



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0098520
(43) 공개일자 2025년07월01일

- | | |
|--|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 <i>G01N 21/84</i> (2006.01) <i>G01N 21/41</i> (2006.01)
 <i>G01N 21/63</i> (2006.01) <i>G01N 21/65</i> (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
 <i>G01N 21/84</i> (2013.01)
 <i>G01N 21/41</i> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2023-0189904
 (22) 출원일자 2023년12월22일
 심사청구일자 2023년12월22일</p> | <p>(71) 출원인
 한림대학교 산학협력단
 강원도 춘천시 한림대학길 1, 한림대학교(옥천동)</p> <p>(72) 발명자
 고재현
 강원특별자치도 춘천시 동면 춘천순환로 338-11
 나크비 사이드 폴칸 하산
 강원특별자치도 춘천시 향교뒷길 18, 202호
 주나이드 사이드 빌랄
 강원특별자치도 춘천시 후석로441번길 40, 2동 402호</p> <p>(74) 대리인
 특허법인본</p> |
|--|--|

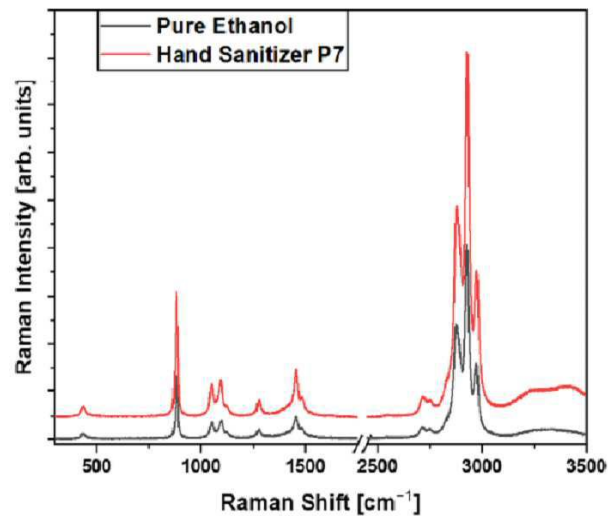
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **손 소독제의 에탄올 농도를 분석하는 방법 및 장치**

(57) 요약

본 발명은 본 발명에 따르면, 라만 분광법 또는 브릴루앙 분광법을 이용해 손 소독제 시료를 분석하고, 라만 산란 스펙트럼 및 브릴루앙 스펙트럼을 획득하여, 손 소독제 내의 에탄올의 함량을 측정하거나, 손 소독제 내의 에탄올 함량의 표시된 수치와 다른 지를 분석하고 평가함으로써, 손 소독제의 품질을 유지하고 항균력을 보완할 수 있는 손 소독제의 에탄올 농도를 분석하는 방법 및 장치를 제공한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01N 21/636 (2013.01)

G01N 21/65 (2013.01)

G01N 2021/638 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

손 소독제의 에탄올 농도를 분석하는 방법에 있어서,
 손 소독제 시료를 준비하는, 손 소독제 시료 준비 단계;
 레이저 광선을 통해 손 소독제 시료에 레이저를 조사하는, 레이저 조사 단계;
 라만 분광을 이용하여 라만 산란 스펙트럼을 획득하는, 라만 분석 단계;
 브릴루앙 분광을 이용하여 브릴루앙 스펙트럼을 획득하는, 브릴루앙 분석 단계; 및
 굴절계를 통해 각 시료의 굴절률을 측정하는, 굴절률 측정 단계;를 포함하는 손 소독제의 에탄올 농도를 분석하는 분석 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 라만 분광은 다이오드 펌프 고체 레이저(Diode-pumped solid-state laser)를 이용하되,
 가시광선 대역의 파장을 갖는 레이저 광선을 사용하여 라만 산란 스펙트럼을 획득하는, 분석 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 브릴루앙 분광은 패브리-페로 간섭계(Fabry-Perot Interferometer)를 이용하되,
 가시광선 대역의 파장을 갖는 레이저 광선을 사용하여 브릴루앙 스펙트럼을 획득하는, 분석 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 굴절률 측정 단계에서 굴절계는 프리즘, 거울, 유리 또는 렌즈 중 선택된 1종을 포함하는, 분석 방법.

청구항 5

제1항의 에탄올 농도를 분석하는 분석 방법을 이용하여, 에탄올 농도를 분석하는 시스템에 있어서,
 상기 시스템은 컴퓨팅 장치에 의해 수행되되,
 프로세서는 레이저 광선 조사부에 라만 분석 또는 브릴루앙 분석 명령을 전달하여,
 손 소독제 시료에 레이저 광선을 조사하여 라만 산란 스펙트럼 및 브릴루앙 스펙트럼을 획득하도록 실행되고,
 굴절계를 통해 각 시료의 굴절률을 측정하는, 손 소독제의 에탄올 농도를 분석하는 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,
 상기 라만 분석은 다이오드 펌프 고체 레이저(Diode-pumped solid-state laser)를 이용하되,
 가시광선 대역의 파장을 갖는 레이저 광선을 사용하여 라만 산란 스펙트럼을 획득하는, 분석 시스템.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 브릴루앙 분석은 패브리-페로 간섭계(Fabry-Perot Interferometer)를 이용하되,
가시광선 대역의 파장을 갖는 레이저 광선을 사용하여 브릴루앙 스펙트럼을 획득하는, 분석 시스템.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 굴절계는 프리즘, 거울, 유리 또는 렌즈 중 선택된 1종을 포함하는, 분석 시스템.

청구항 9

제1항의 에탄올 농도를 분석하는 분석 방법을 이용하여, 에탄올 농도를 분석하는 장치에 있어서,
프로세서;

레이저 광선 조사부;

라만 분광법(Raman spectroscopy)으로 페로브스카이트를 분석하는 라만 분석부;

브릴루앙 분광법(Brillouin spectroscopy)으로 페로브스카이트를 분석하는 브릴루앙 분석부; 및

굴절계를 통해 각 시료의 굴절률을 측정하는 굴절률 측정부;를 포함하는 손 소독제의 에탄올 농도를 분석하는 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 라만 분석부는 다이오드 펌프 고체 레이저(Diode-pumped solid-state laser)를 이용하되,

가시광선 대역의 파장을 갖는 레이저 광선을 사용하여 라만 산란 스펙트럼을 획득하는, 손 소독제의 에탄올 농도를 분석하는 장치.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 브릴루앙 분석부는 패브리-페로 간섭계(Fabry-Perot Interferometer)를 이용하되,

가시광선 대역의 파장을 갖는 레이저 광선을 사용하여 브릴루앙 스펙트럼을 획득하는, 손 소독제의 에탄올 농도를 분석하는 장치.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 굴절계는 프리즘, 거울, 유리 및 렌즈 중 선택된 1종을 포함하는, 손 소독제의 에탄올 농도를 분석하는 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 손 소독제의 에탄올 농도를 분석하는 방법 및 장치에 관한 것으로, 라만 분광법 또는 브릴루앙 분광법을 이용해 손 소독제 시료를 분석하고, 라만 산란 스펙트럼 및 브릴루앙 스펙트럼을 획득하여, 손 소독제 내의 에탄올의 함량을 측정하거나, 손 소독제 내의 에탄올 함량의 표시된 수치와 다른 지를 분석하고 평가하는 손 소독제의 에탄올 농도를 분석하는 방법 및 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 감염성 질환은 미생물 및 바이러스를 포함하는 병원체에 의해 오염된 물체 또는 감염자의 체액과 접촉한 이후에 호흡기 계통을 통해 유입되어 발병될 소지가 있다. 이러한 과정에서 손은 상기 병원체와의 접촉이 빈번한 신체 부위라는 점에서, 세정제를 이용한 손 씻기 또는 소독제를 이용한 손 소독은 감염 확률을 현저히 낮출 수 있는

바람직한 실생활 방역 지침에 해당한다.

- [0003] 2020년 초부터 코로나19가 발생한 이후, 확산을 막기 위해 다양한 예방 조치가 취해졌다. 세계보건기구(WHO) 지침에 따르면, 정기적인 손 씻기와 마스크, 손 소독제 사용이 질병 확산을 줄이는 가장 효과적인 방법이다. 미국 질병통제예방센터(CDC)에서는 비누와 물로 손을 자주 씻을 것을 권고했지만, 대안으로 알코올 함량이 60% 이상인 알코올 기반 손 소독제를 사용할 것을 제안했다.
- [0004] 이로 인해 고객 수요가 증가함에 따라 전 세계적으로 손 소독제 사용이 급격히 증가했다. 그러나 전 세계적으로 손 소독제 생산 시설이 확산되면서 일부 제품이 명시된 사양을 충족하지 못해 바이러스 제거에 효과적이지 않은 경우가 있다.
- [0005] 근래, 메르스 및 코로나를 비롯한 호흡기 계통의 감염성 질환이 대유행됨에 따라 상기 손 씻기 및 손 소독을 통한 위생관리가 권고되고 있다. 그러나, 손을 씻을 수 있는 공간은 집 및 화장실 등의 실내 장소에서만 가능하므로, 타인과 대면 접촉이 잦은 외출 시에는 소독제를 이용한 손 소독의 필요성이 강조되고 있다.
- [0006] 개인 위생용품으로 판매되고 있는 손 소독제는 손을 통한 미생물의 오염을 방지하기 위한 목적과 감기 등과 같은 감염성 질환 또는 전염성 질환을 예방하기 위한 목적으로 보편적으로 사용되고 있다.
- [0007] 손 소독제 사용은 질병 통제 예방 센터에서 질병 확산을 예방하기 위해 권장하는 중요한 조치 중 하나이다. 손 소독제의 주성분은 에탄올이며, 그 농도는 규정에 따라 60% 이상이어야 한다.
- [0008] 소독제의 실제 에탄올 농도를 결정하기 위해 여러 가지 분광학 기술이 개발되었다. 그러한 방법 중 하나는 농도에 비례하는 에탄올의 특정 진동 모드의 주파수를 측정하는 것이다.
- [0009] 일반적으로 손 소독제는 항균력을 증진시키기 위하여 알코올을 기반으로 하여 제조되고 있다. 그러나, 알코올의 함량이 증가될수록 항균력을 향상될 수 있으나, 고함량의 알코올은 피부 건조를 야기시키고, 자극적인 향과 냄새로 인하여 소비자의 기호도를 오히려 저하시킬 수 있다.
- [0010] 현재 개인 위생용품으로 판매되고 있는 손 소독제는 알콜을 기반으로 하여 제조되고 있으며 보습성을 증진시키기 위하여 알로에 베라를 첨가하여 제조된다. 알코올은 보통 60% 이상으로 제조되는데, 이 경우 우리나라의 소방법에 저촉되므로 알콜 농도를 60% 이하로 조정하여 손 소독제를 제조할 필요성이 있고, 알콜 농도 저하에 따른 항균력을 보완 및 증진시키기 위한 방법이 요구된다. 또한 손 소독제에 함유된 다량의 알콜로 인한 자극적인 향 및 냄새는 소비자의 기호도를 저하시키는 근본적인 원인이 되기도 한다.
- [0011] 또한, 손 소독제 제품의 품질을 유지하는 것이 중요하다. 에탄올 농도는 효율성에 대한 특정 요구 사항을 충족할 만큼 충분히 높아야 한다. 그리고 인간 건강에 대한 위험을 방지하려면 손 소독제의 오염을 방지해야 한다. 예를 들어, 에탄올 오염으로 인해 에탄올이 피부를 통해 흡수되어 만성 독성을 초래할 수 있다. 에탄올 농도는 제품 라벨에 적혀 있다. 그러나 느슨한 규정과 적절한 검사 프로토콜의 부재로 인해 실제 에탄올 비율은 라벨에 표시된 것과 다를 수 있다.

선행기술문헌

- [0012] 대한민국 등록특허공보 제10-2543065호(공고일 2023.06.13.)
- [0013] 대한민국 등록특허공보 제10-1933611호(공고일 2019.04.05.)
- [0014] 대한민국 등록특허공보 제10-0866408호(공고일 2008.11.03.)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 본 발명의 목적은 라만 분광법 또는 브릴루앙 분광법을 이용해 손 소독제 시료를 분석하고, 라만 산란 스펙트럼 및 브릴루앙 스펙트럼을 획득하여, 손 소독제 내의 에탄올의 함량을 측정하거나, 손 소독제 내의 에탄올 함량의 표시된 수치와 다른 지를 분석하고 평가하는 것을 목적으로 한다.
- [0016] 본 개시의 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 본 개시의 다른 목적 및 장점들은 하기의 설명에 의해서 이해될 수 있고, 본 개시의 실시 예에 의해 보다 분명하게 이해될 것이다. 또한, 본 개시의 목적 및 장점들은 특허 청구 범위에 나타난 수단 및 그 조합에 의해 실현될 수 있음을 쉽게 알 수 있을

것이다.

과제의 해결 수단

- [0017] 본 발명은 손 소독제의 에탄올 농도를 분석하는 방법에 있어서, 손 소독제 시료를 준비하는, 손 소독제 시료 준비 단계; 레이저 광선을 통해 손 소독제 시료에 레이저를 조사하는, 레이저 조사 단계; 라만 분광을 이용하여 라만 산란 스펙트럼을 획득하는, 라만 분석 단계; 브릴루앙 분광을 이용하여 브릴루앙 스펙트럼을 획득하는, 브릴루앙 분석 단계; 및 굴절계를 통해 각 시료의 굴절률을 측정하는, 굴절률 측정 단계;를 포함하는 손 소독제의 에탄올 농도를 분석하는 분석 방법을 제공한다.
- [0018] 상기 손 소독제 시료는 에탄올을 포함하는 것이다.
- [0019] 상기 라만 분광은 다이오드 펌프 고체 레이저(Diode-pumped solid-state laser)를 이용하되, 가시광선 대역의 파장을 갖는 레이저 광선을 사용하여 라만 산란 스펙트럼을 획득하는 것일 수 있다.
- [0020] 상기 브릴루앙 분광은 패브리-페로 간섭계(Fabry-Perot Interferometer)를 이용하되, 가시광선 대역의 파장을 갖는 레이저 광선을 용하여 브릴루앙 스펙트럼을 획득하는 것일 수 있다.
- [0021] 상기 굴절률 측정 단계에서 굴절계는 프리즘, 거울, 유리 또는 렌즈 중 선택된 1종을 포함하는 것일 수 있다.
- [0022] 본 발명은 에탄올 농도를 분석하는 분석 방법을 이용하여, 에탄올 농도를 분석하는 시스템에 있어서, 상기 시스템은 컴퓨팅 장치에 의해 수행되되, 프로세서는 레이저 광선 조사부에 라만 분석 또는 브릴루앙 분석 명령을 전달하여, 손 소독제 시료에 레이저 광선을 조사하여 라만 산란 스펙트럼 및 브릴루앙 스펙트럼을 획득하도록 실행되고, 굴절계를 통해 각 시료의 굴절률을 측정하는 손 소독제의 에탄올 농도를 분석하는 시스템을 제공한다.
- [0023] 상기 라만 분석은 다이오드 펌프 고체 레이저(Diode-pumped solid-state laser)를 이용하되, 가시광선 대역의 파장을 갖는 레이저 광선을 사용하여 라만 산란 스펙트럼을 획득하는 것일 수 있다.
- [0024] 상기 브릴루앙 분석은 패브리-페로 간섭계(Fabry-Perot Interferometer)를 이용하되, 가시광선 대역의 파장을 갖는 레이저 광선을 사용하여 브릴루앙 스펙트럼을 획득하는 것일 수 있다.
- [0025] 상기 굴절계는 프리즘, 거울, 유리 또는 렌즈 중 선택된 1종을 포함하는 것일 수 있다.
- [0026] 본 발명은 에탄올 농도를 분석하는 분석 방법을 이용하여, 에탄올 농도를 분석하는 장치에 있어서, 프로세서; 레이저 광선 조사부; 라만 분광법(Raman spectroscopy)으로 페로브스카이트를 분석하는 라만 분석부; 브릴루앙 분광법(Brillouin spectroscopy)으로 페로브스카이트를 분석하는 브릴루앙 분석부; 및 굴절계를 통해 각 시료의 굴절률을 측정하는 굴절률 측정부;를 포함하는 손 소독제의 에탄올 농도를 분석하는 장치를 제공한다.
- [0027] 상기 라만 분석부는 다이오드 펌프 고체 레이저(Diode-pumped solid-state laser)를 이용하되, 가시광선 대역의 파장을 갖는 레이저 광선을 사용하여 라만 산란 스펙트럼을 획득하는 것일 수 있다.
- [0028] 상기 브릴루앙 분석부는 패브리-페로 간섭계(Fabry-Perot Interferometer)를 이용하되, 가시광선 대역의 파장을 갖는 레이저 광선을 사용하여 브릴루앙 스펙트럼을 획득하는 것일 수 있다.
- [0029] 상기 굴절계는 프리즘, 거울, 유리 및 렌즈 중 선택된 1종을 포함하는 것일 수 있다.

발명의 효과

- [0030] 본 발명에 따르면, 라만 분광법 또는 브릴루앙 분광법을 이용해 손 소독제 시료를 분석하고, 라만 산란 스펙트럼 및 브릴루앙 스펙트럼을 획득하여, 손 소독제 내의 에탄올의 함량을 측정하거나, 손 소독제 내의 에탄올 함량의 표시된 수치와 다른 지를 분석하고 평가함으로써, 손 소독제의 품질 유지, 에탄올 농도에 따른 향균력 보완을 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은, 순수 에탄올 및 손 소독제 시료 P7의 라만 스펙트럼을 그래프로 나타낸다.
- 도 2는, 손 소독제 시료 P1 내지 P7의 라만 스펙트럼을 그래프로 나타낸다.
- 도 3은, 0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100% 순수 에탄올 농도의 라만 스펙트럼을 그래프로 나타낸다.
- 도 4는, 0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100% 순수 에탄올 농도와 손 소독제 시료 P1 내지 P7 간의 라만 스펙트럼

상관 관계를 그래프로 나타낸다.

도 5는, 0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100% 순수 에탄올 농도와 손 소독제 시료 P1 내지 P7의 브릴루앙 스펙트럼을 그래프로 나타낸다.

도 6은, 0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100% 순수 에탄올 농도와 손 소독제 시료 P1 내지 P7 간의 브릴루앙 스펙트럼 및 반치전폭(full width at half maximum, FWHM) 상관 관계를 그래프로 나타낸다.

도 7은, 0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100% 순수 에탄올 농도와 손 소독제 시료 P1 내지 P7 간의 라만-브릴루앙, 라만-음속 상관 관계에 관한 그래프를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 이하 본원을 실시예 및 실험예를 통하여 보다 상세하게 설명한다. 그러나 이들 실시예 및 시험예는 본 발명을 예시적으로 설명하기 위한 것으로 본원의 범위가 이들 실시예 및 시험예에 한정되는 것은 아니다.

[0034] 실험 방법

[0035] 7개의 손 소독제 시료는 다양한 에탄올 농도(부피 비율)(62%, 63%, 66%, 70%, 83%)로 5개의 손 소독제 시료는 현지 시장에서 구입하였고, 62%와 70%의 2개의 손 소독제 시료를 따로 준비하였다. 총 5가지 농도와 7가지 다른 제품이 조사되었다. 손 소독제 시료는 에탄올 함량이 낮은 순부터 높은 순으로 차례대로 P1부터 P7까지 번호를 매겼다.

[0036] 상기 P1부터 P7까지 번호는 다음과 같다.

[0037] P1 62% 손 소독제 시료, P2 62% 손 소독제 시료, P3 63% 손 소독제 시료, P4 66% 손 소독제 시료, P5 70% 손 소독제 시료, P6 70% 손 소독제 시료, P7 83% 손 소독제 시료이다.

[0038] 한편, 에탄올(무수 99.5%)은 Sigma-Aldrich에서 구입하였다. 또한, 0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100%의 에탄올 농도를 함유한 순수 에탄올을 각각 제조하였다.

[0039] 손 소독제 시료 준비 단계

[0040] 손 소독제 시료를 준비하는 단계이다.

[0041] 5개의 농도와 7개의 서로 다른 손 소독제 시료를 에탄올 함량이 낮은 순부터 높은 순으로 차례대로 P1부터 P7까지 번호를 매겼다.

[0042] 상기 P1부터 P7까지 번호는 다음과 같다.

[0043] P1 62% 손 소독제 시료, P2 62% 손 소독제 시료, P3 63% 손 소독제 시료, P4 66% 손 소독제 시료, P5 70% 손 소독제 시료, P6 70% 손 소독제 시료, P7 83% 손 소독제 시료이다.

[0044] 레이저 조사 단계

[0045] 레이저 광선을 통해 손 소독제 시료에 레이저를 조사하는 단계이다.

[0046] 명령을 전달받은 레이저 광선 조사부는 손 소독제 시료에 레이저 광선을 조사하여 라만 산란 스펙트럼 및 브릴루앙 스펙트럼을 획득하도록 실행된다.

[0047] 라만 및 브릴루앙 광산란 분광법을 통해 7가지 손 소독제 시료를 조사하였다.

[0048] 라만 분광법은 손 소독제 시료에 포함된 에탄올의 상대적인 양을 정량적으로 분석하기 위해 사용된다.

[0049] 브릴루앙 분광법은 순수 에탄올과 순수 에탄올(물 용액과 손 소독제의 음속 및 흡수 계수)의 음향 거동, 즉 음속과 흡수 계수를 비교하는 데 사용된다.

[0050] 라만 분석 단계

[0051] 라만 분광을 이용하여 라만 산란 스펙트럼을 획득하는 단계이다.

[0052] 상기 라만 분광은 다이오드 펌프 고체 레이저(Diode-pumped solid-state laser)를 이용하되, 가시광선 대역의 파장을 갖는 레이저 광선, 바람직하게는 350 내지 800nm, 바람직하게는 500 내지 550nm, 더욱 바람직하게는

532nm의 파장을 갖는 레이저 광선을 사용하여 라만 산란 스펙트럼을 획득하는 것일 수 있다.

- [0053] 라만 측정은 표준 라만 분광기(LabRam HR800, Horiba Co., Japan)를 사용하여 400 내지 4000 cm^{-1} 의 주파수 범위에서 수행하였다. 532nm 파장의 다이오드 펌핑 고체 녹색 레이저를 사용하여 샘플을 조사하였다.
- [0054] 모든 라만 측정에는 후방 산란 기하학에서 50X 배율 대물 렌즈가 장착된 광학 현미경(BX41, Olympus, Japan)을 사용하였다. 측정에 앞서 라만 분광계는 실리콘 기판을 기준으로 교정하였다. 분석을 위해 샘플을 석영 큐벳에 부었다. 모든 측정은 실온($20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$)에서 수행되었다. 측정된 라만 스펙트럼의 강도는 보스-아인슈타인(Bose-Einstein) 보정 계수를 사용하였다.
- [0055] 브릴루앙 분석 단계
- [0056] 브릴루앙 분광을 이용하여 브릴루앙 스펙트럼을 획득하는 단계이다.
- [0057] 상기 브릴루앙 분광은 패브리-페로 간섭계(Fabry-Perot Interferometer)를 이용하되, 가시광선 대역의 파장을 갖는 레이저 광선, 바람직하게는 350 내지 800nm, 바람직하게는 500 내지 550nm, 더욱 바람직하게는 532nm의 파장을 갖는 레이저 광선을 사용하여 브릴루앙 스펙트럼을 획득하는 것일 수 있다.
- [0058] 브릴루앙 스펙트럼은 표준 직렬 다중통과 패브리-페로 간섭계(Fabry-Perot Interferometer)(TFP-2, JRS Co., Zurich, Switzerland)와 532nm 여기 소스를 사용하여 얻었다. 측정에는 후방 산란 기하학을 갖춘 수정된 현미경(BH-2, Olympus, Tokyo, Japan)이 사용되었다. 신호를 측정하고 평균화하기 위해 기존의 광자 계수 장비를 다중 채널 분석기(1024개 채널)에 연결하였다. 브릴루앙 스펙트럼에서 종방향 음향(LA) 모드를 식별하기 위한 자유 스펙트럼 범위는 14GHz로 나타났다.
- [0059] 굴절률 측정 단계
- [0060] 굴절계를 통해 각 시료의 굴절률을 측정하는 단계이다.
- [0061] 상기 굴절계는 프리즘, 거울, 유리 또는 렌즈 중 선택된 1종을 포함하는 것일 수 있다.
- [0062] 프리즘 기반 굴절 측정 도구를 사용하여 각 샘플의 굴절률을 측정하여 브릴루앙 산란 스펙트럼으로부터 음속 및 흡수 계수를 계산하였다.
- [0063] 레이저 빔은 시료가 들어 있는 직각 삼각형 용기의 한쪽 면을 직각으로 통과한 후 다른 면에서 굴절된다.
- [0064] 손 소독제 시료 P1 내지 P7 및 각 농도별(0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100%) 순수 에탄올의 굴절률 n 을 계산하는 식은 아래 [수학식 1]과 같다.

수학식 1

$$n_{\text{sample}} = \frac{n_{\text{air}} \times \sin \left(\left[\tan^{-1} \left(\frac{d}{414} \right) \right] + \theta \right)}{\sin \theta}$$

- [0065]
- [0067] [수학식 1]에서 d 는 굴절된 거리, θ 는 굴절 측정 기구의 한쪽 각의 값을 나타낸다.
- [0068] 상기 θ 값은 바람직하게는 10 내지 80° , 바람직하게는 30 내지 50° , 더욱 바람직하게는 44.74° 일 수 있다.
- [0070] 실시예
- [0071] 실험 1: 순수 에탄올 및 손 소독제 시료 P7 간의 라만 스펙트럼 비교
- [0072] 도 1은, 순수 에탄올 및 손 소독제 시료 P7의 라만 스펙트럼을 그래프로 나타낸다.
- [0073] 탄소와 수소와 같은 가벼운 원소가 존재하기 때문에 에탄올의 라만 모드는 고주파수 범위에서 관찰될 것으로 보았고, 400 내지 4000 cm^{-1} 넓은 영역대의 주파수 범위로 실험을 진행하였다. P7 83% 손 소독제 시료의 라만 스펙

트럼은 순수 에탄올과 거의 유사한 스펙트럼 형태를 나타내며, 순수 에탄올의 광학 모드에 해당하는 몇 가지 유사한 피크를 관찰하였다.

[0075] 실험 2: 손 소독제 시료 P1 내지 P7 간의 라만 스펙트럼 비교

[0076] 도 2는, 손 소독제 시료 P1 내지 P7의 라만 스펙트럼을 그래프로 나타낸다.

[0077] 손 소독제 시료 P1 내지 P7의 라만 스펙트럼도 순수 에탄올의 라만 스펙트럼과 유사한 스펙트럼 형태를 나타냈다.

[0078] 상기 손 소독제 시료 P1 내지 P7은 P1 62% 손 소독제 시료, P2 62% 손 소독제 시료, P3 63% 손 소독제 시료, P4 66% 손 소독제 시료, P5 70% 손 소독제 시료, P6 70% 손 소독제 시료, P7 83% 손 소독제 시료이다.

[0079] 이는 손 소독제의 에탄올 농도와 상관없이 라만 스펙트럼은 유사한 형태를 나타낸다는 것을 확인하였다. 하지만, 라만 스펙트럼의 피크 위치 및 반치전폭(full width at half maximum, FWHM)은 에탄올 함량에 따라 다르다는 것을 확인하였다.

[0080] 라만 스펙트럼의 이동 변화는 에탄올 농도의 증가에 따라 달라지며, 그 주기는 에탄올 농도에 선형적으로 비례한다는 것을 확인하였다.

[0082] 실험 3: 각 농도별 순수 에탄올 농도 간의 라만 스펙트럼 비교

[0083] 도 3은, 0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100% 순수 에탄올 농도의 라만 스펙트럼을 그래프로 나타낸다.

[0084] 손 소독제 시료 P1 내지 P7의 스펙트럼 변화를 비교하기 위해, 이번에는 0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100%의 다양한 부피 농도를 갖는 순수 에탄올에 대해 라만 스펙트럼을 진행하였다.

[0085] 상기 라만 스펙트럼은 저주파수, 중간주파수, 고주파수 범위로 그룹화하여 진행하였다.

[0086] 상기 저주파수는 750 내지 2700 cm^{-1} 의 범위로 그룹화하였다.

[0087] 상기 중간주파수는 2701 내지 3000 cm^{-1} 의 범위로 그룹화하였다.

[0088] 상기 고주파수는 3001 내지 3600 cm^{-1} 의 범위로 그룹화하였다.

[0089] 에탄올 농도가 증가함에 따라 고주파수로 선형적으로 이동하는 것을 확인하였다.

[0090] 또한, 손 소독제 시료 P1 내지 P7의 라만 스펙트럼 상에 나타난 패턴이 각 농도별 순수 에탄올에 대한 라만 스펙트럼에서도 유사하게 관찰되었다.

[0091] 고주파수 범위에서 관찰된 라만 모드는 OH 분자간 수소 결합 신장 모드에 할당되었으며, 이는 에탄올 농도가 증가함에 따라 넓어지는 형태를 보였고, 강도가 감소함에 따라 넓어지는 형태를 보인다는 것을 확인하였다.

[0093] 실험 4: 각 농도별 순수 에탄올 및 손 소독제 시료 P1 내지 P7 간의 라만 스펙트럼 상관 관계

[0094] 도 4는, 0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100% 순수 에탄올 농도와 손 소독제 시료 P1 내지 P7 간의 라만 스펙트럼 상관 관계를 그래프로 나타낸다.

[0095] 먼저, 각 모드 할당에 따라 순수 에탄올과 손 소독제 시료 P1 내지 P7 간의 라만 이동을 [표 1]에 나타냈다.

표 1

Pure Ethanol	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Mode Assignment* [15-20]
435	436	436	436	435 484 541 782 815 840	435	436	435	CCO bending
883	880	881	881	881	881	881	882	CCO symmetric stretching
1051	1048	1049	1049	1049	1049	1049	1050	CCO asymmetric stretching
1095	1089	1090	1089	1091	1090	1091	1092	CH ₃ rocking COH deformation
1275	1277	1277	1277	1276	1276	1277	1276	CH ₂ wagging
	1385	1382	1384	1381	1382	1382	1383	CH ₂ wagging CH ₃ symmetric deformation
1454	1454	1454	1454	1454	1454	1454	1454	CH ₃ asymmetric deformation
1484	1485	1485	1485	1483	1485	1485	1485	CH ₂ deformation
2715	2722	2719	2720	2719	2719	2719	2718	Combinational frequencies* [23]
2750	2753	2753	2753	2752	2753	2752	2752	Combinational frequencies* [23]
2837	2832	2831	2832	2831	2831	2831	2831	Combinational frequencies* [23]
2889	2884	2883	2884	2883	2883	2883	2882	CH ₃ symmetric stretching
2928	2932	2931	2931	2930	2931	2931	2930	CH ₃ asymmetric stretching
2973	2977	2976	2976	2975	2976	2976	2975	CH ₃ asymmetric stretching
3252	3227	3238	3239	3243	3241	3242	3244	O-H stretching
3374	3431	3431	3431	3428	3431	3428	3426	O-H stretching

[0096]

[0098]

각 농도별(0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100%) 순수 에탄올 및 손 소독제 시료 P1 내지 P7 간의 라만 스펙트럼 상관 분석을 진행한 결과, 라만 모드 주파수가 에탄올 농도에 따라 선형적으로 변화한다는 것을 확인하였으며, 손 소독제 시료의 경우에도 선형 관계를 나타낸다는 것을 확인하였다.

[0099]

이러한 선형 상관관계는 상업용 손 소독제의 실제 에탄올 농도를 평가하는 데 사용될 수 있다.

[0100]

일 예로, 손 소독제에서 이 피크의 라만 이동이 순수 에탄올(물 용액)에 대한 적합선에서 벗어나면 이는 제품의 에탄올 함량이 라벨에 표시된 것과 다르다는 것을 나타낸다.

[0101]

P2 62% 손 소독제 시료, P3 63% 손 소독제 시료 및 P7 83% 손 소독제 시료의 라만 이동은 순수 에탄올의 선형 그래프에 가까웠으며, 이는 측정된 에탄올 농도가 제품 라벨의 값에 가깝다는 것을 나타낸다.

[0102]

하지만 P1 62% 손 소독제 시료와 P2 62% 손 소독제 시료의 라벨 상 기재된 에탄올 농도는 62%로 P1과 P2가 동일 하였지만, P1은 순수 에탄올의 선형 그래프에서 크게 벗어난 것을 확인하였다.

[0103]

이러한 라만 스펙트럼 상관 분석을 통해 P1은 제품 라벨에 기재된 에탄올 농도인 62%에 못미친다는 것을 확인하였고, 라만 주파수로부터 추정된 바, 에탄올 함량이 40%일 것으로 추정할 수 있다.

[0104]

이러한 라만 스펙트럼 상관 분석을 통해 나타난 결과는 시중에 판매 중인 손 소독제 제품의 실제 에탄올 함량이 라벨에 명시된 것과 다를 수 있음을 알 수 있다. 이러한 차이는 에탄올의 휘발성 특성으로 인해 제조 과정이나 사용 기간 중 증발되어 원래 값에서 점차 벗어나게 되었을 수 있다.

[0106]

실험 5: 각 농도별 순수 에탄올 및 손 소독제 시료 P1 내지 P7의 브릴루앙 스펙트럼 비교

[0107]

도 5는, 0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100% 순수 에탄올 농도와 손 소독제 시료 P1 내지 P7의 브릴루앙 스펙트럼을 그래프로 나타낸다.

[0108]

브릴루앙 분광법을 이용하여 손 소독제 시료 P1 내지 P7과 각 농도별(0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100%) 순수 에탄올의 음향 특성을 검증하였다.

- [0109] 도 5의 (a)는 각 농도별(0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100%) 순수 에탄올의 브릴루앙 스펙트럼을 그래프로 나타낸 것이다.
- [0110] 도 5의 (b)는 손 소독제 시료 P1 내지 P7의 브릴루앙 스펙트럼을 그래프로 나타낸 것이다.
- [0111] 상기 손 소독제 시료 P1 내지 P7과 각 농도별(0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100%) 순수 에탄올의 브릴루앙 스펙트럼 결과를 통해, 에탄올 농도가 증가함에 따라 종음향적(Longitudinal Acoustic, LA) 모드의 스펙트럼 변화가 명확하게 나타난다는 것을 확인하였다.
- [0112] 도 5의 (a)는 에탄올 농도가 40%까지 증가할 때 종음향적(Longitudinal Acoustic, LA) 모드에서 빨간색 이동을 보여주고, 에탄올 농도가 100%까지 추가로 증가하면 파란색 이동을 보인다. 그러나 도 5의 (b)에서 볼 수 있듯이 손 소독제의 종음향적(Longitudinal Acoustic, LA) 모드는 시료 내 에탄올 함량의 작은 변화로 인해 도 5의 (a)와 약간의 차이를 나타낸다는 것을 알 수 있다.
- [0114] **실험 6: 각 농도별 순수 에탄올 및 손 소독제 시료 P1 내지 P7 간의 브릴루앙 스펙트럼 및 반치전폭 상관 관계**
- [0115] 도 6은, 0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100% 순수 에탄올 농도와 손 소독제 시료 P1 내지 P7 간의 브릴루앙 스펙트럼 및 반치전폭(full width at half maximum, FWHM) 상관 관계를 그래프로 나타낸다.
- [0116] 각 농도별(0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100%) 순수 에탄올의 종음향적(Longitudinal Acoustic, LA) 모드의 브릴루앙 이동과 반치전폭(full width at half maximum, FWHM)을 그래프로 나타낸 결과, 브릴루앙 이동은 20% 순수 에탄올에서 최대에 도달한 후 감소하는 형태를 나타냈다.
- [0117] 각 농도별(0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100%) 순수 에탄올 그래프를 토대로 손 소독제 시료 P1 내지 P7의 브릴루앙 분석을 진행한 결과, P1 62% 손 소독제 시료의 모드 주파수는 순수 에탄올의 적합선에서 가장 많이 벗어났다는 것을 확인하였다.
- [0118] 이러한 실험 결과는 실험 4에서 검증한 각 농도별 순수 에탄올 및 손 소독제 시료 P1 내지 P7 간의 라만 스펙트럼 상관 관계와 유사한 실험 결과를 나타낸다는 것을 알 수 있다.
- [0119] 각 농도별(0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100%) 순수 에탄올의 종음향적(Longitudinal Acoustic, LA) 모드의 반치전폭(full width at half maximum, FWHM)은 40% 순수 에탄올에서 최대에 도달한 후 감소하는 형태를 나타냈다.
- [0120] 이는 손 소독제 시료 P1 내지 P7이 각 농도별(0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100%) 순수 에탄올보다 훨씬 더 높은 음향 감쇠를 나타낸다는 것을 알 수 있다.
- [0122] **실험 7: 각 농도별 에탄올 및 손 소독제 시료 P1 내지 P7 간의 라만-브릴루앙, 라만-음속 상관관계**
- [0123] 도 7은, 0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100% 순수 에탄올 농도와 손 소독제 시료 P1 내지 P7 간의 라만-브릴루앙, 라만-음속 상관 관계에 관한 그래프를 나타낸다.
- [0124] 음속 및 흡수 계수와 같은 음향 특성을 정량적으로 결정하기 위해 굴절률을 구하여 계산하였다.
- [0125] 측정된 굴절률을 이용하여 종음향적(Longitudinal Acoustic, LA) 모드의 음속 V 와 흡음계수 α 를 추정하였다.
- [0126] 에탄올 함량에 대한 이들 두 가지 음향 특성의 의존성이 실험 6에서 검증한 각 농도별(0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100%) 순수 에탄올의 종음향적(Longitudinal Acoustic, LA) 모드의 브릴루앙 이동과 반치전폭(full width at half maximum, FWHM)과 유사하다는 것을 알 수 있다.
- [0127] 라만 데이터와 브릴루앙 데이터는 일부 손 소독제 시료 P1 내지 P7이 각 농도별(0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100%) 순수 에탄올과 실질적으로 다른 진동 및 음향 동작을 나타낸다는 것을 확인하였다.
- [0128] 이는 제품의 실제 함량과 라벨에 명시된 에탄올 농도의 차이가 882cm^2 근처의 라만 모드뿐만 아니라 브릴루앙 산란에 의해 조사된 음향 특성까지도 연관되어 있음을 알 수 있다.
- [0129] 라만 주파수, 브릴루앙 주파수 및 음속의 편차 정도(D)를 결정하기 위해 아래 [수학식 2]을 사용하였다.

수학식 2

$$D = \frac{m - x}{x} \times 100(\%)$$

[0130]

[0132] [수학식 2]에서 m은 손 소독제 샘플의 측정 값, x는 보간 값을 나타낸다.

[0133] 0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100% 순수 에탄올 농도와 손 소독제 시료 P1 내지 P7 간의 라만-브릴루앙, 라만-음속 상관 관계에 관한 그래프를 확인한 결과, 각 농도별(0%, 20%, 40%, 60%, 80% 및 100%) 순수 에탄올은 라만-브릴루앙, 라만-음속 상관 관계에서 선형 관계를 나타낸다는 것을 알 수 있다.

[0134] 또한, 손 소독제 시료 P1 내지 P7도 라만-브릴루앙, 라만-음속 상관 관계에서 유사한 패턴을 보인다는 것을 알 수 있다.

[0135] 모든 손 소독제 시료 P1 내지 P7의 흡수 계수가 에탄올 함량에 관계없이 순수 에탄올의 흡수 계수보다 훨씬 크다는 것이다.

[0136] 이는 소독제에 함유된 다른 첨가물 때문일 수 있다. 일반적으로 유기 화합물인 첨가제에는 극성 및 비극성 그룹이 포함되어 있으며, 이는 에탄올에서 수소 결합 및 수소 결합 동적 클러스터의 크기에 영향을 미친다.

[0137] 또 다른 가능성은 국소적인 에탄올 농도의 시간적 변동의 변화이다. 첨가제로 인해 발생하는 동적 클러스터의 이러한 공간적, 시간적 변화는 음파를 소멸시켜 흡수 계수를 증가시킬 수 있다.

[0138] 라만 및 브릴루앙 분광기를 사용하여 손 소독제 시료 P1 내지 P7의 진동 및 음향 특성을 조사하였다.

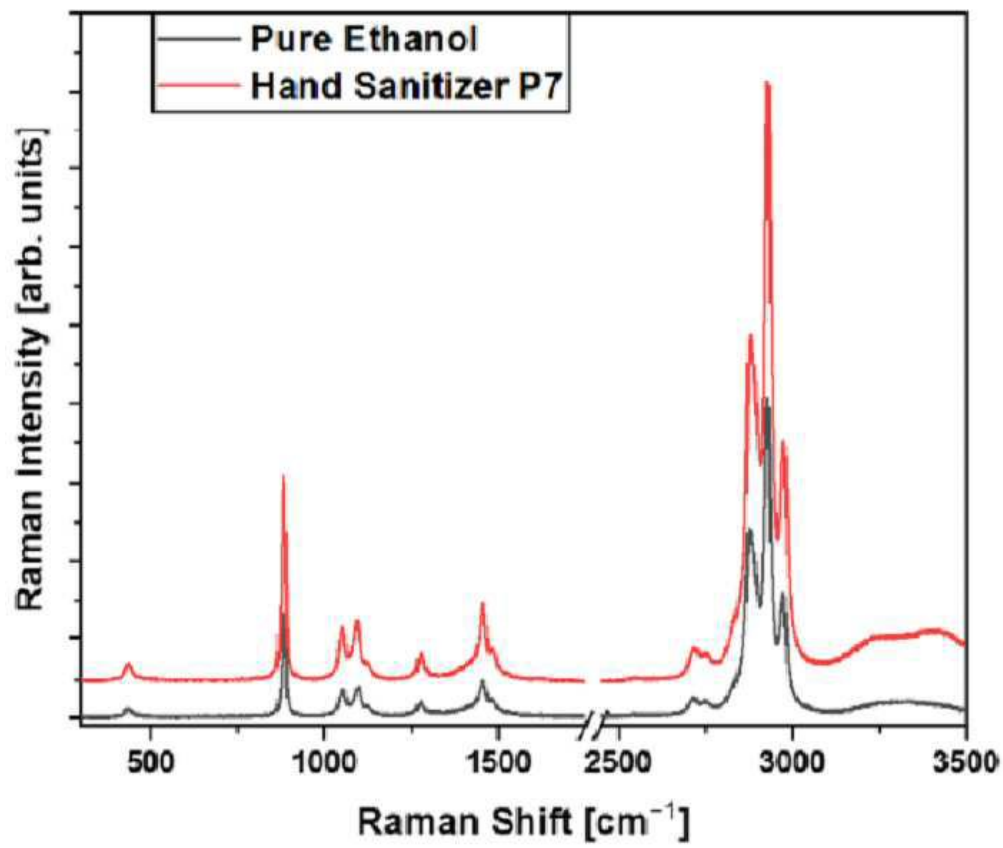
[0139] 일부 손 소독제의 경우, 에탄올 함량에 선형적으로 비례하는 것으로 알려진 CCO 스트레칭 모드의 라만 이동이 적합선과의 편차를 보여 실제 에탄올 함량이 라벨의 함량과 다르다는 것을 나타냈다.

[0140] LA 모드의 손소독제의 브릴루앙 주파수 이동과 FWHM은 순수 에탄올(물 용액)과 상당한 편차를 나타냈다.

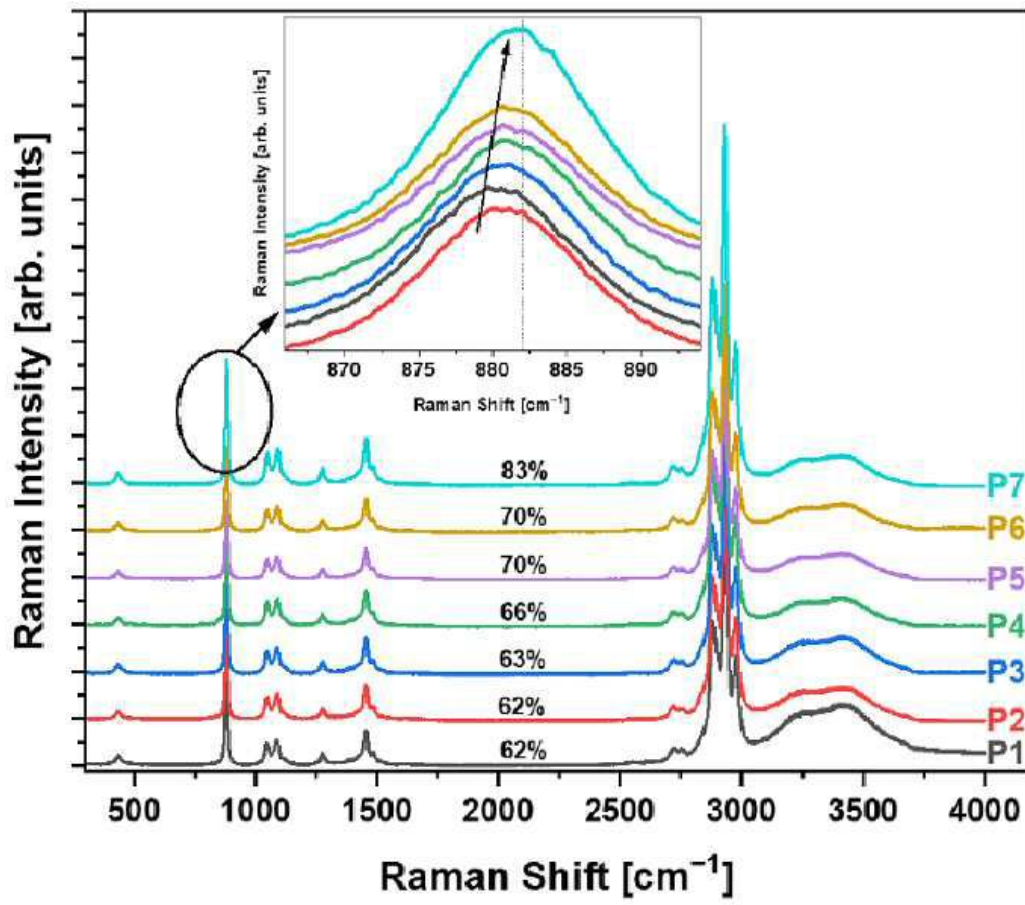
[0141] 특히, 라만 주파수와 브릴루앙 주파수 사이의 편차(따라서 라만 주파수와 음속 사이의 편차)는 편차 정도가 클 때 대략 선형적인 동작을 나타냈다. 이 연구 결과는 브릴루앙 분광법이 손 소독제의 에탄올 함량을 평가하기 위한 또 다른 비접촉, 비파괴 방법임을 나타낸다.

도면

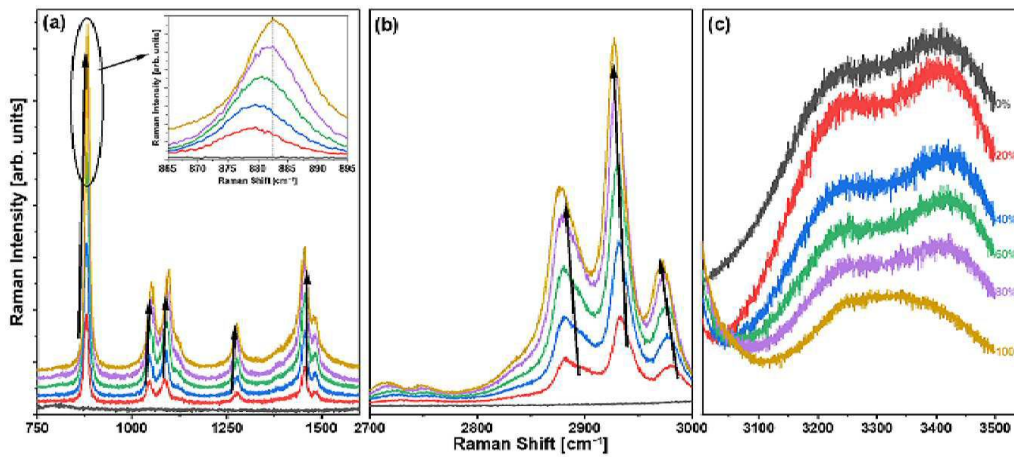
도면1



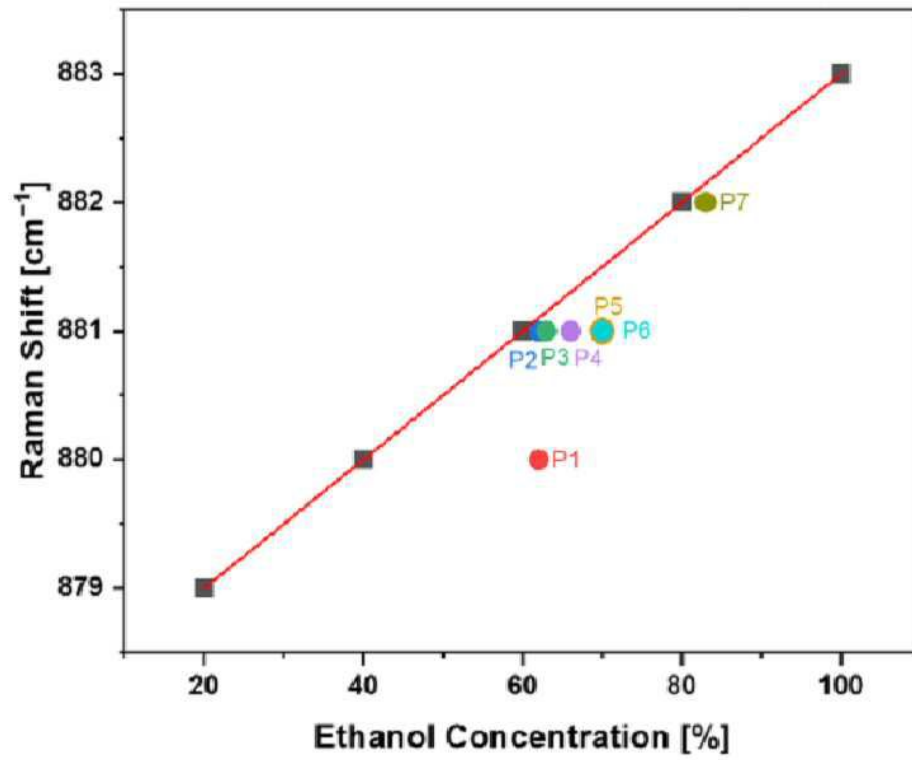
도면2



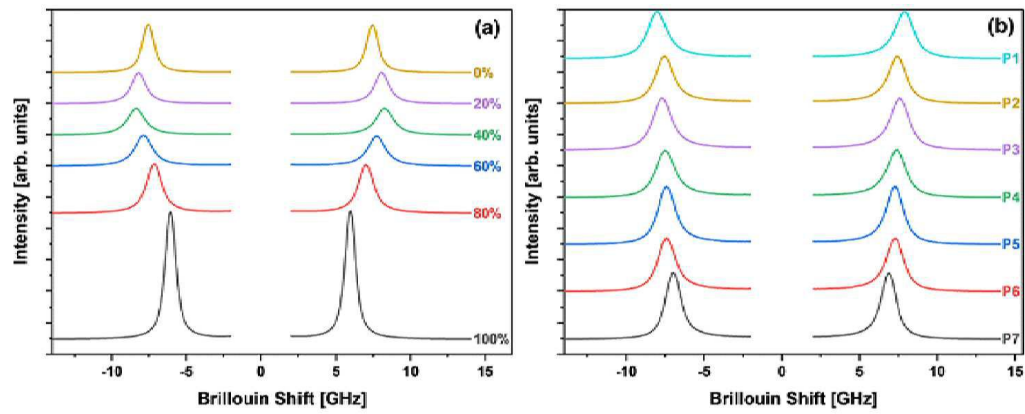
도면3



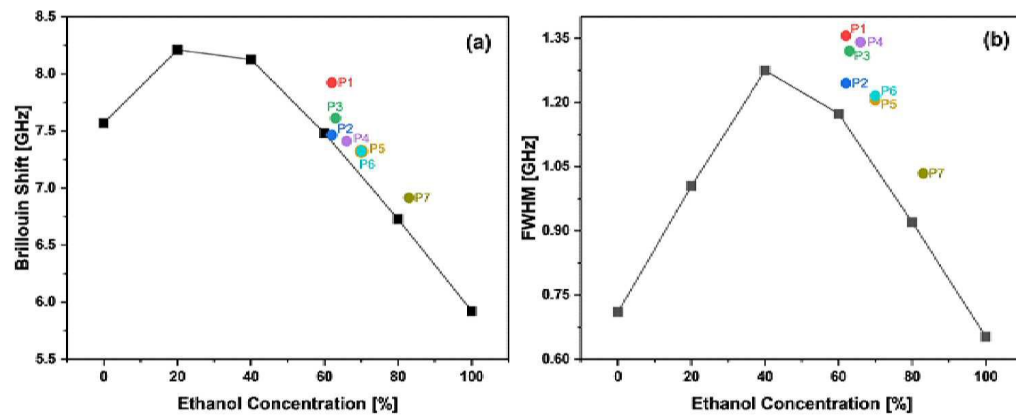
도면4



도면5



도면6



도면7

