

표면개질에 의한 심색화 기술

1. 서 언

신합섬 또는 신신합섬으로 불리면서, 폴리에스터 섬유의 제사기술은 그칠 줄 모르는 기세로 진보하여 극세섬유(microfiber)는 굵기가 소수점 이하 3째 자리까지의 데니어(예, 0.001d)로 만들어지게 되었다.

이러한 극세사를 염색할 때는 충분한 농도를 얻기 위하여 보통의 실에 비해 다량의 염료를 사용해야 하며, 이것만으로는 외관상의 농도가 불만족하여 섬유 표면을 개질하여 무언가 이를 보완하기 위한 시도가 행해지고 있다.

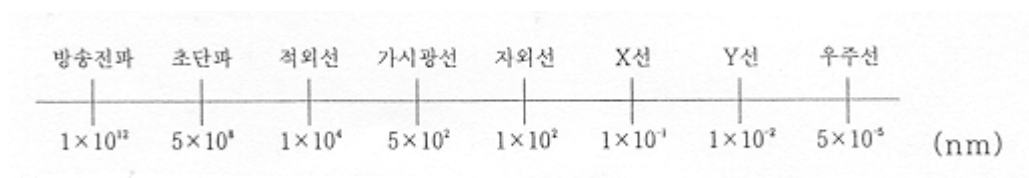
본고에서는 심색화 방법을 찾기 위한 기본단계로서 “빛, 색과, 조명” 대하여 설명하고, 아울러 염료 메이커로서의 심색화(formal black)에 대한 대응과 각종 표면개질에 의한 심색화의 동향에 대하여 소개하고자 한다.

2. 물체색과 표면광학 특성

2.1 빛과 색

측색학에서는 사람이 색을 느끼는 빛, 즉 눈에 색감각을 부여하는 파장을 약 380nm부터 780nm의 가시광선(visible rays)이 주를 이루는 것으로 생각하고 있다. 그리고 경우에 따라서 자외선(ultra-violet rays)이나 적외선(infrared rays)의 범위도 검토되는 경우가 있다.

빛은 전자파의 일종으로 그 파장 또는 주파수의 차이에 의해 여러 가지 이름이 정해져 있다. 전자파를 파장별로 구분하면 <그림 1>과 같다.

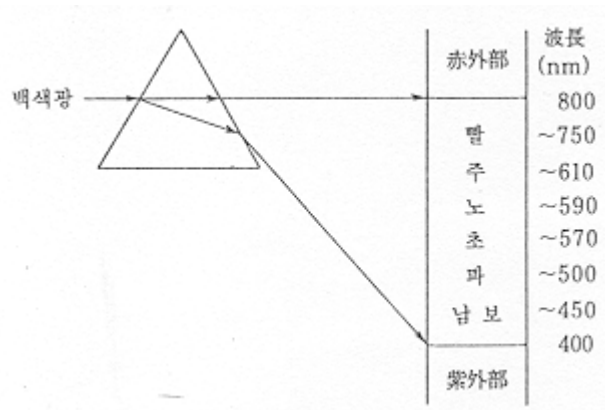


(주) 수치는 각 전자파의 파장범위의 중앙치를 나타냄

<그림 1> 전자파의 종류

태양광선을 구멍(slit)을 통하여 프리즘으로 굴절시키면, 빨·주·노·초·파·남·보, 말하자면 무지개의 7가지 색깔이 나타난다. 이 현상을 빛의 분산이라고 하고, 이때 생긴 색의 띠를 스펙트럼이라고 한다. 태양광선을 프리즘에 통과시킬 때 각 파장에 따라 굴절률이 다르기 때문에 빛의 분산이 일어난다.

단파장의 빛은 장파장의 빛에 비하여 보다 크게 굴절된다. 파장과 색과의 관계를 <그림 2>에 나타냈다.

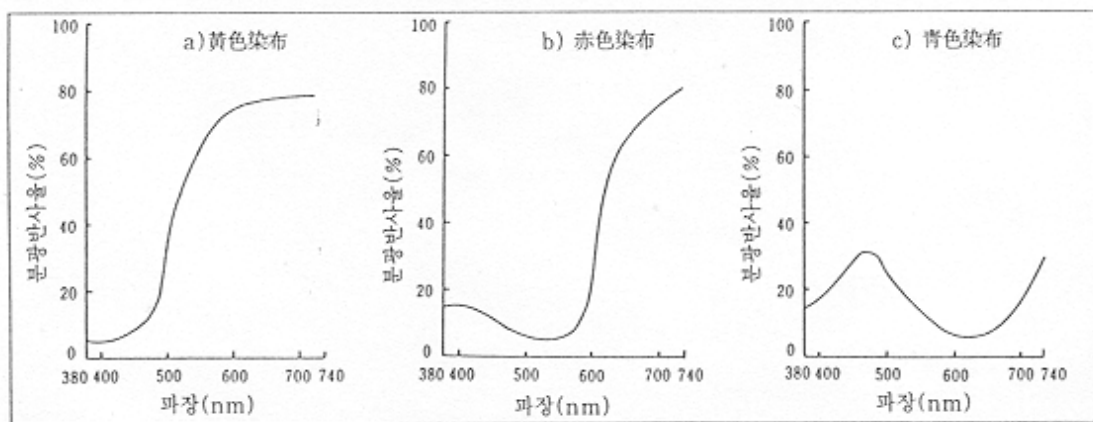


<그림 2> 스펙트럼광의 파장과 색

또한, 프리즘으로 굴절시킨 빛을 다시 슬릿에 통과시키면 특정 파장의 빛만을 취할 수가 있다. 이러한 특정 파장의 빛을 단색광(monochromatic light)이라고 한다. 단색광은 그 파장에 대응하는 색만을 가지고 있는데, 이 색을 스펙트럼색이라고 한다. 단색광을 바라보면 색은 보이지만, 우리가 색을 느낄 때 항상 단색광을 보고 있는 것이라고 말할 수는 없다. 오히려 단색광을 보는 경우가 더 적다. 색물로부터 반사되는 빛은 파장에 따라서 각각 다른 비율을 가지고 있어서 많이 반사되는 스펙트럼광에 의해 색물체의 색이 좌우된다. 노란색으로 염색된 직물을 예를 들어보면, 분광 반사율 곡선은 <그림 3, a>와 같이 된다. <그림 3, a>의 그래프는 노란색 직물에 빛을 쏘았을 때 원래의 빛에 대하여 반사된 빛의 양이 파장별로 얼마만큼 있는 것인가를 플

못한 그래프이다. 즉, 추정파장의 단색광의 세기가 1인 빛(이것을 등(等)에너지 백색광이라 함)을 색물체에 조사하였을 때 그 물체로부터 반사되는 빛의 양을 각 파장별로 나타낸 그래프이다.

<그림 3의 b, c>는 빨강, 파란색 직물의 분광반사율 곡선이다. 또한 색물체에 빛을 쏘이면 어떤 파장역의 빛이 선택적으로 흡수되고 그 여색(보색)이 색으로 관찰되는 것으로서 이 관계를 대략적으로 <그림 4>에 나타냈다.



<그림 3> 분광 반사율 곡선

波长 (nm)	吸收光의 色	余 色
800~750	빨(赤)	綠
~610	주(橙)	綠·青
~590	노(黃)	青
~570	초(綠)	紫·赤
~500	파(靑)	橙
400~450	남 보(靑紫)	黃

<그림 4> 흡수광과 여색(관찰되는 색)의 관계

2.2 조명

색물체로부터 반사되는 각 파장의 스펙트럼광의 세기의 차이에 의해서 사람이 느끼는 색이 좌우된다는 것을 알았다. 그리고 같은 색물체라도 조명하는 빛이 다르면 여러 가지 다른 색으로 보이는 것은 우리도 쉽게 경험하는

일이다.

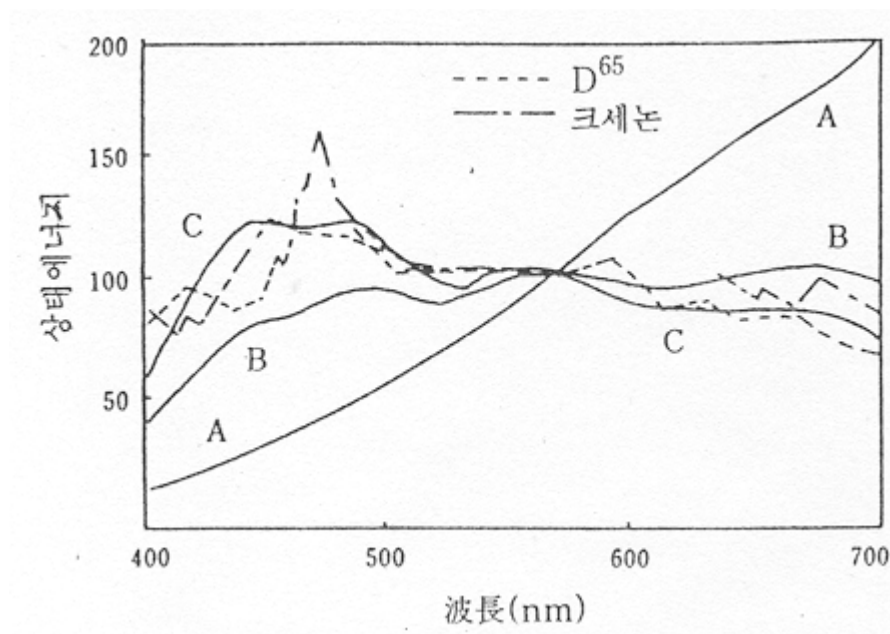
예를 들면, 생선가게에서 “색과 광택이 좋아 살아있는 것 같은 생선회를 술안주로 사 가지고 집에 돌아와서 열어보니 생선가게에서 보았던 것처럼 좋아 보이지 않았다.” 하는 경험을 한 사람도 있을 것이다. 이것은 생선가게에서는 백열전등 아래에서의 조명이고, 일반가정에서는 형광등 아래에서의 조명이라고 하는 각기 다른 조명 아래서 색물체를 본 때문이다. 말하자면 백열전등은 장파장의 빛을 많이 함유한 붉은기가 있는 빛으로 이 전등 아래서 본 것은 붉은기가 더해져 생선이 신선하게 느껴지고, 형광등의 경우는 단파장의 빛이 많아서 이 전등 아래서 본 것은 푸른기가 더해져 보여 생선의 신선미가 떨어진다고 하는 것이다. 이 현상은 뒤에 설명할 의류의 formal black 색의 경우에도 자주 화제가 되는 것이다.

이와 같이 조명의 차이에 의해서 색이 다르게 보이는 성질을 연색성이라고 한다. 따라서 색을 생각하는 경우 먼저 조명을 고려할 필요가 있다는 것을 알게된다. 현재 측색에 가장 많이 사용되는 표준 조명에는 다음과 같은 것이 있다.

- 1) 표준 A광원 ; 백열전등을 대표하는 것으로서, 텅스텐전구를 정해진 에너지 분광분포를 갖도록 규정된 전압으로 점등한 조명이다.
- 2) 표준 B광원 ; 표준 A광원에 특별한 필터(Davis-Gibson filter ; DG 필터)를 끼워서 푸른기를 더한 것으로서 직사일광을 대표하는 것으로 이용된다.
- 3) 표준 C광원 ; 표준 A광원에 B보다도 더 푸른기의 DG 필터를 끼운 것으로서 복창광선을 대표하는 것으로 이용된다.
- 4) 표준 D광원 ; 자연 주광을 대표하는 것으로 생각해도 좋다. 그 중에서도 색온도 6,504 °K의 주광에너지 분광분포를 가진 표준광은 D⁶⁵라고 불리는 표준광 C보다 자연광에 가깝다고 말할 수 있다.
- 5) 표준 E광원 ; 가시영역에서 균등한 에너지를 가진 조명으로서, 완전 가공의 것으로 실제로는 존재하지 않는다. 독일 규격에서 사용되고 있다.

6) 크세논 표준광원 ; 형광색의 비교용으로 일본에서 처음 규정되었으며, 자외부로부터 가시부에 걸쳐서 자연 주광에 비교적 가까운 분광분포를 가진 것이다.

이상 설명한 표준광의 에너지 분광분포는 CIE(Commission Internationale de l'Eclairage ; 국제조명 위원회)와 JIS에 상세하게 규정되어 있으나, 그 에너지 분광분포의 개략은<그림 5>와 같다. 또 그 색온도를 <표 1>에 나타냈다.



<그림 5> 표준광원의 에너지 분광분포

<표 1> 표준광원과 색온도

광원의 종류	색 온도
표준 A 광원	2,854° K
표준 B 광원	4,870° K
표준 C 광원	6,774° K
표준 D ⁶⁵ 광원	6,504° K
크세논 백색광원	7,000~8,000° K

여기서 색온도에 대하여 설명해 보면, 철 등을 가열할 경우 처음에는 붉은 빛을 띠고, 온도를 높여 가면 하얀 빛을 띠 것처럼 된다. 지금 빛을 완전히

흡수하도록 한 완전 흑체를 생각해보자. 이것을 가열해 보면 온도가 낮을 때는 붉은기의 스펙트럼광 에너지가 강하고, 온도가 높아지면 차츰차츰 푸른기의 스펙트럼광 에너지가 강해진다. 이러한 완전 흑체를 가열할 때에 방사되는 빛의 색에 대응하는 흑체의 온도를 색온도(colour temperature)라고 한다. 그리고 색온도는 일반적으로 절대온도($^{\circ}\text{K}$)나타내고, 섭씨($^{\circ}\text{C}$)와 절대온도($^{\circ}\text{K}$)의 관계는 $t^{\circ}\text{C}=(273+t)^{\circ}\text{K}$ 이다. 즉, 0°K 는 -273°C 이다.

이상 빛과 식과 조명에 대한 기본적인 광학적 측면을 설명하였다. 이는 물체색, 더 나아가서 심색을 생각하고자 할 때의 복습의 한 단계로 볼 수 있다.

3. 심색화 기술

폴리에스터 섬유의 심색화(발색성 개량)에 대해서는 섬유메이커, 염료메이커, 조제메이커에서 다방면으로 검토가 되고 있으나 최종적으로는 많이 복합된 방법이 채택되고 있다.

폴리에스터 섬유에 있어서 높은 발색을 얻기 어려운 이유는 다음과 같다.

- 1) 섬유의 결정성이 높고, 섬유구조가 치밀하다.
- 2) 섬유의 굴절률이 크고(양모 : 1.56, 아세테이트 : 1.48, 폴리에스터 : 1.68), 섬유표면의 형태가 평활하여 빛의 표면반사가 크다.

즉, 1)에 대해서는 사용하는 분산염료의 확산을 양호하게 하고 착색력을 높이는 색소의 개발과 염색법의 개선으로, 2)에 대해서는 섬유 혹은 직물 표면을 거칠게 하거나 굴절률이 낮은 화합물을 섬유표면에 피막화시키는 방법으로 섬유표면에서의 빛의 표면반사율을 떨어뜨려 높은 발색효과를 얻도록 하는 것이다.

3.1 염료 염색 기술면에 의한 심색화

전술한 것처럼, 일례로서 “깊이 있는 검정색” 염색물을 얻는 데는 광학적으로 반사율을 가능한 한 낮추지 않으면 안된다. 이를 위하여 분산염료로서

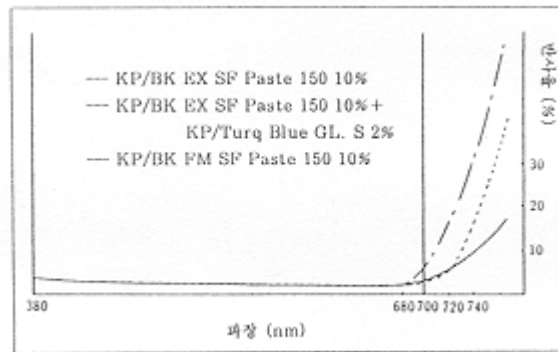
바람직한 형태는 다음을 들 수 있다.

- ① 섬유와의 친화력이 높을 것(고흡진성 낮은 욕비 의존성, 우수한 후가공 내성)
- ② 섬유내의 확산력이 클 것(build up성 우수, 낮은 온도 의존성, 우수한 후가공내성)
- ③ 화학적으로 안정할 것(낮은 pH 의존성)

그리고, 분산염료의 black을 생각해 볼 때 이는 일반적으로 yellow, red, blue(또는 navy)색 염료의 배합으로 만들어지며, 이때 중심이 되는 것이 blue 색 염료이고, 이 blue색 염료를 어떻게 하느냐가 가장 중요한 과제이다. 그러므로 염료의 착색력이 높은 것(분자 흡광계수가 큰 것)의 개발과 분산염료의 가성성을 이용한 혼합에 의한 염착률의 향상을 피하는 방법이 있다.

현시점에서는 디니트로베이스 모노아조계 염료의 여러 가지 혼합물이 주로 blue를 점하고 있으며, 아울러 이것에 사용되는 분산제 양도 줄인 고농도화 제품을 만들었는데, 300% 제품(paste로는 150% 제품임)인 Kayalon polyester Black EX-SF 300%가 상품화되어 있다. 이것은 정상적인 폴리에스터 섬유라면 1.7% owf의 염색농도에서 염착률 약 100%, 5.1% owf의 고염색 농도에서도 약 90%의 고착성이 높은 염료성능을 가지고 있다.

또한, 최근의 정장용 black은 연색성이 없는 것(2.2항의 조명 참조)이어야 한다는 지적이 널리 확산되고 있다. 즉, 쇼 윈도우나 전시회장에서의 스포트라이트, 사진 촬영시의 라이트 또는 백열전등 등의 광원 아래서는 자연광 아래서와는 달리 붉은 갈색기가 있는 것처럼 보이는 현상을 없도록 하고 싶다는 것이다. 이 염색성을 해소하는 데는 장파장쪽의 반사율, 특히 700nm 이상에서의 근적외부의 반사율을 낮게 하는 것이 필요한데, 이를 위해서 장파장쪽에 흡수성이 있는 색소나 적외면 흡수제 또는 turquoise염료 등의 병용이 행해지고 있다. 참고로 몇 가지 염료의 반사곡선을 <그림 6>에 나타냈다.



<그림 6> 반사율 곡선

다만, 요즈음과 같이 신탄섬에서 마이크로파이버가 한층 더 가늘어지면 더욱 더 외관상 농도가 옅어지고, 염색된 직물의 일광견뢰도도 저하되고, 사용 염료농도가 높아지게 되기 때문에 당연히 후가공 견뢰도에도 나쁜 영향을 미치게 된다. 이런 과제를 해결하는데는 종래 매우 흡진 고착물이 불량했던 높은 견뢰도형 색소를 다른 염색계(예를 들면 150°C 이상의 고온 또는 가스 욕 중 등)에서 발색시키는 것도 검토할 필요가 있다.

3.2 실 직물 표면을 조면화에 의한 심색화

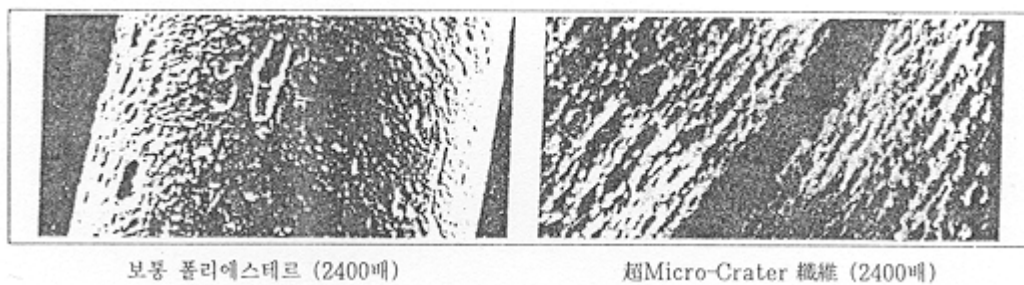
이것도 기본적으로는 실이나 직물 표면을 거칠게 함으로써 표면반사율을 떨어뜨려 심색화를 꾀하는 것으로 제사, 사가공, 후가공의 각 단계에서 연구가 되고 있다. 특허가 되어 있는 대표적인 것들은 다음과 같다.

1) 섬유의 폴리머 제조단계에서 불활성 무기 미립자(실리카겔, 인 화합물 알칼리 토금속염 등)를 분산시킨 폴리머를 방사하여 얻은 폴리에스터 섬유나 직물을 후감량 가공한다. 이것은 폴리에스터 섬유와 초미립자의 알칼리에 대한 용해 속도차에 의해 섬유표면에 미세한 요철을 형성시킨 것.

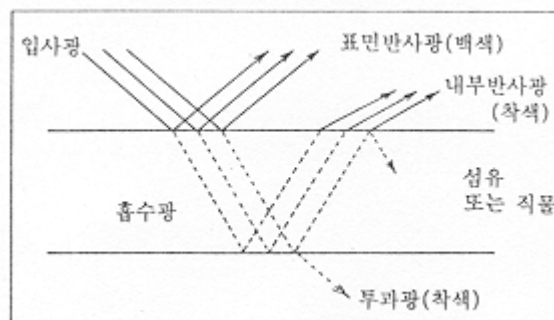
2) 폴리에스터 섬유의 표면에 글로우 방전에 의한 저온 플라즈마를 조사하여 미세 요철을 형성시킨 것. 즉, 물리적인 에칭법(탄화법)이다.

참고로 구라레사의 초 마이크로 크리에이터(micro-crater)섬유 SN-2000의 표

면구조를 알칼리 감량 처리한 일반 폴리에스터 섬유와 대비한 현미경사진을 <그림 7>에 나타냈다. 이 요철구조는 광파장 질서에 의한 것으로 표면 반사광이 감소하고 내부반사광(착색)이 비례적으로 증가하여 심색화 효과가 된다 (그림 8 참조).



<그림 7> 알칼리 감량한 일반 폴리에스터와
초 micro-Crater 섬유의 표면 구조



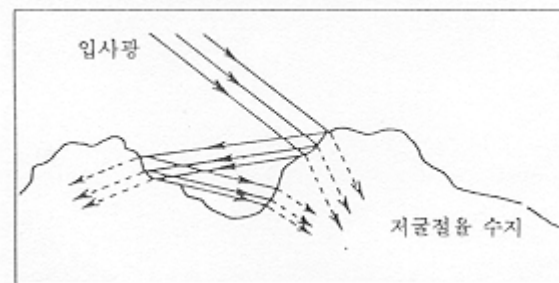
<그림 8> 섬유의 광반사 특성

3.3 저굴절률 화합물에 의한 심색화

굴절률이 높으면<그림 8>의 표면 반사율이 커져서 염색물은 하얗게 바래 보인다. 그래서 저굴절률 화합물로 섬유표면을 피복하면 표면 반사율을 떨어뜨리게 된다.

화합물로서는 불소계, 실리콘계, 우레탄, 비닐중합물, 실리카 등이 있고, 처리방법은 pad-cure가 주체를 이루고 있다. 대표적인 특허내용은 다음과 같다.

- 1) 굴절률 1.45이하(예, 불소 화합물)의 저굴절률 수지를 박막상으로 부착시킨 것
- 2) 굴절률 1.5이하의 중합체(예, 폴리테트라플로로에틸렌)박막을 플라즈마 중합법 또는 방전 그래프트법으로 형성시킨 것
- 3) 저굴절률 소수성 중합(함불소계, 함규소계) 유화 분산액에 전해성 물질을 첨가한 처리액을 부착시켜 열처리 한 것
- 4) 자기 유화형 폴리우레탄 에멀전(양이온 또는 음이온)을 열 큐어링에 의해 피막에 미세한 요철을 형성시킨 것
- 5) 저굴절률 미립자인 실리카를 포함한 친수성 비닐 중합체의 현탁액을 부착시켜 열처리 한 것
- 6) 블럭화 폴리플로로알킬기를 가진 폴리머의 유화 분산액을 부착시켜 열처리 한 것



<그림 9> 섬유표면 수지에서의 광반사 특성

그리고 이러한 기술을 검정색 염색에 자주 이용하여 왔으며, 그 결과 반사율이 0.5~1.0% 저하되었다. 검정색 염색의 경우에는 처음의 반사율이 낮기 때문에 이 정도의 반사율 저하에도 그 효과는 크게 나타난다. 이와 관련하여 폴리에스터 정장용 가공사 직물을 Kayalon polyester Black FM-SF paste 150 18% owf로 염색한 것을 아래의 농염 가공조건으로 처리한 결과 미가공포의 L*치가 10.74였던 것이 가공 후에는 8.69까지 떨어진 것을 참고로 나타냈다.

[농염화 가공 ; 2단 처리]

① 슈왓트 A - 10 10%

슈왓트 N - 20 0.01%

1dip - 1nip

건 조 : 100°C, 4분

열처리 : 160°C, 2분

② 슈왓트 TR - 420 4%

슈왓트 N - 20 0.2%

TA - 267 0.5%

1dip - 1nip

건 조 : 100°C, 4분

열처리 : 180°C, 1분