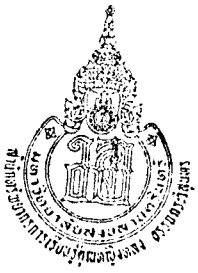

การบำบัดอากาศปนเปื้อนด้วยเมทานอลและโทลูอีนโดยการกรองชีวภาพ

Treatment of Air Contaminated with Methanol and Toluene by Biofiltration

ญาดา นิติภาวะชน

Yada Nitipavachon

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Fulfillment of the Requirements for the Degree of

Doctor of Engineering in Chemical Engineering

Prince of Songkla University

2009

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เลขหมู่ TD889 Y32 2009 c.1

Bib Key 316614

20 พ.ค. 2553

Thesis Title Treatment of Air Contaminated with Methanol and Toluene by Biofiltration

Author Miss Yada Nitipavachon

Major Program Chemical Engineering

Major Advisor:

.....Pakamas.....

(Asst. Prof. Dr.Pakamas Chetpattananondh)

Examinning Committee:

.....Chairperson

(Assoc. Prof. Dr.Galaya Srisuwan)

Co-advisors:

.....Pakamas.....

(Asst. Prof. Dr.Pakamas Chetpattananondh)

.....

(Dr.Michael Anthony Connor)

.....Lupong.....

(Asst. Prof. Dr.Lupong Kaewsichan)

.....

(Asst. Prof. Dr.Kulchanat Prasertsit)

.....

(Asst. Prof. Dr.Kulchanat Prasertsit)

.....Thaniya Kaosol.....

(Dr.Thaniya kaosol)

The Graduate School, Prince of Songkla University, has approved this thesis as partial fulfillment of the requirement for the Doctor of Engineering Degree in Chemical Engineering.

.....

(Assoc. Prof. Dr.Krerkchai Thongnoo)

Dean of Graduate School

Thesis Title Treatment of Air Contaminated with Methanol and Toluene by Biofiltration

Author Miss Yada Nitipavachon

Major Program Chemical Engineering

Academic year 2009

Abstract

The performances of biofilters packed with palm shells or peanut shells for removal of pure methanol, pure toluene, or a mixture of methanol and toluene were investigated. Methanol, which has a high water solubility was used as a representative of the hydrophilic class of VOCs while toluene, which has a much lower water solubility, was used as the representative hydrophobic solvent. Although the characteristics of peanut shells and palm shells are different they both appear suitable for use as media in biofilters treating air contaminated with methanol or toluene since their maximum elimination capacity (EC_{max}) values are comparable to those obtained using other media. The maximum elimination capacities were 198 g methanol m^3/h and 141 g toluene/m^3/h for peanut shell systems and 168 g methanol/m^3/h and 133 g toluene/m^3/h for palm shell systems. In the mixed VOCs systems, the maximum elimination capacities were 215 g methanol/m^3/h and 6.6 g toluene/m^3/h for the peanut shell system, and 185 g methanol/m^3/h, and 8.8 g toluene/m^3/h for the palm shell system. It can be seen that the EC values for methanol in the single component systems are very similar, but the EC values obtained for toluene in the mixed system are well below those obtained in the single component systems. This is probably because toluene was only introduced into the biofilter systems after the microorganisms were well acclimatized to methanol. There is evidently much still to be learnt about interactions between microorganisms responsible for degrading different VOCs and this could be a fruitful area for further research.

The EC_{max} values for peanut shells are slightly higher than those for palm shells, and the peanut shells have a much lower bulk density, which would certainly have cost advantages. However, the results also show that palm shells could retain their structural integrity better than peanut shells and so require replacing less frequently. This means that local availability and costs

of the two materials are likely to determine which should be selected. Use of peanut shells or palm shells should be of considerable benefit to Thai industries considering installing biofilters to remove VOCs as it makes the cost of bed packing materials much more affordable than if more conventional packing materials had to be used.

A macrokinetic model based on elimination capacity was chosen for modeling biofilter performance as a function of inlet load. Such a model would be decidedly useful to anyone setting out to design a biofilter. The equation of elimination capacity vs. the load curve is $EC = aH_{\max}(1 - e^{-bIL})$. The underlying basis of this model is that microbially mediated VOC degradation processes follow Michaelis-Menten kinetics, so that in any given biofilter there is a maximum VOC degradation rate that can be achieved. At low inlet loads it would be expected that a first order relationship would exist; however, as the inlet load increases, the relationship moves progressively towards a zero-order relationship. Even though the bed height was kept constant during the present project it has been included as a variable in this model so as to enhance the model's usefulness to those wishing to design biofilters for other purposes. The above elimination capacity model fitted well both our experimental results and those of other studies.

ชื่อวิทยานิพนธ์ การบำบัดอากาศปนเปื้อนด้วยเมทานอลและโทลูอีนโดยการกรองชีวภาพ

ผู้เขียน นางสาวญาดา นิติภาวะชน

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2552

บทคัดย่อ

ในการศึกษานี้ ได้ทำการวัดประสิทธิภาพของตัวกรองชีวภาพชนิดที่บรรจุด้วยเปลือกถั่วหรือกะลาปาล์มในการบำบัดเมทานอลบริสุทธ์ โทลูอีนบริสุทธ์ หรือสารผสมระหว่างเมทานอลกับโทลูอีน สารเมทานอลนั้นเป็นสารที่มีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีจึงถูกนำมาใช้เป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ระเหยประเภท hydrophilic ในขณะที่โทลูอีนซึ่งมีความสามารถในการละลายน้ำได้น้อยกว่ามากถูกนำมาเป็นตัวแทนของสารอินทรีย์ระเหยประเภท hydrophobic ถึงแม้ว่าลักษณะเฉพาะตัวของเปลือกถั่วและกะลาปาล์มจะต่างกัน แต่ตัวกรองทั้งคู่มีความเหมาะสมในการใช้เป็นตัวกรองชีวภาพสำหรับการบำบัดอากาศที่ปนเปื้อนด้วยเมทานอลหรือโทลูอีน เนื่องจากค่าความสามารถในการบำบัดสูงสุดที่ได้จากการทดลองนี้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากตัวกรองชนิดอื่นๆ ในส่วนของค่าความสามารถในการบำบัดสูงสุดในระบบที่ใช้เปลือกถั่วลิสงเป็นตัวกรอง คือ 198 g methanol m^3/h และ 141 g toluene/m^3/h และในส่วนของระบบที่ใช้กะลาปาล์มเป็นตัวกรองมีค่าความสามารถในการบำบัดสูงสุด 168 g methanol/m^3/h และ 133 g toluene/m^3/h และในส่วนระบบผสมของสารระเหย มีค่าความสามารถในการบำบัดสูงสุด 215 g methanol/m^3/h และ 6.6 g toluene/m^3/h ในระบบที่ใช้เปลือกถั่วลิสงเป็นตัวกรอง และ 185 g methanol/m^3/h และ 8.8 g toluene/m^3/hในระบบที่ใช้กะลาปาล์มเป็นตัวกรอง จากค่าดังกล่าวพบว่า ค่าความสามารถในการบำบัดสูงสุดของเมทานอลบริสุทธ์สำหรับทั้งสองตัวกรองมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ค่าความสามารถในการบำบัดสูงสุดของโทลูอีนในระบบสารผสมมีค่าบ่งชี้ประสิทธิภาพในการบำบัดต่ำกว่าค่าที่ได้จากระบบสารบริสุทธ์สารเดียวมาก ซึ่งอาจเกิดจากการปล่อยโทลูอีนเข้าสู่ระบบที่ซึ่งมีจุลินทรีย์ที่ได้ถูกปรับตัวให้เข้ากับเมทานอลแล้ว จากสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการศึกษานี้ พบว่ายังมีองค์ความรู้อีกมากที่ยังต้องทำการศึกษาต่อไปในภายภาคหน้า โดยเฉพาะในหัวข้อเรื่องปฏิสัมพันธ์ระหว่างการตอบสนองของจุลินทรีย์ในการบำบัดสารระเหยที่แตกต่างกัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากในการวิจัยต่อไปในอนาคต

เปลือกถั่วมีค่าความสามารถในการบำบัดสูงสุดมากกว่ากะลาปาล์มเล็กน้อย และมีค่าความหนาแน่นรวมต่ำกว่ามากซึ่งทำให้มีความได้เปรียบทางด้านค่าใช้จ่ายเมื่อเทียบกับกะลาปาล์ม

อย่างไรก็ตามจากผลของการใช้กะลาปาล์มเป็นตัวกรองพบว่ามันมีโครงสร้างที่มั่นคงกว่าการใช้**เปลือกถั่ว**เป็นตัวกรอง ซึ่งทำให้ระบบที่ใช้เปลือกถั่วเป็นตัวกรองต้องการการเปลี่ยนตัวกรองใหม่**บ่อย**กว่า ซึ่งหมายความว่าความสะดวกในการหาวัสดุตามท้องถิ่นและราคาของวัสดุนั้นจะต้องถูก**นำ**มาเป็นปัจจัยในการพิจารณาเลือกวัสดุที่จะนำมาใช้เป็นตัวกรอง การใช้เปลือกถั่วหรือกะลาปาล์ม**ถือ**เป็นประโยชน์อย่างมากต่ออุตสาหกรรมไทยในการที่จะพิจารณาติดตั้งตัวกรองชีวภาพในการบำบัดสารระเหย เนื่องจากการใช้วัสดุทั้งสองมาทำเป็นตัวกรองนั้นมีราคาถูกกว่าการนำวัสดุแบบดั้งเดิมมาใช้

ในการสร้างแบบจำลองมหภาคนั้น ค่าความสามารถในการบำบัดถูกใช้เป็นฐาน และถูกเลือกมาสำหรับใช้ในการจำลองประสิทธิภาพตัวกรองชีวภาพ โดยคิดเป็นตัวแปรตามของค่าภาระบรรทุก แบบจำลองนี้มีประโยชน์เพื่อนำไปออกแบบระบบตัวกรองชีวภาพได้ โดยมีสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพการกำจัดกับค่าภาระบรรทุกดังนี้ $EC = aH_{\max}(1-e^{-bIL})$ หลักที่นำมาวางไว้ในแบบจำลองนี้ก็คือกระบวนการการย่อยสลายสารระเหยโดยจุลินทรีย์ดำเนินไปตามกลไกของ Michaelis-Menten ฉะนั้นที่จุดใดๆในระบบตัวกรองชีวภาพ ค่าการย่อยสลายสารอินทรีย์ระเหยสามารถขึ้นไปได้ถึงค่าสูงสุด ในกรณีที่ความเข้มข้นนำเข้าต่ำจะมีความสัมพันธ์แบบลำดับหนึ่ง อย่างไรก็ตามเมื่อความเข้มข้นนำเข้าสูงขึ้น กลไกความสัมพันธ์จะถูกเปลี่ยนไปเป็นลำดับศูนย์ แม้ว่าความสูงของชั้นตัวกรองจะถูกรักษาให้คงที่ระหว่างทำการทดลองแต่ก็ถูกนำมารวมอยู่ในแบบจำลองในฐานะตัวแปรเพื่อที่จะให้แบบจำลองนั้นเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ต้องการออกแบบตัวกรองชีวภาพเพื่อจุดประสงค์แบบอื่น ทั้งนี้แบบจำลองค่าประสิทธิภาพการกำจัดนี้พบว่ามีค่าที่สอดคล้องกับค่าที่ได้จากการทดลองนี้และค่าที่ได้จากผลการทดลองของงานวิจัยอื่นๆ