

면사의 저육비 치즈 염색에서 고상 염(salt)의 투입방법

1. 서 론

가. 배치식 염색의 현황

염색공정의 경제적, 환경적 여건을 적정화하는 데는 다음 두 가지의 선택 방법이 가능할 것이다.

첫째, 염색계에서의 염색거동을 기술적으로 아주 단순한 염색기에 맞게 조절하거나, 둘째 염색계를 어떠한 염색법이나 염료의 조합에도 맞게 조절할 수 있도록 측정 및 제어기술을 이용하여 염색기와 주변장치를 고급화시키는 것이다.

최적의 기준을 평가하거나 결정하는 것은 단지 사용자의 문제인데, 사용자는 비용효과와 환경적 충족조건을 향상시키며 또는 자신의 이익에 맞도록 품질을 유지하기 위해 공정의 조건을 최적화하려고 할 것이다. 공정의 필수 조건들은 기계제작회사들에 의해 제공되는데, 이들은 부분적으로 로봇화된 처리체계를 이용하여 보관창고에서부터 염색, 탈수, 건조에 이르기까지 물류를 가장 효율적으로 할 수 있도록 보장해 준다. 그 외에도 또한 에너지(용수, 전기, 스팀)를 최소로 소비하고, 폐기물(폐수, 배기가스)을 최소로 배출할 수 있는 방법을 제시하고 있다.

염료제조회사들이 양모, 나일론, 면 등의 균염을 위해 염료흡착량을 제어할 수 있는 약제의 투입에 대한 많은 방법을 문헌을 통해 추천하고 있는데, 실제 생산에서는 이러한 방법들이 거의 채택되고 있지 않다.

통합제어방법의 필요성 및 그로 인한 수요가 저육비 염색의 개발과 함께 대두되었으며, 압축튜브 시스템의 사용, 염색기의 적재량을 최대로 할 수 있는 방법, 반응성은 아주 좋으나 균염성이 나쁜 반응성 염료를 더 개선하기

위한 개발 등을 하나의 포괄적인 개발사업계획(통합주변장치를 갖춘 현대식 염색공장의 구상)중의 일부사업으로서 독일 뮌헨에 있는 Fachhochschule Niederrhein이 위탁받았다. 이 연구의 일부로서 독일의 Krantz사에서 개발된 시스템의 적합성 여부를 시험하였는데, 이 시스템은 염욕의 액량을 증가시키지 않고 제어식 방법으로 고상의 약제를 첨가하는 것이다.

나. 면염색에서 염 첨가의 중요성

면염색에서 염착량을 높이기 위해서는 많은 양의 염이 필요하기 때문에 염의 운송 및 공급과 폐액에 존재하는 염의 농도를 감소시킬 수 있는 자동화가 매우 절실하게 요구된다. 수동에 의한 염의 첨가를 배제함으로써 균염성과 재현성을 증진시키는 것과 같은 정성적 측면 외에도, 이 방법은 상당한 경제적 이점도 제공한다.

직접 염료로 염색하는 경우에는 염(즉, 염화나트륨이나 황산나트륨)만이 염착량을 높이기 위해서 필요한 반면, 반응성 염료로 염색하는 경우는 염료의 화학적 고착을 위해 알칼리도 투입되어야 한다.

두 약제의 성질과 첨가하는 시기에 따라 균염성과 염착성에 크게 영향을 준다. 따라서, 염과 알칼리의 첨가는 자동 투입장치에 의해 제어되어야 한다. 염액 흡진율은 주로 염욕 내에 존재하는 염의 양에 의해 결정된다. 그러나 염이 너무 많으면 염료의 용해도를 크게 떨어뜨리며, 심할 경우 염료와 염 자체가 침전하는 원인이 되기도 한다. 염의 첨가에 있어 더욱 까다로운 것은 염의 양을 일정하고 재현성있게 공급해야 한다는 것이다. 왜냐하면, 실제 약제의 농도는 염의 조액량에 따라 변하기 때문이다. 이 요인은 최근에 도입된 적은 양의 염을 사용하는 염색방법의 경우에 특히 불리하게 작용한다. 현재 까지도 여전히 염을 수작업으로 첨가하는 것이 보통이다. 따라서, 염의 계량

이 부정확한 주요원인이 된다.

이러한 문제점들을 알고 있는 염료제조회사들이 새로운 방법을 개발하여 추천하고 있다. 예를 들어, 반응성 염료에 의한 ‘고온 염색’이 그것인데, 이 방법은 고온에서 염색이 진행되는 동안에 염을 나누어서 첨가하는 것이다. 그러나 설비가 부적합했기 때문에 많은 방법이 실패했다.

반응성 염료의 염색에서 공업적으로 실제 사용 가능한 많은 알칼리 투입 방법의 경우, 염색조에 부가적으로 첨가할 수 있는 액량은 최대로 총염액량의 10% 수준인데 반해 염액으로 투입해야 할 액량이 염색기의 적재량 만큼이나 많은 양이 될 수 있다.

다. 약제의 자동 투입방법

섬유제품의 염색 가공에 사용되는 유명한 약제의 자동 투입방법은 다음과 같은 목적을 갖고 있다.

- 저장액(stock solutions)을 조액한다(예를 들어, 날염 풀 제조의 경우).
- 일정한 농도를 유지한다(예를 들어, 연속식 표백장치에서 사용할 때).
- 약제액을 시간에 따라 첨가한다(예를 들어, 반응성 염료의 염색에서 알칼리 투입의 경우).

그러나 이 방법들은 모두 총액량을 증가시키기 때문에 어느 방법도 배치식 염색에서 염을 투입하는 방법으로는 적당하지 않다.

2. 문제점

가. 디스펜싱(dispensing)의 정의

용어사전에 나와 있는 디스펜싱이란 단어는 어느 물질을 다른 물질에 첨가하기 위해 그 물질의 일정량을 계량하는 것을 의미한다.

염색가공업계에서는 이 말이 섬유제품의 생산공정에 사용되는 매체에 어떠한 방법으로든 공급되는 염료나 조제의 매 공급되는 양을 의미한다.

오늘날, 이 말을 하나의 가공공정이나 염색공정을 의미하는 것처럼 사용하는, 즉 일반적으로 어느 주어진 시간에 걸쳐 적당한 매체에 액체나 고체를 첨가하는 것을 의미하는 것으로 사용하는 사람들은 이 말의 원래 의미를 이해하지 못한 것이다. <표 1>에 여러 가지 자동 투입시스템이 나열되어 있는데, 이미 각 시스템에서의 제어인자뿐 아니라 그것들을 적용시키는 방법에 대해서도 알려져 있는 것은 모두 문헌을 통해 밝혀진 바 있다.

<표 1> 전형적인 자동투입방법과 염색에서의 응용

투입 물질	제어 변수	염색계	방 법
에너지	온 도(K) 주파수(Hz) 전 압(V)	분산 염료 모든 염료 모든 염료	SDC system (Thies)
염	양/시간 전도도(ms/cm)	직접, 반응성 염료 직접, 반응성 염료	MPI system (Thies)
알칼리	양/시간 (점진적인 감소 선형적, 점진적 증가)	반응성 염료	Levameasuring (Bayer AG) Remazol Automet (Hoechst AG) Sypromatic (Sandoz AG) Dosacid (Ciba-Geigy AG) Ecosal (BASF AG)
산	pH	반응성 염료	
	양/시간 pH	산성 염료	Dosacid (Ciba-Geigy AG)

나. 자동 투입에 필요한 조건

면염색에서 염의 자동 투입을 위해서는 투입되는 물질과 장치에 요구되는 필요조건들이 상당히 많다.

투입되는 약제의 양은 요구되는 조건에 맞도록 해야 한다. 즉, 염색처방

(recipe)에 따라 선택된 염료가 요구되는 색조를 낼 수 있도록 투입되는 약제의 양을 맞추어야 한다. 더군다나 감응시간(response time), 즉 염을 첨가하고 첨가된 염의 농도를 측정하는 동안 경과된 시간을 최소로 유지해야 한다. 또한, 공정의 초기 단계에서 염의 과잉공급, 그로 인한 염의 결정화와 (또는) 염료의 응집현상이 없어야 한다. 마찬가지로 공정말기에 염의 농도가 너무 낮아서는 안된다. 다른 섬유조제들과 일어날 수 있는 상호작용이 염의 투입 과정에서 심각하게 영향을 받아서는 안된다. 이러한 이유들 때문에 최근에 설계된 염색기들에 빠져 있는 보조 액순환장치가 재도입되어야 하며, 다음과 같은 특정한 조건에 맞게 설계되어야 한다.

- 제한된 투입 시간에 맞도록 특별히 조작되어야 한다.
- 염의 용해를 위해 충분한 양의 물이 보조순환장치 내에 있어야 하며, 유입되는 액은 냉각되어야 한다.
- 염색기로 액류의 복귀가 점진적이고 적당한 액순환이 이루어지도록, 이 최소량의 물은 염의 투입과정을 통해 항상 일정하게 유지되어야 한다.
- 염은 결정의 형태로 충분한 양의 물로 공급되어야 한다.
- 펌프에 의한 첨부물의 공급은 일정해야 한다.
- 필요한 염의 농도는 염색기에 설치되어 있는 전도도 센서에 의해 제어된다.
- 첨가되는 염(염화나트륨, 황산나트륨)의 전도도는 염의 농도와 선형의 관계가 없기 때문에, 또한 그 외에 다른 섬유조제들과 수질이 전도도에 적으나마 영향을 주기 때문에 이러한 기본적인 데이터가 제어 시스템 내에 보관되어있다가 여러 가지 염액 구성에 따라 전달되어야 한다. 단계적인 염의 투입은 자유롭게 프로그램할 수 있어야 한다.
- 염색에 필요한 염의 총사용량을 처음에 첨가하지 않고, 시간에 따라 변

하는 염의 공급량은 염공급장치 내에 있는 윌 기어의 속도에 의해 제어된다. 본고에서는 다루지 않았지만, 일종의 운송 시스템에 의해 염의 최소량이 유지되어야 한다.

다. 기존의 자동 투입 시스템을 기피하는 이유

기존에 있는 자동 투입 시스템들을 비판적인 측면에서 살펴보고 그러한 시스템들을 위한 이상적인 설계조건과 실제의 특성을 비교해 보면, 적어도 개별적인 면에서 볼 때는 필요한 모든 요소들이 다 존재하고 있는데도 실제 생산분야에서는 왜 전반적인 개념이 아직도 통용되지 못하고 있는가 하는 의문점이 생긴다.

이에 대한 중요한 이유 한 가지는 고도의 자동화에 대한 필요성을 느끼지 못했고, 따라서 사용자들로부터 그것에 대한 요구가 없었기 때문이었다.

또한, 공장 시설물 외에 모든 주변시설, 염액조액실, 염색공장, 저장액 기획실 등 사이의 정보교환이 주제어 시스템에 의해 상호 연결되어 있어야 한다. 이미 널리 사용되고 있는 공정제어(시간, 온도, 펌프에 의한 약제의 운송 등을 제어하는)를 포함한 기계의 제어는 기억기능을 프로그램할 수 있는 시스템이나 주제어 시스템에 의해서만 확장할 수 있다. 그래야 그것이 고체 형태로 된 약제들의 투입을 자동 제어할 수 있는 기능을 갖게 된다. 실제로 100%의 능력을 발휘할 수 있고 아주 까다로운 약제의 배합이나 공정 흐름에 대처할 수 있는 전반적인 약제투입방법은 염색의 재현성을 원하고 투입방법을 자유롭게 선택하기를 원할 경우, 사람이 관여하지 않는 상태에서 원료와 약제들이 순조롭게 공급될 수 있어야 한다. 이 마지막 이유때문에 기계의 재조립이나 재배열없이 이러한 시스템에서 여러 가지 염색방법을 시험할 수 있도록 기계를 조립 설치할 필요가 있다. 이외에 연속공정에서도 충분히 사

용할 수 있는 센서와 염색시설이 최근 몇 년 동안 개발되었다.

3. 고상의 약제를 투입할 수 있는 방법

가. 공정방법

새로 개발된 약제투입 시스템을 <그림 1>에 나타냈는데, 본고에서는 이 시스템의 장점을 압축된 패키지 형태의 면사에 대한 직접 염료에 의한 염색과 관련지어 설명하려 한다. 반응성 염료에 의한 염색에 적용할 수 있는 전형적인 방법에 대해서는 다른 문헌에 발표한 바 있다.

본 연구에서는 염을 공급하는 모든 재래식 방법과 그것들이 흡진율, 최종 염색과 염착속도 등에 미치는 영향을 조사하였다. 사용된 표준방법은 다음과 같다.

① 정련

0.5g/l Leophen TX 1598

2.0g/l Kiralon CD

8.0g/l 가성소다(100%)

② 염색

1% Sirius Fast Blue G(300%)

0.3g/l Levegal KNS

1.0g/l Securon 540

25.0g/l 황산나트륨

③ 피염물

면사(ZZ/S), 42tex

무게 9.31kg

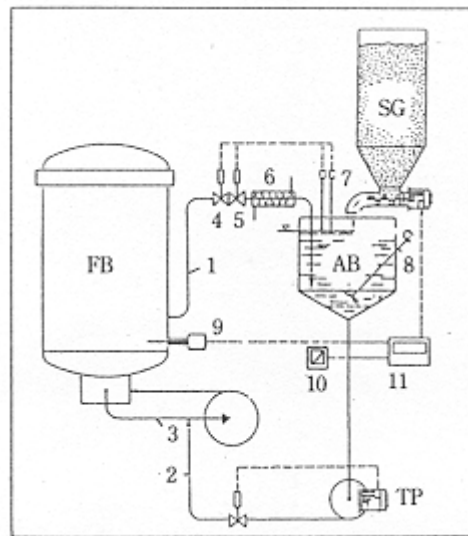
밀도 370g/l

④ 장치

펌프 속도 2400rpm

미분압 1.35bars

액비 10:1



AB : 조액 탱크, FB : 염색조(autoclave), SG : 염투입 장치,

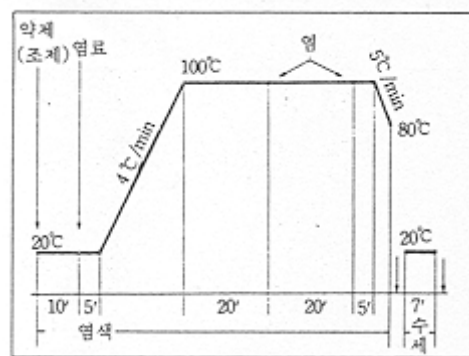
TP : AB로부터 (2)를 거쳐 액의 주순환관(입구쪽)으로 보내주는 운송 펌프

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| 1. FB로부터 AB로의 액의 복귀 | 2. 주순환관으로의 공급관 |
| 3. 액의 주순환관 | 4. 보조 순환관의 밸브 |
| 5. 보조 순환관의 안전밸브 | 6. 냉각기(AB내의 온도를 80°C까지) |
| 7. 액량 수준의 감지기 | 8. 스테러(stirrer) |
| 9. 전도도 측정장치 | 10. 기계 제어장치 |
| 11. 약제 투입 인자의 제어장치 | |

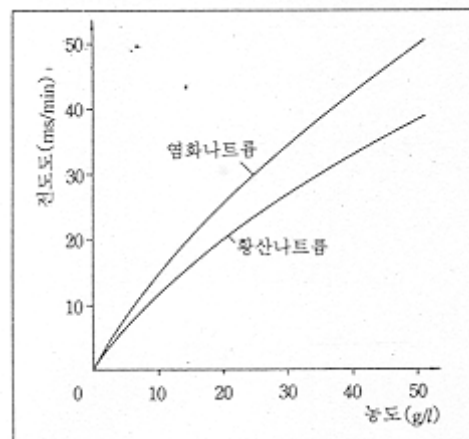
<그림 1> Krantz 사염기의 표준구성부품을 사용한 Krantz 자동투입 시스템

염색과정을 나타낸 것이 <그림 2>이다. 염색시험은 뮌헨의 Fachhochschule

Niederrhein에 설치된 Krantz 사염기로 하였는데, 이 사염기는 이미 언급한 고상 약제의 투입장치가 갖춰져 있으며 염액의 흡진율을 연속적으로 측정하기 위해서 Colorex 시스템을 사용하였다. 약제의 계량을 위한 나사(screw)를 제어하는 데 필요한 기본 데이터는 전도도와 염의 농도 사이의 관계로부터 얻었다<그림 3>.



<그림 2> 압축 패키지 상태의 면사에 대한 직접염료 염색시 염색 단계



<그림 3> 염의 농도에 따른 전도도의 변화

사용된 주순환관 용수의 영향(경도는 약 20 ° Clark), 일반적인 섬유조제의 영향, 염료의 영향은 3ms/cm 이하인 것으로 밝혀졌다. 염색에 대한 결과를 <

그림 4>와 <그림 5>에 나타내었다. 염색공정 프로그램에 따라 나타난 흡진율 곡선을 전도도 측정으로 정량한 염의 농도와 비교하였다<그림 4>. 각 공정에 따른 염색 결과를<그림 5>에 나타내었다. 여기에서는 특별히 개발된 편성공정을 거친 후에 염색된 실의 색조변화를 패키지 직경에 대한 색차(ΔE)로 나타내었다. 이 시스템을 반응성 염료의 염색에 적용하여 반응시간을 더 짧게 개선한 방법에 대해서는 다른 문헌을 통해 보고한 바 있다.

나. 유리한 장점

여러 가지 시험결과들은 균염성 및 염착량의 증진뿐 아니라 염색시간을 단축시키는 방법을 보여주고 있다. 그러나 이 자동 투입기술의 주목적은 사람이 제어해야 하는 공정을 자동화로 대체하고, 염착량과 고착량 곡선을 최적화하여 100% 재현성을 얻자는 것이다.

이 기술로 인해 사용되는 염의 총사용량을 상당히 감소시킬 수 있을 뿐 아니라, 주어진 염액처방에 따라 각각의 경우에 궁극적으로 필요한 염의 양이 정확히 지켜지기 때문에 ‘적은 양의 염을 사용하는 염색들’이 가능하게 되었으며, 그 결과를 충분히 믿을 수가 있다.

다. 필수적인 조건

전반적인 설계에 있어 물류의 개념은 중앙저장창고로부터 염 투입장치까지의 염의 운송체계 자동화를 수용해야만 한다. 염화나트륨은 철을 부식시키지만 응집하는 경향이 적기 때문에 염화나트륨의 사용이 바람직하다.

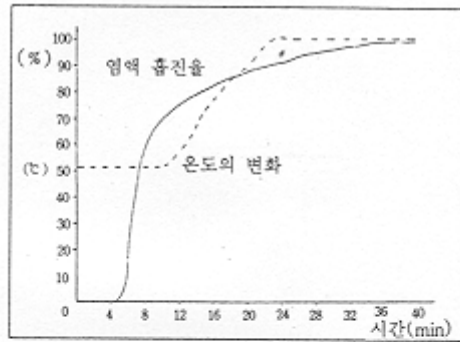


그림 4a. 염색초기에 모든 약제와 함께 염을 첨가하는 경우

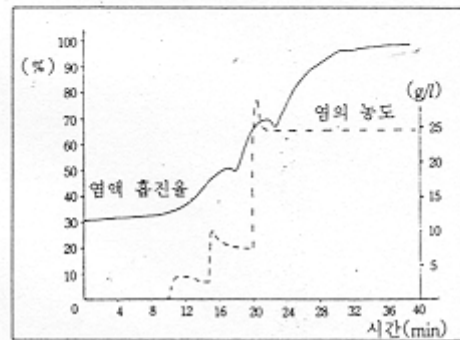


그림 4b. 3단계로 나눠 염을 첨가하는 경우 ($\frac{1}{10}$, $\frac{2}{10}$, $\frac{7}{10}$)

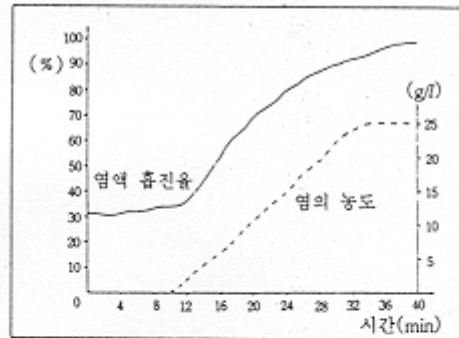


그림 4c. 선형적으로 염을 자동 투입하는 경우

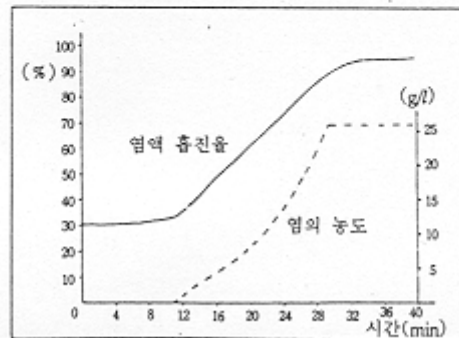


그림 4d. 점진적으로 염을 자동 투입하는 경우

<그림 4> 직접 염료에 의한 염색방법

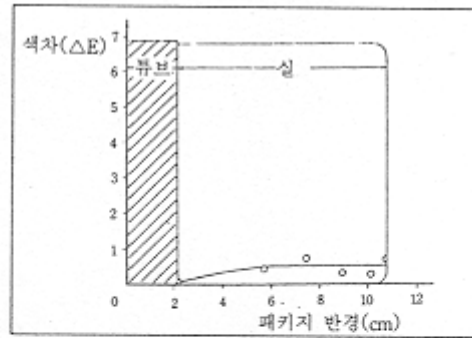


그림 5a. 염색초기에 모든 약제와 함께 염을 첨가하는 경우

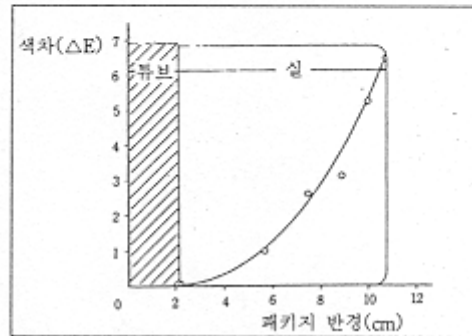


그림 5b. 3단계로 나눠 염을 첨가하는 경우 ($\frac{1}{10}, \frac{2}{10}, \frac{7}{10}$)

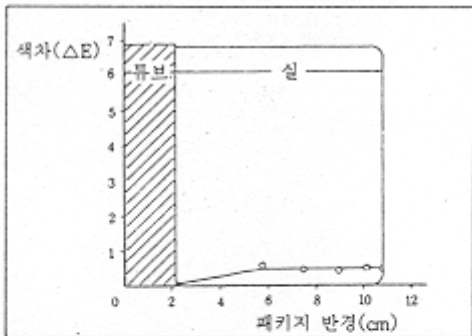


그림 5c. 선형적으로 염을 자동 투입하는 경우

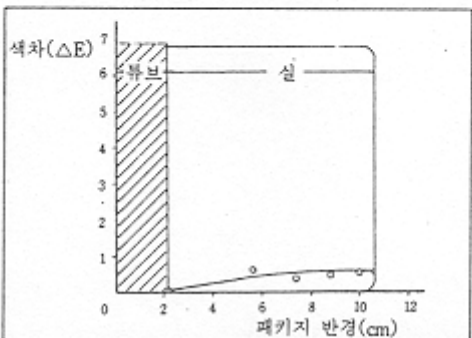


그림 5d. 점진적으로 염을 자동 투입하는 경우

<그림 5> 직접 염료의 염색에서 염의 첨가에 따른 염색 결과

4. 전 망

배치식 염색에서 제시된 고상 약제의 투입 시스템은 전반적인 개념의 범위 내에서는 부분적인 해결 방법일 뿐이다.

현대식 염색공장에서 이룩한 합리적인 물류시스템과 조화가 되도록 하기 위해서는 염색에 필요한 조제들, 즉 염료와 약제를 이 시스템에 맞도록 통합적으로 제어할 수 있게 더욱 진전된 개발을 위해 노력을 기울여야 한다. 극동지방이나 이탈리아 등지에서 볼 수 있는 전 자동화된 몇몇 염색공장과는 달리 여기서는 서로 다른 여러 가지 품목을 생산하는 사용자들에게 범용으로 사용할 수 있는 자동화 방법을 제공할 목적으로 그 범위와 선택을 위해 각각의 부분적인 해결방법을 검토해 보자는 것이다. 센서와 컴퓨터 기술의 신속한 발전에 따라 자동화를 통해 환경적인 여건에 맞고 경제성있는 공정을 확립할 수 있는 새로운 방법이 발견될 것임이 틀림없다.

본고에 나타났듯이 앞으로의 공정개발이나 적정화는 기본적으로 약제에 대한 지식에 좌우되는 것이 아니라 약제의 합리적인 사용에 따라 좌우될 것이다.