 1998. 다목적 가변형 대형 원형배일러 개발에 관한 연구. 공업기반개발사업 기술개발보고서.
3. 서울우유협동조합. 1999. 월간서울우유 '99. 3. pp. 99-103.
4. 오인식 외6. 1992. 하우스용 필름 내구성시험. 농업기계화연구소 시험연구보고서. pp. 101-106.
5. 장유섭 외4. 1996. 시설하우스용 연질필름의 물리적 특성에 관한 연구. 한국생물생산시설환경학회지 5(1). pp. 23-33.
6. 장유섭 외5. 1996. 시설하우스용 보온커튼재의 물리적 특성에 관한 연구. 한국생물생산시설환경학회지 5(1). pp. 34-52.
7. 플라스틱材料研究會 譯. 1994. 플라스틱材料讀本. 機電研究社. pp. 37-39.
8. 한국공업규격 KSM 3503. 농업용 폴리에틸렌 필름.
9. 한국공업규격 KSM 3508. 농업용 에틸렌 초산비닐 공중합체 필름.
10. 한국공업규격 KSM 3509. 포장용 폴리에틸렌 필름.