

몰드 브래지어 컵의 제작을 위한 3D 스페이서 패브릭과 폴리우레탄(PU) 폼 조합에 따른 열·수분 전달 특성 비교[†]

Comparisons of Thermal-moisture Properties in Combination of 3D spacer and Polyurethane(PU) Foam for Mold Brassiere Cups

이현영*, 박희주**

*군산대학교 의류학과

Hyun Young Lee*, Huiju Park**

*Dept. of Clothing & Textiles, Kunsan National Univ.

**Dept. of Fiber Science and Apparel Design, Cornell University

Abstract

To identify optimized thermal properties of mold brassiere cup for improved thermal comfort during summer, we compared the thermal resistance and the water vapor permeability of Polyurethane (PU) foam, 3D spacer fabric and the two combined materials of the PU foam and the 3D spacer fabric. Four experimental mold brassieres were made of the materials for wearing test. Six women in their twenties evaluated the wearing sensation in the hot and humid environment. The changes in microclimate temperature and humidity while wearing test brassiere cups were measured. Results indicate that thermal resistance increased as more PU foam were combined, while the water vapor permeability was higher as the content of the 3D spacer fabric increased at thickness of 18mm and over. However, in the wear test, the PU foam brassiere was the most preferred in all ambient conditions due to its soft, flexible and smooth texture, despite its high thermal resistance and low water vapor permeability. This indicates that the textures of mold foams are more dominant properties than thermal properties for mold foams in determining the wear comfort of mold brassieres.

KeyWords: Polyurethane(PU) foam, 3D spacer fabric, mold brassiere cup, small-breasted women, moisture transfer, thermal insulation

I. 서론

유방의 볼륨 보관을 위해서는 두께감 있는 몰드 브래지어를 착용하거나 브래지어 안에 볼륨패드를 삽입할 수 밖에는 없지만, 후덥지근한 여름철에 두께감 있는 브래지어는 덥고 땀이 차 불쾌감을 유발 할 수 있다. 따라서 보다 쾌적하고 착용감이 좋은 소재를 적용하여 불쾌감을 최소화 할 필요가 있다.

그러나 몰드 브래지어에 대한 선행연구는 매우 드물다. Yick et. al.(2010)의 연구에서는 5종의 PU 폼을 다양한 온도 및 시간 조건에서 브래지어 몰드 컵으로 열성형하고 이에 대한 물성 변화를 분석함으로써 각각의 PU 폼들에 대한 최적의 몰드 컵의 열성형 조건을 쉽게 결정할 수 있는 방법(TMA)을 제안하였다. 또한 이후의 연구(Yick et. al., 2011)에서는 몰드 폼의 소재에 따라 최적의 열성형 조건을 결정하는 것이 매우 어렵고 컵 형태의 적합성을

[†] 이 논문은 2013년도 군산대학교 교수장기국외연수경비의 지원에 의하여 연구되었음.

* Corresponding author: Hyun Young Lee

Tel. +82-63-469-4662, Fax. +82-63-469-4661

E-mail: hyl@kunsan.ac.kr

측정하는 데에도 신뢰할 수 있는 방법을 개발하기 위하여 폼의 열역학적 분석(TMA)에 따라 PU 폼의 특성을 분석하고 다양한 열성형 조건에서 만들어진 3D 형상을 측정할 수 있는 방법을 제안하였다. 그 밖의 연구로는 시판 몰드 브래지어에 대한 착용실태 조사나 착용감 평가 등 (Lee, 2007; Lee 2012; Shon & Kweon, 2012)이 주를 이루었으며, 여름철 몰드 브래지어 컵에 적용하기 위한 소재에 대한 연구는 거의 찾아보기 어려웠다. 그러나 업계에서는 보다 쾌적한 몰드 컵 개발을 위해 새로운 소재들을 도입하여 신제품들을 선보이고 있다. 그 예로 기존의 PU 폼에 작은 구멍들을 뚫은 브래지어(Park, 2014)나, 기능성 의류에 통기성 있는 완충제로 사용되던 3D 스페이스 패브릭(3D spacer fabric)을 브래지어 몰드 컵에 적용한 브래지어 (Amazon, 2015; Neiman Marcus, 2015) 등이 있다.

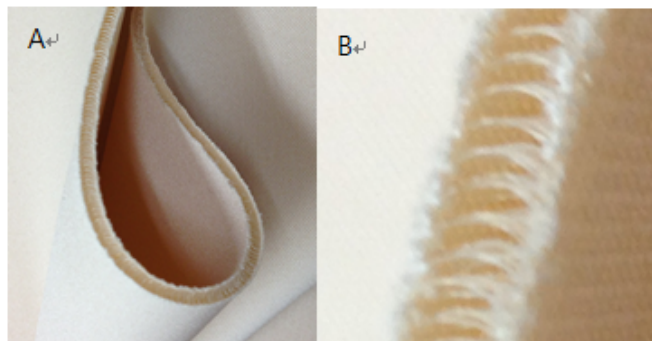
이중 3D 스페이스 직물은 일반적으로 충격완화 소재로 주로 이용되어 왔는데, 직조형태를 달리하여 단층 구조를 다양하게 변화시킬 수 있고 이에 따라 물성도 변하지 않을 수 있는 소재이다.(Armakan & Roye, 2009). 해외 브랜드들에서 주로 이 소재를 브래지어에 적용하여 제품을 출시하고 있는데 이러한 제품들이 실제 한국의 고온 다습한 여름철 기후에서도 기존의 PU 폼으로 제작된 제품들보다 얼마나 더 쾌적한지에 대한 객관적인 검증은 이루어지지 않았다. 더욱이 빈약 유방 여성들의 경우 다소 두꺼운 몰드 컵의 브래지어가 선호된다는 연구결과(Lee, 2012)도 있어, 이 정도의 두께로 PU 폼 몰드 브래지어와 3D 스페이스 패브릭 몰드 브래지어를 제작하여 착용시켰을 경우 어떠한 것이 더 쾌적한지에 대해서는 실제적이고 객관적인 비교가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 PU 폼과 3D 스페이스 패브릭의 보온성과 투습성을 여러 두께에서 측정해 보고 어떠한 소재가 여름철 몰드 브래지어 컵 소재로 적합한지를 비교하였다. 그리고 두 소재의 장단점을 고려하여 두 소재가 함께 조합되었을 때의 변화도 함께 파악하였다. 또한 이 소재들로 두꺼운 몰드 브래지어 컵으로 제작하여 빈약 유방 여성들을 대상으로 착용실험을 수행하였다. 착용실험은 주관적 착용감 평가와 브래지어 내 온·습도 측정 비교를 수행하였다. 이를 통해 여름용 두꺼운 몰드 브래지어 컵에 어떠한 소재를 적용하는 것이 쾌적감 향상에 도움이 되는지를 파악하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 실험용 소재 및 조합

실험에는 PU 폼(Polyurethane foam)과 스페이스 패브릭(spacer fabric)을 사용하였다. PU 폼으로는 몰드 브래지어 컵 제조사로부터 일반적으로 몰드 컵 제조에 사용하고 있는 9mm 두께의 PU 폼을 구하여 사용하였는데, 이 소재는 선행연구에서 착용감이 좋은 것으로 평가되었던 브래지어의 컵 소재와 가장 유사한 소재를 업체로부터 추천 받은 것이었다(Lee, 2007; Lee, 2012). 스페이스 패브릭은 부드러운 것부터 매우 뻣뻣한 것까지 매우 다양하므로, 브래지어에 적용하기에 적당하도록 부드럽고 유연한 두꺼운 것을 구하고자 하였다. 그러나 국내에서는 원하는 특성의 스페이스 소재를 구하기 어려워 별도로 제작을 의뢰하였다. 제작된 스페이스 소재는 폴리에스테르(91.3%)와 폴리우레탄(8.7%)로 이루어졌으며, [Figure 1]의 A와 같이 몰드 브래지어 컵에 적용하기에 충분히 부드럽고 유연하였으나, 두께는 3mm로 얇은 편이어서 어느 정도 두꺼운 몰드 컵을 제작하기 위해서는 여러 겹



[Figure 1] The flexible shape (A) and the cross sectional shape (B) of the 3D spacer fabric.

을 겹쳐서 사용할 수밖에 없었다. [Figure 1]의 B는 이 소재의 단면형태로 섬유들이 기둥 형태를 이루며 직조된 모습을 보여준다.

위 두 소재의 두께별 열·수분 전달 특성을 파악하기 위해 PU 폼의 한 겹 소재는 F₉, 2겹은 18mm 두께로 F₁₈, 3겹은 27mm로 F₂₇로 두께에 따라 표기하였고, 스페이서 패브릭도 3겹(S₉), 6겹(S₁₈), 9겹(S₂₇)까지 겹쳐 PU 폼과 동일한 두께로 붙여 실험소재를 제작하였다. 두께를 27mm까지 변화시킨 것은 선행연구(Lee, 2012)에서 빈약 유방 여성들에게 가장 선호되었던 브래지어 컵의 PU 폼 두께가 26mm였기 때문에 이에 근접한 두께까지 재현을 하기 위함이었다. 실험에 사용된 스페이서 패브릭은 상당히 유연한 편이어서 여러 겹 겹쳐져도 몰드 컵 제작이 가능한 수준이었다. 또한 PU 폼 소재와 스페이서 소재가 조합될 경우 어떠한 효과가 있는지도 파악하기 위해 두 소재를 9mm씩 3겹으로 같이 조합한 27mm 두께의 SFS₂₇과 FSF₂₇도 실험 조합에 포함시켰다. SFS₂₇는 스페이서 소재가 양쪽 바깥쪽에, 그리고 가운데에 PU 폼이 접합된 소재이며, FSF₂₇은 양쪽 바깥쪽에 PU 폼이, 가운데에 스페이서 소재가 접합된 것이었다. 그리고 소재접착을 위해서는 유연성과 기공을 유지시키기 위해 미세한 스프레이 접착제가 사용되었다. 보온성과 투습성 측정에 사용된 실험소재들의 특성은 <Table 1>에 제시하였다.

주관적 평가를 위한 몰드 브래지어 제작에서는 스페이서 소재를 9겹까지 겹쳐 열성형을 하기에는 어려움이 있어, F₁₈과 S₁₈의 두께 수준에 맞추어 SFS₂₇과 FSF₂₇의 두께를 조절하였다. 그러나 주위진 9mm의 PU 폼과 3mm의 스페이서 패브릭으로 18mm 두께를 맞추어 조합하는

것은 어려움이 있어 FSF는 ‘F₉ + S₃ + F₉’의 순서로 PU 폼 2장과 스페이서 1장을 21mm 두께의 소재로 접착하였다. 그리고 SFS는 ‘S₆ + F₉ + S₆’의 순서로 PU 폼 1장과 스페이서 4장을 조합하여 21mm 두께를 맞추었다. 그리고 두께에 따른 혼란을 막기 위해 주관적 평가에 사용된 두 소재는 각각 SFS₂₁과 FSF₂₁로 구분하였다. 스페이서 패브릭의 경우에는 겉면이 부드러운 섬유 소재로 되어 있어 별도의 패브릭을 접착시킬 필요가 없었으나, PU 폼 소재의 경우 폴리에스테르 니트 소재를 접착하여 컵을 제조하므로 이 실험에서도 PU 폼이 밖으로 드러나는 F₁₈과 FSF₂₁에는 별도의 천을 접착시켰다. 이 천은 폴리에스테르 100%로 편직된 트리코트 편성물로 두께는 3회 반복 측정결과 0.45mm이었다. 따라서 두 소재는 다른 소재들보다 두꺼울 수 밖에는 불리한 조건이지만, 실제 제품 생산 시에도 불가피한 제조방법이기 때문에 이것이 더 현실적인 비교방법이라고 판단하였다.

2. 보온성과 투습성 비교

보온성은 FITI시험연구원에 의뢰하여 측정하였으며, ASTM D1518 (ASTM, 1998)에 따라 열관류율(thermal transmittance, W/m²·K)을 3회 반복 측정하고, 이를 clo값으로 환산하여 보온성을 분석하였다.

$$U_1 = P/[A \times (T_p - T_a)] \quad (1)$$

$$U_2 = (U_{bp} \times U_1)/(U_{bp} - U_1) \quad (2)$$

U₁ (W/m²·K): combined thermal transmittance of the specimen plus the air

U₂ (W/m²·K): intrinsic thermal transmittance of the

<Table 1> Characteristics of the experimental materials for the measurement of flat specimens

ID	F ₉	F ₁₈	F ₂₇	S ₉	S ₁₈	S ₂₇	SFS ₂₇	FSF ₂₇
Materials	PU foam only			3D spacer fabric only			Combined	
Thickness (mm)	9	18	27	9	18	27	27	27
Figures								

fabric alone

$P(W)$: power loss from test plate

$A(m^2)$: area of test plate

$T_a (^{\circ}C)$: air temperature

$T_p (^{\circ}C)$: test plate temperature

$U_{bp}(W/m^2 \cdot K)$: bare-plate transmittance

$$k = U_2 \times t_i / 1000 \quad (3)$$

$t_i(mm)$: thickness of the specimen

$k(W/m \cdot K)$: intrinsic thermal conductivity of the fabric alone

$$\text{Specific thermal resistance (Clo)} = 1.137/k \quad (4)$$

투습성(WVP, water vapor permeability, $g/m^2/day$)은 BS 7209 (BS, 1990)에 따라 측정하였으며, 약 8cm 직경의 플레이트에 정해진 높이만큼 증류수를 붓고, 시편을 통해 24시간 동안 증발된 수분량을 측정하여 아래의 수식에 대입하여 값을 구하였다. 투습성 측정시 표준환경에서 8개 소재에 대해 동시에 측정하였으며 3회 측정하여 평균값을 산출하였다.

$$WVP = 24M/At \quad (5)$$

$M(g)$: the loss in mass of the assembly over the time period t

$t(h)$: the time between successive weightings of the assembly

$A(m^2)$: the area of the exposed test fabric

3. 착용실험방법

실제로 위의 소재들이 실제 몰드 브라지어 컵으로 제작되어 착용되었을 경우 착용감이나 쾌적함에 어떠한 차이가 있을지를 비교하기 위하여, F18, S18, SFS21 그리고 FSF21을 동일한 금형을 이용하여 몰드 브라지어 컵으로 제작하고 이를 3/4컵 몰드 브라지어로 제작하였다. 브라지어 금형은 선행연구(Lee, 2014)에서 70AA 또는 75AA의 빈약 유방 여성들을 위해 설계된 것으로 유두 부분이 가장 두꺼운 일반적인 형태의 것이었다. [Figure 2]는 본 연구를 위해 제작된 실험브래지어의 모습을 제시한 것으로, 위의 브라지어부터 F18, FSF21, S18, SFS21이다.



[Figure 2] Experimental brassieres

실험브래지어 사이즈에 적합한 20대의 빈약 유방 여성 6명을 대상으로 실온($25 \pm 1^{\circ}C$, $60 \pm 5\%R.H.$)과 고온($30 \pm 1^{\circ}C$, $70 \pm 5\%R.H.$) 환경에서 주관적 착용감 평가를 실시하였고, 동시에 브라지어 내 온도와 습도도 측정하여 비교하였다. 피험자별로 4벌의 실험브래지어를 라틴스퀘어법을 응용하여 정한 착용 순서에 따라 착용하였으며, 한 피험자당 총 4회의 실험을 실시하였다. 실험브래지어 외의 실험의복으로는 폴리에스테르 소재의 긴 트레이닝 팬츠, 반소매의 면 티셔츠, 면 팬티, 면 양말, 가벼운 운동화가 착용되었다.

착용실험순서는 <Table 2>에 정리하였다. 피실험자는 실험실에 도착하여 안정될 때까지 휴식을 취한 후, 실험의복을 갈아입고 휴대용 온-습도계(TR-72Ui, T&D Co.)를 부착하였다. 그리고 다시 실온에서 15분, 그 다음은 고온 환경에서 15분간 안정을 취하고, 이후 고온 환경에서 10분간 1층 계단을 오르내리는 운동을 실시하였다. 그리고 설문 평가와 브라지어 내 온도와 습도 측정은 각 단계의 마지막 3분 동안 실시하였다. 이때 휴대용 온-습도 측정기는 센서부분만 피실험자의 왼쪽 브라지어 내에 삽입하고 기기는 운동복 바지의 포켓에 넣었으며, 기류 이동에 영향을 주지 않는 센서 양쪽 끝 부분을 종이 반창고로 고정하여 센서가 빠지지 않도록 고정하였다. 그리고 주관적 착용감을 평가하기 위한 평가설문지는 <Table 3>의 20개 문항으로 브라지어의 맞음새, 몰드 컵 소재의 느낌, 온열 쾌적성, 브라지어에 대한 전반적 만족도, 만족 순위에 대해 질의하였으며, 순위에 대한 평가를 제외한 모든 문항은 7점 리커트 척도로 구성하였다.

〈Table 2〉 Experimental process of the wearing test

Steps	Experimental Process
1	Rest and wearing of the experimental brassiere and clothing. Attachment of sensor.
2	Room temp. - Rest (15min)
3	High & humid temp. - Rest (15 min.)
4	High & humid temp. - Exercise (10 min.)

Measure the wearing sensation & the microclimates of brassiere at the last 3min of the each steps

〈Table 3〉 Questions for evaluation of wearing comfort

	Questions of questionnaire
Fit of brassieres	The front panel of the brassiere is fitted well without gaps. The upper part of the brassiere cup is fitted well without gaps. The inner part of the brassiere cup is fitted well without gaps. The thickness of the mold cup is appropriate. The brassiere cup is contacted well on the body during exercise.
Sensation for Mold cup materials	The cup material is soft and flexible. The elasticity of cup material is suitable. The cup material is light. The volume of cup material is suitable. The contact sensation of the brassiere cup is good. The contact sensation of the brassiere cup is smooth.
Thermal comfort	The inside of the brassiere cup is hot. The inside of the brassiere cup is stuffy. The inside of the brassiere cup is clingy and sticky. The brassiere cup is damp. The brassiere cup is dry and downy. The inside of the brassiere cup is humid and hot. The thermal and humid sensation of the brassiere cup is comfort.
Overall wearing sensation	The overall wearing sensation of the brassiere cup is comfort. The ranks of the brassiere cups according to the satisfaction.

Ⅲ. 연구결과 및 토의

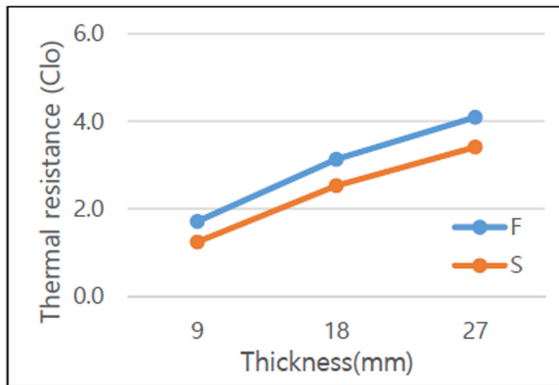
1. PU 폼과 스페이서 폼의 보온성과 투습성 비교 결과

PU 폼과 스페이서 폼의 보온성 비교 결과, Table 4와 같이 PU 폼 소재만으로 이루어진 실험소재들이 스페이서 소재만으로 이루어진 것들 보다 동일한 두께에서 보온성이 더 높은 것으로 나타났다. PU 폼 소재와 스페이서

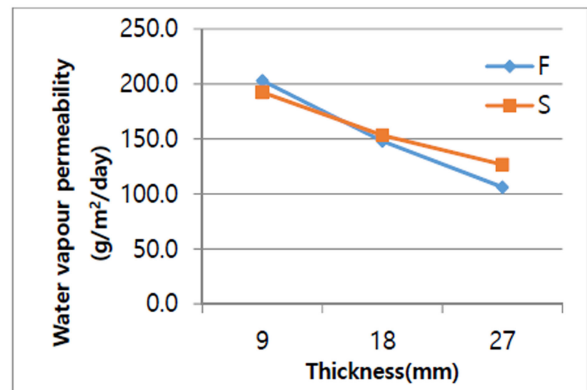
소재가 샌드위치처럼 조합되었을 경우에는 FSF₂₇ 소재의 보온성은 3.80clo, SFS₂₇ 소재의 보온성은 3.83clo로 거의 차이가 나지 않았다. 또한 이 두 소재와 두께는 같지만 단일 소재로만 이루어진 F₂₇과 S₂₇의 경우 보온성은 각각 4.09와 3.41로 스페이서 소재로만 이루어진 S₂₇이 여름용 소재로는 가장 적합한 것으로 나타났다. [Figure 3]은 PU 폼과 스페이서 소재의 두께에 따른 보온성의 변화를 그래프로 나타낸 것이다.

(Table 4) Comparisons of the mean thermal resistances of experimental materials

Thermal Resistance (clo)	Materials							
	F ₉	F ₁₈	F ₂₇	S ₉	S ₁₈	S ₂₇	SFS ₂₇	FSF ₂₇
Mean	1.71	3.13	4.09	1.24	2.53	3.41	3.83	3.80
S.D.	0.040	0.101	0.157	0.030	0.065	0.121	0.126	0.140



[Figure 3] Changes of thermal resistance of the PU foam and the 3D spacer fabric according to thickness



[Figure 4] Changes of water vapor permeability of the PU foam and the 3D spacer fabric according to thickness

투습성(Water vapor permeability, g/m²/day) 측정 결과 <Table 5>와 같이, PU 폼만으로 조합된 소재들은 9mm 폼 한 겹으로 이루어진 경우, 동일한 두께의 스페이서보다 투습성이 약간 더 좋은 것으로 나타났다. 그러나 2겹부터인 18mm 두께 이상의 조합에서는 스페이서의 투습성이 PU 폼보다 더 우수한 것으로 나타났다. 한편, 두 소재를 혼합하여 조합한 SFS₂₇와 FSF₂₇는 양쪽 바깥 층에 스페이서가 조합된 SFS₂₇의 투습성이 더 높은 것으로 나타나, 두꺼운 몰드 컵을 제작할 경우에는 PU 폼보다는 스페이서 패브릭이 더 높은 투습성을 제공할 수 있을 것이다. [Figure 4]는 PU 폼과 스페이서 소재의 두께에 따른 투습성의 변화를 그래프로 제시한 것이다.

이상과 같이 객관적인 열·수분 전달특성의 비교에서는 스페이서 패브릭이 PU 폼 보다 보온성은 낮고 투습성은 높아 더 쾌적한 소재로 평가되었다.

2. 착용실험 결과

1) 주관적 착용감 비교

실험 환경이나 운동 여부와 관계 없이 실험 브래지어들에 대한 전반적인 평가는 <Table 6>과 같았다. 브래지어 컵 부분의 두께(cup thickness), 몰드 컵 소재의 부드러움과 유연함(softness and flexibility), 탄성(elasticity), 경량성(lightness), 적절한 볼륨감(volume), 접촉 느낌(contact

(Table 5) Comparisons of the mean water vapor permeability of experimental materials

Water vapor permeability (g/m ² /day)	Materials							
	F ₉	F ₁₈	F ₂₇	S ₉	S ₁₈	S ₂₇	SFS ₂₇	FSF ₂₇
Avg.	203.0	148.0	106.2	192.4	153.3	126.7	118.8	108.1
S.D.	7.2	25.2	7.5	5.0	5.3	5.7	7.5	4.6

sensation), 매끄러움(smoothness)에 대한 평가 항목에서 FSF₂₁과 F₁₈이 높은 평가를 받았으며, S₁₈과 SFS₂₁이 낮은 평가를 받았고 통계적으로 유의한 차이가 인정되었다(ANOVA, α=.05). 그러나 브라지어 내의 온·습도 관련 쾌적성 평가에서는 통계적으로 유의한 차이가 인정되지 않았다. 다만 통계적 유의차는 없었지만 Duncan grouping에서 FSF₂₁과 F₁₈이 S₁₈과 SFS₂₁보다 ‘답답하다(stuffy)’는 항목과 ‘촉촉하다(damp)’는 항목에서 보다 낮은 값을 보였다. 이는 PU 폼의 비중이 큰 두 소재가 다소 덜 답답하고 덜 촉촉한 것으로 볼 수 있다. 실험 브라지어에 대한 전반적 만족도 평가(overall wearing comfort)에서는 FSF₂₁과 F₁₈이 가장 선호되었고, S₁₈과 SFS₂₁이 낮은 평가를 받았으며 통계적으로도 유의했다. 이상의 결과를 종합하여 보았을 때, FSF₂₁과 F₁₈이 다른 두 소재보다 선호되는 경향이 있었으며, 소재별 온·습도·윤감의 차이는 소재별로 큰 차이가 나타나지 않았고, 전

반적인 브라지어에 대한 만족도에는 브라지어 컵의 두께감이나 소재의 물리적 특성에 따른 차이가 크게 영향을 주었음을 알 수 있었다.

한편 실온 환경에서 안정을 취했을 때의 평가는 <Table 7>에 요약하였다. FSF₂₁과 F₁₈이 S₁₈과 SFS₂₁보다 부드러움이나 유연성(softness and flexibility), 매끄러움(smoothness), 보송보송함(dry and downy) 등의 항목에서 전반적으로 유의하게 높은 평가를 받았으며(ANOVA, α=.05), 브라지어에 대한 전반적인 편안함에 대한 평가(overall wearing comfort) 경향도 동일하게 나타났다.

고온·다습한 환경에서 안정을 취했을 경우에도 <Table 8>과 같이, FSF₂₁과 F₁₈이 S₁₈과 SFS₂₁보다 ‘부드러움이나 유연성(softness and flexibility)’, ‘매끄러움(smoothness)’의 두 항목에서 유의하게 높은 평가를 받았다(α=.05). ‘접촉감(contact sensation)’은 ANOVA

<Table 6> Comparisons for the overall wearing sensation for the experimental brassieres

Experimental Brassieres		F ₁₈		S ₁₈		SFS ₂₁		FSF ₂₁		Sig.* (α=.05)
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	
Fit of brassieres	Front panel of brassiere	5.33 ^{b**}	1.414	6.11 ^a	0.900	5.78 ^{ab}	1.003	6.06 ^a	0.639	0.102
	Upper edge of cup	5.50	1.295	5.67	0.970	5.11	1.132	5.72	1.447	0.439
	Inner part of cup	5.39	1.335	5.39	0.778	5.28	1.074	5.33	1.372	0.990
	Cup thickness	4.44 ^a	0.784	3.50 ^b	0.514	3.61 ^b	0.979	4.44 ^a	0.784	0.000
	Contact of cup	5.06 ^{ab}	1.162	4.61 ^b	1.195	4.50 ^b	0.985	5.39 ^a	1.037	0.065
Sensation for Mold cup materials	Softness and flexibility	5.56 ^a	0.922	4.11 ^b	1.278	4.39 ^b	0.698	5.50 ^a	0.618	0.000
	Elasticity	5.11 ^a	0.471	4.11 ^b	1.132	4.61 ^{ab}	0.698	5.17 ^a	0.985	0.001
	Lightness	5.06 ^{ab}	0.873	4.17 ^b	0.924	4.50 ^b	0.786	5.17 ^a	0.857	0.002
	Volume	4.17 ^{ab}	0.924	3.78 ^b	0.732	3.67 ^b	0.767	4.33 ^a	0.594	0.033
	Contact sensation	5.17 ^a	0.985	4.17 ^b	1.150	3.78 ^b	1.166	4.94 ^a	1.162	0.001
	Smoothness	5.22 ^a	1.003	3.67 ^b	1.283	3.83 ^b	1.098	5.17 ^a	0.707	0.000
Thermal comfort of the inside of brassiere cup	Hot	3.72	1.364	3.94	1.434	4.50	1.581	3.78	1.478	0.373
	Stuffy	3.83 ^{ab}	1.249	4.22 ^{ab}	1.166	4.61 ^a	1.290	3.67 ^b	1.372	0.125
	Clingy and sticky	3.11	1.451	2.94	1.259	3.78	1.734	3.00	1.609	0.333
	Damp	3.06 ^{ab}	1.798	3.28 ^{ab}	1.638	3.83 ^a	1.917	2.50 ^b	1.339	0.134
	Dry and downy	3.83	1.790	3.11	1.491	3.17	1.465	4.00	1.495	0.218
	Humid and hot	3.78	1.833	3.78	1.478	4.61	1.501	3.56	1.580	0.218
	Thermal comfort	3.67	1.455	3.89	1.410	3.50	1.043	4.33	1.414	0.280
Overall wearing comfort	4.94 ^a	1.434	4.39 ^{ab}	1.420	3.83 ^b	1.043	5.22 ^a	1.309	0.011	

* : Sig. of ANOVA

** : Results of Duncan grouping.

〈Table 7〉 Comparisons for the wearing sensation of the experimental brassieres during rest in the room temperature

Experimental Brassieres Measurements		F ₁₈		S ₁₈		SFS ₂₁		FSF ₂₁		Sig.* (α=.05)
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	
Fit of brassieres	Front panel of brassiere	5.3	1.5	6.2	1.0	6.0	0.9	6.0	0.6	0.541
	Upper edge of cup	5.5	1.4	5.7	1.0	5.0	1.3	5.8	1.5	0.712
	Inner part of cup	5.5	1.4	5.5	0.8	5.3	1.0	5.2	1.5	0.956
	Cup thickness	4.5	0.8	3.5	0.5	3.5	1.0	4.5	1.0	0.089
	Contact of cup	5.2	1.0	4.7	1.2	4.8	0.8	5.5	1.0	0.509
Sensation for Mold cup materials	Softness and flexibility	5.8 ^{a**}	0.8	4.2 ^c	1.3	4.5 ^{bc}	0.5	5.5 ^{ab}	0.5	0.008
	Elasticity	5.2	0.4	4.2	1.2	4.7	0.8	5.2	1.2	0.235
	Lightness	5.2 ^{ab}	0.8	4.2 ^b	1.0	4.7 ^{ab}	0.8	5.3 ^a	0.8	0.106
	Volume	4.2	1.0	3.8	0.8	3.7	0.8	4.3	0.5	0.458
	Contact sensation	5.7 ^a	0.5	4.3 ^{ab}	1.2	4.2 ^b	1.2	5.3 ^{ab}	1.4	0.078
	Smoothness	5.7 ^a	0.8	3.8 ^c	1.5	4.3 ^{bc}	0.5	5.3 ^{ab}	0.5	0.008
Thermal comfort of the inside of brassiere cup	Hot	2.8	1.3	3.2	1.5	3.0	1.1	2.7	1.2	0.916
	Stuffy	2.8	1.2	4.0	1.3	4.2	1.5	2.8	1.0	0.137
	Clingy and sticky	2.0	0.9	2.3	0.5	2.8	1.3	1.8	0.8	0.280
	Damp	1.8	0.8	2.2	0.8	2.5	1.2	1.8	0.8	0.528
	Dry and downy	5.5 ^a	0.5	3.8 ^b	1.5	3.8 ^b	1.0	4.8 ^{ab}	0.4	0.015
	Humid and hot	2.2	1.2	3.0	1.3	3.5	1.4	2.8	1.5	0.399
	Thermal comfort	4.8	1.0	4.8	1.0	4.3	0.8	5.0	0.9	0.630
Overall wearing comfort		5.5 ^a	1.0	4.7 ^{ab}	1.2	4.0 ^b	0.9	5.7 ^a	0.8	0.032

*: Sig. of ANOVA

** : Results of Duncan grouping.

〈Table 8〉 Comparisons for the wearing sensation of the experimental brassieres during rest in the hot and humid environment

Experimental Brassieres Measurements		F ₁₈		S ₁₈		SFS ₂₁		FSF ₂₁		Sig.* (α=.05)
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	
Fit of brassieres	Front panel of brassiere	5.3	1.5	6.2	1.0	5.8	1.2	6.0	0.6	0.609
	Upper edge of cup	5.5	1.4	5.7	1.0	5.2	1.2	5.5	1.6	0.928
	Inner part of cup	5.5	1.4	5.3	0.8	5.2	1.2	5.2	1.5	0.959
	Cup thickness	4.5	0.8	3.5	0.5	3.7	1.0	4.3	0.8	0.131
	Contact of cup	5.0	1.1	4.7	1.2	4.5	1.0	5.5	1.0	0.431
Sensation for Mold cup materials	Softness and flexibility	5.8 ^{a**}	0.8	4.2 ^b	1.3	4.3 ^b	0.8	5.7 ^a	0.8	0.010
	Elasticity	5.2	0.4	4.2	1.2	4.7	0.8	5.3	1.0	0.140
	Lightness	5.2	0.8	4.2	1.0	4.7	0.8	4.8	1.0	0.297
	Volume	4.2	1.0	3.7	0.8	3.7	0.8	4.3	0.8	0.433
	Contact sensation	5.3 ^a	0.5	4.2 ^{ab}	1.2	3.8 ^b	1.2	5.0 ^{ab}	1.1	0.066
	Smoothness	5.3 ^a	0.5	3.7 ^b	1.4	4.0 ^b	0.9	5.2 ^a	0.8	0.012
Thermal comfort of the inside of brassiere cup	Hot	3.5	1.2	3.5	1.0	4.5	1.0	3.5	1.0	0.318
	Stuffy	4.0	0.9	4.3	1.0	4.2	1.2	3.3	1.0	0.383
	Clingy and sticky	2.7	1.0	2.3	0.5	3.2	1.5	2.5	0.8	0.540
	Damp	2.2	0.8	2.5	0.8	3.2	1.5	2.0	0.9	0.243
	Dry and downy	3.7	1.8	3.3	1.4	4.0	1.3	4.0	1.1	0.814
	Humid and hot	3.8	1.5	3.3	1.2	4.5	1.2	3.5	1.5	0.478
	Thermal comfort	3.7 ^{ab}	1.2	3.8 ^{ab}	1.3	3.5 ^b	0.5	5.0 ^a	1.1	0.103
Overall wearing comfort		4.7	1.2	4.5	1.2	4.3	0.8	5.5	0.8	0.248

*: Sig. of ANOVA

** : Results of Duncan grouping.

에서 유의차는 인정되지 않았지만 Duncan grouping에서 F₁₈과 FSF₂₁이 비교적 높은 점수를 얻었다. ‘전반적인 온열쾌적성(thermal comfort)’ 항목에서는 FSF₂₁의 평균값이 가장 높게 나타났고, SFS₂₁가 가장 낮은 평가를 받았다. 그리고 ‘전반적 착용 쾌적성 평가(overall wearing comfort)’에서도 통계적 차이는 인정되지 않았지만 FSF₂₁, F₁₈, S₁₈, SFS₂₁의 순으로 높은 평균값을 나타냈다. 따라서 고온 안정 시에도 소재들에 대한 평가는 PU 폼이 많이 포함된 소재들이 선호되었다.

고온·다습한 환경에서 운동을 했을 때에는 <Table 9>와 같이, ANOVA 분석결과 통계적으로 유의한 차이를 나타낸 항목은 없었다. 그러나 평균값과 Duncan grouping 결과를 토대로 비교해 보았을 때, 앞에서의 경향들과 마찬가지로 FSF₂₁과 F₁₈가 S₁₈과 SFS₂₁보다 더 선호(overall wearing comfort)되는 경향이 있었으며, 더 매끄럽고(smoothness) 축축(damp)하지 않은 것으로 나타났다.

이상의 결과들을 종합하여 보았을 때, 주관적 착용감 평가에서는 주로 PU 폼으로 이루어진 FSF₂₁과 F₁₈에 대한 만족도가 주로 3D 스페이스 패브릭으로 이루어진 S₁₈과 SFS₂₁보다 높았다. 그리고 브라지어 내의 열·수분 전

달특성에 의한 쾌적성의 차이는 소재간에 큰 차이가 나타나지 않았으며, 실험 브라지어들에 대한 전반적인 착용쾌적감은 주로 폼 소재의 물리적 특성이나 피부와 닿는 소재의 표면 특성이 큰 영향을 미쳤다. 특히, 선호되었던 소재들은 부드럽고 유연한 폼으로 이루어졌으며, 매끄러운 접촉감을 가지고 있는 것으로 나타났다.

1) 브라지어 내 온·습도 비교

착용실험에서 실험 브라지어별 브라지어 내 온·습도 측정 결과는 <Table 10>과 <Table 11>에 요약하였다. 모든 실험조건에서 F₁₈가 평균적으로는 가장 높은 온도값을 나타냈고, 그 다음은 FSF₂₁였다. 그리고 나머지 두 소재에서 낮은 온도분포를 보였다. 그러나 실험 브라지어별 평균 브라지어내 온도 차이는 0.3°C로 두드러진 차이를 보이지 않았고, ANOVA 분석결과에서도 브라지어 내 온도는 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다($\alpha=.05$).

실험 브라지어별 브라지어 내 습도변화도 실온·안정상태에서는 S₁₈가 가장 낮은 평균값인 52.1%R.H.를 나타냈고 그 다음은 F₁₈, FSF₂₁, SFS₂₁의 순으로 나타났다. 그러나 더운 환경으로 옮긴 후에는 안정 상태에서는 F₁₈, FSF₂₁, S₁₈, SFS₂₁의 순서로 낮았으며, FSF₂₁, F₁₈, S₁₈,

<Table 9> Comparisons for the wearing sensation of the experimental brassieres during exercise in the hot and humid environment

Experimental Brassieres		F ₁₈		S ₁₈		SFS ₂₁		FSF ₂₁		Sig.* ($\alpha=.05$)
		Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	
Fit of brassieres	Front panel of brassiere	5.3	1.5	6.0	0.9	5.5	1.0	6.2	0.8	0.509
	Upper edge of cup	5.5	1.4	5.7	1.0	5.2	1.2	5.8	1.5	0.826
	Inner part of cup	5.2	1.5	5.3	0.8	5.3	1.2	5.7	1.4	0.915
	Cup thickness	4.3 ^{ab}	0.8	3.5 ^b	0.5	3.7 ^{ab}	1.0	4.5 ^{a**}	0.5	0.091
	Contact of cup	5.0	1.5	4.5	1.4	4.2	1.2	5.2	1.2	0.552
Sensation for Mold cup materials	Softness and flexibility	5.0 ^{ab}	1.1	4.0 ^b	1.4	4.3 ^{ab}	0.8	5.3 ^a	0.5	0.126
	Elasticity	5.0	0.6	4.0	1.3	4.5	0.5	5.0	0.9	0.184
	Lightness	4.8	1.2	4.2	1.0	4.2	0.8	5.3	0.8	0.124
	Volume	4.2	1.0	3.8	0.8	3.7	0.8	4.3	0.5	0.458
	Contact sensation	4.5	1.4	4.0	1.3	3.3	1.2	4.5	1.0	0.332
	Smoothness	4.7 ^{ab}	1.4	3.5 ^{ab}	1.2	3.2 ^b	1.5	5.0 ^a	0.9	0.056
Thermal comfort of the inside of brassiere cup	Hot	4.8	0.8	5.2	1.0	6.0	0.9	5.2	1.0	0.179
	Stuffy	4.7	1.0	4.3	1.4	5.5	0.8	4.8	1.3	0.384
	Clingy and sticky	4.7	0.8	4.2	1.5	5.3	1.4	4.7	1.5	0.514
	Damp	5.2 ^{ab}	1.3	5.2 ^{ab}	1.2	5.8 ^a	1.2	3.7 ^b	1.5	0.056
	Dry and downy	2.3	1.2	2.2	1.3	1.7	0.8	3.2	2.1	0.371
	Humid and hot	5.3	1.4	5.0	1.3	5.8	1.0	4.3	1.6	0.290
Thermal comfort	2.5	1.2	3.0	1.4	2.7	1.0	3.0	1.3	0.865	
Overall wearing comfort		4.7	2.0	4.0	1.9	3.2	1.2	4.5	1.9	0.467

* : Sig. of ANOVA.

** : Results of Duncan grouping.

SFS₂₁의 순서로 낮았다. 즉, 스페이스 소재들은 실온에서는 상대적으로 다소 낮은 습도를 보이다가 고온에서는 더 높은 습도를 보였고, PU 폼 소재들은 반대로 고온에서 상대적으로 습도가 낮은 경향을 보였다. 평균적으로는 F₁₈가 가장 낮은 습도를 보였으며, SFS₂₁의 습도가 가장 높게 나타났고 그 평균값 차이는 3.4%R.H 수준이었다. 그러나 ANOVA 분석결과 실험브래지어간 의복내 습도 차이도 유의하지 않은 것으로 나타났다 ($\alpha = .05$).

이러한 결과들은 소재만의 투습도를 비교했던 <Table 5>와 [Figure 4]의 결과와는 SFS와 FSF의 소재 두께가 달라져 직접적인 비교가 어렵지만, 실험 브래지어들이 18mm와 21mm 두께의 소재들을 열성형 하였기 때문에 두께가 이보다 더 감소했을 수 있고, [Figure 4]에서 18mm 보다 약간 얇은 두께에서는 PU 폼의 투습도가 다소 높았던 점을 감안하면 어느 정도 일관성 있는 결과로 볼 수 있다.

따라서 이상의 결과들을 종합해 보았을 때, 두께가 18mm 이상으로 두꺼워질 경우 PU 폼 소재보다는 스페이스 소재들이 상대적으로 보온성도 낮고 투습도도 높아지는 경향이 있었다. 그러나 18mm(F₁₈, S₁₈)와 21mm 두께(SFS₂₁, FSF₂₁)의 소재로 실험 브래지어를 제작하여 실온과 고온에서 착용실험을 실시하였을 때, 브래지어 내 온-습도는 평균적으로 PU 폼의 비중이 높은 소재들(F₁₈, FSF₂₁)이 스페이스 소재 비중이 높은 소재들(S₁₈, SFS₂₁)보다 조금 높고, 습도는 조금 낮은 경향을 보였으나 그 차이는 매우 작아 통계적으로 실험 브래지어간 차이는 인정되지 않았다($\alpha = .05$). 주관적 착용감 비교에서는 전반적으로 PU 폼의 비중이 높은 소재들(F₁₈, FSF₂₁)이 스페

이스 소재의 비중이 높은 소재들(S₁₈, SFS₂₁)보다 선호되는 경향이 있었으며, 온열-습윤 쾌적성의 차이보다는 주로 몰드 컵의 소재 특성에 의한 차이가 두드러지게 나타났다. 이러한 경향은 고온환경이나 운동 여부에 관계없이 나타났다. 결국, 전반적으로 가장 선호된 브래지어는 FSF₂₁이었고 F₁₈에 대한 평가도 비교적 유사했다.

그러나 소재의 보온성이나 투습성 평가에서 PU 폼이 다소 더 더웠고, 27mm 두께의 실험에서는 스페이스 비중이 높은 소재들의 투습도가 높았기 때문에, 본 연구에서와 같이 3D 스페이스의 두께가 3mm의 것들이 여러 겹 겹쳐진 것이 아니고 1겹의 두께가 3mm 보다 두꺼운 소재가 적용이 되었다면 보다 온열-습윤 쾌적성 측면에서 확실히 유리한 결과를 얻을 수도 있었을 것으로 예상된다. 그리고 이때 피부면에 닿는 쪽만 천이 접촉된 PU 폼 소재가 1겹 정도만 적용된다면 부드럽고 유연하며 매끄러운 PU 폼 소재의 장점도 함께 보다 쾌적한 몰드 컵을 얻을 수 있을 것으로 예측된다.

4. 결론

본 연구에서는 빈약 유방 여성들을 위한 여름철용 몰드 브래지어의 경우 두꺼운 몰드 컵의 형태를 유지할 수 밖에 없으므로, 조금이라도 더 쾌적한 소재를 찾기 위해 몰드 브래지어에 흔히 사용되는 PU 폼과 3D 스페이스 패브릭을 이용하여 비교 실험을 실시하였다. 두께별 또는 동일 두께의 PU 폼과 스페이스 패브릭, 또는 이 두 가지 소재가 샌드위치 구조로 조합된 소재들의 보온성과 투습

<Table 10> Comparisons for the temperature in the wearing experimental brassieres at the each conditions (Unit: °C)

	F ₁₈		S ₁₈		SFS ₂₁		FSF ₂₁		Mean	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Room-rest	34.9	1.0	34.4	0.8	34.5	0.8	34.6	0.6	34.6	0.8
Hot-rest	35.8	0.5	35.6	0.6	35.6	0.5	35.7	0.7	35.7	0.5
Hot-Exercise	36.1	0.2	35.8	0.3	35.8	0.4	36.1	0.5	36.0	0.4
Mean	35.6	0.8	35.3	0.8	35.3	0.8	35.5	0.9	35.4	0.8

<Table 11> Comparisons for the humidity in the wearing experimental brassieres in each condition (Unit: %R.H.)

	F ₁₈		S ₁₈		SFS ₂₁		FSF ₂₁		Mean	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Room-rest	53.3	6.0	52.1	6.1	55.9	11.6	54.0	6.6	53.8	7.5
Hot-rest	56.6	6.0	60.4	9.1	61.8	9.2	58.9	1.4	59.4	7.0
Hot-Exercise	74.2	4.7	76.7	6.6	76.7	6.7	74.0	4.7	75.4	5.5
Mean	61.4	10.8	63.1	12.6	64.8	12.6	62.3	9.9	62.9	11.4

성을 비교하고, 실제 몰드 브라지어로 제작하여 주관적 착용감 평가와 실온과 고온에서의 브라지어 내 온·습도 변화를 비교하였다.

그 결과, 소재 자체의 보온성은 PU 폼의 비중이 높은 소재 조합이 더 높았고, 투습성은 약 18mm 이상의 두께에서는 스페이스 소재의 비중이 높은 것들이 더 좋은 것으로 평가되었다. 그러나 그 차이는 크지 않아 주관적 착용감 평가에서는 더 부드럽고 유연하며, 표면이 매끄러운 PU 폼 소재들이 실온과 고온 환경 모두에서 보다 선호되었다.

그러나 이 실험에서 PU 폼 소재는 한 겹의 두께가 9mm 인데 반해, 스페이스 소재의 경우 3mm 소재가 겹쳐져 사용되었기 때문에 스페이스 소재의 높은 통기성이나 투습성이 충분히 발휘되기에는 제약이 따랐다. 그럼에도 불구하고 소재 자체만의 비교에서는 보온성 측면이나 투습성 측면에서 보다 유리한 경향을 보여 주었으므로 3mm 보다 두꺼운 스페이스 폼을 활용하면 보다 시원하고 쾌적한 몰드 브라지어 제작이 가능할 것으로 예상된다. 이때 PU 폼의 부드럽고 유연한 물성 특성을 고려하여 피부 면에 닿는 컵의 안쪽에만 PU 폼을 적용해 준다면 보다 만족스러운 제품 개발이 가능할 것으로 사료된다.

주제어: 폴리우레탄(PU) 폼, 3D 스페이스 패브릭, 몰드 브라지어 컵, 빈약 유방 여성, 열·수분전달특성

참고문헌

American Society for Testing and Materials (1998). ASTM D1518: Standard Test Method for Thermal Transmittance of Textile Materials.

Armakan, D. A. & Roe, A. (2009). A Study on the Compression Behavior of Spacer Fabrics Designed for Concrete Applications, *Fibers and Polymers*, 10(1), 116-123

British Standards Institution (1990). BS 7209: Specification for water vapour permeable apparel fabrics.

Lee, H. Y. (2007). Evaluation of Commercial Mould Brassiere for Women with Poor Breasts, *Journal of Korean Association of Human Ecology*, 16(6), 1211-1221.

Lee, H. Y. (2012). Comparisons of the wear

appearances and sensation of mold brassiere according to breast types; comparisons between small-breasted women and normal women, *Proceedings of The Society of Fashion & Textile Industry, Fall Conference, Korea*, 317-320.

Lee, H. Y. (2014). Comparisons of the Preference according to the Volume Distribution of Mold Bras for Small-breasted Women, *Proceedings of Korean Association of Human Ecology, Winter Conference, Korea*, 110.

‘Lou Elegante 3D Spacer Brassiere (37211)’. Amazon. Retrieved March 22, 2015 from <http://www.amazon.com/Lou-Elegante-Spacer-Brassiere-37211/dp/B00MO7X2SY>.

Park, H. Y. (Jun 11, 2014). Big 3 Lingerer, ‘Summer Brassiere Promotion Competition’, *Apparel News*, Retrieved March 22, 2015 from <http://www.apparelnews.co.kr/naver/view.php?iid=50803>.

Sohn, B. H. & Kweon, S. A. (2012). A survey on wearing of brassiere according to body and breast type of college women, *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 36(8), 791-801.

‘Simone-Perele-Andora-3D-Spacer-Brassiere’, *Neiman Marcus*. Retrieved March 22, 2015 from <http://www.neimanmarcus.com/en-kr/Simone-Perele-Andora-3D-Spacer-Brassiere/prod48870471/p.prod>.

Yick, K. L., Wu, L., Yip, J., Ng, S. P. and Yu W. (2011). An evaluation of the three-dimensional geometric shape of moulded brassiere cups, *Fibers and Polymers*, 12(4), 556-563.

Yick, K.-L., Wu, L., Yip, J., Ng, S.-P., and Yu, W. (2010). Study of thermal-mechanical properties of polyurethane foam and the three-dimensional shape of molded brassiere cups, *Journal of Materials Processing Technology*, 210, 116-121.

Received 31 March 2015;
1st Revised 28 April 2015;
Accepted 30 April 2015