

Polylactic acid(PLA) 위편성물의 수축특성과 형태안정성에 관한 연구

A Study on the Shrinkage and Dimensional Characteristics of the Weft Knitted Fabrics with Polylactic acid(PLA) Yarn

최재우^{1*}, 장봉식², 이은우³

Jae-Woo Choi^{1*}, Bong-Sik Jang², Eun-Woo Lee³

<Abstract>

Aim of this study is to investigate the dimensional and shrinkage characteristics of the weft knitted fabrics with Polylactic acid(PLA) knitted yarn. This PLA knitted yarn was made of the biodegradability fiber. The structure of weft knitted fabrics that was utilized for this study is the plain stitch, which is the most basic structure among all weft knitted fabrics. As the stitch length is shorter, the stitch density, courses density, and wales density are more increasing. The stitch density increased as pre-treatment process and dyeing process progressed. On the contrary, the heat setting process made it decreasing. The MR(Machine Relaxation) and DR(Dry Relaxation) standard area shrinkage were increasing as wet process progressed and as the stitch lengths are long.

Keywords : *Stitch density , Courses density, Wales density, Stitch length*

1. 서 론

석유나 천연가스와 같은 화석연료 자원으로부터 얻어지는 PET, Nylon 및 Polypropylene 등과 같은 합성섬유는 사용 후 폐기 시 분해되는 데 수백 년의 시간이 소요된다.

최근 전 세계적으로 환경보호의 필요성과 고유가에 의한 대체에너지 확보에 대한 관심이 증대되고 있는 상황에서, 환경 친화적이며 지속 가능한 자원으로부터 섬유소재를 생산할 수 있는 방법과 제품의 수명이 다했을 때 환경오염

없이 안전하게 폐기할 수 있는 제품개발이 진행되고 있다. 이와 같이 빠른 시간 내에 자연적으로 분해되는 능력을 가지는 고분자를 이용하여 제조된 섬유를 생분해성 섬유라 한다. 생분해성 섬유에 대한 국내외 기술 동향을 보면, 미국의 경우 알코올 생산 부산물인 옥수수 섬유를 이용한 PLA의 합성 및 제조기술 개발의 연구가 진행되고 있고, 일본의 경우는 주로 PLA Blending 및 제조, 차별화 섬유 개발, PLA 공중합물 등의 연구가 주종을 이루고 있다. 그러나 한국의 경우는 PLA 섬유를 이용한

^{1*}정회원, 교신저자, 경북대학교 섬유공학전공 교수, 工博
E-mail : woo@knu.ac.kr

²정회원, 하진텍스 부설연구소 소장, 碩士

³정회원, 영남이공대학교 화학공학과, 工博

^{1*}Corresponding Author, Prof., Major of Textile Engineering, Kyungpook National University, Ph. D.

²Director, R&D Center, HAJIN TEXTILE.

³Prof. Division of Chemistry Industry, Yeungnam college of Science & Technology, Ph. D.

연구가 많이 이루어지지 않고 있다.

니트는 직물에 비해 생지의 신축성이 크고, 형태가 불안정하기 때문에 가공공정에 있어서 생지를 필요 이상으로 신장되지 않도록 하여 가공하는 것이 중요하다. 따라서 각종 니트 전용 가공기가 도입되어 그 목적에 따라 각각 니트 형태에 맞는 가공기가 사용되고 있다. 니트 제품도 직물제품에서 행해지는 모든 가공공정을 진행할 수 있지만 니트의 단점 때문에 많은 어려움을 겪고 있으며, 지금까지 업계에서는 경험과 목측(目測)으로 대체하고 있는 실정이다.

염색가공은 감성과 촉감 및 기능성을 부여하는 절차로서, 섬유산업의 중간단계(Middle-stream)에 위치하는 공정이다. 이와 더불어 염색 가공은 제품에 대한 봉제성능을 강화하고, 뒤틀림을 개선하는 등의 공정을 거치기 때문에 섬유제품의 고부가가치를 창출하는데 기여하는 매우 중요한 분야이다.

국내 염색가공 전문 업체의 대부분이 임가공 형태이므로, 연구 개발 등에 적극적인 투자가 부족하여, 그 결과 기술 경쟁력이 취약한 상황이다. 생분해성제품의 경우에는 체계적으로 정리된 자료가 부족하여 가공조건 설정에 도 많은 어려움을 겪고 있다. 특히 Polylactic acid(PLA)와 관련하여 이루어진 연구는 매우 부족한 상황이다. 이와 같은 문제를 개선하기 위하여 이 연구에서는 Polylactic acid(PLA) 위편성물의 형태안정과 수축특성에 관하여 조사하는 것을 연구의 목적으로 설정하였다..

2. 실험

2.1 편사 및 편성방법

고부가가치 니트 제조를 위한 PLA 방적사 30^s 를 시중에 판매되고 있는 시판품을 별도의 가공공정 없이 그대로 사용하였다. Table 1 에 편성에 사용한 편사의 물성 값을 나타내었다.

Table 1. Knitted yarn

Yarn	count	Strength (cN)	Elongation (%)	unevenness (u%)
PLA Spun Yarn 30's	30.3's	290.6	30.2%	10.6

편성에 사용한 설비는 Single Knitting

M/C로써 편성설계는 28G, 34", 54Feeder에서 Plain Stitch로 편성하였고, 각 소재별로 Course의 밀도를 3가지(39, 43, 47)로 변경하여 편성하였다. Table 2에 편성조건을 나타내었다.

Table 2. Knitting condition

Code	Machine	Density	Gauge	Cylinder Diameter	Feeder (no.)	yarn tension(g)	rpm
ST-6	Single	39	28	34"	54	2-4	25
ST-7	knitting	43	28	34"	54	2-4	25
ST-8	M/C	47	28	34"	54	2-4	25

또한, 편성물의 처리공정은 다음과 같다.



염색가공 공정을 아래의 Fig.1.에 나타내었다.

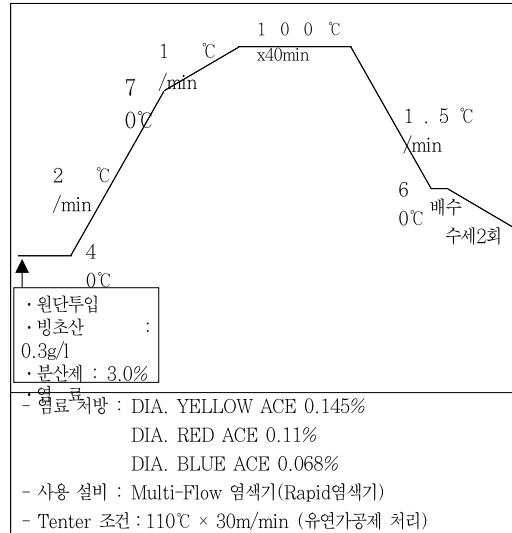


Fig.1. Dyeing process.

2.2 시험방법

이완 처리 및 염색공정 처리조건별 편환밀도, 코오스밀도 및 웨일밀도를 사용하여 면적수축률, 코오스 방향 및 웨일 방향 수축률을 구하였다. 환편기에서 편성물을 분리 하자마자 기계이완이 되며, 기계이완 시의 밀도를 기준으로 한 수축률을 기계이완 대비 수축률이라 한다. 건식

이완 때의 밀도를 기준으로 한 건식이완 대비 수축률, 전처리 밀도를 기준으로 한 전처리 대비 수축률 및 염색처리 밀도를 기준으로 한 염색처리 대비 수축률을 구하였으며, 또한 직전공정의 밀도를 기준으로 한 직전공정 대비 수축률을 구하였다.

$$\text{수축률}(\%) = \frac{\text{비교 대상공정의 밀도} - \text{기준공정의 밀도}}{\text{기준공정의 밀도}} \times 100$$

사 인장강신도는 KS K 0215 시험규격에 근거하여 시험하였다. 사교락측정기인 CTT-YPT (Lawson, 미국)를 이용하여 3회 측정 후 그 평균값으로 사의 CV %를 취하였다.

코오스 방향으로 20개의 웨일 사이에 표식을 한 편성물로부터 사를 풀어내어 초하중을 가하여 크립프를 제거한 상태에서 길이를 측정 후 측정치를 20으로 나누어 그 길이를 편환장(l)으로 구하였으며 3회 반복하여 평균하였다.

코오스와 웨일의 밀도는 분해경으로 1inch 내의 코오스 수와 웨일 수로 구하였으며, 편환 밀도는 코오스 밀도 \times 웨일 밀도로 나타내었다.

편성물의 두께는 KS K 0506 (직물의 두께 측정 방법)을 이용하였으며, 측정 장치는 0.01 mm까지 식별이 가능한 테드웨이트식 후도계 (deadweight type thickness gauge)로 3회 측정하여 평균값을 사용하였다.

단위 면적당 중량은 KS K 0514 (천의 무게 측정 방법)을 이용하였으며, 시료의 양변으로부터 전폭의 1/10 이상 떨어진 부분에서 25 x 25cm의 시험편을 채취하여 평방미터당 무게(g/m²)로 환산하였다.

Dimensional Constant K_{1-4} 는 평편조직의 밀도, 편환길이 등에 관하여 D. L. Munden의 실험식에 의하여 다음과 같은 나타내었다.

$$K_1 = S \times L^2$$

$$K_2 = C \times L$$

$$K_3 = W \times L$$

$$K_4 = C/W = K_2/K_3$$

단, S = loop density

C = course/inch(CPI)

W = wale/inch(WPI)

L = loop length

3. 결과 및 토의

3.1 수축률특성 분석

공정 간의 수축률의 변화를 비교 검토하기 위해서 한 가지 공정을 기준으로 하여 면적수축률, 코오스 방향 수축률 및 웨일 방향 수축률을 구하였다. Machine Relaxation 을 기준으로 차기 공정 간의 수축률을 비교한 Machine Relaxation(MR)대비 수축률, Dry Relaxation (DR)을 기준으로 차기 공정 간의 수축률을 비교한 Dry Relaxation(DR)대비 수축률, 전처리 공정을 기준으로 한 전처리공정대비 수축률 및 염색공정을 기준으로 한 염색공정 대비 수축률로 검토하였다. 또한 직전공정과의 수축률을 비교하기 위해서 직전공정대비 수축률을 구하여 검토하였다.

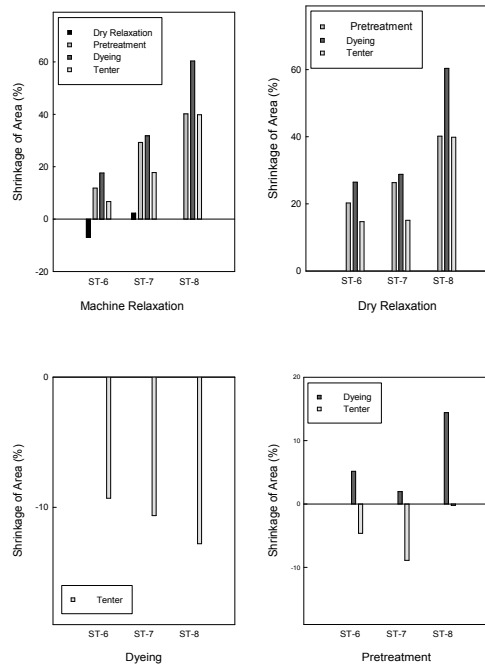


Fig.2. Area shrinkage.

Fig. 2는 각 공정별 대비 면적수축률을 나타내었다. MR과 DR 대비 수축률은 습식처리 시 증가하지만 편환장이 길수록 많이 더욱 많이 수축이 되고 있으며 최대 60%까지 줄어들지만, 열고정 처리 시 감소하고 있다. 전처리 대비 수축은 편환장이 길수록 염색처리 후에 증가하였

으며, 염색처리대비 수축은 오히려 늘어남을 보였다.

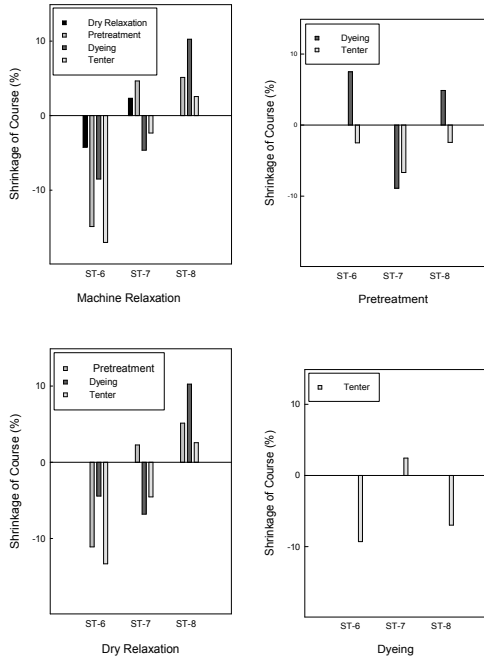


Fig.3. Courses shrinkage.

Fig.3은 각 공정별 대비 코오스수축률을 나타내었다. MR과 DR대비수축률은 편환장이 짧을 수록 많이 늘어나며 편환장이 길수록 소폭 수축을 한다. 염색대비수축률은 대체로 열처리 시 늘어난다.

Fig.4는 각 공정별 대비 웨일수축률을 나타내었다. MR과 DR대비 수축률은 염색처리 후에 최대의 수축을 보이며 이때의 수축률은 약 45%가 되며, 열처리 시에는 염색 시에 비해 늘어난다. 전처리와 염색대비 수축률은 열처리 시 웨일 방향으로 늘어난다.

Fig.5는 직전공정 대비 면적, 코오스 및 웨일 수축률을 나타내었다. 면적수축률은 전처리공정에서 수축이 최대(약40%)로 일어나며 열처리 시 직전공정에 비해 늘어난다. 코오스방향 수축률은 직 전공정을 통하여 수축이 적게 발생하여 면적수축률에 영향력이 미비 할 것으로 생각된다. 웨일방향 수축률은 전처리공정에서 많은 수축률을 보여 면적수축률에 웨일방향 수축률이 많은 영향을 끼칠 것으로 생각된다.

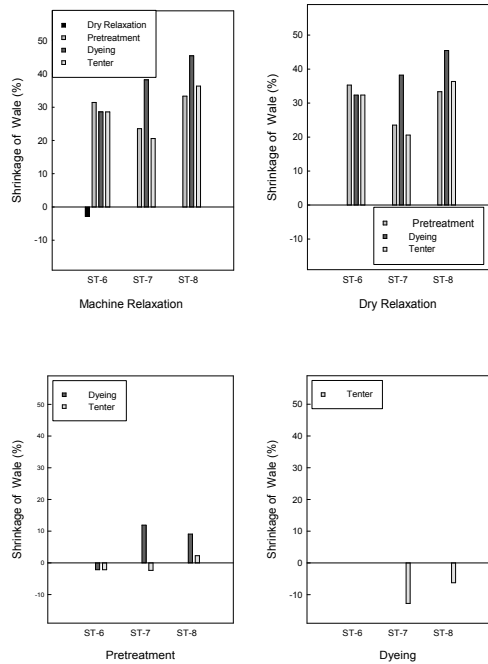


Fig.4. Wales shrinkage.

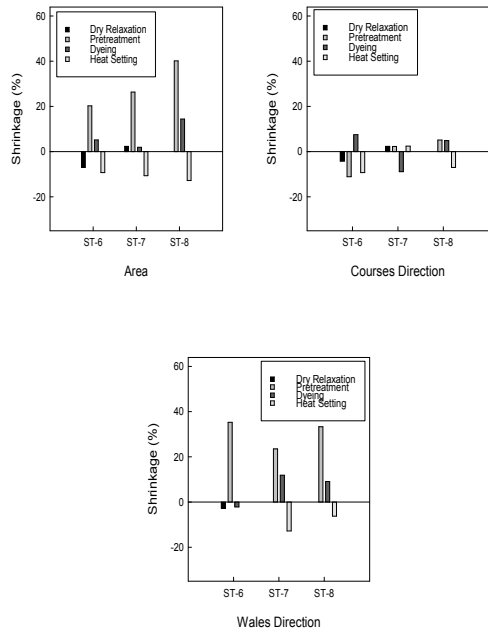


Fig.5. Shrinkage with pre-process.

3.2 형태안정특성분석

Fig.6, 7, 8은 평편조직의 위편성물을 생지에서 염색가공 및 열처리공정까지 각 공정에 따른 편포의 형태안정특성인 편환밀도, 코오스 밀도 및 웨일 밀도와 편환장과의 관계를 나타낸 것이다.

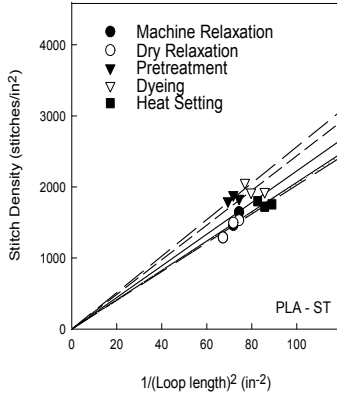


Fig.6 loop density and loop length.

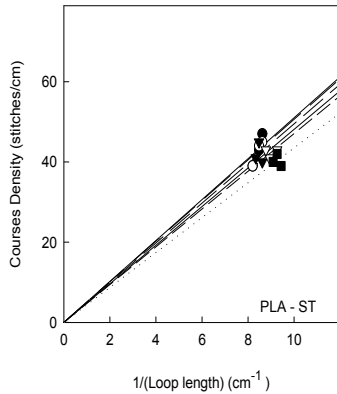


Fig.7 Courses density and loop length.

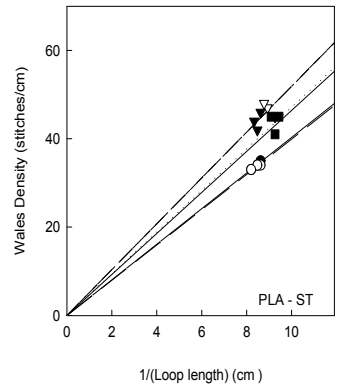


Fig.8 Wales density and loop length.

편환밀도, 코오스밀도 및 웨일밀도는 편환의 길이가 짧아질수록 증가하는 경향을 나타내고 있다. 편환밀도는 전처리 공정에서 염색공정으로 진행 될수록 증가하였으며, 염색공정시 편환밀도가 가장 높았고, 열고정시 다시 감소하고 있다.

코오스밀도는 전공정에서 유사한 값을 나타내었으며, 열고정 후에 감소하였다. 기계이완시 가장 높은 값을 나타냈으며, 완전이완시의 코오스밀도는 41~45/in가 되었다. 웨일밀도는 염색공정 후에 가장 높은 값을 나타내었으며, 전처리 및 염색공정으로 갈수록 밀도가 증가하였으나 열고정시 감소하였다. 완전이완 값은 약 45/in가 되었다.

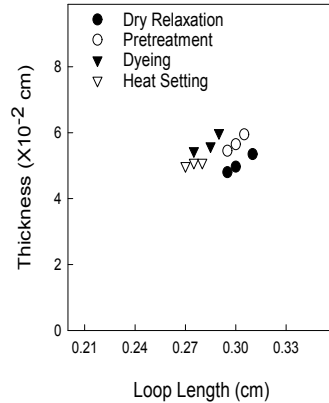


Fig. 9 Thickness and loop length.

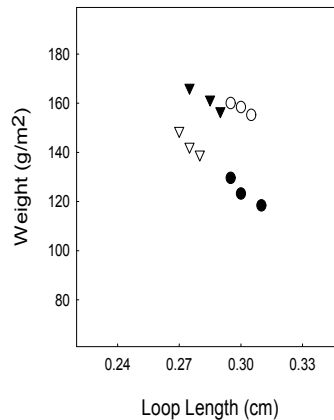


Fig.10 Weight and loop length.

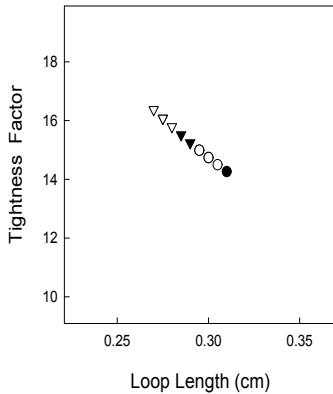


Fig.11 Tightness factor and loop length.

Fig.9,10,11은 각 이완처리 단계와 염색공정 및 염색 후처리공정에 따른 두께, 단위면적당 무게 및 Tightness factor와의 관계를 나타낸 것이다.

두께는 각 처리공정에서 편환장이 길어질수록 증가하고 전처리공정과 염색처리공정에서는 유사한 값을 나타내었다. 열고정 처리하면 다시 두께가 낮아지고 있다.

단위 중량당 무게는 편환장이 길어질수록 감소하며, 전처리와 염색처리 후의 무게는 유사하였다. 열고정 처리 시 다소 낮아지고 있다.

커팩트는 편환장이 길수록 감소하였으며 열고정시 가장 높게 나타났다.

4. 결 론

생분해성 섬유인 PLA 편사를 이용하여 니트에서 가장 기본적인 조직인 평 편조직을 편직하고 생지에서 염색가공공정까지 많은 영향을 미치는 형태안정 특성과 각 공정에서의 수축률을 조사 검토하였으며 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

MR과 DR 대비 면적 수축률은 습식처리 시 증가하지만 편환장이 길수록 더욱 많이 수축이 되었으며, 열고정 처리 시 감소하였다. 전처리 대비 면적 수축은 편환장이 길수록 염색처리 후에 증가하였으며, 염색처리대비 면적 수축

은 오히려 늘어남을 보였다. MR과 DR대비 코오스 수축률은 편환장이 길수록 소폭 수축을 하였다. MR과 DR대비 웨일 수축률은 염색처리 후에 가장 많이 수축하였다.

직전공정 대비 면적, 코오스 및 웨일수축률은 전처리공정에서 최대의 수축이 일어난다.

편환밀도, 코오스밀도 및 웨일밀도는 편환장이 짧을수록 증가하는 경향을 나타내었다. 편환밀도는 전처리 공정과 염색공정으로 진행 될수록 증가하였으며, 염색공정시 편환밀도가 가장 높고, 열고정시 감소하였다. 완전 이완 시의 편환밀도는 1900~2000/in² 정도가 되었다.

웨일밀도는 염색공정 후에 가장 높은 값을 나타내었으며, 전처리 및 염색처리를 할수록 밀도가 증가하고 열고정시 감소하였다.

사 사

이 논문은 지식경제부에서 시행한 지역산업기술개발사업지원에 의한 연구로서 수행되었음

참 고 문 헌

- 1) KISTI, “생분해성 섬유소재 기술개발 동향”, (2004)
- 2) “고부가가치 니트 제품화를 위한 편성설계 공정 표준화”, 지식경제부 보고서, (2008)
- 3) 김석근, 메리야스공학“, 문운당, (1998)
- 4) 최재우외1, Poly(trimethylene terephthalate, PTT)1x1 리브 편성물의 신장특성에 관한 연구, 한국산업응용학회지, 9권, 4호, (2006)
- 5) 최재우외3, Bamboo사 평 편조직 위편성물의 형태안정성에 관한 연구, 한국산업응용학회지, 15권, 3호, (2012)

(접수:2013.03.17, 수정:2013.04.09, 게재 확정:2013.05.24)