

레몬그라스 오일을 함유하는 PCL마이크로캡슐의 특성과 방출거동

박종권 · 김지은 · 정노희[†]

충북대학교 공업화학과
(2015년 3월 16일 접수, 2015년 4월 18일 심사, 2015년 5월 1일 채택)

Release Behavior and Characterization of PCL Microcapsules Containing Lemongrass Oil

Jong-Kwon Park, Ji-Eun Kim, and Noh-Hee Jeong[†]

Department of Engineering Chemistry, Chungbuk University, Cheongju 362-763 Korea
(Received March 16, 2015; Revised April 18, 2015; Accepted May 1, 2015)

초 록

본 실험은 액중건조법을 이용해 레몬그라스 오일이 함유된 PCL마이크로캡슐을 제조하였고 교반속도와 PCL, PVA의 농도 변화에 따른 마이크로캡슐의 특성을 조사하였다. PCL마이크로캡슐에 레몬그라스 오일의 함입은 FT-IR 분석에 의해 1600 cm⁻¹과 2900 cm⁻¹에서 특정 피크를 측정하였다. 마이크로캡슐의 크기와 형태는 광학현미경과 편광현미경을 이용하여 관찰하였고 마이크로캡슐의 평균 입자크기가 교반속도가 증가함에 따라 작아지는 것을 확인할 수 있었다. 교반속도(1500 rpm), PCL (1 wt%)과 PVA (1 wt%)의 농도로 제조하였을 때 가장 작은 입자가 형성됨을 확인하였고 PCL의 농도가 1.5 wt%일 때 레몬그라스의 포집효율이 77.5%이었고 PVA의 농도가 2 wt%일 때 포집효율이 69.8%이었다. UV-Vis 흡광광도법으로 방출 거동과 항산화 활성을 관찰하였다. 교반속도가 느리고 PCL의 농도가 0.5 wt%, PVA의 농도가 2.0 wt%일 때 방출속도가 빠르다는 것을 확인하였다. 항산화 활성은 방출거동과 유사한 특성을 보이는 것을 확인하였다.

Abstract

In this study, poly ϵ -caprolactone(PCL) microcapsules containing lemongrass oil was prepared by the solvent evaporation method. Effects of concentrations of PCL and poly vinyl alcohol (PVA) as well as stirring speeds when preparing microcapsules were investigated. Specific peaks of lemongrass oil in PCL microcapsules at 1600 and 2900 cm⁻¹ were observed by FT-IR. The particle size and shape of microcapsules were also measured by polarizing microscope and optical microscopy. The average particle size of microcapsules decreased with increasing the stirring rate. At the stirring speed of 1500 rpm, and 1 wt% of each PCL and PVA concentrations, the smallest particles were formed. Collection efficiencies of lemongrass oil of 77.5% and 69.5% were obtained when 1.5 wt% of PCL and 2 wt% of PVA were used, respectively. In addition, the release behavior and antioxidant activity of lemongrass oil from PCL microcapsules were examined using UV-Vis spectrophotometry. When 0.5 wt% PCL and 2.0 wt% PVA were used with the slow stirring rate, microcapsules showed a fast release rate. The characteristics of antioxidant activity exhibited similar to that of the release behavior.

Keywords: PCL microcapsule, lemongrass oil, solvent evaporation method, release behavior

1. 서 론

약물전달 시스템 분야에서 정립이 된 마이크로캡슐은 직경이 수~수백 μm 정도의 크기를 가지는 구형 입자를 말하는 것으로 액체, 고체 또는 기체분자를 수백 μm 정도의 미세한 복합체로 둘러싼 것을 말한다. 마이크로캡슐은 내부공간에 불안정하거나 지속력이 약한 유효성분을 각종 오염, 손상, 변화시키지 않게 격리할 수 있고, 제조공정에서의 손실 최소화, 특정 조건에서의 방출을 제어할 수 있다[1-4]. 캡슐

의 구성인자 중 내부를 형성하는 심 물질(core material)은 core internal phase (IP), active materials, encapsulate, payload 또는 fill로 불리고, 캡슐의 외부를 형성하는 벽체물질(Wall material)은 wall, external phase (EP), shell 등으로 불린다. 벽체물질은 캡슐을 형성하는 재료로 멜라민, 우레탄, 아크릴수지, 전분질, 젤라틴, 키토산과 같은 천연 또는 합성고분자를 사용하는 방법에 대하여 1960년대부터 연구가 지속되어 현재까지 이어지고 있고, 내부에 봉입되는 물질로써 향오일, 비타민, 미생물, 농약, 기능성 물질 등을 사용한다[7]. 마이크로캡슐을 제조하는 방법은 spray dry법, 경화피복법, 두 용액의 농도차를 이용하는 coacervation법, 액중건조법 등이 있다[8,9]. 이 중, 액중건조법은 용매에 벽체물질을 용해시킨 후, 심 물질을 분산시키고 용매와 섞이지 않는 분산매를 과잉 첨가하여 처음 용매를 제거하는 방법으로 산업적 사용이 쉬워 주목받고 있다[5,9-15]. 마이크로캡슐은 토목, 건

[†] Corresponding Author: Chungbuk University,
Department of Engineering Chemistry, Cheongju 362-763 Korea
Tel: +82-43-261-2440 e-mail: nhjeong@chungbuk.ac.kr

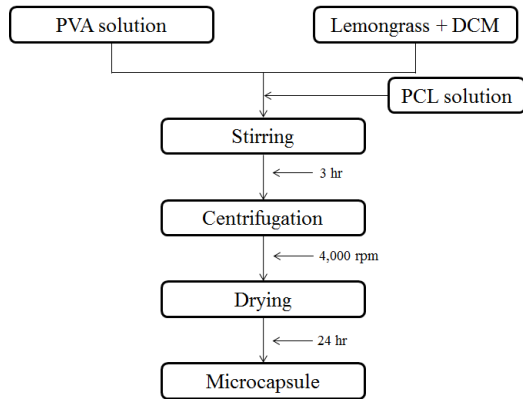


Figure 1. Preparation process of PCL microcapsule by a solvent evaporation method.

축, 식품, 농약, 의약, 섬유, 화장품, 도료 등 다양한 분야에서 응용되고 있다[6].

향오일을 함유하는 마이크로캡슐에 관한 기존 연구는 향균제 및 향료의 마이크로캡슐을 이용한 향균, 방향섬유에 관한 연구(김호정, 1996) 방향성 마이크로캡슐의 제조 및 섬유에 적용(임수지, 2000) 계피 정유를 함유한 마이크로캡슐의 제조 및 면 편성물의 방향, 향균 가공(김혜림, 2000) 등 여러 고분자를 이용한 방향성 마이크로캡슐의 제조 및 방출특성에 해당되는 논문들이 기재되었고 그때까지는 가공의 편리함으로 대부분 멜라민-포름알데히드(박연희, 2001), 우레아-포름알데히드(박수진, 2000)를 벽막 물질로 하여 마이크로캡슐이 제조되었으나 포름알데히드의 발암물질유발가능성이 있는 성분이기 때문에 2002년 이후로는 생분해성 고분자 키토산을 소재로 하여 향 마이크로캡슐 제조(Jen Ming Yang, 2004), poly(ethyleneimine) (PEI) (박수진 2005), 키토산을 이용한 향 마이크로캡슐의 제조(박수진, 2005), 플라버향을 아라비아 고무와 전분을 벽막물질로 한 마이크로캡슐화(Savitha, 2005), 유단백질로 캡슐화한 오레가노, 시트로네라, 마조람의 성질(Renata B., 2006), 긴장완화를 위한 향기나는 마이크로캡슐의 제조(김윤아, 2012), 알로에 겔 마이크로캡슐의 고농도 현탁액의 제조 및 특성(고남경, 2013)[16], 프프로인을 이용한 마이크로캡슐(지한결, 2015) 등의 연구가 진행이 되었다.

본 연구에서는 액중건조법을 이용하여 치유효과, 소화계/신경계 강장효과, 살균효과 등의 효과를 가졌지만 쉽게 산화되는 레몬그라스 오일을 포집하여 마이크로캡슐을 제조하고 방출거동을 확인하여 향의 휘산 속도를 조절하고자 하였다. 또한, 벽재물질, 유화제의 농도, 교반속도를 변화시켰을 때, 마이크로캡슐의 형태 및 크기분포, 포집효율, 향산화 활성을 확인하였다.

2. 실험

2.1. 재료

본 연구에서 사용된 레몬그라스(*Cymbopogon Flexuosus*, Aroma world, Australia) 오일은 일반적인 제품을 이용했고, 벽재물질인 Poly(ϵ -caprolactone) (PCL, MW 15000, Sigma aldrich co.) 제품을 구입하여 별도의 여과과정 없이 사용하였고 벽재물질과 심 물질을 위한 용매로는 디클로로메탄(Dichloromethane (DCM), 99.5%, Samchun Chemical Co., LTD) 제품을 유화제는 Poly(vinylalcohol) (PVA, MW 500, Junsei chemical) 제품을 사용하였다.

2.2. 마이크로캡슐의 제조

중류수 100 mL에 유화제인 PVA 1.0 g을 넣고 10 min 동안 교반시켜 용해시킨 후, 3 mL의 DCM에 레몬그라스 오일을 용해시킨 혼합용액을 천천히 5 min 동안 가해주었다. 그 후 DCM에 PCL을 용해시킨 혼합용액을 천천히 가해주며 3 h 동안 같은 속도로 교반하였다. 500 rpm의 속도로 교반하면서 40 °C로 가열하여 용매를 증발시키면 마이크로캡슐이 제조된다. 제조된 마이크로캡슐은 중류수를 이용하여 3번 세척하고, conical tube에 옮겨 담아 4000 rpm에서 원심 분리하여 상층액을 제거하고 분리한다. 세척된 샘플을 증발접시에 옮겨 담아 50 °C에서 분리된 마이크로캡슐을 24 h 동안 건조시켜 회수하였다. 제조 과정은 Figure 1에 나타내었다.

2.3. FT-IR 분석

제조한 마이크로캡슐의 함유 여부를 확인하기 위해 레몬그라스 오일, 마이크로캡슐, 파괴된 마이크로캡슐을 KBr디스크에 코팅하여 샘플을 제작하였고 FT-IR Spectrophotometer (Jasco, 480 plus)를 이용하여 측정하고, 비교 분석하였다.

2.4. 마이크로캡슐의 형태, 크기 및 입도분포

제조된 마이크로캡슐의 형태를 확인하기 위해 광학현미경(Optical microscope, L200D, Nikon Eclipse)과 편광현미경(Polarized optical microscopes, Leica DMRXP, Leica Microsystem Mettler Toledo Co.)을 이용하였고, 제조 조건의 변화에 따른 마이크로캡슐의 입자크기의 변화를 확인하기 위해 동적광산란광도계(Dynamic Light Scattering, Zetasizer Nano ZS, Malvern Co.)를 사용하여 마이크로캡슐의 크기를 측정하였다.

2.5. 마이크로캡슐의 포집효율

제조된 마이크로캡슐 내 레몬그라스 오일의 포집효율을 측정하기 위해 UV-VIS Spectrophotometer (Optizen Pop, Mecasys Co.)를 이용하여 포집된 레몬그라스의 양을 측정하였고 아래의 식으로 포집효율을 구하였다. 용액을 원심분리하여 상층액을 자외선 분광광도계로 측정해 흡광도를 통하여 포집되지 않은 레몬그라스의 양을 확인하였다.

$$\text{포집효율}(\%) = \frac{(\text{포집물질의 처음농도} - \text{흡광도에서의 농도})}{\text{포집물질의 처음농도}} \times 100 \quad (1)$$

2.6. 마이크로캡슐의 방출거동

제조된 마이크로캡슐 내 레몬그라스 오일의 방출거동을 알아보기 위해 투석법을 이용하여 레몬그라스 오일이 함유된 마이크로캡슐을 투석막에 넣어 에탄올 25 mL에 첨가한 후, 400 rpm으로 교반시키고 30 min마다 1 mL를 채취하여 원심분리하여 상층액과 하층액으로 나누고 상층액을 UV-VIS spectrometer를 통해 흡광도를 측정하여 방출거동을 알아보았다.

2.7. DPPH 라디칼 제거 효능

레몬그라스 오일과 레몬그라스 오일을 함유한 마이크로캡슐의 향산화 효능을 측정하기 위해 DPPH를 이용하였다. DPPH 라디칼 소거능 측정은 안정한 유해산소 화합물인 DPPH를 기질로 하여 시료의 향산화 능력을 측정하였으며, 517 nM에서 광흡수를 나타내는 DPPH의 향산화 물질에 의해 전자공여 작용으로 탈색되어 흡광도가 감소하고 감소된 흡광도의 변화를 통하여 향산화 물질의 활성을 측정하였다.

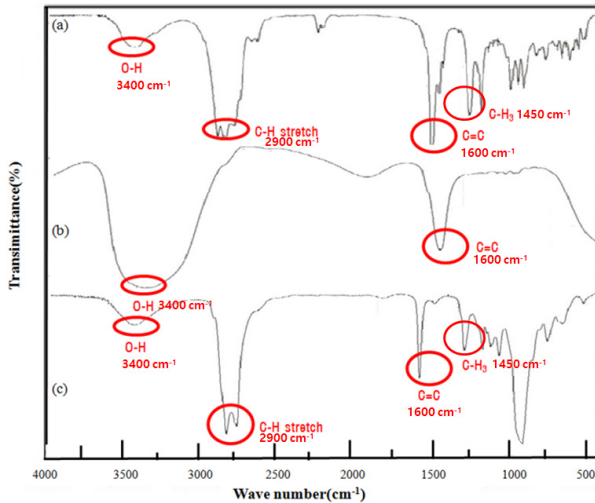


Figure 2. FT-IR Spectra of PCL microcapsule containing lemongrass oil. (a) lemongrass oil, (b) PCL microcapsule, (c) PCL microcapsule containing lemongrass oil.

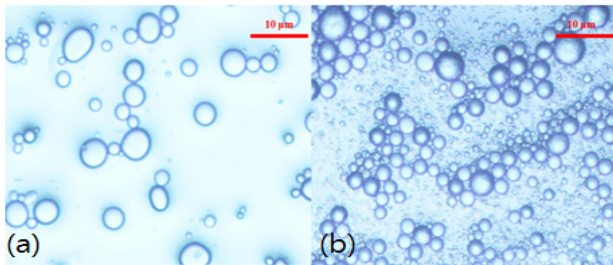


Figure 3. Optical microscopy of microcapsule for shape. (a) PCL microcapsule not-containing lemongrass oil, (b) PCL microcapsule containing lemongrass oil.

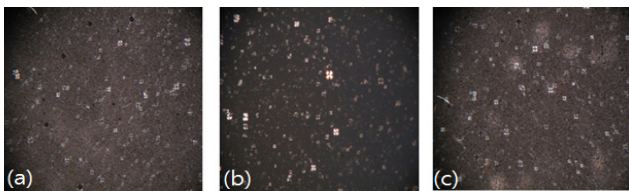


Figure 4. Polarized optical microscopy of microcapsule for liquid crystalline phase. (a) Stiring speed (1500 rpm), (b) PCL concentration (1 wt%), (c) PVA concentration (1 wt%).

각각의 시료를 메탄올 용액에 녹인 후 희석하여 사용하였으며, 각기 다른 농도의 시료에 0.15 mM DPPH 용액을 10 μ L를 첨가하여 잘 혼합하여 30 min 후 517 nm에서 흡광도의 변화를 측정하였다. 대조군은 시료를 첨가하지 않은 샘플에 대해 흡광도 변화의 정도를 측정하였으며 소거능을 아래의 식을 통하여 계산하였다.

$$\text{유해산소 소거능} = (\text{시료의 흡광도} / \text{대조군의 흡광도}) \times 100$$

3. 결과 및 고찰

3.1. 마이크로캡슐의 확인

레몬그라스 오일의 함유 여부를 확인하기 위해 레몬그라스 오일, 마이크로캡슐, 파포한 마이크로캡슐 내부물질의 FT-IR 분석 결과를

Figure 2에 나타내었다. 레몬그라스 오일의 경우 3400 cm^{-1} 에서 O-H, 2900 cm^{-1} 에서 C-H, 1600 cm^{-1} 에서 -C=C 신축진동피크가 나타났고, 마이크로캡슐의 샘플을 측정할 경우 3400 cm^{-1} 에서 O-H, 1450 cm^{-1} 에서 C-H 굽힘진동피크가 나타나 마이크로캡슐이 제조된 후 레몬그라스 오일의 진동피크가 나타나지 않는 것을 확인하였다. 포집된 레몬그라스 오일을 확인하기 위해 마이크로캡슐을 파포 시킨 후 샘플을 제작하였다. 파포된 마이크로캡슐의 피크가 레몬그라스 오일과 같은 3400, 2900, 1600 cm^{-1} 에서 측정되는 것을 확인했으며 이를 통하여 레몬그라스 오일이 마이크로캡슐 내에 봉입된 것을 확인할 수 있었다.

3.2. 마이크로캡슐의 형태, 크기 및 입도분포

마이크로캡슐의 형태를 확인하기 위해 시료를 1 mg/mL의 농도로 희석한 뒤 광학현미경을 통해 관찰 했다. 구형의 입자를 가지는 것을 Figure 3을 통해서 확인하였다. 마이크로캡슐은 표면이 매끈하였고 둥근 형태로 서로 밀집되어 있는 것을 확인하였다. 마이크로캡슐의 평균 직경은 5 μ m로 제조되었다. 본 연구에서 제조된 마이크로캡슐은 모양과 크기가 이전의 연구에서 제조된 것과 유사한 것을 확인하였다.

또한 편광현미경을 통해 몰타십자기를 관찰함으로써 마이크로캡슐의 생성을 Figure 4를 통해 확인하였다. 비등방성 상태의 수화액을 서서히 분산시켜 형성된 구형의 입자를 편광현미경으로 관찰하면 Axial cross가 관찰된다. Axial cross가 뚜렷하게 나타난 것으로 액정의 분산이 우수한 것을 관찰하였다.

마이크로캡슐을 제조할 때 교반속도, PCL의 농도, PVA의 농도 변화에 따라 마이크로캡슐의 크기 및 입도분포가 어떻게 변화하는지 알아보았다. 입자의 형태나 크기를 제어하는 가장 일반적인 방법은 교반속도를 조절하는 것이므로 우선 교반속도에 따른 마이크로캡슐의 영향을 알아보기 위해 동일 시간동안 교반속도를 750, 1000, 1250 그리고 1500 rpm으로 변화시키며 마이크로캡슐을 제조하였다.

Figure 5(a)는 입도분석기를 이용하여 교반속도 변화에 따른 마이크로캡슐의 크기를 관찰한 것으로 낮은 교반속도에서 마이크로캡슐을 제조한 경우 비교적 큰 입자들이 생성되고 교반속도가 1500 rpm로 증가함에 따라 입자의 크기가 5 μ m로 가장 작게 나타났다. 교반속도가 빨라질수록 평균 입자 크기는 작게 나타났고, 입도분포 역시 좁게 나타났다. 이것은 교반속도의 증가에 따른 전단 응력의 증가로 인한 표면장력은 저하로 보다 안정한 마이크로캡슐을 형성하기 위해 입자의 크기가 감소하는 것으로 판단된다.

벽재물질의 농도에 따른 마이크로캡슐의 영향을 알아보기 위해 교반속도를 1500 rpm, PVA의 농도를 2 wt%로 고정하고 PCL의 농도를 각각 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 wt%로 변화시키며 마이크로캡슐을 제조하였다. PCL 농도변화에 따른 마이크로캡슐의 입도분포 결과를 Figure 5(b)에 나타냈다. 농도의 변화에 따라 마이크로캡슐의 입도분포의 변화량이 작았지만, PCL의 농도가 1 wt%에서 5 μ m로 가장 작게 나타났다. 이는 농도가 낮을 때는 오일을 둘러싸는 PCL이 표면에 더 많이 흡착되어 두께가 증가되고 이와는 대조적으로 높은 농도인 1.5, 2 wt%의 농도에서는 사용된 PCL의 양보다 오일의 양이 많아 둘러싸는 PCL의 두께가 감소하기 때문으로 보인다. 유화제는 일반적으로 효과적인 분산, 입자 안정성을 부여하기 위해 사용되며 마이크로캡슐의 입자는 유화제의 농도에 영향을 많이 받는 것으로 알려져 있다. 유화제 PVA의 농도에 따른 영향을 알아보기 위해 1500 rpm로 교반속도를 고정하고 PCL의 농도는 1 wt%로 고정하여 유화제의 농도를 0.5~2 wt%로 변화시켜 마이크로캡슐을 제조하여 입도분포를 관찰한 결과를 Figure 5(c)에 나타냈다. 유화제의 농도가 1 wt%일 때 입자 크기가 가장 낮은

Table 1. Collection Efficiency of Microcapsule Containing Lemongrass Oil by Stirring Speed, PCL and PVA Concentration

Stirring speed (rpm)	Collection of efficiency (%)	
	PCL concentration (wt%)	PVA concentration (wt%)
750	69.5	45.2
1000	71.1	63.4
1250	76.5	67.2
1500	69.7	69.8

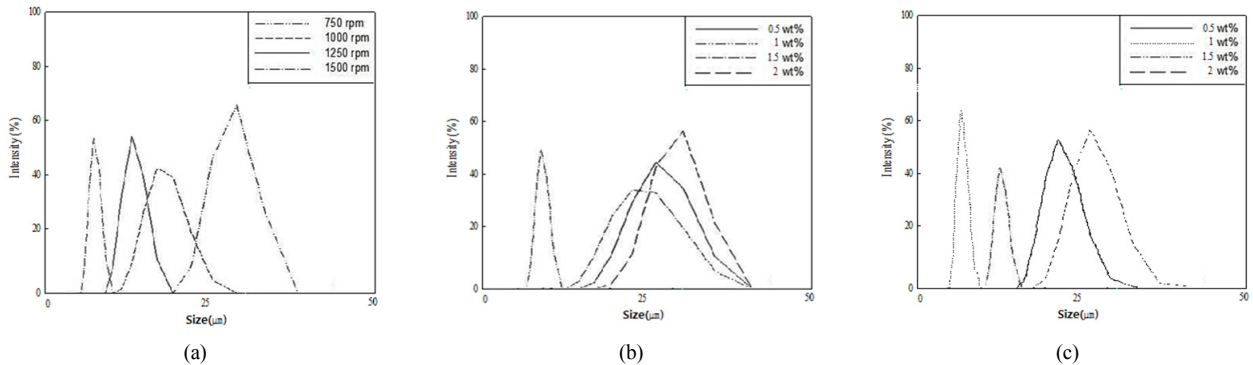


Figure 5. Particle size distribution of microcapsule PCL microcapsule containing lemongrass oil. (a) stirring speed, (b) PCL concentration, (c) PVA concentration.

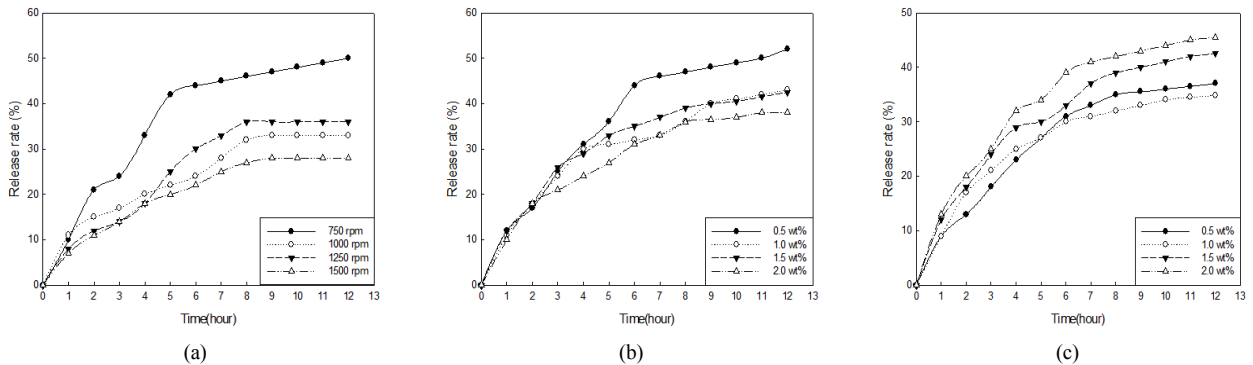


Figure 6. Release behavior of PCL microcapsule containing lemongrass oil. (a) stirring speed, (b) PCL concentration, (c) PVA concentration.

것을 확인하였다. 따라서 벽재물질과 유화제의 농도가 1.0 wt%일 때, 평균 입자 크기와 입도분포가 가장 작게 나타나는 것을 확인하였다.

3.3. 마이크로캡슐의 포집효율

자외선 분광광도계를 이용해서 마이크로캡슐의 포집효율을 측정 한 결과를 Table 1에 나타내었다. 마이크로캡슐의 포집효율은 교반속도에 따라, 750 rpm일 때 69.5%, 1000 rpm일 때 71.1%, 1250 rpm일 때 76.5%, 1500 rpm일 때 69.7%로 교반속도가 증가함에 따라 포집효 율 또한 증가하다 감소하는 경향을 나타냈다. PCL의 농도에 따라, 0.5 wt%일 때 66.8%, 1.0 wt%일 때 69.1%, 1.5 wt%일 때 77.5%, 2.0 wt% 일 때 47.5%로 측정되었다. PCL의 농도가 낮을 때는 레몬그라스 오 일에 흡착되는 PCL의 양이 증가함에 따라 포집효율이 점차 증가되었 고 2 wt%의 농도에서는 PCL이 레몬그라스 오일을 포집하기 전에 구 형의 입자를 이루어서 포집효율이 급격히 감소한 것으로 보인다. PVA의 농도에 따라, 0.5 wt%일 때 45.2%, 1.0 wt%일 때 63.4%, 1.5 wt%일 때 67.2%, 2.0 wt%일 때 69.8%로 나타났다. 유화제의 농도가

증가함에 따라 마이크로캡슐을 구성하는 막이 견고해져 포집효율의 향상이 이루어진 것으로 보여진다.

3.4. 마이크로캡슐의 방출거동

제조된 마이크로캡슐 내 레몬그라스 오일의 방출거동을 알아보기 위해 일정양의 에탄올 용액에 제조한 마이크로캡슐을 넣고 상온에서 교반시키며 1 h마다 소량을 채취하여 UV-VIS를 통해 12 h 동안 방출 거동을 알아보았다. 채취한 샘플과 같은 양의 에탄올 용액을 첨가하 여 용액의 양을 일정하게 유지하였다.

방출거동은 초기부터 8 h까지 급격히 진행되고 8 h 후부터는 일정 하게 나타났다. 교반속도에 따른 차이는 750 rpm에서 제조된 마이크 로캡슐이 51%로 가장 많은 양이 방출되었고, 1500 rpm에서 제조된 마이크로캡슐이 31%로 가장 적은 양이 방출되었다. PCL 농도에 의해서 는 0.5 wt%에서 제조된 마이크로캡슐이 55%로 가장 많은 양이 방 출되었고, 2.0 wt%에서 제조된 마이크로캡슐이 42%로 가장 적은 양 이 방출되었다. 유화제 PVA 농도에 의해서는 2.0 wt%에서 제조된 마

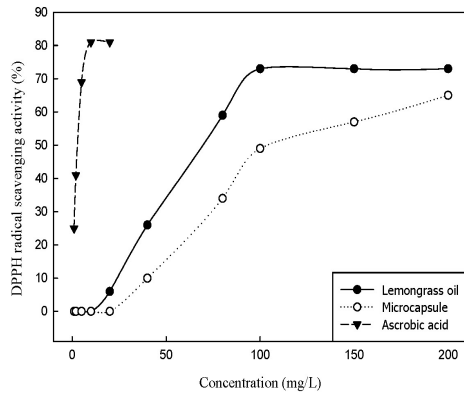
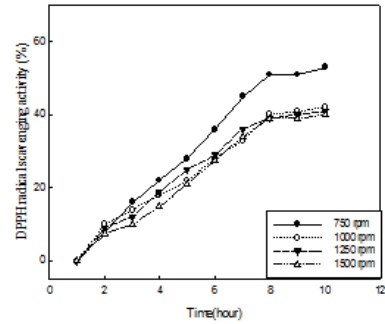


Figure 7. Antioxidant activity of PCL microcapsule and lemongrass oil by DPPH method.

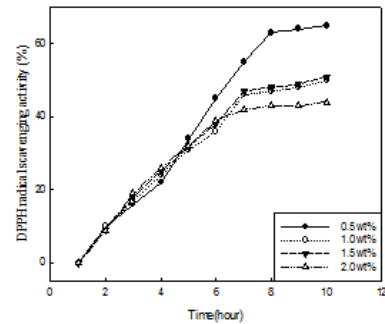
이캡슐이 49%로 가장 많은 양이 방출되었고, 1.0 wt%에서 제조된 마이크로캡슐이 40%로 가장 적은 양이 방출되었다. 이는 기존의 연구와 같은 결과[7]로 PCL의 농도가 높은 경우 소수성이 증가하여 에탄올과의 상호작용을 저해하여 가수분해 속도를 감소시키고 반대의 경우로 PVA의 농도가 높아질 경우 친수성이 증가하여 더 많은 상호작용을 하여 가수분해 속도가 증가하여 더 많은 에탄올을 흡수하여 팽윤성이 증가된 결과로 생각된다. 위의 결과로 벽재물질의 농도가 낮을수록 많은 레몬그라스 오일의 방출속도가 더 빠른 것을 확인할 수 있었다. 마이크로캡슐의 제조 시 교반속도가 느리고 벽재물질의 농도가 낮을수록 캡슐이 파포되는데 걸리는 시간이 짧기 때문에 생기는 결과라 판단된다.

3.5. 마이크로캡슐의 항산화 활성

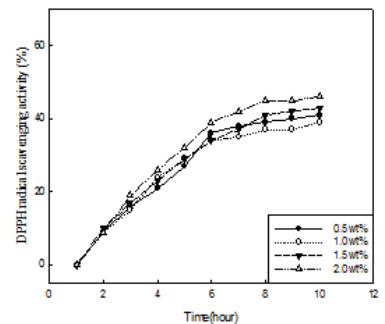
레몬그라스 오일과 마이크로캡슐에 함유된 레몬그라스 오일의 항산화 활성을 Figures 7, 8에 나타냈다. 우선, 제조한 마이크로캡슐과 레몬그라스 오일의 항산화 활성을 비교하였다. 대조군으로 사용된 Ascorbic acid의 경우 10 ppm의 농도에서 81% 정도의 항산화 활성을 나타냈다. 레몬그라스와 마이크로캡슐의 항산화 활성은 대조군인 Ascorbic acid와 비교할 경우 낮은 활성을 보였지만 40 ppm의 항산화 활성을 나타냈고 농도가 증가함에 따라 점차적으로 증가하는 경향을 보였다. 각각의 샘플은 유효산소의 저해활성을 나타냈으며, 시간이 지날수록 항산화 활성이 증가되었다. 항산화 활성의 변화를 알아보기 위해 교반속도, PCL의 농도, PVA의 농도를 변화시켜 제조한 샘플을 동일한 시간동안 소량 채취하여 측정하였다. 항산화 활성은 8 h까지 활성산소 저해활성이 증가하고 이후부터는 일정하게 나타났다. 교반 속도에 의한 차이를 8 h 이후에 측정한 결과는 750 rpm에서 가장 높은 활성인 53%를 나타냈으며 1000, 1250, 1500 rpm에서는 40%의 활성을 나타냈다. 이는 방출거동과 유사한 결과로 방출되는 레몬그라스 오일이 증가함에 따라 항산화 활성 또한 증가된 것으로 보인다. PCL 농도에 의한 결과는 0.5 wt%에서 가장 높은 항산화 활성인 65%를 나타냈다. 2 wt%의 농도에서 제조된 캡슐은 44%의 항산화 활성을 보였다. 벽재 물질의 농도가 낮을수록 높은 항산화 활성을 나타냈으며 이는 방출거동의 실험결과 일치하였다. PVA의 농도에 의한 영향은 2 wt%의 농도에서 46%의 높은 항산화 활성을 나타냈으며, 1 wt%의 농도에서 39%의 항산화 활성을 나타냈다. 유효제인 PVA의 항산화 활성 또한 방출거동의 결과와 일치하였으며 이를 통해 방출속도와 방출되는 양에 따라 항산화 활성을 조절할 수 있을 것이라 생각된다.



(a)



(b)



(c)

Figure 8. Antioxidant activity of PCL microcapsule containing lemongrass oil by DPPH method. (a) stirring speed, (b) PCL concentration, (c) PVA concentration.

4. 결 론

본 연구에서는 액중건조법을 사용하여 레몬그라스 오일을 심 물질로 함유하는 PCL마이크로캡슐을 제조하였으며, PCL마이크로캡슐 제조 시, 벽재물질, 유효제의 농도와 교반속도에 따른 영향과 방출거동을 알아보았다. FT-IR을 통해 레몬그라스 오일이 마이크로캡슐 안에 함유되었음을 확인하였다. 제조된 캡슐은 광학현미경과 편광현미경의 몰타십자가를 통해 알 수 있었다. PCL마이크로캡슐의 형태는 구형으로 나타났으며, PSA를 통해 확인한 크기 및 평균 입도 분포는 벽재물질, 유효제의 농도가 1 wt%일 때, 교반속도가 빨라질수록 크기 및 입도분포는 가장 작게 나타났다. PCL마이크로캡슐의 포집효율은 1250 rpm에서 76.5%, PCL농도 1.5 wt%에서 77.5%, PVA농도 2 wt%에서 69.8%로 나타났다. 레몬그라스 오일의 방출거동은 벽재물질 농도가 2.0 wt%, 유효제의 농도가 1.0 wt%일 때, 교반속도가 빠를수록 느리게 방출이 나타나는 것을 확인하였다. 마이크로캡슐의 항산화 활성은

방출거동과 일치한다는 것을 확인하였다. 방출되는 레몬그라스 오일이 많아질수록 항산화 활성이 높아지는 것을 확인하였다. 이 연구 결과를 통해서 교반속도와 PCL, PVA의 농도를 조절하므로 마이크로캡슐의 크기를 제어할 수 있고 방출속도를 제어하여 항산화 효과를 볼 수 있는 약물 적용에도 유용할 것으로 판단된다.

References

1. L. Qi, Z. Xu, X. Jiang, C. Hu, and X. Zou, Preparation and Antibacterial Activity of Chitosan Nano particles, *Carbohydr. Res.*, **339**(16), 2693-2700 (2004).
2. S. J. Park, Y. S. Shin, and J. R. Lee, Preparation and Characterization of Microcapsules Containing Lemon Oil, *J. Colloid Interface Sci.*, **241**(2), 502-508 (2001).
3. S. J. Park and K. S. Kim, Release Behaviors of Poly(ϵ -caprolactone) Microcapsule Containing Tocopherol, *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, **14**(8), 1104-1110 (2003).
4. B. Erdem, E. D. Sudol, V. L. Dimonie, and M. S. El-Aasser, Encapsulation of Inorganic III. Characterization of Encapsulation, *J. Polym. Sci. Chem.*, **38**(24), 4441-4450 (2000).
5. G. F. Palmieri, G. Bonacucina, P. D. Martino, and S. Martelli, Microencapsulation of Semisolid Keto profen/Polymer Microspheres, *Int. J. Pharm.*, **242**(1/2), 175-178 (2002).
6. S. J. Park and S. J. Seok, Release Behaviors of Poly(ϵ -caprolactone)/Poly(ethyleneimine) Microcapsules, *Korean Chem. Eng. Res.*, **43**(4) 482-486 (2005).
7. S. J. Park, Y. J. Yang, and H. B. Lee, Effect of Acid-Base Interaction Between Silica and Fragrant Oil in the PCL/PEG Microcapsules, *Colloids Surf. B: Biointerfaces*, **38**(1/2), 35-40 (2004).
8. S. Takada, Y. Yamagata, M. Misaki, K. Taira, and T. Kurokawa, Sustained release of human growth hormon from microcapsules prepared by a solvent evaporation technique, *J. Control. Release*, **88**, 229-242 (2003).
9. N. Garti and A. Aserin, Microcapsulation, Pharmaceutical Emulsion, Double Emulsion and Microemulsions, 185-246, Marcel Dekker, New York (1996).
10. K. J. Hong and S. M. Park, Preparation and Charaterization of Polyurea Microcapsules with Different Diamines, *Mater. Res. Bull.*, **34**, 963-969 (1999).
11. A. R. Mohamed Hanaa, Y. I. Sallam, A. S. El-Leithy, and Safaa E. Aly, Lemongrass (*Cymbopogon citratus*) essential oil as affected by drying methods, *Ann. Agric. Sci.*, **57**(2), 113-116 (2012).
12. R. Arshady, Microspheres Microcapsule & Liposomes, 376-383, *Citus Books*, London (1999).
13. A. W. Adamson, Physical Chemistry of Surface, 128, John Wiley, New York (1990).
14. K. Balakumar, C. V. Raghavan, N. T. Selvan, and S. Abdu, Self Nano emulsifying Drug Delivery System of Rosuvastatin Calcium, *Colloids Surf. B*, **112**(2), 337-343 (2013).
15. Ijeoma F, Uchegbu and P. Vyas, Non-ionic Surfactant Based Vesicles in Drug Delivery, *Int. J. Pharm.*, **172**(1), 33-70 (1998).
16. N. K. Go, J. S. Lee, S. H. Lee, and W. Hur, Preparation and Characterizaion of Dense Suspension of Aloe Gel Microcapsule, *J. Soc. Cosmetic. Sci.*, **39**, 47-54 (2013).
17. Y. Guang and J. K. Lee, Microcapsules Containing Self-Healing Agent with Red Dye., *Polymer Korea*, **37**, 356-361 (2013).
18. H. J. Kim, M. J. Choi, S. W. Choi, and N. D. Sung, Understanding the Molecular Orbital Theory on The Hydrolysis and Free Radical Reactivity of Crystal Violet Dye Molecule., *J. Sci. Crim. Investig.*, **5**, 220-227 (2011).