

편망 후 열처리 온도가 PBS 모노필라멘트사의 물리적 특성에 미치는 영향

박성욱* · 김성훈
국립수산과학원 시스템공학과

Effects of heat setting temperature conditions on the mechanical properties of Polybutylene succinate (PBS) monofilament yarn after net-making

Seong-Wook, PARK* and Seonghun KIM

Fisheries System Engineering Division, NFRDI, Busan 619-750, Korea

The monofilament with 0.304mm of diameter was produced using a polybutylene succinate (PBS) resin, and a gill net was made by it. We investigated the impact of heat setting temperature on the mechanical properties, knot state and height of gill net. Heat treatment was carried out using the high pressure steam machine for 20 minutes at temperature of 55° C, 60° C, 70° C and 75° C. Before heat treatment, the strength and elongation of PBS monofilament were estimated to be 48.1kg/mm², 23.8% at unknot, 37.6kg/mm², 18.8% at single knot, 26.6kg/mm², 22.9% at double knot in dry condition, respectively. The strength and elongation of PBS monofilament with double knot were decreased as heat setting temperature increased, and the decreasing rate of strength was showed to be higher than that of elongation. It was not found any differences in strength and elongation of PBS monofilament yarn with double knot at the 65° C and 70° C of heat setting temperature by 5% significance of T-test, but there was a significant difference at the 70° C and 75° C of heat setting temperature. The net's height and length from leg to leg appeared no differences at the 70° C and 75° C of heat setting temperature. In results, it was investigated that the PBS monofilament gill net with the maximized physical properties could be manufactured at 70° C of heat setting temperature using a high pressure steam machine for 20 minutes.

Keywords: PBS, Annealing condition, Mechanical properties

*Corresponding author: swp4283@nfrdi.go.kr, Tel:82-51-720-2560, Fax:82-51-720-2586

서 론

바다에 버려진 페어구는 해저에 침적되어 수산생물의 산란장과 서식장을 파괴하거나, 유령 어업을 유발시켜 수산자원을 감소시키는 한 요인이 되고 있다 (Ayaz et al., 2006; Revill and Dunlin, 2003; Tschernij and Larson, 2003). 대표적인 페어구는 나일론 (nylon) 및 폴리에틸렌 (polyethylene) 수지로 제작된 자망과 통발이다. 최근 페어구의 문제점을 해결하기 위해 미생물에 의해 분해되는 생분해성 어망 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다 (Park et al., 2006; 2007a; 2007b; 2010).

우리나라에서는 2007년도부터 생분해성 폴리부틸렌 석시네이트 (polybutylene succinate: PBS) 수지로 제작된 대게 (*Chionoecetes opilio*) 자망을 어업인에게 처음 보급하기 시작하였으며, 이후 참조기 (*Larimichthys polyactis*), 꽃게 (*Portunus trituberculatus*), 병어 (*Pampus argenteus*), 붉은대게 (*Chionoecetes japonicus*)를 대상으로 하는 자망과 붕장어 (*Conger myriaster*), 꽃게를 대상으로 하는 통발로 확대 보급하고 있다.

PBS는 지방족 글리콜로서 1,4부탄디올 (1,4-butandiol)과 디카복실산으로서의 숙신산 (succinic acid)을 원료로 하여 에스테르반응과 축·중합반응으로 얻어진 생분해성 고분자 (biodegradable polymer) 화합물이다. 이 물질로 방사된 모노필라멘트는 수중에서 2년이 경과되면 미생물에 의해 분해가 발생되기 시작하며, 자외선에 의해서도 물리적 특성이 현저하게 감소하는 특성을 갖고 있다 (Park et al., 2006; Park and Bae, 2008). 그러나 편망 후 열처리하는 공정 기술에 대해서는 보고된 자료가 거의 없는 실정이다.

PBS 어망의 개발에는 폴리머의 단독 또는 중합 개질에서 모노필라멘트의 방사, 연사, 편망 및 열처리 과정에 이르기까지 다양한 공정기술이 복합되어 있다. PBS 모노필라멘트 제조는 우선 고체 상태의 PBS 수지 (resin)를 용융하여 방

사구금 (die)을 통해 압출하여 4°C이하의 물로 급랭되어 비결정상태의 실을 만들고, 이것을 가열하면서 길이 방향으로 다단연신 공정을 거친 후 이완단계를 거쳐 보빈에 감겨지게 된다. 편망 공정에서는 열처리 없이 기계적으로 이중매듭을 만든 후 드럼에 감는 과정으로만 이루어져 있어 방사된 섬유의 초기 물리적 특성을 갖고 있다. 열처리 공정은 편망된 어망의 망목 크기를 균일하게 하면서 매듭이 풀리지 않도록 견고하게 하기 위해 폭 방향으로 일정한 장력을 유지하도록 고정시킨 후 습식 열처리를 한다.

열처리 온도와 시간은 자망 어구가 요구하는 강도, 신장률 및 어망의 부품 정도 등 물리적 특성 변화에 큰 영향을 미치게 된다. 열처리 온도가 낮으면 강도는 강하나 매듭 상태가 좋지 않아 어망이 부풀어 오르고, 열처리 온도가 너무 높으면 열화되어 강도가 약하여 어망으로써 그 기능을 발휘하지 못하게 된다. 완성된 어망의 부품 정도는 주로 관능적 검사로 평가되기 때문에 객관적인 평가를 어렵게 할 뿐만 아니라 품질 개선에도 어려움을 주고 있다.

본 연구에서는 생분해성 PBS 어망을 생산함에 있어 열처리 공정을 정립하기 위하여 직경 0.304mm의 PBS 모노필라멘트사를 이중매듭으로 편망한 후 고압 습식 열처리기로 온도 55-75°C까지 5°C 간격으로 20분간 안정화시켰을 때의 파단 강도, 신장률, 매듭의 결절상태 및 어망의 부품 정도 등을 비교 분석한 결과이다.

재료 및 방법

방사, 편망 및 열처리 방법

실험에 사용된 모노필라멘트사는 (주)S-Enpol에서 PBS 95%와 PBAT 5%를 중합하여 방사하였다. 방사된 PBS 모노필라멘트사의 직경은 0.304mm (표준편차 ±0.001mm)였으며, 이를 데니어로 환산하면 823Td였다. 모노필라멘트사는 200°C에서 용융하여 직경 1.3mm의 노즐을 통해 30가닥을 압출한 후 다단연신과 이완단계

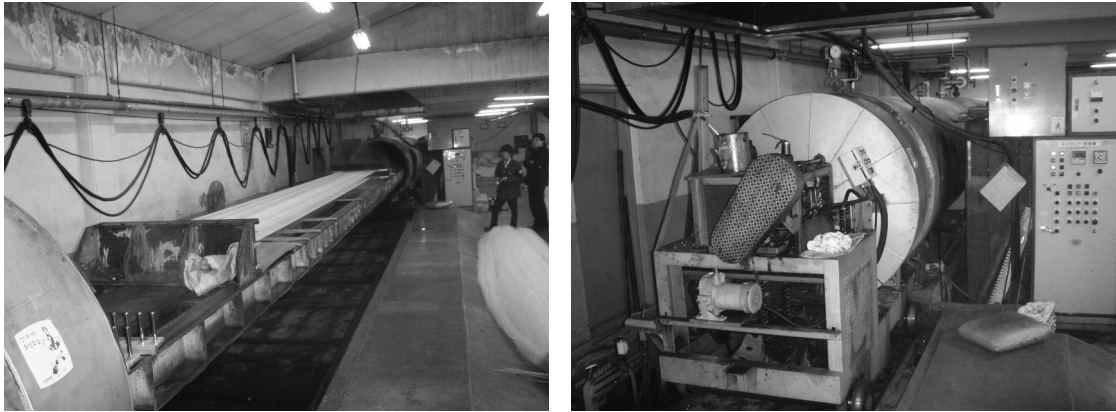


Fig. 1. Schematic diagram of high pressure steam machine (left; net setting, right; net heating).

과정을 거쳐 제조하였다. 1차, 2차, 3차, 4차의 단계별 godet roller 속도는 각각 14.7m/min, 54m/min, 100m/min, 93m/min였으며, 모노필라멘트사는 각각의 보빈에 1가닥씩 권취하였다.

편망 속도는 16m/min로 하였다. 편망된 어망의 가로, 세로 콧수는 각각 1,263코 및 60코이며, 망목의 크기는 60mm이다. 편망된 어망은 Fig. 1과 같은 고압 습식 열처리기를 이용하여 55°C, 60°C, 65°C, 70°C, 75°C의 온도에서 시료별로 충분한 장력이 미치도록 폭 방향으로 양 끝단을 고정시켜 20분간 안정화시켰다. 열처리는 온도별로 5폭씩 하였으며, 열처리가 끝난 후 건조실에서 온도 40°C로 30분간 습기를 제거하였다.

물리적 특성 실험 및 측정

모노필라멘트사의 직경 (mm)은 1m의 길이로 10가닥을 절단한 후 이를 합하여 소수점 4자리까지 무게를 측정하여 식 (1)로 구하였으며, 데니어 (Td)값은 식 (1)에서 900을 곱하여 계산하였다.

$$\text{diameter (mm)} = \sqrt{\frac{4W}{\pi hc}} \quad (1)$$

여기서, W는 모노필라멘트사 10m 길이의 무게 (g)이고, π 는 3.14159, h는 10, c (비중)는 1.26이다.

시료의 강도 및 신장률은 정속 인장식 장력계 (Instron 4204, America)를 사용하여 KS K 0412

(2005) 시험법을 이용하여 실험하였다. 실험시의 실내온도는 $20 \pm 2^\circ\text{C}$, 상대습도는 $65 \pm 2\%$ 였다. 시료의 인장시험은 클램프 간격 400mm, 인장속도 400mm/min로 하였다. 시료의 매듭 강도는 상, 하 클램프 부근과 매듭이 없는 곳에서 절단된 실험 결과는 제외하고 시료의 중앙과 매듭에서 절단되는 시료마다 20회씩 측정하여 평균하였다. 강도와 신장률은 최대점과 파단점에서의 값을 측정하였다.

어망의 부품 정도는 두께 5mm 아크릴판을 이용하여 사각수조 (50cm × 7cm × 12cm, L × B × D)를 제작하여 측정하였다. 시료는 어망 (1,263코 × 60코, L × D)의 중간부분을 길이 54cm (9코 × 1,263코, L × D)되게 절단하였다. 측정은 사각수조에 물을 주입한 후 시료를 넣고 수조 길이의 중간 지점 (24–26cm)에서 어망의 높이를 측정하였다. 실험은 시료마다 10회씩 측정하여 평균하였다.

매듭의 상태는 광학현미경 (SV-35, Sometech)을 40배로 확대하여 촬영하여 확인하였으며, 용융도 시험은 승온속도를 10°C/min로 하여 온도 40–300°C에서 열특성 분석기 (Q-1000, TA, Instrument)를 이용하여 측정하였다.

결 과

PBS 95%와 PBAT 5%의 중합체로 방사된 모

노필라멘트사와 이를 이용하여 단매듭으로 하였을 때의 견시 및 습시의 강도와 신장률은 Table 1에 나타내었다. Table 1에서 견시와 습시 PBS 모노필라멘트사의 강신도 곡선은 최대점에 도달한 후 신장률의 증가함에 따라 서서히 감소하다가 파단되는 것으로 나타났다. 견시의 직선 파단 강도는 최대 강도 보다 0.9kg/mm² 감소한 반면 파단점에서의 신장률은 최대점보다 1.7% 증가하였다. 습시의 최대 강도와 파단 강도는 견시에 비해 각각 4.6% 및 4.7% 감소한 반면, 신장률의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다. 단매듭으로 하였을 때의 강도는 견시와 습시 모두 최대점에서 파단되었으며, 습시 단매듭의 강도는 견시에 비해 3.7% 감소하였다.

PBS 모노필라멘트사로 단매듭과 이중매듭으로 하였을 때의 견시 및 습시의 파단강도와 신장률은 각각 Fig. 2 및 Fig. 3에 나타내었다. Fig. 2에서 습시의 PBS 모노필라멘트사의 직선, 단매듭 및 이중매듭의 파단 강도는 견시보다 각각 2.2kg/mm², 1.4kg/mm² 및 0.6kg/mm² 감소하였으

나, 각 단계별 견시와 습시의 파단 강도의 차이는 거의 없었다. 습시의 매듭 단계별 파단 강도를 보면, 단매듭은 모노필라멘트사의 80.4%, 이중매듭은 단매듭의 70.8%로서 지수 함수적으로 감소하였다.

Fig. 3에서 습시의 모노필라멘트사와 단매듭의 파단 신장률은 견시보다 각각 0.5%, 0.2% 감소한 반면, 이중매듭의 신장률은 0.4% 증가하였다. 습시의 매듭 단계별 파단 신장률을 보면, 단매듭 신장률은 18.6%로 모노필라멘트사 보다 6.4% 감소한 반면, 이중매듭의 신장률은 23.2%로 단매듭보다 4.6% 증가하였다.

편망 후 열처리 온도에 따른 PBS 망사의 습시 파단 강도와 신장률은 각각 Fig. 4 및 Fig. 5에 나타내었으며, 이에 대한 T-test 결과는 Table 2에 나타내었다. Fig. 4에서 미처리 PBS 모노필라멘트사의 파단 강도는 26kg/mm² 정도였으나, 열처리 온도가 올라갈수록 파단 강도는 감소하였다. 열처리 온도가 65°C 및 70°C 조건에서는 각각 22.5kg/mm² 및 22.2kg/mm²으로서 파단 강도의 차

Table 1. Strength and elongation of PBS monofilament in the dry and wet conditions

| Condition | | Maximum point | | Breaking point | |
|-------------|-----|--------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|
| | | Strength (kg/mm ²) | Elongation (%) | Strength (kg/mm ²) | Elongation (%) |
| Line | Dry | 48.1 ± 0.96 | 23.8 ± 1.88 | 47.2 ± 1.04 | 25.5 ± 1.84 |
| | Wet | 45.9 ± 1.30 | 24.0 ± 2.78 | 45.0 ± 1.69 | 25.0 ± 2.60 |
| Single knot | Dry | 37.6 ± 1.55 | 18.8 ± 0.35 | 37.6 ± 1.55 | 18.8 ± 0.35 |
| | Wet | 36.2 ± 2.05 | 18.3 ± 0.62 | 36.2 ± 2.06 | 18.6 ± 0.62 |

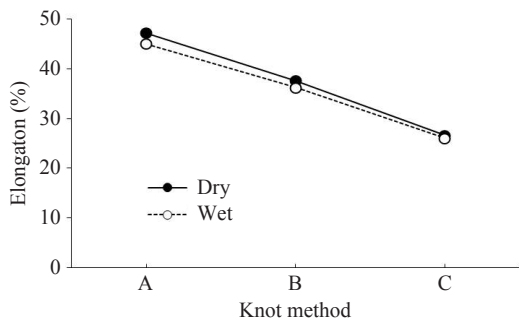


Fig. 2. Breaking strength of specimens by knot methods in the dry and wet condition: (A) unknot (B) single knot (C) double knot.

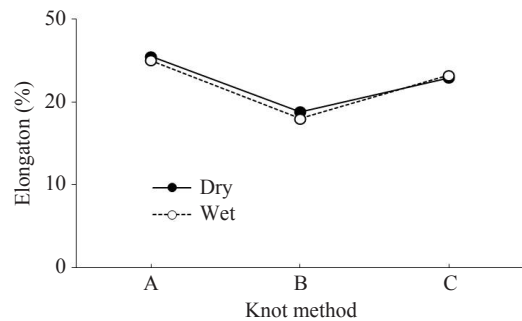


Fig. 3. Breaking elongation of specimens by knot methods in the dry and wet condition: (A) unknot (B) single knot (C) double knot.

이가 거의 없었으나, 75°C에서는 20.7kg/mm²으로서 70°C에 비해 비교적 큰 폭으로 감소하였다.

Fig. 5에서 미처리 PBS 망사의 파단 신장률은 23.2% 정도였으나, 열처리 온도가 올라갈수록 파단 신장률은 감소하였다. 열처리 온도가 65°C 및 70°C 조건에서는 각각 22% 및 21.8%로 파단 신장률의 차이가 거의 없었으나, 75°C에서는 21.1%로서 70°C에 비해 파단 신장률이 3.2% 정도 감소하였다.

Fig. 4와 Fig. 5로부터 6종의 시료에 대한 파단 강도 BS (breaking strength, kg/mm²), 파단 신장률 BE (breaking elongation, %)와 열처리 온도 T (°C)와의 상관관계를 구하면, 다음과 같은 실험식으로 표현할 수 있다.

$$BS = 26.414 - 0.0603T \quad (R^2 = 0.86) \quad (2)$$

$$BE = 23.403 - 0.0213T \quad (R^2 = 0.79) \quad (3)$$

습시의 열처리 온도별 파단 강도와 신장률을

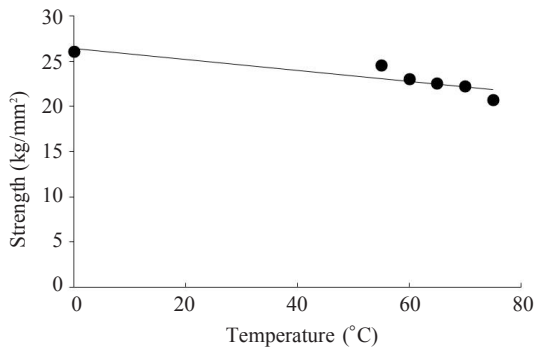


Fig. 4. Breaking strength of the PBS monofilament yarn with double knotted net at various heat setting temperature in wet the condition.

분산분석 (analysis of various; ANOVA)으로 검정한 결과, 5% 유의수준에서 유의한 차가 인정되었다. 이를 다시 열처리 온도별로 세분하여 Turkey test로 검정한 결과, 파단 강도와 파단 신장률의 HSD (honestly significant difference test) 값은 각각 1.31 및 1.18였다. 파단 강도는 열처리 온도 0°C와 55°C, 0°C와 60°C, 0°C와 65°C, 0°C와 70°C, 0°C와 75°C, 55°C와 75°C, 60°C와 75°C, 65°C와 75°C에서 유의한 차이가 인정되었으며, 그 이외의 구간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 파단 신장률은 열처리 온도 0°C와 70°C, 0°C와 75°C, 55°C와 75°C에서 유의한 차이가 인정되었으며, 그 외의 구간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다 (Table 2).

열처리 온도에 따른 어망 (직경 0.304mm, 망목의 크기 60mm, 가로 1,263코, 세로 60코)의 높이를 Fig. 6에 나타내었다. Fig. 6에서 열처리 이전의 어망의 높이는 17±0.8cm였으며, 열처리

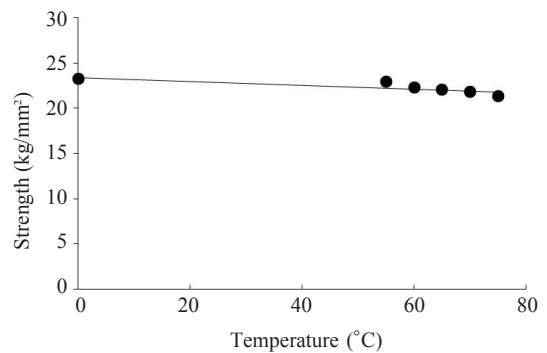


Fig. 5. Breaking elongation of the PBS monofilament yarn with double knotted net at various heat setting temperature condition.

Table 2. F-values of T-test for breaking strength (BS) and elongation (BE) on the PBS monofilament yarn with double knotted net at various heat setting temperature in the wet condition

| Comparison | BS (BE) | Comparison | BS (BE) | Comparison | BS (BE) |
|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| A vs. B | 2.15 (0.30) | B vs. C | 0.05 (0.05) | C vs. E | 1.16 (0.50) |
| A vs. C | 2.20 (0.90) | B vs. D | 0.08 (0.08) | C vs. F | 2.17 (1.00) |
| A vs. D | 2.91 (1.10) | B vs. E | 1.21 (1.10) | D vs. E | 0.45 (0.30) |
| A vs. E | 3.36 (1.40) | B vs. F | 2.22 (1.60) | D vs. F | 1.46 (0.80) |
| A vs. F | 4.37 (1.90) | C vs. D | 0.03 (0.03) | E vs. F | 1.01 (0.50) |

A; 0°C, B; 55°C, C; 60°C, D; 65°C, E; 70°C, F; 75°C.

온도가 올라갈수록 어망의 높이는 감소하였다. 그러나, 열처리 온도 70°C와 75°C에서의 어망의 높이는 각각 $3.7 \pm 0.2\text{cm}$, $3.6 \pm 0.2\text{cm}$ 로서 차이가 거의 없는 것으로 나타났다.

열처리 온도에 따른 어망의 매듭과 발의 상태

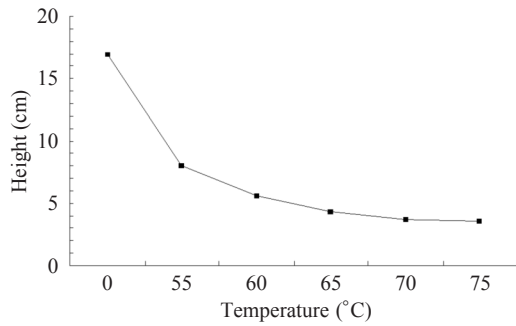


Fig. 6. Height of the PBS monofilament gill net with double knotted net at various heat setting temperature conditions.

를 광학 현미경으로 40배로 확대하여 촬영한 사진을 Fig. 7에 나타내었다. Fig. 7에서 열처리 이전과 열처리 이후의 온도 변화에 따른 매듭의 상태는 외관상 차이가 없는 것으로 나타났으나, 매듭을 중심으로 발과 발 사이의 간격은 열처리 온도가 올라갈수록 작아지는 것으로 나타났다. 그러나, 열처리 온도 70°C와 75°C에서 매듭을 중심으로 발과 발 사이의 간격은 각각 2.23mm 및 2.03mm로서 차이가 거의 없는 것으로 나타났다.

열처리 온도에 따른 PBS 망사의 용융도 곡선을 Fig. 8에 나타내었다. Fig. 8에서 열처리 이전의 PBS 망사의 DSC 곡선을 보면, 냉결정화 온도 (T_c cold)는 나타나지 않았으며, 용융온도 (T_m) 곡선은 매우 완만하게 증가하는 것으로 나타났다. 각 온도별로 열처리한 후 T_m 은 매우 예리하게 발달하면서 고온측으로 이동하는 것으로 나

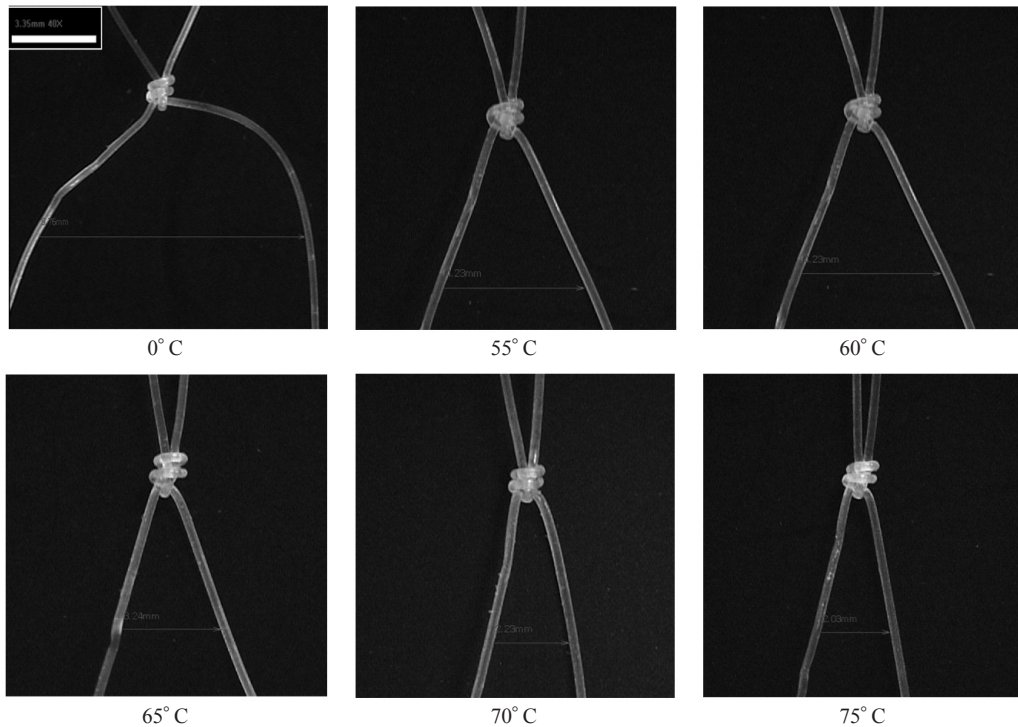


Fig. 7. Microscopes of the PBS monofilament yarn with double knotted net at various heat setting temperature conditions.

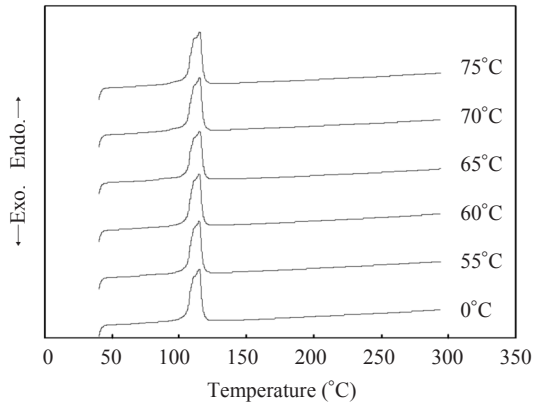


Fig. 8. DSC curve of the PBS monofilament at various heat setting temperature conditions.

타났으며, 각 온도별로 Tm의 피크 강도는 차이가 거의 없는 것으로 나타났다.

고 찰

자망은 한정된 어선의 공간에 많은 양이 적재되기 때문에 가능한 부풀지 않게 제망되어야 한다. 이를 충족시키기 위해서는 편망 후 열처리의 온도와 침지 시간이 중요하다. 열처리 침지 시간은 어망의 생산량과 밀접한 관계가 있으므로 가능한 짧게 하는 것이 좋으나 너무 짧으면 열처리의 효과가 나타나지 않는다. 또한, 열처리 온도가 너무 높으면 강도가 약해져서 어망으로 사용할 수 없기 때문에 강도의 감소를 최소화 할 수 있는 온도에서 열처리를 해야 한다. 나일론 자망의 열처리는 열처리기의 종류별로 경험에 의해 열처리 온도와 시간을 달리하고 있다. 습식 열처리기를 이용할 때는 약 110°C 온도에서 30-40분간 열처리를 하며, 고압 습식 열처리기를 이용할 때는 약 120°C 온도에서 20분간 열처리를 하고 있다.

PBS 자망은 근래에 들어 일부 자망에 한해 생산되고 있으며, 업체별로 열처리 온도와 시간을 달리 하여 열처리를 하는 관계로 완성된 어망의 강도와 부풀기가 다른 실정이다.

따라서, 이 연구에서는 PBS 어망을 편망한 후 열처리 온도와 시간에 따른 망사의 강도와 신장

률의 변화, 어망의 부풀기 등 상호 관련성을 검토하는 데 그 목적이 있으며, 부가적으로 매듭 단계별 강도와 신장률의 변화에 대해서 검토하였다. 이를 위해 중량 기준 PBS 95%와 PBAT 5%를 중합하여 단일 수지로 만든 후 6.8:1의 연신과정을 거쳐 직경 0.304mm의 모노필라멘트를 방사하였다. 이 실을 이용하여 망목 크기 60mm, 가로 1,263코, 세로 60코가 되도록 기계 편망한 후 고압 습식 열처리기를 이용하여 온도 55°C에서 75°C까지 5°C 간격으로 20분간 안정화시켰다.

매듭 이전의 PBS 모노필라멘트사의 강도는 최대점에 도달한 후 더 신장되다가 파단되는 특성을 보였고, 매듭 이후에는 최대점에 도달함과 동시에 파단되는 것으로 나타났다.

이처럼 PBS 모노필라멘트사의 매듭 전, 후의 최대 강도와 파단 강도가 다르게 나타난 것은 Park et al. (2007a; 2007b; 2008; 2010)의 연구 결과와 일치하며, 이는 방사구금을 통해 압출된 PBS 모노필라멘트사가 토출 즉시 4°C 이하의 냉각수에 의해 고정됨으로써 중심부(core)에 비결정 영역이 존재하기 때문이라 사료된다.

건시의 매듭 단계별 강도와 신장률 변화를 보면, 단매듭과 이중매듭의 강도는 모노필라멘트사의 초기 강도에 비해 각각 20.3%, 43.6%로 지수 함수적으로 감소한 반면, 신장률은 각각 26.3%, 10.2%로 감소하였다. 즉, 이중매듭의 강도는 매듭의 단계에 따라 지수 함수적으로 감소하였으나, 신장률은 단매듭 보다 21.8% 증가하는 것으로 나타났다. 이는 이중매듭 내부의 빈공간이 단매듭보다 상대적으로 많이 존재하기 때문에 일정한 장력을 지속적으로 주면 그 공간이 좁혀지면서 신장률이 증가하나 강도는 절대적 크기이므로 지수 함수적으로 감소하는 데 기인하는 것이라 사료된다.

편망 후 열처리 온도가 올라갈수록 파단 강도와 신장률은 감소하며, 파단 강도의 감소 비율은 신장률 감소 비율 보다 높게 나타났다. 또한, 열처리 온도가 65°C 및 70°C 조건에서는 파단 강

도와 신장률의 차이가 거의 없는 것으로 나타났으나, 온도 70°C와 75°C 조건에서는 5% 유의수준에서 유의한 차이로 감소되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Lee et al. (1987), Lee and Cho (1989)가 나일론 6 필라멘트사에 대한 연구 결과와 일치하는 경향을 보였으며, 이는 열처리 온도가 높을수록 분자운동이 활발해져 기존의 비결정 영역이나 결정을 제대로 형성하지 못했던 작은 결정 등의 성장이 촉진되었기 때문이라 사료된다. 그리고 열처리 온도가 75°C에서 파단 강도와 신장률이 70°C보다 큰 폭으로 감소하는 것은 Jang et al. (2010)이 일정 온도 이상으로 열처리 하면 강도가 급격히 감소한다고 보고한 결과와 일치하며, Cao et al. (2002)이 PBS의 연화점이 95°C라고 보고한 것에 근접하고 있고 있기 때문이라 사료된다.

열처리 온도가 올라갈수록 매듭의 상태는 외관상 차이가 없는 것으로 나타났으나 매듭을 중심으로 발과 발 사이의 간격이 좁아지면서 어망의 높이도 감소하는 것으로 나타났다. 이는 기계 편망하는 과정에서 매듭의 결절 상태는 견고하나 발에 장력이 가해져 망사가 늘어났다가 열처리하는 과정에서 원 상태로 돌아가기 때문이라 사료되며, 열처리 온도 70°C와 75°C 조건에서의 발의 간격 차이가 거의 없는 것으로 보아 70°C 이상의 온도에서 열처리 하더라도 발의 간격 차이를 줄이지 못할 것으로 사료된다.

열처리 온도에 따른 용융온도의 피크는 거의 일정하였으며, 열처리 온도가 증가함에 따라 최대 용점 피크 값이 약간 증가하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Kim et al. (2001)의 poly(*p*-dioxanone) 모노필라멘트, Lee and Cho (2001)의 polybutylene terephthalate 필름, Lee and Cho (1989)의 나일론 모노필라멘트사의 연구결과와 일치하는 경향을 보였으며, 이는 비결정 부분이 줄어들기 때문이라고 사료된다.

이상의 결과에서 생분해성 PBS 모노필라멘트사로 편망한 후 고압 습식기로 열처리 함에 있

어서 열처리 온도는 70°C가 적합함을 알 수 있었으며, 습식 열처리를 이용할 때에는 열처리 온도를 약간 낮추는 대신 열처리 시간을 길게 하는 방안도 대안이 될 수 있다고 사료되었다.

결 론

PBS 수지를 이용하여 직경 0.304mm의 모노 필라멘트사를 방사하여 자망으로 제작한 후 열처리 온도가 망사의 물리적 특성, 매듭상태 및 어망의 높이에 미치는 영향을 조사하였다. 열처리 온도는 55-75°C까지 5°C간격으로 각각 20분간 고압 습식 열처리기로 하였다. 열처리 이전의 경우, PBS 모노필라멘트사의 직선, 단매듭, 이중매듭시의 견식 강도는 각각 48.1kg/mm², 37.6kg/mm², 26.6kg/mm²였으며, 신장률은 각각 23.8%, 18.8%, 22.9%였다. 이중매듭으로 된 PBS 모노필라멘트사의 파단 강도와 신장률은 열처리 온도가 올라갈수록 감소하였으며, 신장률 보다 강도의 감소 비율이 높게 나타났다. 온도 65°C와 70°C 조건에서의 파단 강도와 신장률은 5% 유의수준에서 차이가 없었으나, 온도 70°C와 75°C 조건에서는 유의한 차이가 나타났다. 온도 70°C와 75°C 조건에서의 어망의 높이 및 발의 간격은 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 편망 후 70°C 온도에서 20분간 고압 습식 열처리를 할 때 물성이 우수한 PBS 모노필라멘트 자망을 제조할 수 있음을 알 수 있었다.

사 사

이 연구는 국립수산물과학원 (친환경수산물자재 및 어구어법 개발, RP-2012-FE-003)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Ayaz, A., D. Acarli, U. Altinagac, U. Ozekinci, A. Kara and A. Ozen, 2006. Goat fishing by monofilament and multifilament gillnets in izmir bay, Turkey. Fish. Res., 79 (3), 267-271.

- Cao, A., T. Okamura, K. Nakayama, Y. Inoue and T. Masuda, 2002. Studies on syntheses and physical properties of biodegradable aliphatic poly (butylene succinate-co-ethylene succinate)s and poly (butylene succinateco-diethylene glycol succinate)s. *Polymer Degradation and Stability*, 78, 107 – 117.
- Jang, H.J., D.E. Kim, Y.S. Yook, H.D. Yoon and S.G. Lee, 2010. Controlling of interfacial adhesion in the PVA/cement composite with heat treatment of PVA fiber. *J. Korean. Fiber. Soc.*, 47 (2), 110 – 116.
- Kim, H.Y., D.R. Lee, S.C. Lee and S.W. Choi, 2001. Effect of annealing temperature on the mechanical properties of poly (p-dioxanone) monofilament. *J. Korean. Fiber. Soc.*, 38 (4), 191 – 198.
- Lee, J.J. and G.S. Cho, 1989. The microstructural changes of free-annealed nylon 6 filament yarns - comparison of UDY, POY, and FDY -, *J. Korean. Fiber. Soc.*, 13 (1), 43 – 47.
- Lee, J.J., K.S. Cho and K.J. Kim, 1987. Thermal and physical properties of taut-annealed nylon 6 POY, *J. Korean. Fiber. Soc.*, 24 (5), 74 – 81.
- Lee, S.H. and H.H. Cho, 2001. Fine structure formation and properties with drawing of polybutylene terephthalate film (I), -effect on drawn and heat setting temperature-. *J. Korean. Fiber. Soc.*, 38 (7), 326 – 334.
- Park, S.W., J.H. Lim, J.H. Bae, C.D. Park, B.J. Cha and J.K. Shin, 2006. Biodegradation of monofilament spun by the PBS and its degrading microorganism. *Proceeding, 2006 Autumn Meeting of the Kor. Soc. Fish. Tech.*, 67 – 70.
- Park, S.W., C.D. Park, J.H. Bae and J.H. Lim, 2007a. Catching efficiency and development of the biodegradable monofilament gill net for snow crab, *Chionoecetes opilio*. *J. Kor. Soc. Fish. Tech.*, 43 (1), 28 – 43.
- Park, S.W., J.H. Bae, J.H. Lim, B.J. Cha, C.D. Park, Y.S. Yang and H.C. Ahn, 2007b. Development and physical properties on the monofilament for gill nets and traps using biodegradable aliphatic polybutylene succinate resin. *J. Kor. Soc. Fish. Tech.*, 43 (4), 281 – 290.
- Park, S.W. and J.H. Bae, 2008. Weatherability of biodegradable polybutylene succinate (PBS) monofilaments. *J. Kor. Soc. Fish. Tech.*, 44 (4), 265 – 272.
- Park, S.W., S.H. Kim, H.S. Choi and H.H. Cho, 2010. Preparation and physical properties of biodegradable polybutylene succinate/polybutylene adipate-co-terephthalate blend monofilament by melt spinning. *J. Kor. Soc. Fish. Tech.*, 46 (3), 257 – 264.
- Reville, A.S. and G. Dunlin, 2003. The fishing capacity of gillnets lost on wrecks and on open ground in UK coastal waters. *Fish. Res.*, 64, 107 – 113.
- Tschernij, V. and P.O. Larsson, 2003. Ghost fishing by lost cod gill nets in the baltic sea. *Fish. Res.*, 64 (2), 151 – 162.

2012년 1월 14일 접수
 2012년 2월 8일 1차 수정
 2012년 2월 8일 수리